

უაკ. 551.551.1, 551.575-6

ეკოლოგიურად აქტუალური ზოგიერთი მეზომეტეოროლოგიური პროცესის რიცხვითი მოდელირება

გელაძე გ., ბეგალიშვილი ნ., ბეგალიშვილი ნ. ნ.
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

შესავალი. სულ უფრო იზრდება რიცხვითი მოდელირების როლი ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების შესწავლის დარგში. თანაც კვლევათა ფრონტი ვითარდება ყველა მიმართულებით. ამ მიმართულებებს შორის განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ მეზომეტეოროლოგიურ პროცესებს. ამჟამად შექმნილია რიგი ცალკეული მეზომეტეოროლოგიური რიცხვითი მოდელებისა (ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასახდვრო ფენა – ამსფ, ღრუბლები, სხვადასხვა სახის ნისლი, აეროზოლის ტურბულენტური დიფუზია და ა.შ.). მაგრამ განსაკუთრებულ აქტუალობას იძენს ისეთი რიცხვითი მოდელების შექმნა, რომლებიც შეისწავლიან ამ პროცესებს ერთიან კომპლექსში, მათ შორის არსებული რთული ურთიერთკავშირების გათვალისწინებით.

გარდა ამისა, 21-ე საუკუნეში ყოველგვარი გადაჭარბების გარეშე შეიძლება ითქვას, რომ ნომერ პირველი არის ეკოლოგიური წონასწორობის შენარჩუნების პრობლემა, რაც გამოწვეულია ყველასათვის კარგად ცნობილი გარემოს ძალიან ინტენსიური დაბინძურებით, გლობალური დათბობით და ა. შ.

აქედან გამომდინარე ვფიქრობთ, რომ მეტად საშური საქმეა ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკის ფონზე შესწავლილ იქნას ღრუბელ- და ნისლფორმირება (სწორედ ამ მეტეოროლოგიურ ობიექტებში ხდება მავნე ნივთიერებების აკუმულირება, სხვადასხვა სახის “სმოგების” წარმოქმნა) რიცხვითი მოდელირების მეთოდების საშუალებით.

ასევე აღსანიშნავია, რომ თემა არის ნამდვილად, “ქართული”, გამომდინარე მეზომეტეოროლოგიური პროცესების მასშტაბებისა და ჩვენი ქვეყნის ფიზიკო-გეოგრაფიული პირობებიდან.

თემის ატქუალურობა განპირობებულია აგრეთვე ისეთი მეტად მნიშვნელოვანი დარგებით, როგორცაა ამინდის ლოკალური პროგნოზი, საავიაციო-, აგრო- და საზღვაო მეტეოროლოგია, სამშენებლო მექანიკა, ქარის ენერგეტიკა და ა. შ.

აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ სწორედ ნისლი და ღრუბლები არიან პასუხისმგებელი დედამიწის რადიაციულ და წყლის ბალანსზე; მათი სახით მომავლისათვის გვაქვს მტკნარი წყლის უსასრულო მარაგი; ასევე დიდია მათი როლი ჩვენი პლანეტის ელექტრომაგნიტური რეჟიმის ჩამოყალიბებაში; გასახსენებელია ის ფაქტიც, რომ ამ პროცესებზე რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში ჩვენს რესპუბლიკაში ხორციელდებოდა აქტიური ზემოქმედება [1, 2] (ამ სამუშაოებში უშუალოდ და საკმად წარმატებულად მონაწილეობდა ჩვენი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტიც).

ჩვენი **კვლევის ობიექტს** წარმოადგენს ამსფ, ფენა, რომელშიც ვლინდება ქვეფენილის არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, რელიეფური, “წყლიანური”, ანტროპოლოგიური და ა. შ.). მისი ჰორიზონტალური ზომებია 100 – 200 კმ, ვერტიკალური კი 2 კმ. ძირითად აქცენტს ვაკეთებთ ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკასა და ნოტიო (ფენა ღრუბლები, ნისლი) ველებზე.

ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ჩვენს მიერ უკვე დამუშავებული ამსფ-ის რიცხვითი მოდელის სრულყოფა. აქცენტს ვაკეთებთ ეკოლოგიური თვალსაზრისით ისეთ მომენტებზე, როგორცაა ფენა ღრუბლებისა და რადიაციული ნისლის მოდელირება. შესწავლილი გვაქვს რიგი ანომალური მეტეოპროცესისა, ცალკეული მეტეოპარამეტრების როლი პროცესის ფორმირებაში.

იმ დარგის ამოცანები, რომლებშიც ჩვენ გვიხდება მუშაობა, ამსფ და, ზოგადად, მეზომეტეოროლოგია, აღიწერება თერმოჰიდროდინამიკისა და დიფუზიის პარაბოლური ტიპის არსებითად არაწრფივ დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემით. ამიტომ იშვიათი გამოწვევის შემთხვევების გარდა **კვლევის მეთოდად** გამოიყენება რიცხვითი მეთოდები. ამჟამად ძირითადად საქმე გვაქვს 2-განზომილებიან ამოცანებთან ($x - z$) ვერტიკალურ სიბრტყეში. კომპიუტერული ტექნოლოგიების არსენალიდან ძირითადად ვიყენებთ: Fortran, Algol, TP-7, MathCad, Maple, MatLab, Mathematica, ... მაგრამ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ არ ვიყენებთ ანალიზურ ამოხსნებს (გამარტივებული ამოცანები, ტესტები, წინასწარი შეფასებები და ა. შ.). კომპიუტერული ტექნოლოგიები დიდ სამსახურს გვიწევენ მიღებული რეზულტატების ხარისხიანად ილუსტრირების საქმეშიც.

ნაშრომის მეცნიერული სახელე მდგომარეობს იმაში, რომ ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკა და ღრუბელ-ნისლწარმოქმნა ეკოლოგიური თვალსაზრისით გაერთიანებულია ერთიან რიცხვით მოდელში. გარდა ამისა, ჩვენის აზრით, პირველად “დავიჭირეთ” ჰორიზონტალური ტურბულენტობის როლი მეტეოპროცესების ჩამოყალიბებაში; გაკეთდა საინტერესო პარალელები ამსფ-ს დაკონვექციურ-ტორნადო-ტროპიკული ციკლონის ამოცანებთან დაკავშირებით., იმიტირებულ იქნა ნოტიო პროცესთა ანსამბლები.

კვლევის თეორიულ მნიშვნელობად მიგვაჩნია ის, რომ შექმნილია ამსფ-ის 2-განზომილებიანი კომპლექსური რიცხვითი მოდელი, რომლის საშუალებითაც ვსაზღვრავთ ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკის (ტემპერატურა, ქარის მდგენელები, წნევა, სინოტივე, ღრუბლისა და ნისლის წყლიანობა) ველებს. მოდელირებული გვაქვს ფენა ღრუბლებისა და რადიაციული ნისლის ჩასახვა-განვითარება-დაშლის სრული ციკლი. თეორიულად დავადგინეთ ჰორიზონტალური ტურბულენტობის როლი მეზომეტეოროლოგიური პროცესების ჩამოყალიბებაში, მოდელირებულ იქნა ნოტიო პროცესების ანსამბლი. შევისწავლეთ რიგი ანომალიური პროცესებისა.

შრომის პრაქტიკულ მნიშვნელობად შეიძლება ჩაითვალოს ის, რომ ჩვენს მიერ დამუშავებული რიცხვითი მოდელის რეზულტატები შეიძლება გამოყენებულ იქნენ ამინდის ლოკალური პროგნოზის დარგში. ის შეიძლება პარამეტრიზებულ იქნას მსხვილმასშტაბიან და გრძელვადიანი პროგნოზის ამოცანებში მათი შემდგომი დაზუსტების მიზნით; შესაძლებელია ზოგიერთი ეკოლოგიური ამოცანის გადაწყვეტა. გარდა ამისა, მოდელის გამოყენება შეიძლება ზოგიერთ მეზოპროცესზე “თეორიული” ხელოვნური ზემოქმედების დარგში: მეტეოპროცესებზე ზემოქმედება ძალიან დიდ რისკთან, მატერიალურ და შრომით რესურსებთანაა დაკავშირებული. ამიტომ წინასწარი “თეორიული” ზემოქმედება მეტად აქტუალურია ამ სფეროში.

საწყის განტოლებათა სისტემა. ზოგადად, კლასიკური ჰიდროდინამიკიდან ცნობილია, რომ სასაზღვრო ფენა არის სითხის ის ფენა, რომელშიც ვრცელდება კედლის არაერთგვაროვნება. კერძოდ, ამსფ არის ატმოსფეროს ის ფენა, რომელშიც ვლინდება დედამიწის ზედაპირის, როგორც კედლის, არაერთგვაროვნება (ტემპერატურული, რელიეფური, ე. წ. “წყლიანური”, ანტროპოგენური და ა.შ. ჩვენ ვიხილავთ 2-განზომილებიან არასტაციონარულ ამოცანას ვერტიკალურ (x o z) სიბრტყეში (ვთვლით, რომ (o y) ღერძის გასწვრივ პროცესი ერთგვაროვანია). მცირე ჰორიზონტალური მასშტაბების გამო შეგვიძლია კორიოლისის ძალა უგულებელვყოთ. როგორც მიღებულია ამსფ-ის ამოცანების განხილვისას, არ ვითვალისწინებთ ჰაერის სიმკვრივის ვარდნას სიმაღლის მიხედვით. თუ გამოვიყენებთ მაკრომასშტაბური მოვლენების მეზოპროცესებზე ზეგავლენის გათვალისწინების მეთოდს, ბუსინესკის თავისუფალი კონვექციის გამარტივებას, კვაზისტატიკურ მიახლოებას, ტურბულენტობის კოეფიციენტების მუდმივობას, მაშინ ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკის ამოცანის საწყის განტოლებათა სისტემას წყლის ორთქლის ფაზური გარდაქმნის გათვალისწინებით ექნება ასეთი სახე [3 – 6]:

$$\frac{du}{dt} = -\frac{\partial \pi}{\partial x} + \Delta' u, \tag{1}$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial z} = \lambda \vartheta, \tag{2}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0, \tag{3}$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} + Sw = \frac{L}{c_p} \Phi + \Delta' \vartheta, \tag{4}$$

$$\frac{dq}{dt} + \gamma_q w = -\Phi + \Delta' q, \tag{5}$$

$$\frac{dv}{dt} = \Phi + \Delta' v, \tag{6}$$

$$\frac{d}{dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + w \frac{\partial}{\partial z}, \quad \Delta' = \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \nu \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

სადაც u, w არიან ქარის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური მდგენელები, შესაბამისად, A, π, θ, N, q – წნევის ანალოგის, პოტენციური ტემპერატურისა და ხვედრითი სინოტივის ნაზრდები, შესაბამისად, ν - ხვედრითი წყლიანობა, λ, S - ატმოსფეროს ფლოტაციისა და სტრატეფიკაციის პარამეტრები, შესაბამისად, γ_q - ფონური ხვედრითი სინოტივის ვერტიკალური გრადიენტი, Φ - წყლის ორთქლის კონდენსაციის სიჩქარე, L - კონდენსაციის ფარული სითბო, c_p - მშრალი ჰაერის კუთრი სითბოტევადობა მუდმივი წნევის დროს, μ, ν - ტურბულენტობის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური კოეფიციენტები, შესაბამისად.

სასაზღვრო და საწყისი პირობები. ჩამოვყალიბოთ საწყისი და სასაზღვრო პირობები (1) –(6) სისტემისათვის ზოგადი სახით.

$$\text{თუ } z = 0 \quad u = 0, \quad w = 0, \quad \vartheta = F(x,t), \quad q = 0, \quad v = 0 \quad (7)$$

სადაც $F(x,t)$ არის ამსფ-ის ქვეფენილის ტემპერატურა, რომელსაც ვიღებთ მეტეოეჰპერიმენტებიდან :

$$F(x,t) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq 32km, \quad 48km < x \leq 80km, \\ 5 \sin \omega t & 32km \leq x \leq 48km, \end{cases} \quad (8)$$

აქ ω არის დედამიწის დღე-ღამური ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. ე. ი. ამსფ-ის ამოცანას ვიხილავთ ქვეფენილის მხოლოდ ტემპერატურული არაერთგვაროვნების, კერძოდ, სითბური “კუნძულის“ დღეღამური სვლის კანონით გათვობის პირობებში.

$$\text{თუ } z = Z \quad u = 0, \quad \pi = 0, \quad \vartheta = 0, \quad \frac{\partial q}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0 \quad (9)$$

$$\text{თუ } x = 0, X \quad \frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial \vartheta}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial q}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

სადაც X, Z არიან ამსფ-ის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური საზღვრები.

$$\text{თუ } t = 0 \quad u = 0, \quad \vartheta = 0, \quad q = 0, \quad v = 0, \quad (11)$$

ამრიგად, ჩვენი ძირითადი ამოცანა დაყვანილია (1) – (6) სისტემის მართკუთხა ($0 \leq x \leq X, 0 \leq z \leq Z$) არეში ამოხსნაზე (7) - (10) სასაზღვრო და საწყისი პირობების გათვალისწინებით.

მოვიყვანოთ იმ ფიზიკური კონსტანტებისა და ამოცანის პარამეტრების მნიშვნელობებს, რომლებიც სხვადასხვა რიცხვით ექსპერიმენტებში არ იცვლებოდნენ: $\lambda = 0.033 \text{ m}^2 / (\text{sec} \cdot \text{grad})$, $S = 0.004 \text{ grad/m}$, $L = 600 \text{ cal/g}$, $c_p = 0.24 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{grad})$, $\mu = 10^4 \text{ m}^2 / \text{sec}$, $\nu = 10 \text{ m}^2 / \text{sec}$, ფარდობითი ტენიანობა $f = 95\%$, $X = 80 \text{ km}$, $Z = 2 \text{ km}$.

ამოცანის ამოხსნის მეთოდი. ამ ამოცანის ამოხსნა დაკავშირებულია ერთ-ერთ ისეთ მნიშვნელოვან სირთულესთან, როგორცაა მოდელში ნოტიო პროცესების ჩართვა (ღრუბელ-ნისლის წარმოქმნა, რიგი რადიაციული პროცესებისა და ა. შ.). ეს პრობლემა დაკავშირებულია რიგ სიმკნელებთან, რომელთა შორის ყველაზე არსებითია წყლის ორთქლის კონდენსაციის სიჩქარის, Φ , გათვალისწინება [5, 8]. ეს სიმკნელები ძირითადად გამოწვეულია იმით, რომ (4) –(6) განტოლებების ამოხსნა, რომლებიც შეიცავენ Φ -ს, გვამღევს დიდ ცდომილებას იმიტომ, რომ, ჯერ-ერთი, Φ -ის ცხადი სახე ექსპერიმენტიდან არა გვაქვს, მეორე ის, რომ Φ განიცდის ღრუბლის საზღვარზე წყვეტას და აქ დაშვებული მცირე ცდომილებაც კი შეიტანს მნიშვნელოვან ცდომილებას სითბოსა და სინოტივე-წყლიანობის ბალანსში. ამიტომაცაა, რომ პრობლემისადმი ასეთი მიდგომისას ამოცანის თვლა მიმდინარეობს დროის მცირე მონაკვეთის განმავლობაში, რის შემდეგაც ადგილი აქვს თვლის არამდგრადობას. გარდა ამისა, ამ განტოლებების პირდაპირი ამოხსნისათვის საჭიროა სპეციალური მონოტონური სხვაობიანი სქემების გამოყენება, რაც დაკავშირებულია დამატებით სიმკნელებთან.

ამ პრობლემის გადაჭრისათვის და ოგურამ [7] მატყევმა [8] დაუდეს სათავე ახალ მიმართულებას, რომელიც დაფუძნებული იყო Φ -ის გამორიცხვაზე (4) – (6) სისტემიდან. ამიროვმაც გამოიყენა მეთოდი, რომელიც ამ მიმართულებას ეკუთვნის, ოღონდ ის უფრო ზუსტად ითვლის ღრუბლის ტემპერატურას და სხვა მეტეოეჰპერიმენტებს [9,10].

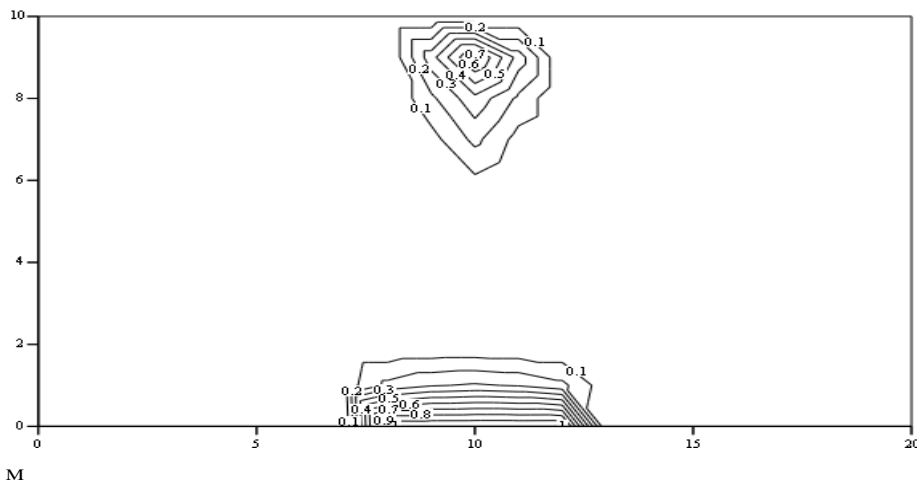
რიცხვითი სქემა. მოცემული სისტემა იხსნება ცხადი სასრულ-სხვაობიანი რიცხვითი სქემის საშუალებით. (2.1.3), (2.1.6) და (2.1.7) განტოლებების აპროქსიმაცია შესრულდა ბრაიენის სქემის მიხედვით, რომელიც არ ხასიათდება არაწრფივი არამდგრადობით. (2.1.4) და (2.1.7) განტოლებების ინტეგრებას კი ვახდენდით ტრაპეციის ფორმულით.

განხილულ რიცხვით სქემას აქვს პირველი რიგის აპროქსიმაცია დროის მიხედვით და მეორე რიგის აპროქსიმაცია კოორდინატის მიხედვით.

ჩვენს მიერ შემუშავებული რიცხვითი მოდელის საფუძველზე ვიკვლევთ ამსფ-ის ზოგიერთ ანომალიურ მეტეოპროცესს.

ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა. ჩვენი მოდელის საშუალებით იმიტირებულ იქნა ამსფ-ის ისეთი რეჟიმი, როცა ერთდროულად არსებობს ნისლიცა და ღრუბელიც. ამ დროს ადგილი აქვს ღრუბლის მიღევასა და ნისლის გაძლიერებას. ღრუბლისა და ნისლის ერთდროული არსებობა საინტერესოა არა მარტო ლოკალური პროგნოზის, არამედ ეკოლოგიური თვალსაზრისითაც. სწორედ ამ დროს კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფა აპრობებს რამდენიმეფენიანი ტემპერატურული ინვერსიის გაჩენას (ღრუბლისქვეშა, ღრუბლისზედა, ნისლისზედა და ა.შ. ინვერსიები), რომელშიც ადგილი აქვს მავნე ნივთიერებათა აკუმულაციას. ამ მოვლენას მატყვევმა უწოდა დინამიური წარმოშობის ინვერსია.

რა თქმა უნდა, ეს რეჟიმი მიიღწევა მაღალი ფარდობითი ტენიანობის ($f=95\%$) დროს. მოვიყვანოთ ის პარამეტრები ($\mu = 10^4 m^2/sec$, $v=10m^2/sec$), რომლის დროსაც გვაქვს ზემოთაღნიშნული სურათი [40, 42]:



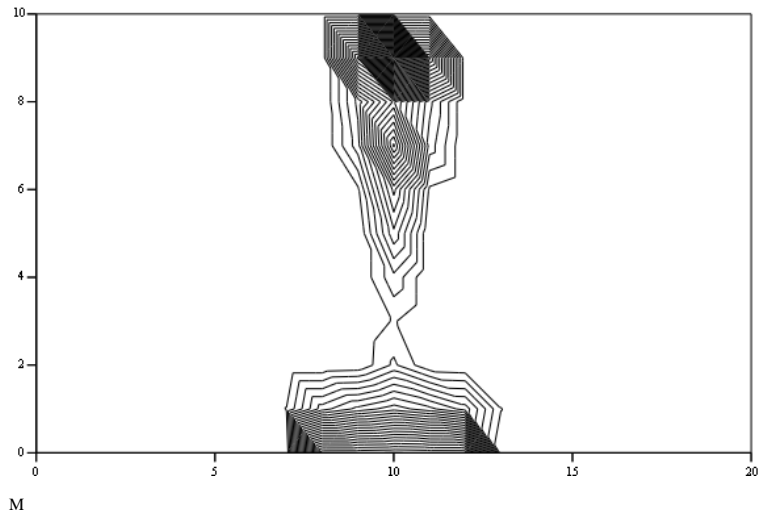
ნახ.1. ღრუბლისა და ნისლის წყლიანობის v (გ/კგ) იზოხაზები ($t = 15$ სთ)

როგორც ნახაზიდან # 1 სჩანს, 15 საათისათვის ერთდროულად დაიმზირება როგორც ნისლი, ასევე ღრუბელი, თანაც ნისლის მაქსიმალური წყლიანობა (1გ/კგ) სჭარბობს ღრუბლისას (0,7 გ/კგ).

ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსი. მოცემული მოდელის საშუალებით შესაძლებელია ღრუბლისა და ნისლის არა მარტო ერთდროული არსებობა, არამედ მათი გაერთიანებული ვერტიკალური კომპლექსის სიმულირება. ამის მიღწევა ხორციელდება ფარდობითი ტენიანობისა და ტურბულენტური რეჟიმის გარკვეული პირობებში, კერძოდ, როდესაც $f=98\%$, $\mu = 9000 m^2/sec$, $v=10m^2/sec$.

ნისლისა და ღრუბლის გაერთიანება მოხდა მხოლოდ ვიწრო, სამი ღერძული ერთწერტილიანი „ყელის“ საშუალებით, ნახ. # 2. ამიტომაც ვიყავით იძულებული, რომ აგველო იზოხაზების დიდი რაოდენობა; ნახაზი რომ არ გაგვერთულებინა, იზოხაზებს რიცხვითი მნიშვნელობები არ წავაწერეთ. სიცხადისათვის მაინც აღვნიშნავთ, რომ ღრუბლის წყლიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობა უდრის 1,72 გ/კგ, ხოლო ნისლისა კი 1,01 გ/კგ. რომ გვეჩონოდა უფრო მცირეებიჯიანი ბადე, ალბათ უფრო განიერ „ყელს“ მივიღებდით. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსი არსებობდა ≈ 13 - დან 17 საათამდე.

ნახ. # 2 აშკარად გვაგონებს ტორნადოს „ხორთუმს“. განსაკუთრებით საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ამ ფენის მოდელის ფარგლებშიც კი ტურბულენტობის გარკვეულ კრიტიკულ რეჟიმებში შესაძლებელია ტორნადოსა და ტროპიკული ციკლონისათვის დამახასიათებელი ზოგიერთი (მაგ., წყლიანობის ვერტიკალური „ხორთუმი“) შტრიხის დაჭერა. რიგი რიცხვითი ექსპერიმენტებისა გვაფიქრებინებს, რომ მიზეზი ტორნადოში, ტროპიკული ციკლონისაგან განსხვავებით, „ხორთუმის“ არსებობის მდგომარეობს იმაში, რომ ტროპიკული ციკლონის განვითარება ხდება ჰორიზონტალურად, ხოლო ტორნადოსი კი ვერტიკალურად. ჩვენის აზრით, ეს გამოწვეულია იმით, რომ ამ ორი ობიექტის ტურბულენტური რეჟიმებია განსხვავებული. ვფიქრობთ, ამ მიმართულებით ნამდვილად ღირს კვლევის გაგრძელება.

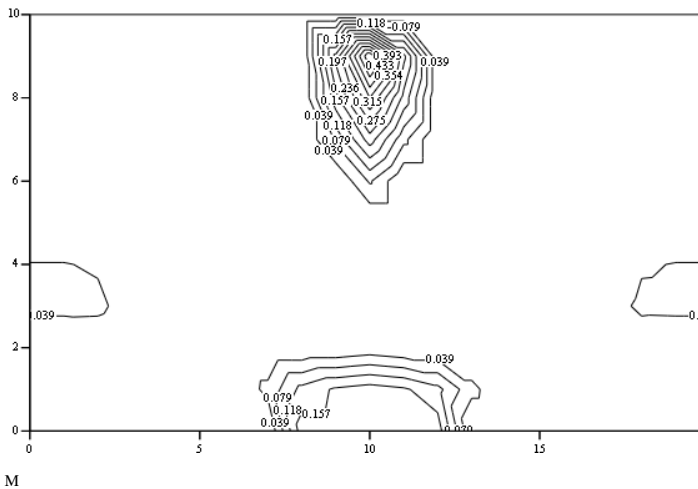


ნახ.2. ღრუბლისა და ნისლის გაერთიანებული კომპლექსის წყლიანობის v (გ/კგ) იზოხაზები ($t = 15$ სთ)

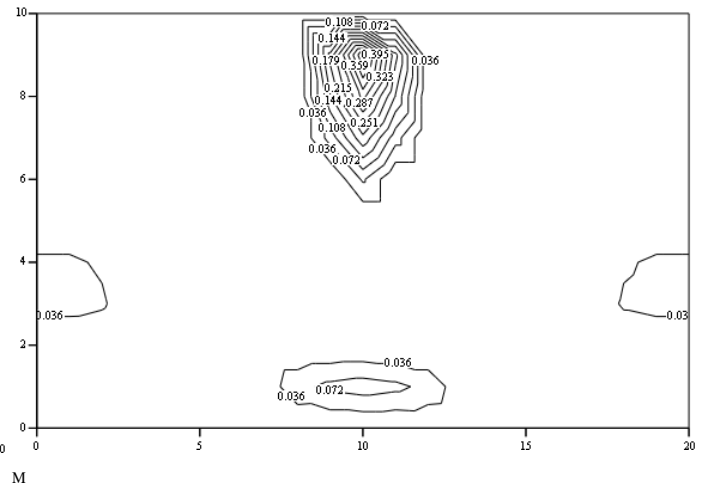
ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი. (რიცხვითი ექსპერიმენტი). აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ნისლისა და ღრუბლების ფორმირებისას და, განსაკუთრებით, მათი ერთდროული და, მით უმეტეს, მათი ანსამბლის არსებობისას, ადგილი აქვს წყლის ორთქლის კონდენსაციის ფარული სითბოს გამოყოფას, რის გამოც ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის მრუდი ტრანსფორმირდება ტეხილ წირად. ამ წირის „კლაკნილები“ ქმნიან ტემპერატურულად ინვერსიულ ქვეფენებს, რომლებშიც ხდება მავნე ნივთიერებათა „ჩაჭერა“. ამ ინვერსიული ქვეფენების ფორმირება არის ღრუბელ-ნისლფორმირების აუცილებელი თანმდევი პროცესი.

რიცხვითი ექსპერიმენტების შედეგად (ამოცანის გარკვეული პარამეტრების შერჩევის ხარჯზე – განსაკუთრებულ აქცენტს ვაკეთებთ ჰორიზონტალურ ტურბულენტობაზე $\mu = 9000 m^2/sec$) იმიტირებულ იქნა ასეთი საინტერესო სცენარი: როდესაც ნისლი ძლიერდება, ის, ძირითადად, ტურბულენტობის გამო გადაფარავს, სცდება „კუნძულის“ ჰორიზონტალურ ზომებს. ტემპერატურის დღე-ღამური სვლის დროს, როდესაც ქვეფენილი იწყებს გათბობას, ბუნებრივია, სითბური „კუნძულის“ თავზე არსებული რადიაციული ნისლი სუსტდება, ან გადაგვარდება ფენა ღრუბლად, ან სულაც განიბნევა, იმ დროს, როცა მის გარეთ შენარჩუნებული გვაქვს ნისლი. ფაქტიურად ადგილი აქვს რადიაციული ნისლის ტრანსფორმაციას ორ დაბალ ფენა ღრუბლად, შემდეგ კი თვითონ გადაგვარდა ფენა ღრუბლად: Nნახ. 4 გვაქვს 3 ფენა ღრუბელი და ერთი რადიაციული ნისლი, ხოლო ნახ. 5 – 4 ფენა ღრუბელი.

ფიზიკურად აქ ყველაფერი ლოგიკურ ჩარჩოში ჯდება, მაგრამ მეტეოროლოგიური დაკვირვებებიდან ამგვარი პროცესი ჩვენთვის არ იყო ცნობილი. საინტერესოა სწორედ ისაა, რომ ეს ანომალიური სცენარი გათამაშდა ჩვენი რიცხვითი მოდელის საშუალებით. ვეცდებით მომავალში მოვიპოვოთ შესაბამისი ექსპერიმენტული მასალა.



ნახ.3. ღრუბლებისა და ნისლის ანსამბლი
 (v g/kg, t = 23,2 სთ)



ნახ.4. ღრუბლების ანსამბლი
 (v g/kg, t = 23,6 სთ)

ამოცანის პერიოდულობა. ჩვენი ამოცანების (არაწრფივი კერძოწარმოებულიანი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა) ამოხსნისას ჩვენ ვერ ვამტკიცებთ დასმული ამოცანის კორექტულობას (ამოხსნის არსებობა, ერთადერთობა, მდგრადობა და ა. შ.) – ეს ჩვენი დარგის სპეციალისტების აქილევსის ქუსლია. ამიტომ მიღებული ამონახსნების შემოწმების მიზნით გვიხდება სხვადასხვა ფიზიკური, თუ მათემატიკური ტესტების გამოყენება. ჩვენს შემთხვევაში, **ამსფ**-ის ქვეფენილის პერიოდული გათბობისას, ასეთ ერთ-ერთ ტესტად გამოდგება ამონახსნის პერიოდულობის მიღება, რასაც ადგილი აქვს რეალურად ბუნებაში.

ამ მიზნით „გავუშვით“ ამოცანა სათვლელად რამდენიმე დღე-ღამის განმავლობაში. მივიღეთ მეტად დამაკმაყოფილებელი სურათი (სტატიის მოცულობა არ გვაძლევს ილუსტრაციების მოყვანის საშუალებას): მიღებული რეზულტატების ზერელე ანალიზიც კი აშკარად მეტყველებს პროცესის კარგ პერიოდულობაზე. საყურადღებოა, რომ მე-2, მე-5 და მე-10 დღეების წყლიანობის ველები უფრო მსგავსია, ვიდრე პირველი დღისა. უნდა ვიფიქროთ, რომ ეს გამოწვეულია ველების სხვადასხვა ხარისხის ადაპტაციით. ამ ფაქტს არა მარტო გამოყენებითი მნიშვნელობა აქვს (ამინდის ლოკალური პროგნოზი), არამედ ის მეტყველებს ამოცანის დასმის კორექტულობის შესახებაც. საკითხი, რა თქმა უნდა, მოითხოვს უფრო დეტალურ შესწავლას, რასაც უახლოეს მომავალში დავუბრუნდებით.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Сулаквелидзе Г. К. Ливневые осадки и град. – Л.: Гидрометеиздат, 1967, 409 с.
2. Бартишвили И. Т., Надибаидзе Г. А., Бегалишвили Н. А., Гудушаури Ш. Л. К физическим основам метода ЗакНИГМИ борьбы с градом. Тр. ЗакНИГМИ, 1978, вып. 67(73) , с. 73-82.
3. Гутман Л. Н. Введение в нелинейную теорию мезометеорологических процессов – Л.: Гидрометеиздат, 1969, -295 с.
4. Геладзе Г. Ш. К численной модели мезомасштабного пограничного слоя атмосферы. – Сообщения АН ГССР, 1975, т. 77, #1 , с. 69-72
5. გელაძე გ. შ. , ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ატმოსფეროს მეზოპროცესებში სითბური ტალღის გავრცელების შესახებ. ჰიდრომეტინსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.
6. გელაძე გ. შ. , ბეგალიშვილი ნ., დავითაშვილი თ. ზოგიერთი ანომალური მეზოპროცესის მოდელირება. ჰიდრომეტინსტიტუტის 57-ე სამეცნიერო სესია, 2010 წლის 20-21 მაისი.
7. Ogura Y. The evolution of a moist convective element in a shallow, conditionally unstable atmosphere : a numerical calculation. – J. Atmos. Sci., 1963, v. 20, N5, p.407-424.
8. Матвеев Л. Т. Некоторые вопросы теории образования и эволюции слоистообразной облачности. – Тр. ААНИИ, 1959, т. 228, вып. 1, с. 14-38.

9. Амиров А. Д. Метод расчёта полей влажности и температуры в задаче о кучевом облаке. – Изв. АН СССР. Физ. атмосфю и океана, 1971, т. 7, #7, с. 723 – 730.
10. Амиров А. Д., Геладзе Г. Ш., Перов В. Л. Учёт фазовых переходов влаги в некоторых задачах мезометеорологии. – Тр. Зап.-Сиб регион. н.-и. гидрометеорол. ин-та, 1975, вып. 14, 5-17.

უაკ.: 551.5.001.57

ეკოლოგიურად აქტუალური ზოგიერთი მეზომეტეოროლოგიური პროცესის რიცხვითი მოდელირება.

/გელაძე გ., ბეგალიშვილი ნ. ა. ბეგალიშვილი ნ. ნ./საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებული-2013.-ტ.119.-გვ.303-309-ქართ., რეზ. ქართ., ინგლ., რუს

დასმულია და ამოხსნილია რიცხვითი მეთოდების საშუალებით ატმოსფეროს მეზომეტეოროლოგიური სასაზღვრო ფენის (ამსფ) 2-განზომილებიანი (x-z ვერტიკალურ სიბრტყეში) არასტაციონარული ამოცანა. მასში გათვალისწინებულია ეკოლოგიურად მეთად აქტუალური ისეთი პროცესები, როგორცაა ღრუბლისა და ნისლის განვითარების სრული ციკლი და აეროზოლის გავრცელება ამსფ-ის თერმოჰიდროდინამიკის ფონზე.

მოდელირებულია რიგი ანომალური მეტეოპროცესებისა: ფენა ღრუბლისა და რადიაციული ნისლის ერთდროული არსებობა; ფენა ღრუბლისა და რადიაციული ნისლის გართიანებული ვერტიკალური კომპლექსი;

დღე-ღამურად “უწყვეტი” ღრუბლიანობა; ნოტიო პროცესების ანსამბლი, კერძოდ, ერთდროულად იმიტირებულია ჯერ სამი ღრუბელი და ნისლი, რომელიც შემდგომ ტრანსფორმირდება 4 ღრუბლად.

ახლებურად გვაქვს გააზრებული ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ტურბულენტობის როლი ტროპიკული ციკლონისა და ტორნადოს ჩამოყალიბებასა და ნოტიო პროცესების ურთიერთტრანსფორმაციაში. შესწავლილია რიგი მეტეოპარამეტრების გავლენა აეროზოლის გავრცელებაზე.

გარდა ამისა, კომპიუტერული რეალიზაციის სტადიაზე მიყვანილი ისეთი ამოცანები, როგორცაა ამსფ-ის “მეორადი” დაბინძურება (უკვე დალექილი აეროზოლის ატაცება და განმეორებითი გადატანა); ღრუბლისა და ნისლის საზღვრებზე არსებული “გამოციების” გათვალისწინება; ღრუბლის ჩრდილის გავლენა ამსფ-ის პროცესებზე; ქვეფენილის რთული ტემპერატურული არაერთგვაროვნების გათვალისწინება.

UDC 551.5.001.57

NUMERICAL MODELLING OF SOME ECOLOGICALLY ACTUAL PROBLEMS OF MESOMETEOROLOGY/ Geladze G. Sh., Begalishvili N. A., Begalishvili N. N./ Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University. -2013. -V.119. -pp.303-309 -Georg.; Summ. Georg., Eng., Russ.

It is put and solved numerically 2- dimensional (in a vertical plane x-z) a non-stationary problem about a mesometeorological boundary layer of atmosphere (MBLA). In it ecologically such actual processes, as a full cycle of development of a cloud and a fog and aerosol distribution are considered against of MBLA thermohydrodynamics.

A number of abnormal meteoprocesses is simulated: Simultaneous existence of a stratus cloud and radiation fog; An incorporated vertical complex of a stratus cloud and radiation fog; Daily continuous overcast; Ensemble of humidity processes, particularly, three clouds and a fog which then were transformed to four clouds are simultaneously simulated.

To the new the role of horizontal and vertical turbulence in formation of a tropical cyclone and a tornado and in mutual transformation of humidity processes are considered. Influence of some meteoroparameters on aerosol distribution is investigated.

Besides, such problems are resulted in a stage of computer realisation, as "secondary" pollution MBLA (capture already sedimented aerosols and its repeated carrying over); the account of cooling process, available on cloud and fog border; influence of cloudy shades on MBLA processes; the account of difficult temperature heterogeneity of an underlying surface.

УДК: 551.5.001.57

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИ АКТУАЛЬНЫХ ЗАДАЧ МЕЗОМЕТЕОРОЛОГИИ /Геладзе Г. Ш., Бегалишвили Н. А., Бегалишвили Н. Н./Сб. Трудов Института Гидрометеорологии Грузинского Технического Университета. -2013.-т.119.-с.303-309 -Груз., Рез. Груз., Анг., Рус

Поставлена и решена численно 2-хмерная (в вертикальной плоскости x-z) нестационарная задача о мезометеорологическом пограничном слое атмосферы (МПСА). В ней учитываются экологически такие актуальные процессы, как полный цикл развития облака и тумана и распространения аэрозоля на фоне термогидродинамики МПСА.

Смоделирован ряд аномальных метеопроцессов: одновременное существование слоистого облака и радиационного тумана; объединённый вертикальный комплекс слоистого облака и радиационного тумана; обложная облачность; ансамбль влажностных процессов, в частности, одновременно имитированы три облака и туман, которые затем трансформировались в четыре облака.

Поновому рассмотрена роль горизонтальной и вертикальной турбулентности в формировании тропического циклона и торнадо и во взаимной трансформации влажностных процессов. Исследовано влияние ряда метеопараметров на распространение аэрозоля.

Кроме этого, к стадии компьютерной реализации приведены такие задачи, как «вторичное» загрязнение МПСА (захват уже осаждённой аэрозоли и её повторный перенос); учёт выхолаживания, имеющегося на границе облака и тумана; влияние облачных теней на процессы МПСА ; учёт сложной температурной неоднородности подстилающей поверхности.