

**ნ.კუტალაძე, ლ.მეგრელიძე, გ.მიკუჩაძე**

გარემოს ეროვნული სააგენტო, საქართველო

**ი.ჩოგოვაძე, თ. დავითაშვილი**

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, საქართველო

უაკ 551.515.1.4

**ექსტრემალური ნალექების მოკლევადიანი რიცხვითი პროგნოზი საქართველოსათვის**

ექსტრემალურად დიდი რაოდენობის ატმოსფერული ნალექების მოსვლა მთავარი წინა პირობაა ისეთი სტიქიური მოვლენების განვითარებისა, როგორცაა ღვარცოფები, წყალდიდობები, წყალმოვარდნები, მეწყერები და სხვ., რომლებიც იწვევენ არამარტო დიდ მატერიალურ ზარალს, არამედ ხდებიან მიზეზი ადამიანთა მსხვერპლისა. ასეთი მოვლენების განვითარება დამახასიათებელი ადრეც იყო და ახლაც არის საქართველოს ტერიტორიაზე. ამას ადასტურებს, თუნდაც, მიმდინარე 2008 წლის ძლიერი ნალექების შემთხვევები, რომელთა ფონზეც დაიკვირვებოდა სტიქიური მოვლენების განვითარება, რასაც მოჰყვა საკმაოდ მძიმე ნეგატიური შედეგები.

ატმოსფერული ნალექების რაოდენობრივი პროგნოზი ატმოსფეროს მათემატიკური მოდელების გამოყენებით დღემდე საკმაოდ რთულ ამოცანად განიხილება და თანამედროვე მიდგომის პირობებშიც (სხვადასხვა გარჩევის უნარიანობის ერთიდაიგივე რიცხვითი მოდელის და მრავალ-მოდელიანი ანსამბლური პროგნოზირების მეთოდები) [4] განუზღვრელობების რიცხვი დიდია, რაც თავის მხრივ უფრო მეტ ცდომილებებს იძლევა ჰიდროლოგიურ მოდელებში, როგორც შემსვლელი პარამეტრი.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია შემოსაზღვრული არის მქონე, მეზომასშტაბური რიცხვითი მოდელის **WRF EMS (ARW)** (გარემოს მოდელირების სისტემა) პროგნოზის შედეგები სხვადასხვა გარჩევის უნარიანობით (ქვეარის ჩადგმის მეთოდი), 2008 წლის 9 ოქტომბერს ცირკულაციური პროცესის განვითარების მაგალითზე, როდესაც დღისით აჭარის ტერიტორიაზე დაფიქსირდა საკმაოდ ძლიერი ნალექების მოსვლა (>70 მმ/12სთ).

ამინდის გლობალური მოდელები, რომლებიც ამინდის ფართომასშტაბიან (1000კმ და მეტი) პროცესებს აღწერენ, იძლევიან პროგნოზს ერთი კვირის წინასწარობით და მეტი. ანუ, იძლევიან ინფორმაციას ამინდის ფონური მდგომარეობის შესახებ, მაგრამ ვერ იჭერენ შედარებით მცირემასშტაბიან პროცესებს, მით უფრო, როდესაც ადგილობრივი ამინდი ყალიბდება ისეთი პროცესით როგორცაა, მაგალითად, კონვექცია. ასეთი ატმოსფერული პროცესები ვერ აღიწერება გლობალური მოდელებით, რომელთა სათვლელი ზადის ზომა საკმაოდ დიდია და შესაბამისად, კონკრეტული ვადისათვის ამინდის ადგილობრივი თავისებურებების გარჩევის უნარი დაბალია. დღეისათვის არსებული მძლავრი კომპიუტერული სისტემების გამოყენების შესაძლებლობის მიუხედავად, ამინდის ადგილობრივი გამოვლენის გარჩევის მისაღები სიზუსტის მიღწევა დედამიწის მთელი სფეროსათვის, მხოლოდ გლობალური მოდელის საშუალებით, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამგვარად, ადგილობრივი რეალური ამინდის წინასწარმეტყველებისათვის დღის წესრიგში დგება რეგიონული (შემოსაზღვრული ტერიტორიის მქონე არის) მოდელების დამუშავების აუცილებლობა, რომელთაც აქვთ ხელოვნური საზღვრები, სადაც მოდელის ცვლადების მნიშვნელობები განისაზღვრება უფრო უხემ ზადეზე გლობალური მოდელების გაშვების შედეგებიდან. ეს მოდელები აღწერენ გლობალური მოდელებისათვის შეუმჩნეველ, ამინდის რეალურ პირობებს, რომლებიც ხშირად ყალიბდებიან ატმოსფეროში მიმდინარე მცირემასშტაბიანი პროცესებით, თუმცა მათი წინასწარობის პერიოდი 24-48 სთ-მდე მცირდება სასაზღვრო პირობების შექმნისას წარმოქმნილი დამახინჯებების გამო.

WRF EMS (ARW) მოდელი იყენებს რუკის ე.წ. ლამბერტის კომფორმულ პროექტორს (lambert conformal), წნევა იცვლება ეტა-კოორდინატებში, გარჩევის უნარიანობა 15 კმ-ია, ითვალისწინებს ნიადაგის 4 ფენას, განტოლებათა სისტემის ამოხსნისას სარგებლობს არაკავას C ზადით, სადაც ზადის კვანძებში გამოითვლის ქარის სიჩქარის ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ მნიშვნელობებს, ხოლო ცენტრში ტემპერატურას.

მისი სტრუქტურა პირობითად შეიძლება გაყოფილი იქნას დინამიკურ ნაწილად და „ფიზიკურ პაკეტად“, მისი კონფიგურაცია კავასიის რეგიონისათვის ითვალისწინებს შესაბამისი "ფიზიკური პაკეტის" მორგებას, როგორცაა ადგილობრივი გეოგრაფიულ-ლანდშაფტური თავისებურებები (მათ შორის: რელიეფის პარამეტრები, მიწათსარგებლობისა და ნიადაგის ტიპები, სიღრმეებზე ნიადაგის ტემპერატურა, მცენარეულობის სეზონური განაწილება, ადგილის არეკვლისუნარიანობა და სხვა). დინამიკური ნაწილი - კავასიის რთული რელიეფის, შავი და კასპიის ზღვების სიახლოვის გავლენით, ატმოსფეროში მიმდინარე იმ ზოგადცირკულაციური პროცესების ტრანსფორმაციას უზრუნველყოფს, რომლის შედეგადაც ყალიბდება ადგილობრივი ამინდი.

მოდელის მიერ სხვადასხვა ატმოსფერული მეზო- და მიკრომასშტაბური პროცესების გათვალისწინება ხორციელდება რიგი ფიზიკური სქემების საშუალებით:

ა) მიკროფიზიკური სქემები, რომლებიც აღწერენ წყლის ორთქლის, ღრუბლებისა და ნალექების წარმოქმნის

პროცესებს - ამ პროცესების აღსაწერად მოდელში გამოყენებულია 5-კლასის სიმულაციური სქემა, რომელიც ითვალისწინებს თოვლისა და ყინულის არსებობას და მოსახერხებელია რეალური მონაცემების მაღალი გარჩევისუნარიანობით (5კმ-ზე ნაკლები) ამოხსნისას;

ბ) გროვა ღრუბლების პარამეტრიზაციის სქემები, რომლებიც აღწერენ კონვექციური და/ან ფრონტალური ღრუბლების უჯრისშიდა მასშტაბის ეფექტებს. ეს სქემა ითვალისწინებს აღმავალი და დაღმავალი ვერტიკალური დენებითა და ღრუბლისგარეთა მაწონასწორებელი მოძრაობებით გამოწვეულ ვერტიკალურ ნაკადებს - კეინ ფრიზის ახალი სქემა NAM მოდელიდან: აღნიშნული სქემა აღწერს ღრმა და არაღრმა კონვენციურ პროცესებს დაღმავალი მასური ნაკადების მიდგომით [1;2];

გ) მიწისპირა ფენის სქემა, რომელიც ითვალისწინებს ხახუნის არსებობას და ითვლის ენერგეტიკულ (გაცვლის) კოეფიციენტს, მიწის ზედაპირის მოდელის (LSM) მიერ ზედაპირული სითბოსა და სინოტივის ნაკადების და პლანეტარული სასაზღვრო ფენის სქემის მიერ ზედაპირის დამაბულობის საანგარიშოდ - MM5-ის მსგავსების სქემა: ეფუძნება მონინ-ობუხოვის სქემას კარლსონ-ბოლანდის ვისკოზური ქვე-ფენისა და მსგავსების სტანდარტულ ფუნქციებს;

დ) მიწის ზედაპირის მრავალფენიანი სამოდელო სქემა (LSM), რომელიც განაპირობებს ინფორმაციულ უზრუნველყოფას (მათ შორის: მონაცემებს ნიადაგის სხადასხვა ფენებში არსებული თერმული პარამეტრებისა და სინოტივის ნაკადების შესახებ) - NOAA-ს ხმელეთის ზედაპირის მოდელი: უნიფიცირებული NCEP/NCAR/AFWA-ს სქემა 4-ფენიანი ნიადაგის ტემპერატურისა და სინოტივის, ფრაგმენტული თოვლის საფარისა და ნიადაგის წაყინვის ფიზიკის გამოყენებით [3];

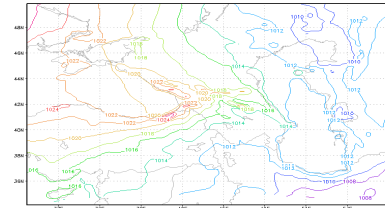
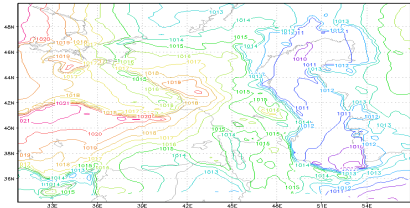
ე) პლანეტარული სასაზღვრო ფენის სქემა, რომელიც გამოიყენება ტურბულენტური კინეტიკური ენერჯის პროგნოზირებისათვის და ითვალისწინებს ვერტიკალური ქვეუჯრის მასშტაბის ნაკადებს. ეს ნაკადები გამოწვეულია სიჩქარის გრიგალის გადატანით ატმოსფეროს მთელ სვეტში (და არა მხოლოდ სასაზღვრო ფენაში) - იონსის უნივერსიტეტის სქემა: არალოკალური k-სქემა, არაცხადი გადატანითი ფენითა და არასტაბილურ შერეულ სქემაში k-პარაბოლური პროფილით;

ვ) რადიაციული სქემა, რომლის საშუალებით ითვლება ატმოსფეროს სითბური პარამეტრები. ამ პარამეტრებით შესაძლებელია განისაზღვროს ატმოსფეროს დათბობის ეფექტი - განპირობებული რადიაციული ნაკადების დივერგენციით და დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსით, დაღმავალი გრძელი და მოკლექალღიანი რადიაციისათვის - რადიაციის სწრაფი გადატანის (RRTM) სქემა: დაზუსტებული სქემა, ითვალისწინებს რთულ ნარევეს, მცირე გაზურ მინარევეს და ნაწილაკების მიკროფიზიკას, ამავე დროს, ატმოსფეროში რადიაცია რეაგირებს მოდელის მიერ პროგნოზირებული ღრუბლისა და წყლის ორთქლის განაწილებაზე, ასევე, ნახშირის ოქსიდის, ოზონის და სხვა გაზური მინარევეების კონცენტრაციაზე.

მოდელის დინამიკურ ბირთვში რიგი პროგრამული ფაილების რედაქტირებით მოხდა 5-კმ-იანი ამოხსნის მქონე "ქვეარის ჩადგმა" ორი სხვადასხვა მეთოდით. მეორე მეთოდი (2-way nesting) ითვალისწინებს "ქვეარიდან" ძირითად არეში ინფორმაციის დაბრუნებას, ანუ უკუკავშირს. ძირითადი არე უზრუნველყოფს სასაზღვრო პირობების მიწოდებას ქვეარისათვის ძირითადი არის ყოველ დროით ბიჯზე, ამასთანავე, ქვეარე დროში წინსწრებით ინტეგრირებას უკეთებს და ძირითად არეს უკანვე აწვდის შედეგებს. პირველი მეთოდის (1-way nesting) შემთხვევაში უკუკავშირის მექანიზმი გამორთულია და ამდენად, ძირითადი არე უზრუნველყოფს სასაზღვრო პირობების მიწოდებას ქვეარისათვის, მაგრამ არ ხდება ინფორმაციის გაცვლა ქვეარიდან უკან, ძირითად არეში.

უკუკავშირიანი მეთოდის (2-way nesting) გამოყენებით ქვეარის ჩადგმისას გამოვიყენეთ გაგლუვების 5-წერტილიანი 1-2-1 და smoothing-desmoothing (მსგავსი ეტალონური ზომით) ტექნოლოგიები, რომლებიც განსაზღვრავენ როგორ უნდა გაგლუვდეს ქვეარიდან უკან, ძირითად არეში, დაბრუნებული ინფორმაცია, რომელიც წარმოადგენს წინამდებარე ნაშრომის კვლევის ძირითად შედეგს.

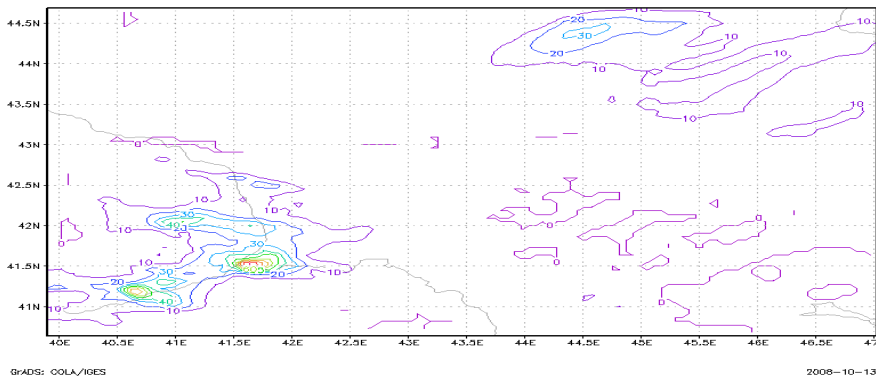
ნახ.1-ზე მოცემულია მოდელით გამოთვლილი მიწისპირა ბარიული ველის საწყისი რუკა 2008 წლის 9 ოქტომბრისათვის (00სთ, გრინვიჩი). როგორც რუკიდან ჩანს, როსტოვის მიდამოებიდან სამხრეთ-დასავლეთით, შავი ზღვისკენ ეშვება დაბალი წნევის ღარი. ამ დროისათვის აჭარის ტერიტორიაზე ნალექების მოსვლა არ დაიკვირვება, ვინაიდან დაბალი წნევის ღართან დაკავშირებული ატმოსფერული ფრონტალური ზონის ზემოქმედება საქართველოს ტერიტორიაზე ჯერ არ აღინიშნება. მაგრამ პროცესი ისე სწრაფად განვითარდა, რომ 9 ოქტომბრის შუადღისათვის შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთი ნაწილი და მთლიანად, დასავლეთ საქართველო აღმოჩნდა მაღალი ატმოსფერული წნევის თხემის ზემოქმედების არეში, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ატმოსფერული ფრონტი უკვე შემოვიდა საქართველოს ტერიტორიაზე. აღნიშნული ცირკულაციური სიტუაცია ადექვატურადაა ასახული მოდელის მიხედვით გამოთვლილ მიწისპირა ბარიული ველის პროგნოზულ რუკაზე (ნახ. 2) 2008 წლის 9 ოქტომბრის შუადღისათვის (12სთ, გრინვიჩი). როგორც რუკიდან ჩანს, ატმოსფერული წნევის ყველაზე ინტენსიური ზრდა (1016-დან 1022 ჰპა-მდე) 9 ოქტომბრის შუადღისათვის მოსალოდნელი იყო აჭარის ტერიტორიაზე.



ნახაზი 1. მოდელის საპროგნოზო ძირითადი არისათვის 15 კმ-იანი გარჩევისუნარობით პროგნოზირებული მიწისპირა ბარიული ველი 2008წ. 9 ოქტომბერი (00სთ, გრინვიჩი).

ნახაზი 2. პროგნოზირებული მიწისპირა ბარიული ველი მოდელის საპროგნოზო ძირითადი არისათვის 15 კმ-იანი გარჩევისუნარობით 2008წ. 9 ოქტომბერი (12სთ, გრინვიჩი).

ნახ. 3-ზე წარმოდგენილია მოდელის მიხედვით გამოთვლილი ნალექების პროგნოზული რუკა 2008 წლის 9 ოქტომბრის შუადღისათვის (2-way nesting მეთოდით). საყურადღებოა, რომ პროგნოზულ რუკაზე ნალექების სამი ძირითადი კერა აღინიშნება, რომლებიც მდებარეობენ აჭარისა და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე.



ნახაზი 3. პროგნოზირებული ატმოსფერული ნალექების ჯამი, ძირითად საპროგნოზო არეში ჩადგმული ქვეარისათვის (2-way nesting) 5-კმ-იანი გარჩევისუნარიანობით 2008წ. 9 ოქტომბერი (12სთ, გრინვიჩი).

პირველი კერა (40 მმ) მდებარეობს ბათუმთან ახლოს ჩრდილო-დასავლეთით, მეორე კერა (90 მმ) უშუალოდ ბათუმთანაა, მესამე კერა (70 მმ) ასევე ბათუმთან ახლოს, მის სამხრეთ-დასავლეთითაა. ამრიგად, ნალექების პროგნოზული რუკიდან ნათლად ჩანს, რომ აღნიშნული შემოჭრის დროს ძლიერი ნალექების მოსვლა მოსალოდნელი იყო მხოლოდ აჭარასა და მიმდებარე ტერიტორიაზე, რაც შეეხება ნალექების მოსვლის რეალურ სურათს, ინფორმაცია ამის შესახებ მოცემულია ცხრილში. მასში წარმოდგენილია საქართველოში მოქმედი იმ ოპერატიული მეტეოსადგურების ჩამონათვალი, რომლებზეც 2008 წლის 9 ოქტომბერს დღისით მოვიდა ნალექი.

წარმოდგენილი მასალებიდან გამომდინარეობს, რომ მთლიანობაში, საქმე გვაქვს პროგნოზული და ფაქტიური ნალექების ველების ერთმანეთთან კარგ დამთხვევასთან. მაგალითად, ბათუმში მოვიდა 72 მმ, პროგნოზის მიხედვით კი მოსალოდნელი იყო 90 მმ-ის მოსვლა. ხულოში დაფიქსირდა 3 მმ, მოსალოდნელი კი იყო 10 მმ. საქართველოს სხვა ადგილებში მნიშვნელოვანი რაოდენობის ნალექების მოსვლა არ აღნიშნულა და არც მოდელის მიხედვით შედგენილი პროგნოზით იყო მოსალოდნელი.

2008 წლის 9 ოქტომბერს დღისით მეტეოსადგურებზე დაფიქსირებული ნალექი

მეტეოსადგური	ნალექები (მმ)	მეტეოსადგური	ნალექები (მმ)
ბათუმი	72	ამბროლაური	1
ქობულეთი	20	შოვი	4
ხულო	3	ახალციხე	01
ბახმარო	15	ხაშური	3
ფოთი	7	გორი	-
ზუგდიდი	15	თიანეთი	-

ქუთაისი	2	ფასანაური	-
ზეესტაფონი	1	სტეფანწმიდა	-
საჩხერე	2	თბილისი (ვაშლ)	-
მთა-საბუეთი	4	თბილისი (აეროპ.)	01

განხილულ მაგალითზე კარგად გამოჩნდა ნალექების საპროგნოზო მოდელის ძლიერი მხარე, თუმცა ისიც უნდა ითქვას, რომ მოდელის ცალკეულ ვარიანტებს შორის (1-way და 2-way nesting) აღინიშნა საკმაოდ განსხვავებებიც, ძირითადად, კერების შიგნით ნალექების აბსოლუტურ მნიშვნელობებს შორის. ამიტომ, შემდგომში მიზანშეწონილად მიგვაჩნია, რომ ასევე განხილული იქნას პროგნოზირების ე.წ. ანსამბლური მიდგომა.

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის (სსეფ) ფინანსური მხარდაჭერით, გრანტი # GNSF/ST07/5-211.

**ლიტერატურა-ЛИТЕРАТУРА-REFERENCES**

1. J. Dudhia, 1989: Numerical study of convection observed during the winter monsoon experiment using a mesoscale two-dimensional model, J. Atmos. Sci., 46, 3077–3107.
2. A.Hollingsworthand, P. Lonnberg, 1986: The Statistical Structure Of Short-Range Forecast Errors As Determined From Radiosonde Data. Part I: The Wind Field. Tellus, 38A, 111–136.
3. G.Thompson, R. M. Rasmussen, and K. Manning, 2004: Explicit forecasts of winter precipitation using an improved bulk microphysics scheme. Part I: Description and sensitivity analysis. Mon. Wea. Rev., 132, 519–542.
4. T. Diomedel, S.Davolivo, C. Marsigli, M.M Miglietta. 2005, Lam Multi-Model Precipitation Forecasts Driving Discharge prediction. Water Recourses Research.35 (9): 2739-2750.

უკ 551.515.1.4

**ექსტრემალური ნალექების მოკლევადიანი რიცხვითი პროგნოზი საქართველოსათვის./კუტალაძე ნ., მეგრელიძე ლ., მიკუჩაძე გ., ჩოგოვაძე ი., დავითაშვილი თ./**ჰმი-ს შრომათა კრებული -2008.-ტ.115.-გვ. 272-278.- ქართ.; რუზ. ქართ., ინგლ., რუს.

განხორციელებულია გლობალური მოდელის (GFS) ამოხსნის შედეგების გადათვლა შემოსაზღვრული არისათვის ადგილო-ბრივი ფიზიკო-გეოგრაფიული მეზო და მიკრომასშტაბური პარამეტრების გათვალისწინებით, რაც გაუმჯობესებულია ქვეარის ჩადგმის უკუკავშირიანი (2-way nesting) მეთოდით. ამ უკანასკნელის გამოყენებით მიღებულია ნალექების პროგნოზული და ფაქტიური ველების კარგი თანხვედრა.

UDC 551.515.1.4

**SHORT-RANGE NUMERICAL PREDICTION OF EXTREME PRECIPITATION FOR GEORGIA./Kutaladze N., Megrelidze I., Mikuchadze G., Chogovadze I., Davitashvili T./**Transactions of the Georgian Institute of Hydrometeorology. -2008. - ტ.115. – p. 272-278. - Georg.; Summ. Georg.; Eng.; Russ.

Run of local area model with boundary conditions from the global model (GFS), was implemented taking into account local Physical-Geographical and meso and micro scale parameters. These results were improved by 2-way nesting method into parent domain. In the example total surface precipitation forecast, received by mentioned method and it’s observed fields are in close agreement.

УДК 551.515.1.4

**КРАТКОСРОЧНЫЙ ЧИСЛЕННЫЙ ПРОГНОЗ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ДЛЯ ГРУЗИИ./** Киталадзе Н.Б., Мегрелидзе Л.Д., Микучадзе Г.А., Чоговадзе И.В., Давиташвили Т.П.

/Сб.Трудов Института Гидрометеорологии Грузии. –2008. – т.115. – с. 272-278. – Груз.; Рез. Груз., Англ.,Рус. Был осуществлен вычисление спомощю модели ограниченной области с граничными условиями от глобальной модели (GFS), принимая во внимание местные физическо-географические и мезо и микро масштабные параметры. Эти результаты были улучшены методом вставления ограниченной области в главную область. В примере, поля осадков прогнозируемые выше упомянутым методом и наблюдениями находятся в близком соглашении.