

მდინარე ვერეს ხეობის მიკროკლიმატის შემაშფოთებელი ფაქტორები და მათი გავლენა წყალმოვარდნების ინტენსივობაზე

ამირანაშვილი ა., კერესელიძე ზ., მიტინი მ., ხვედელიძე ი., ჩიხლაძე ვ.

მიხეილ ნოდიას სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თსუ

შესავალი. მდინარე ვერეს 2015 წლის 13 ივნისის კატასტროფული წყალდიდობის გამომწვევი მიზეზი შეუძლებელია ვეძებოთ მხოლოდ ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე დაკვირვების რეტროსპოკიული მონაცემებისა და ისტორიული ცნობების საფუძველზე [1,2]. მიგვაჩნია, რომ სრულფასოვანი ანალიზი მოითხოვს ვერეს ხეობაში გაყვანილი ჩქაროსნული გზის მონაკვეთის მთავარი ელემენტის, ხელოვნური დახურული კალაპოტის, აგრეთვე იმ ურბანისტული დატვირთვის გავლენის გათვალისწინებას, რომელიც ვერეს ხეობამ განიცადა უკანასკნელი ორი ათწლეულის განმავლობაში. კერძოდ, ნაშრომში [3] ნაჩვენებია იყო, რომ დახურული კალაპოტის შემადგენელი, გოფირებული ფოლადის ფურცლებისაგან აგებული საკმაოდ გრძელი გვირაბების ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობა, როგორც სჩანს, პროექტში სათანადოდ არ იყო გათვალისწინებული. ამრიგად, კატასტროფული წყალდიდობის გამომწვევი ტექნოგენური შემადგენელი შეიძლება მეტ-ნაკლებად გარკვეულად მივიჩნიოთ. კერძოდ, მიღებში სითხის დინების ჰიდროდინამიკური თეორიის თანახმად, წყალდიდობის დროს გვირაბების სრული დატვირთვის პირობებში, გოფირებული შიდა ზედაპირის კრიტიკულად დიდი ხაოიანობის გამო დასაშვებია, რომ დახურული კალაპოტის პირველი გვირაბის გამტარუნარიანობა 50-70%-ით შემცირებულიყო. ამიტომ, მოცემული ნაშრომი აქცენტირებულია 13.05.2015 წ. მოვლენის მაპროვოცირებელი ბუნებრივი ფაქტორის, ანომალურად ძლიერი წვიმის, ინტენსივობის ობიექტურ შეფასებაზე. რადგანაც მიგვაჩნია, რომ მსჯელობა ვერეს ხეობაზე ურბანული დატვირთვით გამოწვეული ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილება თვალსაჩინო ხდება მხოლოდ ექსტრემალურ ბუნებრივ პირობებში, კორექტული დასკვნებისათვის აუცილებლად მიგვაჩნია ნალექის რაოდენობის ან ინტენსივობის კორექტულად შეფასება.

ვერეს დახურული კალაპოტის ტექნოგენური პრობლემა. [ჰიდროდინამიკური მსგავსების პრინციპიდან გამომდინარე აშკარაა ფიზიკური ანალოგია ტალღისებური ხაოიანობის შიდა ზედაპირის მქონე მილსა და გოფირებული ფოლადის მილისაგან აგებულ თაღისებურ გვირაბს შორის. ექსპერიმენტულად დადგენილია, რომ სხვადასხვა ტიპის ხაოიანობის მქონე მრგვალი კვეთის მილებში სწორედ ტალღისებური ხაოიანობა იწვევს წყლის ხარჯის მაქსიმალურად მკვეთრ შემცირებას [4 – 6]. საინჟინრო ნაგებობების სპეციფიკიდან და ტექნიკური უსაფრთხოების ნორმებიდან გამომდინარე, ფარდობითი ხაოიანობის სიდიდე შეიძლება მერყეობდეს 7% ის ფარგლებში. ამ ინტერვალის განმსაზღვრელია ჰიდროდინამიკური მსგავსების უგანზომილებო კრიტერიუმის, რეინოლდსის რიცხვის სიდიდე. როცა ეს პარამეტრი მცირეა, ანუ დინება მილში ლამინარულია, დასაშვებია, რომ ხაო-

იანობა საკმაოდ მაღალი იყოს. მაგრამ, თუ რეინოლდსის რიცხვის სიდიდე კრიტიკულია, მაშინ უმცირესი ხაოიანობაც კი ხელს შეუწყობს დინების ტურბულიზაციას, რომლის ნეგატიური ეფექტია მილის გამტარუნარიანობის შემცირება. ვერეს დახურული კალაპოტის გვირაბებში ფარდობითი ხაოიანობამ შეადგინა $\approx 4\%$. ცნობილია, რომ გლუვ მილში ლამინარული დინების ტურბულენტურში გადასვლის თეორიული ზღვარია რეინოლდსის რიცხვი: $Re = 10^5$, მაშინ, როცა 13.06.2015 წ. ექსტრემალურ პირობებში ვერეს დახურულ კალაპოტში რეინოლდსის რიცხვის მახასიათებელმა სიდიდემ შეადგინა: $Re \approx 2 * 10^7$ [3]. ამ ნაშრომში მოდელირებული იყო დახურული კალაპოტის პირველი გვირაბის სავარაუდო სიმრუდი და მისი შიდა ზედაპირის ხაოიანობით გამოწვეული ჰიდრავლიკური წინააღმდეგობის ეფექტი, 4% ფარდობითი ხაოიანობისა და სამშენებლო ნორმებითა და წესებით ზღვრულად დასაშვები სიმრუდის შემთხვევაში. აღმოჩნდა, რომ წყლის ერთნაირი ხარჯის უზრუნველსაყოფად, ვერეს დახურული კალაპოტის მაპროექსი-მირებელი ხაოიანი მრუდწირული მილის კვეთის ფართი მნიშვნელოვნად უნდა აღემატებოდეს გლუვი სწორხაზოვანი მილის კვეთის ფართს: $S_2 \approx 3.2S_1$. ამ მოდელის მიხედვით ეს ნიშნავს, რომ სრული დატვირთვის შემთხვევაში წყლის ხარჯი გლუვ სწორხაზოვან მილში დაახლოებით სამჯერ მეტი უნდა იყოს, ვიდრე იგივე განივი კვეთის მქონე ხაოიან მრუდწირულ მილში. ამიტომ თეორიულად დასაშვებია, რომ 13.05.2015 წ. წყალდიდობის საწყისი ადგილი დახურული კალაპოტის ნებისმიერი გვირაბი ყოფილიყო. აშკარაა, რომ განვითარებული ტურბულენტობის შედეგად უკუდინებები წარმოიქმნებოდნენ ნებისმიერ გვირაბში. ბუნებრივია, რომ ასეთი თავდაპირველად აღმოჩნდა პირველი გვირაბი, რომლის გამტარუნარიანობა კიდევ უფრო შემცირდა მისი შესასვლელის ჩახერგვის გამო.

წესით, პირველი გვირაბის შეზღუდული გამტარუნარიანობის პირობებში, იმ შემთხვევაში, რომ შემდგომი გვირაბების გამტარუნარიანობა თანაზომადი ყოფილიყო, სხვაგან არსად აღარ უნდა ჰქონოდა ადგილი წყლის შეგუბებას. პირველ რიგში ეს შენიშვნა ეხება შეგუბებას პირველი გვირაბის გამოსასვლელსა და მეორის შესასვლელს შორის. მარტივი შეფასებით, რომელიც გამომდინარეობს თამარაშვილის გვირაბსა და ბაგების შორის ხეობის პროფილიდან, წყალდიდობის წინ სვანიძის ქუჩაზე სავარაუდოდ დაგუბდა წყლის მასა მოცულობით $V \approx 10^5 * /3.1 - 4.4 / \frac{m^3}{წმ}$ წყალმოვარდნის ერთერთი თვითმხილველის მონათხრობით, ეს საგუბარი დაიცალა დაახლოებით 20 წუთის განმავლობაში [7]. თუ ამ სიდიდეს სარწმუნოს ჩავთვლით, ზემოთ მოცემული დროითი ინტერვალის შესაბამისი წყლის ხარჯი შეადგენდა $Q \approx 10^2 * /1.55 - 2.2 / m^3 / წმ$. ასეთი წყლის ხარჯი, [3]-ის თანახმად, ხაოიანობის ფაქტორის გათვალისწინებითაც კი საკმაოდ რეალური იყო. ამიტომ, შეიძლება დავასკვნათ, რომ იმ თავითვე მცდარი იყო მოსაზრება, თითქოს სვანიძის ქუჩაზე წარმოქმნილმა საგუბარმა გამოიწვია პირველ გვირაბში წყლის ხარჯის პროპორციული ზრდა კატასტროფულ სიდიდემდე. ცალსახად უნდა განცხადდეს, რომ ეს საგუბარი არ შეიძლება მივიჩნიოთ კატასტროფის ერთადერთ მიზეზად. კერძოდ, ყურადღების გარეშე დარჩა ის ფაქტი, რომ პირველი გვირაბის თავზე გამავალი ვაკე-საბურთალოს შემაერთებელი მაგისტრალი აღმოჩნდა წყალგამყოფი სვანიძის ქუჩასა და ვერეს ხეობის უკანასკნელ მონაკვეთს შორის. ეს ნიშნავს, რომ წყალგამყოფს იქით მოხდა მხოლოდ პირველი გვირაბის მიერ გატარებული წყლის მასა, რომელსაც დაემატა ატმოსფერული ნალექი და ქალაქის წყლების ჩამონადენი. თუმცა აღსანიშნავია, რომ ვაკის მხრიდან ჩამონადენი, მნიშვნელოვნად შეამცირა ახალმა დახურულმა სანიაღვრე სისტემამ, რომელიც ვერეს უკანასკნელ გვირაბს უერთდება გმირთა მოედნის შემდეგ. ამ სანიაღვრის საკმარისად ეფექტიური მუშაობის მაჩვენებელია ის ფაქტი, რომ არ მომხდარა ჭავჭავაძის პროსპექტის მნიშვნელოვანი

დატბორვა. არც არაყიშვილისა და ატენის ქუჩები დატბორილა იმ დონეზე, რაც ადრე ხდებოდა ექსტრემალური ნალექის შემთხვევაში.

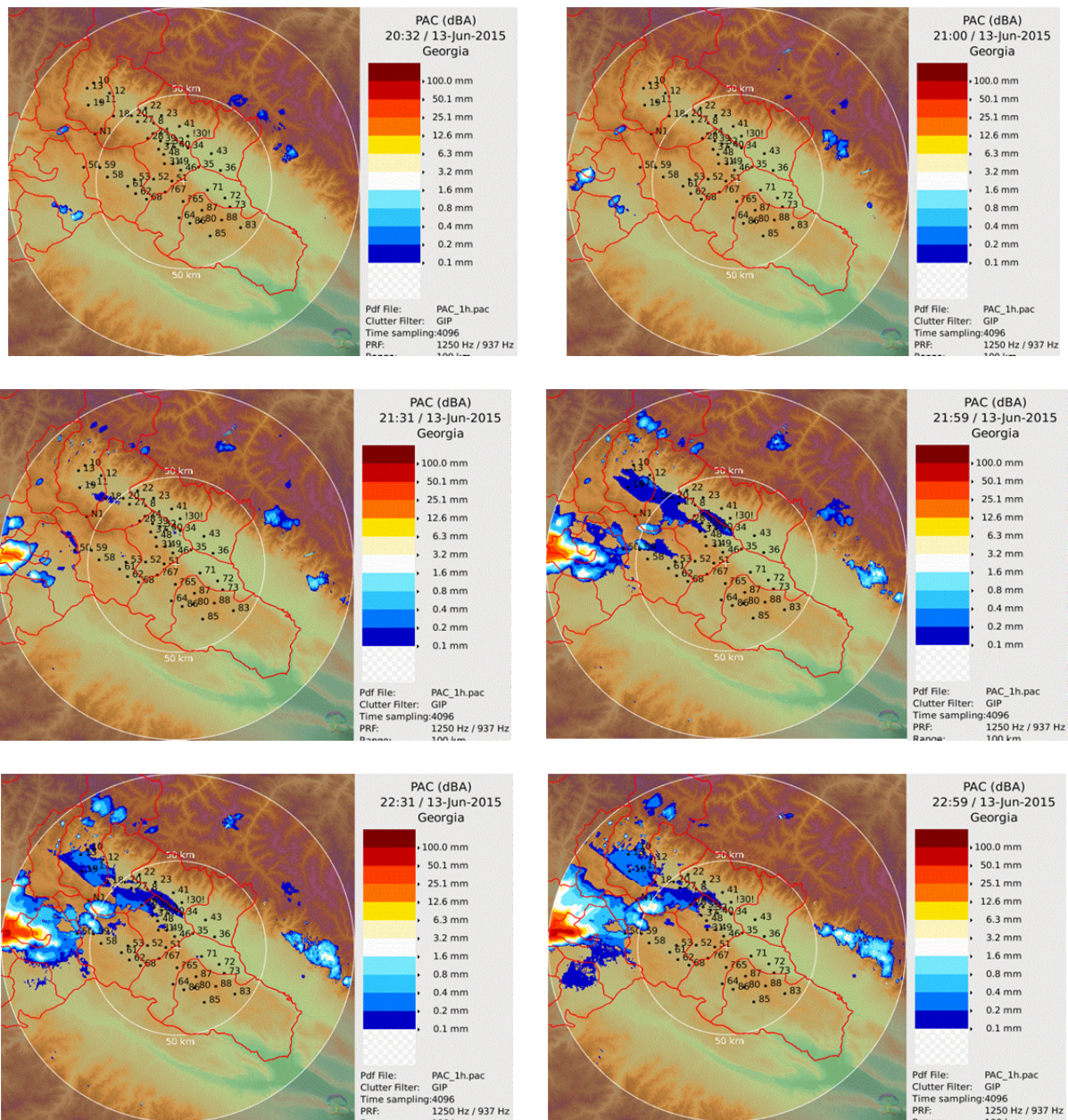
ვერეს ხეობის მიკროკლიმატის განმსაზღვრელი ლოკალური ფაქტორები. ატმოსფერო ყველგან წარმოადგენს ღია თერმოდინამიკურ სისტემას, რომლის ფუნქციონირებას განსაზღვრავენ კოსმოსური და გეოლოგიური ფაქტორები, რომელთა ცვლილებების დრო არათანაზომადია. მაგალითად, შემფოთებები, რომელიც გამოწვეული კოსმოსური ფაქტორის სხვადასხვა კომპონენტის ცვლილებით, გეოლოგიურთან შედარებით, ზოგადად დროში სწრაფად მილევადია. მაგრამ, კოსმოსთან დაკავშირებული მოკლევადიანი ცვლილებების გავლენა კლიმატის პარამეტრებზე უფრო მეტად საგრძნობია, ვიდრე დედამიწის შიგნით მიმდინარე სტრუქტურული ცვლილებების გლობალური შედეგები. თუმცა, ლოკალურ ამინდზე პერმანენტული გავლენის თვალსაზრისით, ოროგრაფიული ფაქტორი, განსხვავებით კოსმოსურისაგან, პრაქტიკულად ყველგან მოქმედებს. ცნობილია, რომ კლიმატის გლობალური მახასიათებლების ცვლილება დროში კვაზიპერიოდულია, რაც დაკავშირებულია მზის აქტივობის სხვადასხვა რეკურენტულ ცვლილებებთან. მათ შორის ყველაზე მოკლევადიანია დღეღამური ცვლილება, შემდეგ მზის ბრუნვასთან (თვესთან) დაკავშირებული ცვლილება, აგრეთვე სეზონური და წლიური ცვლილებები, რომლებიც დაკავშირებულია დედამიწის ბრუნვასთან. შემდეგ მოდის მზის აქტივობის ცვლილების ხანგრძლივ ვადიან ციკლებთან (11 წლიანი, საუკუნეობრივი) დაკავშირებული კლიმატის გლობალური ცვლილებები. ამავე დროს ლოკალური ამინდის თავისებურებებს, მზის ფაქტორთან ერთად, მნიშვნელოვნად განსაზღვრავენ ადგილის კოორდინატები და ოროგრაფია, ანუ ლოკალური გეოგრაფიულ-გეოლოგიური მახასიათებლები. ამიტომ, ამ ფაქტორების ეფექტურობა დედამიწის სხვადასხვა ადგილში განსხვავებული უნდა იყოს, თუმცა, მაინც შესაფასებელი და გასათვალისწინებელია. მაგალითად, თბილისის რეგიონალური ამინდის მოკლევადიანი ცვლილებები, ხანგრძლივ ვადიანი ცვლილებების მსგავსად, ძირითადად დამოკიდებულია მზის რადიაციაზე. მაგრამ აშკარაა, რომ აქ საკმაოდ მძლავრად მუშაობს ოროგრაფიული ფაქტორიც. სწორედ ამის დადასტურებას წარმოადგენს ატმოსფერული პროცესების თერმოდინამიკური მახასიათებლების განსაკუთრებული ვარიაბელურობა, რომელიც აღინიშნება თბილისის ტერიტორიაზე მტკვარში ჩამდინარე მცირე მდინარეების ხეობებში. ამ თვალსაზრისით საუკეთესო მაგალითია ვერეს ხეობა, რომლის ვიწრო და საკმარისად ღრმა კანიონი წარმოადგენს ლოკალური მიკროკლიმატის განმსაზღვრელ კონკრეტულ გეოგრაფიულ ფაქტორს. ამ ხეობის სპეციფიკის დადასტურებისათვის საკმარისია მისი შედარება, მაგალითად, მისგან არც თუ ისე შორს მდებარე მდინარე ლედვთახევის ხეობასთან. კერძოდ ცნობილია, რომ ლედვთახევი 1955 და 1972 წლებში მომხდარი კატასტროფული წყალდიდობების დროს ვერეზე შესაბამისი მასშტაბის წყალდიდობა არ დაფიქსირებულა. ეს ფაქტი, თითქოს და უცნაურია, რადგან მსგავს მახლობელ მცირე მდინარეებზე წყალდიდობის მასშტაბს ჩვეულებრივ განსაზღვრავს ლოკალურად მოსული ნალექის ინტენსივობა. მაგრამ, ვერეს ხეობასთან მიმართებაში, როგორც ამას ისტორიული გამოცდილება გვიჩვენებს, ეს შეხედულება სავარაუდოდ მცდარია. როგორც სჩანს, ამ ხეობის ოროგრაფიული სტრუქტურა არის სწორედ ის ფაქტორი, რომლის მოქმედება პერიოდულად მკვეთრად ცვლის ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობის მოკლევადიან (მაგალითად, საშუალოთვიურ ან სეზონურ) სურათს, რაც გავლენას ახდენს ნალექის მრავალწლიურ ტრენდზე. ცნობილია, რომ ამ მახასიათებლის ცვლილების ხასიათს, დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემის სითბურ ბალანსთან ერთად, განსაზღვრავენ ნალექიანობაზე მოქმედი პარამეტრები: ფარდობითი ტენიანობა და ატმოსფერული წნევა. მეოცე საუკუნის 90-იან წლებამდე, მეტეოროლოგიური მონაცემების მიხედვით,

თბილისის ტერიტორიაზე მოსული ნალექის წლიური საშუალო ოდენობა იყო $h \approx 460$ მმ [1], ხოლო ქალაქის ცალკეული რაიონებისათვის ეს სიდიდე მერყეობდა $h \approx 00 - 800$ მმ ფარგლებში. კერძოდ, ვერეს ხეობის ზედა ნაწილი მოექცა ყველაზე მაღალი ნიშნულის ($h = 800$ მმ) ზონაში. არსებობს განსხვავებული მონაცემიც, მაგალითად, 2015 წლის ვერეს კატასტროფული წყალმოვარდნის შემდგომ გამოშვებულ ბროშურაში თბილისისათვის მოცემულია წელიწადში $h \approx 500$ მმ საშუალო ნალექი, ხოლო კოჯორში $h \approx 745$ მმ [8]. უკანასკნელი პუნქტის გამოყოფა, ჩვენი აზრით, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან კოჯორის ტერიტორია წარმოადგენს ვერეს ხეობის ზედა ნაწილის მომიჯნავე არეს. აქ ლოკალურ შემფოთებას განაპირობებს ოროგრაფიული ფაქტორი, რომელსაც იწვევს ქედი, სადაც განლაგებულია სიმაღლეები: ნამურის სერი: $H = 1495$ მ (განედი 41.45° , გრძედი 44.74°) და უძოს მთა: $H=1432$ მ (განედი 41.40° , გრძედი 44.42°), ეს ქედი განლაგებულია ვერეს ხეობის მარჯვენა მხარეს, სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით. ვერეს ხეობის შუა ნაწილში, ბეთანიიდან თამარაშვილის პროსპექტამდე, ოროგრაფიული გავლენა უნდა ჰქონდეს ხეობის მარცხენა მხარეს განფენილ ქედს, რომლის მახასიათებელი სიმაღლეებია: ნახშირგორა: $H = 887$ მ, (განედი 41.73° , გრძედი 44.41°) და უსახელო სიმაღლე: $H = 806$ მ (განედი 41.44° , გრძედი 44.42°). ამ ქედის შემდეგ სიმაღლე ეცემა თამარაშვილის ქუჩის მიმართულებით $H \approx 500$ მ ნიშნულამდე. ამკარაა, რომ ორივე ქედი მონაწილეობს ვერეს ხეობის მიკროკლიმატის ფორმირებაში. ამიტომ, ვერ გამოვრიცხავთ, რომ 2015 წლის 13 ივნისს, სწორედ ოროგრაფიული ფაქტორის ხელშეწყობით, მხოლოდ ვერეს აუზში მოვიდ ექსტრემალური ნალექი. ამ დროს წყალმოვარდნებით ცნობილ ლედვთახევში, აგრეთვე ტერიტორიულად ვერეს ხეობის მახლობელ დიდმისწყლის ხეობაში, სერიოზული წყალმოვარდნა არ დაფიქსირებულა. თუმცა მიგვაჩნია, რომ 13 ივნისის წყალმოვარდნის გამომწვევი მიზეზების სრულფასოვანი ანალიზი მოითხოვს აგრეთვე რამდენიმე დღით ადრე, 04.05.2015-ში მომხდარი წყალდიდობის შედეგის დაფიქსირებას. ეს მოვლენა თავისი ნეგატიური შედეგით მომდევნო სტიქიაზე გაცილებით სუსტი იყო, თუმცა, სავარაუდოდ, მის მიერ გამოწვეული ნიადაგის გაჟღენთილობა ძალიან მაღალი აღმოჩნდა. ის ფაქტი, რომ ნიადაგი წყლით იყო გაჯერებული, ალბათ მნიშვნელოვნად შეუწყობდა ხელს 13 ივნისის ღამეს განვითარებულ კატასტროფულ მოვლენას. თუ რა როლი ითამაშა ამაში ექსტრემალურმა ნალექმა და იყო თუ არა გადაჭარბება მისი ოდენობის შეფასებაში, პასუხს იძლევა მეტეოროლოგიური რადარის მონაცემები.

საქართველოში, მათ შორის თბილისშიც, კატასტროფული წყალდიდობები საკმაოდ ხშირი ბუნებრივი მოვლენაა. წყალდიდობების, ასევე როგორც სხვა ბუნებრივი კატაკლიზმების კვლევა, კარგა ხანია შედის ნოდის სახელობის გეოფიზიკის ინსტიტუტის საქმიანობის სფეროში [9-11]. ამასთან დაკავშირებით დიდი ყურადღება ექცევა აგრეთვე წყალდიდობების გამამწვევ ისეთ უმნიშვნელეს ფაქტორს, როგორცაა ატმოსფერული ნალექები [12-14]. ატმოსფერული ნალექების კვლევის ახალი ეტაპი 2015-ის მაისიდან დაიწყო, როდესაც კახეთის რეგიონში სამეცნიერო-ტექნიკურმა ცენტრმა „დელტამ“ გეოფიზიკის ინსტიტუტის მონაწილეობით, სეტყვასაწინააღმდეგო სამსახურის მუშაობა აღადგინა [15-16]. სამსახური აღჭურვილია გერმანული წარმოების «METEOR 735CDP10» ტიპის თანამედროვე მეტეოროლოგიური რადიოლოკატორით [17-18], რომელსაც 200 კმ რადიუსში შეუძლია აკონტროლოს, კერძოდ, საღრუბლო პროცესები და ნალექების რეჟიმი, როგორც აღმოსავლეთ საქართველოში, ასევე სხვა მოსაზღვრე ქვეყნების – სომხეთის, აზერბაიჯანის, თურქეთის და რუსეთის ტერიტორიების თავზე [19-23].

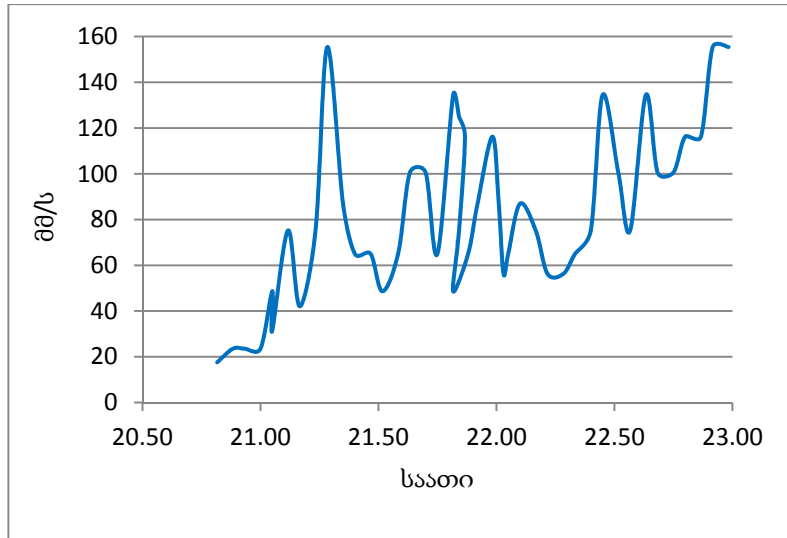
თვითმხილველების მონაცემებით, დიდი მეწყერი სოფელ ახალდაბის მიდამოებში ჩამოწვა სადამოს, დაახლოებით 11 საათზე [22, 23]. ჩვენ ვიღებთ ათვლის წერტილად ამ დროს, ვინაიდან ძირითადი რაოდენობა ქვა-ღორღის, მიწისა, ხეების და ბუჩქების სწორედ მან

ჩაიტანა მდინარე ვერეს კალაპოტში, თუმცა ამ კატასტროფის დროს 60-ზე მეტი მეწყერი ჩამოწვა. ქვემოთ მოყვანილია დაახლოებით ნახევარ საათიანი ინტერვალით აღებული რადიოლოკაციური სურათი (სკანი), რომელიც მოსული ნალექის ინტენსივობას გვიჩვენებს (ნახ. 1). ის ღრუბლების ზონა, რომელიც ჩვენს ინტერესს წარმოადგენს, განლაგებულია ამ ექვსივე სკანის უკიდურეს მარცხენა მხარეს. პირველ სკანზე (20:32) ღრუბელი ჯერ არ ჩანს. მეორე სკანზე (21:00) ნალექების ზონა უკვე გამოჩნდა, მაგრამ ნალექების ზონა განლაგებულია ქალაქის სამხრეთ ნაწილში. შემდეგ ოთხ სკანზე ზონა დგას ქალაქის უკიდურეს სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილის მახლობლად, იზრდება მისი ზომები და ნალექების ინტენსივობა, მაგრამ დიდი ხნის განმავლობაში იგი ადგილიდან არ იძვრება. ამ ზონის გარჩევა ძალიან ადვილია, ვინაიდან ნალექის მაღალი ინტენსივობის გამო მისი ფერი მოყავისფრო-წითელია.



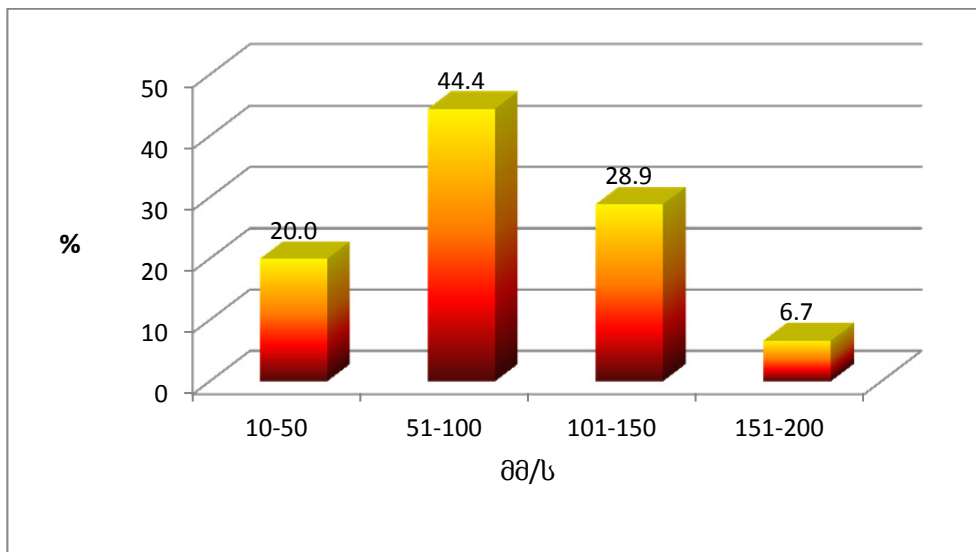
ნახ. 1

ატმოსფერული ნალექების საათობრივი ჯამების ცვალებადობის რადიოლოკაციური სურათი აღმოსავლეთ საქართველოში 2015 წლის 13 ივნისის 20.82 საათიდან 22.98 საათამდე.



ნახ. 2

ღრუბლის მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის არეს ქვეშ მოსული ნალექების ინტენსივობის დროითი სვლა 2015 წლის 13 ივნისის 20.82-დან 22.98 საათამდე



ნახ. 3

ღრუბლის მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის არეს ქვეშ მოსული ნალექების ინტენსივობის განმეორადობა 2015 წლის 13 ივნისის 20.82-დან 22.98 საათამდე

წვიმის დაწყებიდან მეწყერის ჩამოსვლამდე ღრუბელმა 178 მმ ნალექი მოგვცა (ნახ. 2,3), მაშინ როდესაც თბილისში, 1957 – 2006 წლების მონაცემების დამუშავების შედეგად მიღებულია, რომ წლის განმავლობაში ნალექების ჯამურმა მაქსიმალურმა რაოდენობამ შეადგინა 601,8 მმ, ხოლო მაქსიმალური დღეღამური ნალექი უდრიდა 130 მმ. აქ მოცემულია მხოლოდ ივნისის თვის შედეგები, ვინაიდან დღეღამური მაქსიმალური ნალექები მხოლოდ ამ თვეს არის დაფიქსირებული (ცხრ. 1,2; ნახ. 4).

ცხრ. 1

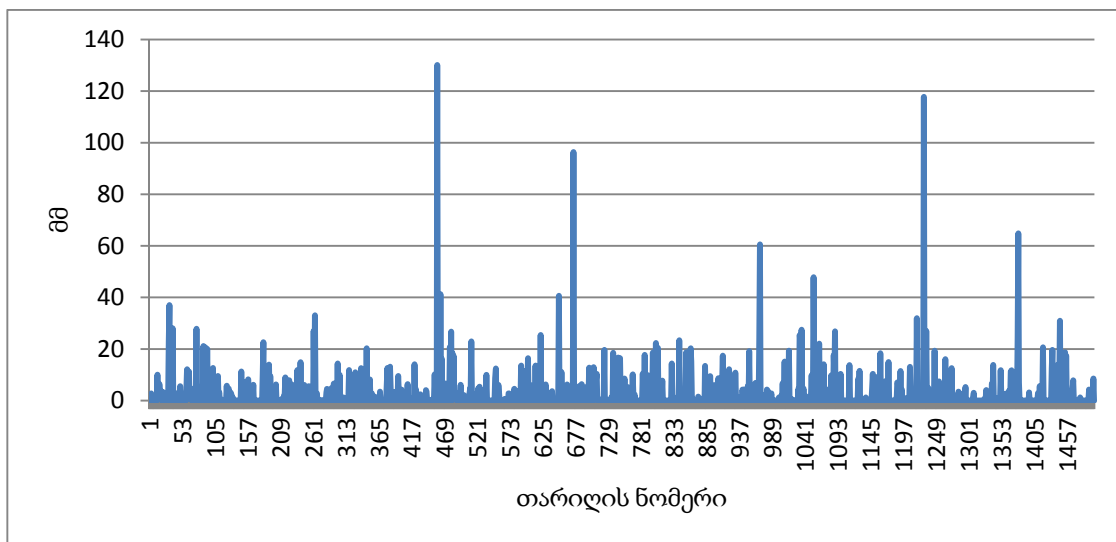
თბილისში 1957 – 2006 წლებში (ივნისის თვე) მოსული ნალექების დღეღამური ჯამების სტატისტიკური მახასიათებლები

პარამეტრი	ყველა დღე	ნალექიანი დღე	პარამეტრი	ყველა დღე	ნალექიანი დღე
შემთხვევათა რაოდენობა	1500	539	სტანდ. გადახრა	7.6	11.4
საშუალო	2.4	6.8	სტან.ცდომილება	0.2	0.5
მინიმუმი	0.0	0.1	ვარიაციის კოეფ.,%	309.9	167.7
მაქსიმუმი	130.1	130.1	ასიმეტრიის კოეფ.	8.7	5.9
დიაპაზონი	130.1	130.0	ექსესის კოეფ.	113.4	50.5
მედიანა	0.0	3.1	99% CONF-L	1.9	5.5
მოდა	0.0	0.5	99% CONF-U	3.0	8.1

ცხრ. 2

1957 – 2006 წლებში (ივნისის თვე) მოსული ნალექების საშუალო დღეღამური ჯამი და მათი 99% სანდოობის ინტერვალი ნალექების სხვადასხვა დიაპაზონში

დიაპაზონი, მმ	0.1-2	2.1-5	5.1-15	15.1-30	30.1-50	51-100	101-150
99% CONF-L	0.8	3.1	8.4	19.3	31.3	43.6	107.3
Mean	0.9	3.3	9.1	20.7	37.5	73.9	123.9
99% CONF-U	1.0	3.5	9.7	22.1	43.7	104.1	140.5



ნახ. 4

თბილისში 1957 – 2006 წლებში (ივნისის თვე) მოსული ნალექების დღეღამური ჯამების დროითი სვლა

პასუხი იმ საკითხზე, თუ რატომ არ დააფიქსირა მეტეოსადგურებმა ნალექის ის დიდი რაოდენობა, რამაც კატასტროფა გამოიწვია, თვალნათლივ ჩანს რადიოლოკაციური სურათების (ნახ. 1) და ქვემოთ მოყვანილი ცხრ. 3 და 4 ანალიზის შედეგად.

ცხრ. 3

2015 წლის 13 ივნისი 20.82-დან 22.98 საათამდე ახალდაბის მიდამოებში დაკვირვებული ღრუბლის რადიოლოკაციური მახასიათებლები

პარამეტრი	H _m , კმ	Hz _m , კმ	Z _m , dBZ	Z _m , კოორდინატები		ღრუბლის ზონის ფართობი, სადაც ნალექებია ≥100 მმ/სთ
				გრძედი, E°	განედი, N°	
საშუალო	7.4	4.8	55	44.7	41.7	5.1
მინიმუმი	3.7	2.7	43	44.4	41.6	0.5
მაქსიმუმი	8.8	8.2	64	44.9	41.8	20

ცხრ. 4

მეწყერის და მის თავზე განლაგებული ღრუბლის მაქსიმალური რადიოლოკაციური ამრეკლადობის კოორდინატები (ახალდაბა, 2015 წლის 13-14 ივნისი)

პუნქტი	გრძედი, E°	განედი, N°	სიმაღლე, მ	მანძილი მეწყერის შუიდან (კმ)
გზის წაღებული ადგილი, ცენტრი	44.68	41.68	1289	0
ახალდაბა, წყალგამტარი გზაზე	44.67	41.68	910	1.3
ახალდაბა, ცენტრი	44.66	41.69	902	1.5
ვაშლიჯვარი, მეტეოსადგური	44.77	41.75	441	11.5
ფილარმონია	44.79	41.71	449	9.8
ზონის დასავლეთი ნაწილი	44.64	41.69	788	3.1
RP-5, მეტეოსადგური	44.75	41.70	425	6.7
1 გვირაბის დასაწყისი	44.74	41.71	471	7.2
2 გვირაბის დასაწყისი	44.76	41.76	448	8.2

ურბანული ზეწოლის სავარაუდო გავლენა. სხვა მთის მდინარეებისაგან განსხვავებით ვერეს ხეობის სპეციფიკური ნიშანია მისი ბოლო მონაკვეთის საკმაოდ ძლიერი ურბანი-ზაცია. ამ თვალსაზრისით ვერეს ხეობის ანალოგი შესაძლოა ვეძებოთ მაგალითად, ჩრდილოეთ იტალიაში, ალპების მიმდებარე რეგიონში, ან ბალკანეთში. მჭიდრო დასახლება და, განსაკუთრებით, მაღლივი შენობების გავლენა მიკროკლიმატზე შესაძლოა გამოიხატოს ერთი ტრივიალური ფაქტორით, ხეობის ბუნებრივი ოროგრაფიის ხელოვნური ცვლილებით, რომელსაც შეაქვს გარკვეული შემფოთება ხეობის ბუნებრივ სითბურ ბალანსში. კერძოდ, ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში ოროგრაფიის ცვლილების გავლენა ვერეს ხეობაში ატმოსფერული ცირკულაციის სურათზე შესამჩნევად იგრძნობა. კერძოდ, მოიმატა ქარის ინტენსივობამ, რომლის გამომწვევი მიზეზი პირველ რიგში უნდა იყოს ვერეს ხეობის ლოკალური ტემპერატურული რეჟიმის შემფოთება, რომელიც გამოწვეულია ურბა-

ნული ობიექტების ზედაპირიდან არეკლილი მზის სხივების რადიაციით. დღეს ხეობის ორივე მხარეს მჭიდროდ განლაგებულია მრავალსართულიანი კორპუსები, რაც ბუნებრივია ხელს უწყობს ხეობის ლოკალური ტემპერატურული ველის კვაზისტაციონარულ შემფოთებას. აღვნიშნავთ, რომ საქართველოში დღესაც მომქმედი ყოფილი საბჭოთა სამშენებლო ნორმები მოითხოვენ ე.წ. სოლარიზაციის პირობის დაცვას მაღლივი კორპუსების მშენებლობის დროს [24]. ამ ნორმებით უნდა მოხდეს შენობათა ფასადების გარკვეული წესით განლაგება (აღმოსავლეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ მიმართულებით). მიუხედავად იმისა, რომ ეს მოთხოვნა ახლად აგებულ კორპუსებში მეტნაკლებად დაცულია, მაღლივი შენობების მჭიდროდ განლაგება ვერეს ხეობის გასწვრივ ეჭვსგარეშეა მოქმედებს მიწისპირა ქარების დინამიკურ სურათზე. ამ თვალსაზრისით საკმაოდ ვიწრო ვერეს ხეობა შეიძლება მივამსგავსოთ მრუდწირულ არხს, რომელშიც ატმოსფერული წნევის გრადიენტით გამოწვეული ჰაერის მასის მოძრაობა შეშფოთებას განიცდის არხის მაღალ კედლებთან შეჯახების გამო. მსგავსი ეფექტი, ანუ დაბალი ატმოსფერული დინების რეგულარული შემფოთება, დამახასიათებელია ვერეს ხეობის მსგავსი ვიწრო კანიონებისათვის, რომლებიც მთელ სიგრძეზე შეზღუდულია საკმაოდ მაღალი კედლებით. მათი სიმაღლის დაახლოებით 200-250 მეტრამდე ზრდასთან ერთად ჩვეულებრივ იზრდება აგრეთვე ქარის სიჩქარე, რომლის სიდიდე გარკვეული სიმაღლის მიღწევის შემდეგ თანდათან მცირდება იმდენად, რომ ამ, ე.წ. „ინვერსიის“ დონის, ზემოთ მისი მიმართულება ნიშანს იცვლის. ეს ეფექტი, რომელიც თვისებრივად ერთნაირად დაიკვირვება პრაქტიკულად ყველა ხეობაში, რაოდენობრივად სხვადასხვა ნაირად უნდა იყოს გამოხატული. მაგალითად: ქალაქ ალმა-ატაში, რომლის ოროგრაფია მეტწილად თბილისის ოროგრაფიის მსგავსია, მიედინება იმავე სახელწოდების პატარა მთის მდინარე, რომლისათვისაც „ინვერსიის“ სიმაღლე $H_0 = 800$ მ. ხოლო მდინარე ცეას ხეობაში (ჩრდილოეთ კავკასია), რომლის სიგრძეა მხოლოდ 17 კმ, $H_0 = 1100$ მ [25]. ზოგადად ცნობილია, რომ ატმოსფერული არამდგრადობის ზრდის დროს „ინვერსიის“ სიმაღლე, ისევე, როგორც ქარის სიჩქარე, იზრდება. ნორმალურ (წყნარ) ნაკლებად ღრუბლიან ბუნებრივ პირობებში მთის ფერდზე ქარის დინება, მზის ჩასვლიდან დაახლოებით ნახევარი საათის შემდეგ, ხდება ხეობის ქვედა მიმართულებით. თბილ პირობებში, მზის ამოსვლის შემდეგ, ქარი იგივე მიმართულებით უბერავს კიდევ დაახლოებით ერთ საათს. ამის შემდეგ ქარის მიმართულება იცვლება დაღმავალიდან აღმავლისაკენ. წყნარ პირობებში ამ ქარის დამახასიათებელი სიჩქარეა (1 – 3) მ/წმ.

ზემოთ აღწერილი მოვლენა, რომელიც თვისობრივად ერთნაირი სქემით უნდა ვითარდებოდეს ყველაპ ატარამთის მდინარის ხეობაში, ცხადია ახასიათებს აგრეთვე ვერეს ხეობასაც. მსგავსი ეფექტის მთავარი გამომწვევი მიზეზია ქვედა ატმოსფეროს ტემპერატურული ველის არაერთგვაროვნება, რომელსაც იწვევს მთავარი ლოკალური მახასიათებელი, ხეობის შემომსაზღვრელი ქედების სიმაღლე. მთის კალთების ზედაპირის ტემპერატურის დღე-ღამური ცვლილება სხვადასხვა ბუნებრივ პირობებში საკმაოდ დიდ საზღვრებში მერყეობს, რაც განსაზღვრავს ჰაერის მასის დინებას ქედების ფერდების გასწვრივ. ამ პროცესის მათემატიკური მოდელი ეკუთვნის სასაზღვრო ფენის თეორიის შემქმნელს ლ. პრანდტლს. მისი ცნობილი ანალიზური ამონახსნი მიღებულია შემდეგი გამამარტივებელი დამშვებების საფუძველზე: განიხილება მხოლოდ უკვე განვითარებული მოძრაობა ვერტიკალურ სიბრტყეში XZ ; მცირე ხაზოვანი მასშტაბის გამო უგულვებელყოფილია კორიოლისის ეფექტი; მთის კალთა დახრილია ჰორიზონტისადმი საკმაოდ მცირე α კუთხით;

ადგილი არა აქვს კონვექციური ნაკადების წარმოქმნას, რადგანაც ქედის გასწვრივ მოძრავი ჰაერის მასა არ წვდება მის ზედაპირს, ამიტომ მოძრაობა იმდენად ნელია, რომ შეიძლება აჩქარების უგულვებლყოფა.

პრანდტლის მოდელის თანახმად, თავისუფალ ატმოსფეროში ტემპერატურა θ სიმაღლესთან ერთად წრფივად იზრდება, ხოლო ქედის ფერდობის ზედაპირს შეაქვს θ' შემფოთება, რომელიც წარმოადგენს ფერდობიდან დაშორების n სიმაღლის ფუნქციას. ტურბულენტური ატმოსფეროსათვის, რომლისათვისაც ტემპერატურა გადაცემისა და კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტები ერთმანეთის ტოლად შეიძლება ჩაითვალოს, θ' პარამეტრისათვის მიღებული იყო შემდეგი განტოლება

$$\frac{\partial^4 \theta'(n)}{\partial n^4} + \frac{g\beta B \sin^2 \alpha}{\nu^2} \theta'(n) = 0, \quad (1)$$

სადაც g – სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, β – ტემპერატურული გაფართოების კოეფიციენტი, $B = const$ – ვერტიკალური ტემპერატურული გრადიენტი, ν – ჰაერის კინემატიკური სიბლანტის კოეფიციენტი.

(1) განტოლების ზოგადი ამონახსნი შედგება ოთხი წევრისაგან, თუმცა მონოგრაფიაში [10] მოცემულია ზოგადი ამონახსნის მხოლოდ ის წევრი, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ კონკრეტულ პირობას

$$\begin{aligned} \theta' &= \theta'_0, \text{ როცა } n = 0, \\ \theta' &= 0, \text{ როცა } n = \infty, \end{aligned} \quad (2)$$

და ითვალისწინებს ქარის სიჩქარის ინვერსიის ეფექტს.

შესაბამის ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე

$$\theta' = \theta'_0 \exp\left(-\frac{n}{L}\right) \cos \frac{n}{L}, \quad (3)$$

რომელშიც მახასიათებელ ვერტიკალურ მასშტაბად მონაწილეობს სიჩქარის მაქსიმუმის სიმაღლე

$$L = \sqrt[4]{\frac{4\nu^2}{g\beta B \sin^2 \alpha}}. \quad (4)$$

ქედის კალთის გასწვრივ წარმოქმნილი ტემპერატურული შემფოთება იწვევს თავდაპირველად უძრავი ჰაერის მასის კონვექციურ მოძრაობას, რომლის სიჩქარეა

$$V_1 = \theta'_0 \sqrt{\frac{g\beta}{B} \exp\left(-\frac{n}{L}\right) \sin \frac{n}{L}}. \quad (5)$$

ამრიგად, (5) გამოსახულება იძლევა ქარის სიჩქარის ვერტიკალურ პროფილს, აგრეთვე განსაზღვრავს სიჩქარის მაქსიმუმის სიმაღლეს ($n_m = \frac{L\pi}{4}$) და ინვერსიის სიმაღლეს, რომელიც შეესაბამება ტრიგონომეტრიული ფუნქციის პირველ მინიმუმს ($n_m = \pi L$). მაგრამ, მიუხედავად ასეთი ამონახსნის სიცხადისა, ჩვენი შეხედულებით, მხოლოდ ერთი კერძო ამონახსნის გამოყენება საკმაოდ ზღუდავს ლ.პრანდტლის მოდელის პრაქტიკულ ღირებულებას. კერძოდ, მიგვაჩნია, რომ ფიზიკური სურათი უფრო სრული იქნება, თუ მხედვე-

ლობაში მივიღებთ სასაზღვრო პირობების დროში პერმანენტულად ცვლილების ეფექტს. ასეთი მოვლენა სრულიად რეალურია ატმოსფერული პროცესებისათვის. ცნობილია აგრეთვე, რომ მისი გათვალისწინება იწვევს გრძელვადიანი პროგნოსტიკული მეტეოროლოგიური ამოცანების შედეგების მნიშვნელოვან რაოდენობრივ კორექციას. ამიტომ, ბუნებრივია მოსაზრება, რომ სასაზღვრო პირობების ცვლილების ეფექტი საგრძნობი უნდა იყოს მოკლე პერიოდიან ლოკალურ ატმოსფერულ პროცესებშიც. კერძოდ, სავარაუდოა, რომ ვერეს ხეობის მსგავს ვიწრო კანიონში ტემპერატურული ველის შეშფოთება, ანთროპოგენული ზეწოლის გამო, არ იქნება დამოკიდებული მხოლოდ ბუნებრივ ფაქტორებზე. ამიტომ, რათა პრანდტლის მოდელის ფარგლებში ანალიზური სახით გათვალისწინებული იყოს ურბანული ეფექტის გავლენა ლოკალურ ტემპერატურულ ველზე, უპრიანად მიგვაჩინა განვიხილოთ სასაზღვრო პირობების კიდევ ერთი, (2) – განსხვავებული ვარიანტი, რომელიც აგრეთვე ითვალისწინებს ინვერსიის ეფექტს

$$\begin{aligned} \theta' &= \theta'_0, \text{ როცა } n = 0, \\ \theta' &= \infty, \text{ როცა } n = \infty. \end{aligned} \quad (6)$$

ამ სასაზღვრო პირობებს აკმაყოფილებს (1) განტოლების კიდევ ერთი კერძო ამონახსნი, რომელიც განსხვავდება (3)-საგან მხოლოდ ექსპონენციალური მამრავლის ნიშნით

$$\theta' = \theta'_0 \exp\left(\frac{n}{L}\right) \cos \frac{n}{L}. \quad (7)$$

(7) გამოსახულების შეცვლისას შეიცვლება აგრეთვე (5) გამოსახულებაც, რომელშიც მოხდება $\sin \frac{n}{L}$ ფუნქციის სიმეტრიული ჩანაცვლება $\cos \frac{n}{L}$ – სით. ამიტომ, ინვერსიის ეფექტს ადგილი ექნება განსხვავებულ სიმაღლეზე ($n_m = \frac{L\pi}{2}$), ისევე, როგორც განსხვავებული იქნება სიჩქარის ვერტიკალური პროფილი. თუმცა, ამ შემთხვევაში ისმის კითხვა: აქვს თუ არა პრაქტიკული ღირებულება პრანდტლის ამოცანის ისეთ ამონახსნს, რომლის ასიმპტოტური ქცევა არ აკმაყოფილებს ტემპერატურული ველის შეშფოთების მიღვევის პირობას იმ შემთხვევაში, როცა $n = \infty$ ასეთი მისწრაფებისას, ერთი შეხედვით, (7) ამონახსნი მცდარია, რადგან ზოგადად შეშფოთებაში ყოველთვის იგულისხმება ძირითადი სიდიდის მხოლოდ მცირე ცვლილება. თუმცა, ლ.პრანდტლის მოდელი სპეციფიკური ხასიათისაა, რადგანაც (1) განტოლების მისაღებად გამოყენებული იყო ტემპერატურული ველის ცვლილების ისეთი მოდელი, რომელიც ფორმალურად უშვებს სიმაღლესთან ერთად ტემპერატურის შეუზრუდავად ზრდას, რაც ზოგადად არაკორექტულია დედამიწის ატმოსფეროსათვის

$$\theta = \theta_0 + Bz + \theta'(n). \quad (8)$$

რეალურად, ლ.პრანდტლის მოდელში ადგილი აქვს მოჩვენებით წინააღმდეგობას თუ გავითვალისწინებთ, რომ ის სამართლიანია მხოლოდ მცირე სიმაღლეებისთვის. მართლაც, ამ მოდელის მიზანი მდგომარეობს ქვედა ატმოსფეროში ტემპერატურული ველის შეშფოთებით გამოწვეული, ქედის ზედაპირის პარალელური, სუსტი ქარის სიჩქარის ვერტიკალური პროფილისა და მიმართულების ინვერსიის სიმაღლის განსაზღვრაში. ამიტომ, რეალურად, (7) ამონახსნის კორექტულობის არე, (5)-ის მსგავსად, შემოსაზღვრულია ინვერსიის დონის მიმდებარე არით. სწორედ ამიტომ პრანდტლის ამოცანის ფიზიკური ღირებულება არა თუ საეჭვო ხდება, არამედ აშკარად იზრდება კიდევ ერთი კერძო ამონახ-

სნის დამატებით. კერძოდ, ასეთ შემთხვევაში შესაძლებელი ხდება ინვერსიის სიმაღლის დროში ცვლილების ეფექტის არაცხადად მოდელირება საწყისი პირობების პერმანენტული ცვლილების გამო. ჩვენი შეხედულებით, სწორედამ მოვლენის ალბათობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა ვერეს ხეობაზე ურბანული ზეწოლის შედეგად, რაც, თავის მხრივ, გავლენას უნდა ახდენდეს ლოკალურ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მახასიათებლებზე.

დასკვნა. ნაშრომში [3] ნაჩვენებია იყო, რომ მდინარე ვერეს ხელოვნური კალაპოტის შემადგენელი საკმაოდ გრძელი გვირაბების გოფირებული შიდა ზედაპირი მნიშვნელოვნად ზრდის გვირაბების ჰიდრაულიკურ წინააღმდეგობას, რაც იყო 13.06.2015 წ. კატასტროფის ტექნოგენური მიზეზი. თუმცა, ამ მოვლენის განმეორადობის ალბათობა მომავალში სავარაუდოდ კიდევ უფრო მაღალი იქნება თანამედროვე ეტაპზე კლიმატური ფაქტორის ზოგადად განსაკუთრებულად სწრაფი ცვლილებების გამო. ამას, ვერეს ხეობაში შეიძლება დაემატოს ურბანული ზეწოლა, როგორც ლოკალური თერმოდინამიკური სისტემის შემამფოთებელი ერთ-ერთი ხელოვნური ფაქტორი.

ლიტერატურა

1. Климат Тбилиси. Сб. ст., ред.проф. Г. Сванидзе. Санкт-Петербург, Гидромет.,1992. 230с.
2. Kereselidze D., Alaverdashvili M., Kiknadze D., Tsintsadze N., Kokaia N. Devastating floods on the river Vere and the methods for their estimations. TSU transaction, series GEOGRAPHY, № 8-9, 2011, (in Georgian).
3. კერესელიძე ზ., შერგილაშვილი გ. მდინარე ვერეს 13.06.2015 წლის წყალმოვარდნა და დაზარალებული კალაპოტის ჰიდროდინამიკური პრობლემა. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომათა კრებული, ტ. 66. 2016. გვ. 199-221.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя, гл. XX. Москва. Наука. 1974. 711 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа, гл. X. Москва. Наука. 1973, 847 с.
6. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика, гл. 4. Москва. Наука. 1988, 733 с.
7. კერესელიძე დ., ალავერდაშვილი მ., ცინცაძე თ., ტრაპაიძე ვ. ბრეგვაძე გ. რა მოხდა 2015 წლის 13 ივნისს მდინარე ვერეს წყალშემკრებ აუზში. თბილისი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გამომცემლობა, ქ. თბილისი, 2015, 40 გვ.
8. CNN. საქართველო, მდინარე ვერეს 2015 წლის 13 ივნისის წყალმოვარდნა. ანგარიში მომზადდა "ტყის მდგრადი მართვა საქართველოში" პროექტის ფარგლებში, ავსტრიის თანამშრომლობა განვითარებისათვის, -ADC -ის მხარდაჭერით, თბილისი, 2015, 35 გვ.
9. Amiranashvili A., Dolidze J., Tsereteli N., Varazanashvili O. Statistical Characteristics of Flash Flood in Georgia, Papers of Int. Simp. On Floods and Modern Methods of Control Measures, ISSN 1512-2344, 23-28 September 2009, Tbilisi, pp. 28-36.
10. Varazanashvili O., Tsereteli N., Amiranashvili A., Tsereteli E., Elizbarashvili E., Dolidze J., Qaldani L., Saluqvadze M., Adamia Sh., Arevadze N., Gventcadze A. Vulnerability, Hazards and Multiple Risk Assessment for Georgia. Natural Hazards, Vol. 64, Number 3, 2021-2056, 2012, DOI: 10.1007/s11069-012-0374-3 , <http://www.springerlink.com/content/9311p18582143662/fulltext.pdf>.
11. Amiranashvili A.G. Increasing Public Awareness of Different Types of Geophysical Catastrophes, Possibilities of Their Initiation as a Result of Terrorist Activity, Methods of Protection

- and Fight with Their Negative Consequences. Engaging the Public to Fight Consequences of Terrorism and Disasters. NATO Science for Peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics, vol. 120. IOS Press, Amsterdam•Berlin•Tokyo•Washington, DC, ISSN 1874-6276, 2015, pp.155-164. <http://www.nato.int/science>; <http://www.iospress.nl> <http://www.springer.com>;
12. Khvedelidze Z., Amiranashvili A., Dolidze J., Chitaladze D., Pavlenishvili N. Statistical Structure of Diurnal Precipitation Distribution on the Territory of Eastern Georgia. Proc. of I. Javakhishvili Tbilisi State University, Physics, N 357, ISSN 1512-1461, Tbilisi University Press, Tbilisi, 2004, pp. 79-87.
 13. Amiranashvili A., Chikhladze V., Kartvelishvili L. Expected Change of Average Semi-Annual and Annual Values of Air Temperature and Precipitation in Tbilisi, Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN 1512-1127, vol. 13B, Tbilisi, 2009, pp. 50 – 54.
 14. Amiranashvili A.G. Special Features of Changeability of Daily Sum of Precipitation in Tbilisi in 1957-2006. Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp.81-91.
 15. Amiranashvili A.G., Chikhladze V.A., Dzodzuashvili U.V., Ghlonti N.Ya., Sauri I.P. Reconstruction of Anti-Hail System in Kakheti (Georgia). Journal of the Georgian Geophysical Society, Issue B. Physics of Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.18B, Tbilisi, 2015, pp. 92-106.
 16. Амиранашвили А.Г., Бурнадзе А.С., Двалишвили К.С., Геловани Г.Т., Глonti Н.Я., Дзодзуашвили У.В., Кайшаури М.Н., Квеселава Н.С., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А. Р., Саури И.П., Телия Ш.О., Чаргазия Х.З., Чихладзе В.А. Возобновление работ по борьбе с градом в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 14-27.
 17. Avlokhshvili Kh., Banetashvili V., Gelovani G., Javakhishvili N., Kaishauri M., Mitin M., Samkharadze I., Tskhvediasvili G., Chargazia Kh., Khurtsidze G. Products of Meteorological Radar «METEOR 735CDP10». Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 66, Tbilisi, 2016, pp. 60-65, (in Russian).
 18. Selex ES GmbH · Gematronik Weather Radar Systems. Rainbow®5 User Guide, 464 p., 2015, www.gematronik.com
 19. Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Ломтадзе Дж. Д., Саури И.П., Чихладзе В.А. Метеорологические радары и радиолокационное обеспечение активных воздействий на атмосферные процессы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 65, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2015, с.101-112.
 20. Абаиадзе О.А., Авлохашвили Х.В., Амиранашвили А.Г., Дзодзуашвили У.В., Кириа Дж.К., Ломтадзе Дж. Д., Осепашвили А.Р., Саури И.П., Телия Ш.О., Хеташвили А.А., Цхведиашвили Г.Н., Чихладзе В.А. Радиолокационное обеспечение противорадовой службы в Кахетии. Тр. Ин-та геофизики им. М.З. Нодиа, т. 66, ISSN 1512-1135, Тбилиси, 2016, с. 28-38.
 21. Banetashvili V., Gelovani G., Grebentsova A., Javakhishvili N., Iobadze K., Mitin M., Saginashvili N., Samkharadze I., Khurtsidze G., Tsereteli A., Tskhvediasvili G., Chkhaidze B. Some Examples of Strong Precipitation in Eastern Georgia According to the Data of Radar Surveillance of 2015. Trans. of Mikheil Nodia Institute of Geophysics, ISSN 1512-1135, v. 66, Tbilisi, 2016, pp. 75-83, (in Russian).
 22. ზაგრატია თ., გაფრინდაშვილი მ., ჭითანავა რ. და სხვ. თბილისის ტერიტორიაზე სტიქიური მოვლენების საშიშროების ზოგადი ანალიზი და 2015 წლის 13-14 ივნისს მდ. ვერეს აუზში განვითარებული კატასტროფებით გამოწვეული მდგომარეობის წინასწარი შეფასება. გარემოს ეროვნული სააგენტო, ანგარიში, თბილისი, 2015, 58 გვ.

23. <https://bpn.ge/analizi/12761-mskhverplis-acilebis-3proeqti.html?device=xhtml&lang=kaGE>
24. СП 102.13330.2012. Туннели гидротехнические. Актуализированная редакция, СНиП 2.06.09-8, 2012.
25. Хргиан А.Х.. Физика атмосферы, т. 2. Ленинград, Гидрометеиздат, 1978, 237 с.

მდინარე ვერეს ხეობის მიკროკლიმატის შემაშფოთებელი ფაქტორები და მათი გავლენა წყალმოვარდნების ინტენსივობაზე

ამირანაშვილი ა., კერესელიძე ზ., მიტინი მ., ხვედელიძე ი., ჩიხლაძე ვ.

რეზიუმე

მდინარე ვერეს ხეობაში 13.06.2015 წლის კატასტროფული წყალმოვარდნის გამომწვევი ტექნოგენური მიზეზი, რომელიც ამ მდინარის ბუნებრივი კალაპოტის ხელოვნური დახურული გვირაბებით ცვლილებაში მდგომარეობს, შეიძლება გარკვეულად მივიჩნიოთ. თუმცა, ამ მოვლენის წინმსწრები იყო ექსტრემალური ჰიდრომეტეოროლოგიური პირობები და ხეობის ურბანიზაცია, რამაც გამოიწვია მრავალრიცხოვანი მსხვერპლი და დიდი მატერიალური ზარალი. მსგავსი მასშტაბის მქონე წყალმოვარდნის განმეორება მომავალში გამორიცხული არ არის, მითუმეტეს გადაჭარბებული ურბანული ზეწოლის პირობებში. ამ ნეგატიური ფაქტორის გავლენა ხეობის ლოკალურ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მახასიათებლებზე შესაძლებელია პრანდტლის ცნობილი მოდელის გამოყენებით. მოცემულ ნაშრომში მოხდა ამ მოდელის მოდიფიკაცია ტემპერატურული ველის შემოფოთების სასაზღვრო პირობების ცვლილების დაშვების ფარგლებში, რაც თვისებრივად შესაძლებელია ნებისმიერი პატარა მთის მდინარის კანიონში. ამ მოდელის საშუალებით, ტემპერატურული ველის მონაცემების საფუძველზე, შესაძლებელი იქნება ვერეს ხეობის ისეთი დინამიკური სურათის აგება, რომელშიც ცხადად იქნება წარმოჩენილი ოროგრაფიული და ურბანული ფაქტორების წვლილი ლოკალური ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების ფორმირებაში.

Тревожные факторы микроклимата долины реки Вере и их влияние на интенсивность паводков

**Амиранашвили А.Г., Кереселидзе З.А., Митин М.Н.,
Хведелидзе И.Б., Чихладзе В.А.**

Реферат

Техногенные причины, вызвавшие катастрофический паводок в долине реки Вере 13.06.2015 года, которые заключаются в замене естественного русла этой реки искусственными закрытыми тоннелями, можно считать выясненными (установленными). Хотя этому явлению предшествовали экстремальные гидрометеорологические условия и урбанизация долины, что вызвало многочисленные жертвы и большой материальный ущерб. Повторение паводков подобного масштаба в будущем нельзя исключить, особенно в условиях превышения урбанного воздействия. Влияние этого негативного фактора на локальные гидрометеорологические характеристики долины можно установить, используя известную модель Прандтля.

В данной работе приведена модификация этой модели в условиях возмущения температурного поля при изменении граничных условий в допустимых пределах, что качественно возможно в каньоне любой малой горной реки. С помощью этой модели, на основе данных температурного поля, имеется возможность создать для долины реки Vere такую динамическую картину, в которой явно будет представлен вклад орографических и урбанистических факторов в формировании локальных гидрометеорологических параметров.

Alarming Factors of the Microclimate of the Vere River Valley and their Influence on the Floods Intensity

Amiranashvili A., Kereselidze Z., Mitin M., Khvedelidze I., Chikhladze V.

Abstract

The technogenic reasons, which caused catastrophic flood in the Vere river valley 13.06.2015, which consist in the replacement of the natural bed of this river by the artificial closed tunnels, can be considered established. Although this phenomenon preceded the extreme hydrometeorological conditions and the urbanization of valley, which caused numerous victims and large material damage. The repetitions of the flood of a similar scale in the future cannot be excluded, especially under the conditions of increasing the urban action. The influence of this negative factor on the local hydrometeorological characteristics of valley can be installed, using a known model of Prandtl.

In this work is given the modification of this model under the conditions of disturbing the temperature field with a change of the boundary conditions within the permissible limits, which is qualitatively possible in the canyon of any small mountain river. With the aid of this model, on the basis of data of temperature field, is a possibility to create for the Vere river valley such dynamic picture, in which will be clearly represented the contribution of orographical and urban factors in the formation of the local hydrometeorological parameters.