



ელიზბარ ელიზბარაშვილი,
მარია ტატიშვილი,
— მარიამ ელიზბარაშვილი,
რამაზ მესხია, შალვა ელიზბარაშვილი

საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში



თბილისი
2013

ე.ელიზბარაშვილი, მ.ტატიშვილი,
მ.ელიზბარაშვილი,
რ.მესხია, შ.ელიზბარაშვილი

საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში

მაღალი რეზოლუციის საშუალო თვიური
ბადური ტემპერატურისა და ნალექების
მონაცემთა მასივის შექმნა და ვალიდაცია
კლიმატის გლობალური ცვლილების
შეფასებისთვის საქართველოში

**Elizbar Elizbarashvili, Marika Tatishvili, Mariam
Elizbarashvili, Ramaz Meskhia, Shalva Elizbarashvili**

**Climate Change in Georgia
Under Global Warming Conditions**

თბილისი
2013

უაკ 551.582

ნაშრომში წარმოდგენილია რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული საგრანტო პროექტის “1936-2008წ. მაღალი რეზოლუციის საშუალო თვიური ბადური ტემპერატურისა და ნალექების მონაცემთა მასივის შექმნა და ვალიდაცია კლიმატის გლობალური ცვლილების შეფასებისთვის საქართველოში” (გრანტი №1-5/67, 2010-2012წწ) ფარგლებში ჩატარებული კვლევის შედეგები.

The research outputs of Grant Project “Development and validation of 1936-2008 year high resolution monthly gridded temperature and precipitation data set for use in global climate change assessment for Georgia” (Grant №09-734-5-170, Agreement №1-5/67) realized by financial support of Shota Rustaveli National Science Foundation has been presented in study.

Edited by Prof. E.Elizbarashvili

В работе представлены результаты исследования, проведенного в рамках грантового проекта Национального научного фонда Руставели “Создание и валидация сеточных массивов средних месячных температур и осадков высокой резолюции за период 1936-2008гг, для оценки глобального изменения климата в Грузии” (грант №1-5/67, 2010-2012 гг).

პროფესორ ე.ელიზბარაშვილის რედაქციით

ISBN

სარჩევი

წინასიტყვაობა	5
თავი 1. საქართველოს კლიმატის ცვლილების და რყევადობის კვლევის ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა	7
1.1. გლობალური დათბობა	7
1.2. საქართველოში ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების კვლევა	11
1.3 საქართველოში ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილების კვლევა	20
თავი 2. მონაცემთა ბაზები, კვლევის მეთოდოლოგია და ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა	30
2.1 ბადური მონაცემთა მასივების შექმნის მეთოდოლოგიური საფუძვლები	30
2.2. საწყისი მონაცემთა ბაზები და მონაცემთა აღდგენის მეთოდები	41
2.3. ტემპერატურისა და ნალექებისათვის 25 კილომეტრიანი გარჩევადობის ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა	52
2.4. შესაბამისობა ფაქტიურ და ბადურ მონაცემებს შორის	64
თავი 3. ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციები	72
3.1. ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების მიხედვით	72
3.2. ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები ბადური მონაცემთა მასივების მიხედვით	86
3.3. საქართველოს ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ტემპერატურის ცვლილების	94

ტენდენციები	
თავი 4. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციები	97
4.1. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციები მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების მიხედვით	97
4.2. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციები ბაღური მონაცემთა მასივების მიხედვით	113
4.3. საქართველოს ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ნალექების ცვლილების ტენდენციები	124
დასკვნა	127
ლიტერატურა	132

წინასიტყვაობა

გლობალური დათბობა – თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური და სოციალურ ეკონომიკური პრობლემაა. გლობალური დათბობის პირობებში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება რეგიონალური კლიმატების ცვლილების შეფასებას. ცხადია, რომ ასეთი შეფასება მით უფრო საიმედოა, რაც უფრო ხშირია მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ქსელი. სწორედ ამის გამო ევროპის მოწინავე ქვეყნებში-დიდ ბრიტანეთში, საფრანგეთში და რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მქონე შვეიცარიაშიც კი, აგრეთვე იაპონიაში და სხვაგან, დაწყებული გასული საუკუნის 90-ანი წლებიდან მიმდინარეობს მაღალი რეზოლუციის ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა. ამ გამოკვლევათა საბოლოო მიზანია შეიქმნას მაღალი რეზოლუციის ბადური მონაცემთა მასივები ევროპისათვის და საერთოდ დედამიწისათვის, გლობალური კლიმატის ცვლილების შეფასებისათვის.

საქართველოში მეტეოროლოგიურ დაკვირვებებს ხანგრძლივი ისტორია აქვს. კავკასიაში პირველი მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური ობსერვატორია 1844 წელს თბილისში დაარსდა. საქართველოს მეტეოროლოგიური ქსელი სწრაფად განვითარდა და გასული საუკუნის 40-იანი წლებისთვის მაქსიმალურ რაოდენობას მიაღწია (200-მდე მეტეოროლოგიური სადგური და საგუშაგო). შემდგომში მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა ქსელის სიხშირე სამწუხაროდ კლებულობდა და ამჟამად მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა სრულ კომპლექსს მხოლოდ 13 მეტეოროლოგიური სადგური აწარმოებს. ცხადია, რომ სადგურთა ასეთი რაოდენობა რთულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში ვერ

დააკმაყოფილებს არამც თუ კლიმატოლოგიის, არამედ ქვეყნის ეკონომიკის მოთხოვნებს. ამასთან დაკავშირებით მაღალი რეზოლუციის ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა საქართველოს რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებისათვის თანამედროვე და აქტუალურია.

წარმოდგენილი საგრანტო პროექტის ანგარიშში განზოგადოებულია კლიმატის ცვლილების პრობლემის კვლევები საქართველოში, 87 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შედგენილია ჰაერის ტემპერატურის საშუალოთვიურ და წლიურ სიდიდეთა, ხოლო 67 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის –ნალექების საშუალოთვიურ, სეზონურ და წლიურ მონაცემთა სრულყოფილი ბაზები 1936-2008 წლების პერიოდისათვის. შექმნილია ამავე პარამეტრების ბადური მონაცემთა მასივები 25კმ რეზოლუციით და შედგენილია გლობალური დათბობის პირობებში საქართველოს კლიმატის ცვლილების პირველი გეოინფორმაციული რუკები.

საგრანტო პროექტის შესრულებას ხელმძღვანელობდა გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი ელიზბარ ელიზბარაშვილი, პროექტის მენეჯერი იყო ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატი მარია ტატიშვილი, ძირითადი შემსრულებლები –ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი რამაზ მესხია, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი მარიამ ელიზბარაშვილი და გეოგრაფიის დოქტორი შალვა ელიზბარაშვილი, რომელიც ამავე დროს ხელმძღვანელობდა გეოინფორმაციულ ჯგუფს (თ.ერაძე, მ.ტატანაშვილი).

ავტორთა კოლექტივი მადლობას უძღვნის რუსთაველის ეროვნულ სამეცნიერო ფონდს, ვისი ფინანსური მხარდაჭერის გარეშე წინამდებარე ნაშრომი ვერ შესრულდებოდა.

თავი 1. საქართველოს კლიმატის ცვლილების და რყევადობის კვლევის ისტორია და თანამედროვე მდგომარეობა

1.1. გლობალური დათბობა

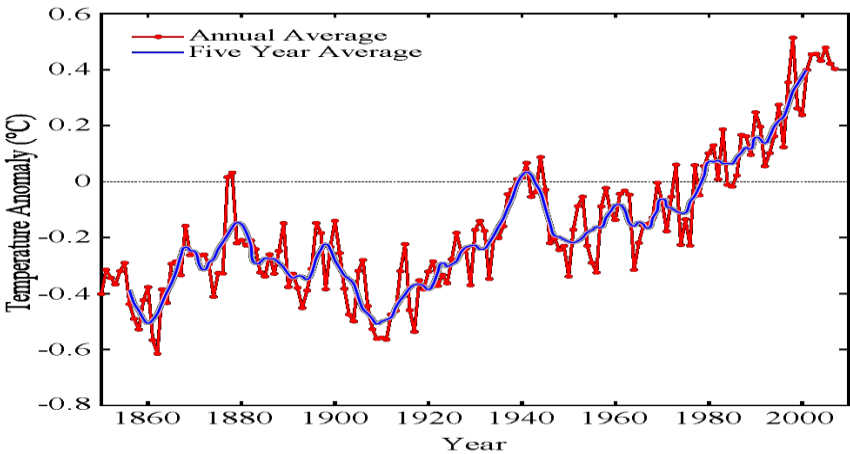
გლობალური დათბობა კაცობრიობის უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური და სოციალურ-ეკონომიკური პრობლემაა. დედამიწის და მსოფლიო ოკეანის საშუალოწლიური ტემპერატურის თანდათანობითი ზრდის პროცესი XX და XXI საუკუნეებში არის ბუნებრივი მიზეზების და ადამიანის მოღვაწეობის შედეგი. მან განსაკუთრებული აქტუალობა გასული საუკუნის მეორე ნახევრიდან შეიძინა. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების სახელმწიფოთაშორისი ექსპერტთა ჯგუფის შეფასებების თანახმად XVIII საუკუნის მეორე ნახევრიდან დედამიწის ტემპერატურა 0.7° -ით გაიზარდა და მასში უდიდესი წვლილი უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში ადამიანის მოღვაწეობას მიეკუთვნება.

გლობალური კლიმატის ცვლილების კვლევას დიდი ხნის ისტორია აქვს და მის ფესვებს XIX საუკუნის 70-იან წლებში მივყავართ. გლობალური კლიმატის ცვლილების პირველი კვლევა სახელგანთქმული კლიმატოლოგის ვ.კიოპენის (1873) სახელს უკავშირდება, მან იმ დროს მთლიანად დედამიწისათვის დაადგინა ტემპერატურის 1°C -ით დაცემა.

ვ.ვილემტმა(1950) შეაფასა პლანეტარული ტემპერატურის ცვლილების ტენდენცია 1880-1930 წლების პერიოდისათვის, და მიიღო საშუალო პლანეტარული ტემპერატურის $0,5^{\circ}\text{C}$ -ით გაზრდა, ხოლო

ზამთრის თვეების ტემპერატურის გაზრდა შეაფასა 1°C-სიდიდით. ვიკილექტის გამოკვლევა გააგრძელა ჯ.მიტჩელმა (1963). მან დაკვირვებათა რიგი შეაფასო 1959 წლამდე და მიიღო დასკვნა, რომ XX საუკუნის 40-იანი წლებიდან ტემპერატურის მატება დაკლებით შეიცვალა.

მ.ბუდიკომ (1971) დაადგინა, რომ XIX საუკუნის დასასრულს დაიწყო დათბობა, რამაც იმავე საუკუნის მიწურულს სუსტად გამოსატულ მაქსიმუმს მიაღწია. შემდეგ დაიწყო ტემპერატურის დაკლება, რაც შეცვალა მისმა სწრაფმა ზრდამ. ტემპერატურის ზრდის ინტენსივობა განსაკუთრებით მაღალი იყო XX საუკუნის 10-იანი წლების დასასრულს და 20-იანი წლების დასაწყისში. ტემპერატურის დადებითი ანომალია მაქსიმალური იყო 30-იანი წლების დასასრულს, ხოლო 40-იან წლებში დათბობის პროცესი 60-იანი წლების შუაში აცივებამ შეცვალა. 60-იანი წლებიდან გლობალურმა ტემპერატურამ დაიწყო ინტენსიური ზრდა. ყოველივე ეს კარგად ჩანს ნახ.1.1.1-ზე.



ნახ.1.1.1. გლობალური ტემპერატურის ცვლილება. °C

ამ შედეგებმა განსაზღვრეს კლიმატის შემდგომი ცვლილებების საფუძვლიანი კვლევის აუცილებლობა. რ.სანდერსონმა (1975) აჩვენა, რომ 1969 წლიდან 1974 წლამდე არქტიკის უმეტეს რაიონებში გამყინვარების არეალები მცირდებოდა. იგივეს ადასტურებს რუსი მეცნიერების მიერ მიღებული დასკვნები (ვ.ზახაროვი, ლ.სტროკინა, 1978). დედამიწის კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ემპირიული გამოკვლევის ძირითადი შედეგები განაზოგადა კ.ვინიკოვმა (1986). მან დაამუშავა გლობალური კლიმატური სისტემის ენერგეტიკული ბალანსის დიაგნოსტიკური არასტაციონალური მოდელი, რის საფუძველზედაც ტემპერატურის ანტროპოგენური ზრდა CO₂-ის გავლენით დაწყებული 1880 წლიდან ასი წლის განმავლობაში 0,5°C-ის სიდიდით შეაფასა.

XXI საუკუნის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურეს გლობალური კლიმატის დათბობის აღნიშნული ტენდენცია. ამავე დროს დადგინდა, რომ დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში დათბობა სხვადასხვა ინტენსივობით მიმდინარეობს. უფრო მეტიც ცალკეულ რაიონებში დათბობას აცივება ცვლის.

დათბობა განსაკუთრებით მკაფიოდ არის გამოხატული ევრაზიისა და ჩრდილოეთ ამერიკის პოლარულ სექტორებში, აგრეთვე წყნარი ოკეანეს აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში, და ინდოეთის ოკეანეს სამხრეთ ნაწილში. ინტენსიური აცივების დიდი ფართობები დაფიქსირებულია წყნარი ოკეანეს ჩრდილოეთ და სამხრეთ, აგრეთვე ატლანტიკის ოკეანეს ჩრდილოეთ ნაწილში. სუსტი აცივება აღინიშნება აფრიკის კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილში – ნოტიო ეკვატორული ტყეების ზონაში.

გლობალური დათბობის და კლიმატის ცვლილების პრობლემა უკანასკნელ წლებში დეტალურად განიხილებოდა მრავალრიცხოვან ლიტერატურაში (Бардин, 2011; Груза, Ранькова, 2003, 2004, 2011; Елисеев, Мохов, Мурышев, 2011; Шатилина, Цициашвили, Радченкова, 2010; Groisman, Rankova, 2001 და სხვ.). ამ გამოკვლევების შედეგად დადგინდა გლობალური დათბობის ძირითადი თავისებურებები და მიღებულ იქნა კლიმატის ცვლილების მონაცემები XX საუკუნის მეორე ნახევრისათვის. გამოვლინდა პოტენციალური კავშირი გლობალურ დათბობასა და ექსტრემალურად ცხელ ზაფხულებს შორის, შეფასდა კლიმატის ცვლილების ტრენდები მსოფლიოს მსხვილი ფიზიკურ-გეოგრაფიული რაიონებისათვის, ჩატარდა კლიმატის ცვლილების რიცხვითი ექსპერიმენტები და სხვ.

განსაკუთრებით აქტუალურია კლიმატის ცვლილების პრობლემა მთებში. თითოეული ფერდობის კლიმატური რეჟიმი წარმოადგენს უთვალავი “ტოპოკლიმატური ზონების” ერთობლიობას, რომელთაგანაც თითოეული თავისი განსაკუთრებულობით გამოირჩევა. ეს ართულებს მთებში კლიმატის ცვლილების ტენდენციების და რაოდენობრივი მახასიათებლების ობიექტურ შეფასებას.

პიკი დიუ-მიდის (საფრანგეთი, პირინეები, 2862მ.) მონაცემების ანალიზმა აჩვენა, რომ 100 წლის განმავლობაში საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ მოიმატა 0,94⁰-ით. დათბობის ტენდენცია განსაკუთრებით შესამჩნევი შემოდგომით და გაზაფხულზე იყო. აღსანიშნავია, რომ ვაკე რაიონებში დათბობის ასეთი ინტენსივობა არ აღინიშნება.

აღპეების მაღალმთიანი სადგურები აფიქსირებენ ერთდროულად მინიმალური და მაქსიმალური

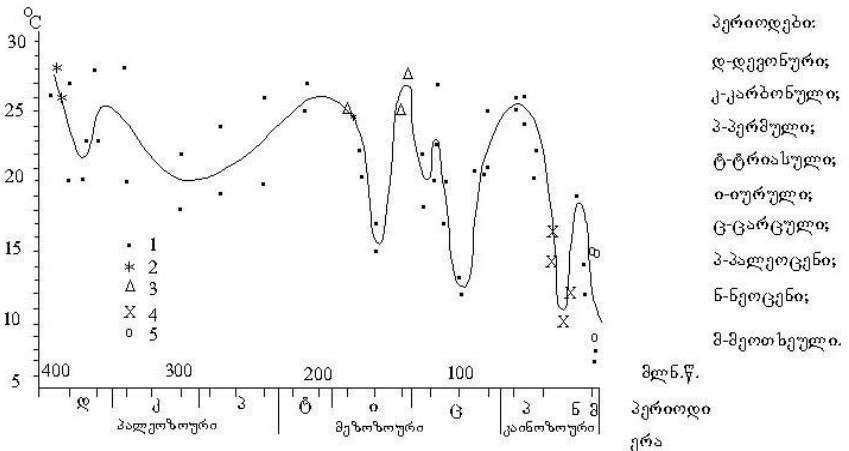
ტემპერატურების ზრდას, მაშინ როდესაც ამავე რეგიონში დაბლობზე განლაგებული სადგურების მონაცემების თანახმად მნიშვნელოვნად იზრდება მხოლოდ მინიმალური ტემპერატურები.

1.2 საქართველოში ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების კვლევა

გეოლოგიურ წარსულში, სხვადასხვა გეოლოგიური პერიოდების და ერების განმავლობაში კლიმატი და მისი დამახასიათებელი ელემენტები გარკვეულ ცვლილებებს განიცდიდა საქართველოს პირობებშიც. დღეისათვის არსებობს საკმაოდ მრავალრიცხოვანი ლიტერატურა, მთლიანად დედამიწის, ან მისი ცალკეული რეგიონების კლიმატური პირობების შესახებ გეოლოგიურ წარსულში. ამ ინფორმაციის საფუძველზე მელიზბარაშვილმა(2001) ჩაატარა კავკასიის კლიმატების რეკონსტრუქცია ფანეროზოიში. რეკონსტრუქციას მან საფუძვლად დაუდო ისეთი ლითოლოგიური მაჩვენებლები, რომლებიც კარგად ეთანხმებოდა გეოქიმიურ, პალეობიოლოგიურ, პალეობოტანიკურ და პალინოლოგიურ მონაცემებს. განსაკუთრებით საიმედოდ მიჩნეული იყო უკანასკნელ წლებში ჩატარებული პალეოთერმომეტრული გაზომვები. ამ მონაცემების საფუძველზე მელიზბარაშვილმა ააგო საშუალო წლიური ტემპერატურების ცვლილების მრუდი 400 მილიონი წლის მანძილზე კავკასიისათვის(ნახ.1.2.1).

პალეოტემპერატურა კავკასიის რეგიონში მთელი პალეოზოური ერას განმავლობაში საკმაოდ მაღალი იყო და საშუალოდ 20-28⁰C შეადგენდა. მეზოზოური ერას განმავლობაში წლიური ტემპერატურის რყევადობა უფრო ფართო დიაპაზონში აღინიშნებოდა (12-28⁰C). განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ცვლილებები, კერძოდ

ტემპერატურის ხშირი დაცემები კაინოზოურ ერაში - პალეოცენში და მეოთხეულ პერიოდებში მიმდინარეობდა. უკანასკნელ მათგანში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 7 °C-მდე დაეცა.



ნახ. 1.2.1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილება კავკასიაში უკანასკნელი 400 მლნ წლის მანძილზე სხვადასხვა ავტორების მიხედვით:

- 1 – ნიასამანოვი (1985); 2 – ვსინიციანი (1976);
- 3 – კნუცუბიძე (1966); 4 – კემილიანი (1966); 5 – ვსერგინი (1978);
- (მ.გელიზბარაშვილი, 2001)

კლიმატი იცვლებოდა უკანასკნელ ათასწლეულშიც, რაც ძირითადად შეესაბამება ეელიზბარაშვილის და თაღადაშვილის (Elizbarashvili E., Aladashvili T. , 1997) მიერ მიღებულ კლიმატური პირობების რეკონსტრუირებულ მრუდს, რომლის თანახმადაც გამოიკვეთება XII-XIII საუკუნეების კლიმატური ოპტიმუმი, აგრეთვე XV-XVI და XVII-XVIII

საუკუნეების მცირე მყინვარული პერიოდები, რომელთაც გლობალური მასშტაბები ჰქონდათ.

თბილისის ტემპერატურის რიგების პირველი სტატისტიკური ანალიზი ჩაატარეს ი.ქურდიანმა (Курдиани И.Г., 1956) და გ.ჭირაქაძემ (Чиракадзе Г.И., 1959). ტემპერატურის მრავალწლიურ ცვლილებაში მათ გამოავლინეს სხვადასხვა ხანგრძლივობის ციკლები. ი.ცუცქირიძემ (Цуцкиридзе Я.А., 1960) თბილისის და გარდაბნის დაკვირვებათა მონაცემების შედარების საფუძველზე სცადა ურბანიზაციის ეფექტის აღმოჩენა.

თბილისის ტემპერატურის 100 წლიანი რიგები გაანალიზეს რ.გვახავამ და ვ.ხორგუანმა (1989). მათ საშუალო წლიური ტემპერატურის ნაზრდი შეაფასეს $0,6^{\circ}\text{C}$ -სიდიდით.

საქართველოს კლიმატის ცვლილების პრობლემას მიექვანა დ.მუმლაძის (1991) სპეციალური მონოგრაფია. ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე მიღებულია, რომ ტემპერატურის ზრდამ საქართველოში მაქსიმუმს 1966-1975 წლებში მიაღწია. საშუალო ტემპერატურის ზრდა ძირითადად ზამთრის ტემპერატურების ხარჯზე მიმდინარეობდა. იანვრის ტემპერატურის ნაზრდი 150 წლის მანზილზე $2,1^{\circ}\text{C}$ -ით შეფასდა.

მონოგრაფიაში “თბილისის კლიმატი” (Климат Тбилиси, 1992) 1844-1985 წლების მონაცემების საფუძველზე ტემპერატურის საშუალო მნიშვნელობების გარდა განხილულია მათი ექსტრემალური მნიშვნელობების დროითი სვლა და დადგენილია მათი თანდათანობითი ზრდის ტენდენციები.

საქართველოს ტემპერატურული ველის ცვლილების სრული სივრცითი სურათის და აგრეთვე მრავალრიცხოვანი ტრენდების მიღება შესაძლებელი გახდა მხოლოდ "კლიმატის ცვლილების კვლევის

ეროვნული პროგრამის" ჩარჩოებში ჩატარებული გამოკვლევის საფუძველზე (კ.თავართქილაძე, ე.ელიზბარაშვილი, დ.მუმლაძე, ჯ.ვანჩაძე, 1999). მეთოდოლოგიური თვალსაზრისით, ეს გამოკვლევა გასული საუკუნის განმავლობაში ჩატარებულ გამოკვლევებს შორის ყველაზე გამართულია და შესაბამისად შედეგებიც ყველაზე საიმედო. მასში 90 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შექმნილია 1906-1996წწ პერიოდის მონაცემთა ბაზა. კვლევის ძირითადი შედეგი იმაში მდგომარეობს, რომ თანამედროვე გლობალური დათბობის საერთო ფონზე აღმოსავლეთ საქართველოში მიმდინარეობს ტემპერატურის ზრდა, ხოლო დასავლეთში - უმთავრესად კლება. საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდის ყველაზე მაღალი სიჩქარეები აღინიშნება ქვემო ქართლის ვაკეზე, ქართლის და კახეთის ქედებზე, ლიხის ქედის აღმოსავლეთ კალთებზე და ბორჯომის ხეობაში. ამ რაიონებში ტემპერატურის ზრდის ყოველწლიური სიჩქარე აღემატება 0,005°C-ს. ტემპერატურის უმნიშვნელო კლებაა ჯავახეთის ზეგანზე. დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიის დიდ ნაწილზე წლიური ტემპერატურების მნიშვნელოვანი ცვლილება არ შეინიშნება, ცალკეულ რაიონებში კი შეიმჩნევა აცივება. აცივება დამახასიათებელია კოლხეთის დაბლობის შიდა რაიონებისათვის, მესხეთის ქედის დასავლეთი ნაწილისა და მდინარე ენგურის ხეობის ზემო წელისათვის. დათბობის ცალკეული კერებია შავი ზღვის სანაპიროზე, აჭარაში ჩაქვის მახლობლად, იმერეთის მაღლობზე და რაჭის ქედზე. ტემპერატურის ცვლილების მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა იანვარი.

2001 წელს ნ.ბეგალიშვილის და ე.ელიზბარაშვილის საერთო რედაქციით გამოქვეყნდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მეცნიერ

თანამშრომელთა კოლექტიური მონოგრაფია “თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა”. მასში, თბილისის ჰიდრომეტეოროლოგიური ობსერვატორიის 150 წლიანი დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე(1844-1995 წწ), ჩატარებულია კლიმატის მრავალწლიური ცვლილების და ციკლური რყევადობის მრავალმხრივი გამოკვლევა. ტემპერატურის მრავალწლიან სვლაში გამოვლინდა სხვადასხვა ხანგრძლივობის და ინტენსივობის დათბობის და აცივების ტალღები. საშუალო წლიური ტემპერატურის სვლაში 1850-1863 წლებში აღინიშნება აცივება, რომელიც 1864-1875 წლებში იცვლება დათბობით. 1876-1886 წლებში აღინიშნება აცივების ახალი ტალღა. 1887-1908 წლებში თბილისში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა მერყეობს უმნიშვნელოდ, ხოლო 1909-1963 წლებში გამოიკვეთება მისი ზრდის ტენდენცია, რომელიც 1964-1973 წლებში იცვლება კლებით. დაწყებული 1974 წლიდან ჰაერის ტემპერატურა იზრდება. ტემპერატურის ცვლილების ხასიათი და ინტენსივობა მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია წელიწადის სეზონზე, ყველაზე მგრძობიარეა ზამთარი. ტემპერატურის ცვლილების ასეთი ხასიათი განპირობებულია უმთავრესად ბუნებრივი ფაქტორებით, მათ შორის მზის აქტივობით და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესებით. დადგინდა, რომ მზის მაქსიმალური აქტივობის ეპოქებში ტემპერატურის საშუალო დონე მაღალია ვიდრე მზის მინიმალური აქტივობის ეპოქებში. დადგინდა აგრეთვე ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები ატმოსფეროს ცირკულაციის ფორმების განსხვავებულ ეპოქალურ პერიოდებში. დასავლეთის ცირკულაციის გააქტიურების ფაზას(1890-1930 წწ) საშუალო წლიური ტემპერატურის დაბალი, ხოლო შესუსტების ფაზას(1950-1990 წწ)-ტემპერატურის მაღალი დონე შეესაბამება. შებრუნებული სურათი

აღინიშნება აღმოსავლეთის ცირკულაციის გააქტიურების პირობებში. მერიდიანული ცირკულაცია ტემპერატურის მნიშვნელოვან ცვლილებებს არ განაპირობებს. ამავე მონოგრაფიაში კლიმატის ცალკეული ელემენტების სვლაში შეფასებულია ურბანიზაციის ეფექტი. თბილისის ტემპერატურულ რეჟიმში ურბანიზაციის ეფექტი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ზაფხულში, შემოდგომის დასაწყისსა და ზამთრის პირველ ნახევარში. ზაფხულში ურბანიზაციის ეფექტი უდიდესია და ტემპერატურის საშუალო თვიურ სიდიდეში შეადგენს 1-1,3⁰-ს, რაც გამოწვეულია ნაგებობათა დამატებითი გამოსხივებით და ქარის სიჩქარის შემცირებით, რის შედეგადაც ქალაქის ზედაპირიდან სითბოს გამოსხივება შემცირებულია. ზამთარში ურბანიზაციის ეფექტი 1⁰-მდე აღწევს. ამ დროს ქალაქის სითბურ რეჟიმზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს სათბობის წვის შედეგად გამოყოფილი სითბო. ურბანიზაციის ეფექტი მინიმალურია გაზაფხულზე და 0,2-0,4⁰-ს შეადგენს, რაც წელიწადის ამ დროისათვის დამახასიათებელი რადიაციული და ცირკულაციური პროცესებით აიხსნება.

2007 წელს გამოქვეყნდა ეელიზბარაშვილის შემაჯამებელი მონოგრაფია საქართველოს კლიმატური რესურსების და კლიმატის ცვლილების დარგში. მასში განხილულია პრობლემასთან დაკავშირებული მრავალი საკითხი-ჰავის წარმომქმნელი ძირითადი ფაქტორები, კლიმატის ცალკეული ელემენტების რეჟიმი და რესურსი, ნიადაგების კლიმატი და კლიმატური რესურსები, კლიმატური მახასიათებლების დროითი და სივრცითი სტატისტიკური სტრუქტურა, მიკროკლიმატური გამოკვლევები, კლიმატური ველების მათემატიკური მოდელირება და გეოინფორმაციული კარტოგრაფირება, კლიმატური რაიონები, ამინდის

ძირითადი ტიპები, კლიმატური რესურსების გამოყენების პერსპექტივები, კლიმატის ცვლილება.

უკანასკნელ წლებში საქართველოს კლიმატის ცვლილების საკითხებზე რამოდენიმე მნიშვნელოვანი სტატია გამოქვეყნდა. მათ შორის უპირველეს ყოვლისა აღსანიშნავია დასავლეთ საქართველოში მიმდინარე ცვლილებების შეფასება (©.შ.Элизбарაშვილი, Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарაშვილი, 2005). მასში დასავლეთ საქართველოს 16 მეტეოროლოგიური სადგურის 1921-2000 წლების დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე გამოკვლეულია კლიმატის ცვლილების სტრუქტურა დასავლეთ საქართველოში. 1961-2000 წლების პერიოდი 1921-1960 წლებთან შედარებით უფრო ცივი აღმოჩნდა. აცივება ძირითადად შემოდგომის თვეების ხარჯზე იყო განპირობებული. ტემპერატურის არსებითი ცვლილებები არ შეინიშნებოდა ზამთრის თვეებში, ხოლო გაზაფხულზე აღინიშნებოდა არსებითი დათბობა. ამრიგად დადგინდა დასავლეთ საქართველოს კლიმატის ცვლილების დამახასიათებელი თავისებურება-გაზაფხულის დათბობა და შემოდგომის აცივება, რაც აჩქარებს გაზაფხულზე თოვლისა და მყინვარების დნობას, წყალდიდობების წარმოქმნას, ხოლო შემოდგომით გაააქტიურებს წაყინვებს. ტემპერატურის შემცირება გლობალური დათბობის პირობებში, ახსნილია დასავლეთ საქართველოსათვის დამახასიათებელი ჰუმიდური ლანდშაფტების თავისებურებებით, სადაც სითბოს დიდი რაოდენობა იხარჯება აორთქლებაზე და ჰაერი ნაკლებად თბება, ან ინერციის გამო ცივდება. შეფასებულია აგრეთვე ტემპერატურათა სხვადასხვა, მათ შორის საშიში ანომალიების აღბათობა, დადგენილია ტემპერატურათა სხვადასხვა ანომალიების დროს მოსული ნალექების რაოდენობათა გრადაციები.

განანალიზებულ იქნა საშუალო თვიური ტემპერატურების ექსტრემალური ანომალიების განმეორადობათა დინამიკა და მისი გავლენა ნალექებზე და მდინარეთა ჩამონადენზე (Э.Ш.Элизбарашვილი, Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарашვილი, 2007; Э.Ш.Элизбарашვილი, Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарашვილი, Ш.Э.Элизбарашვილი, 2007) და გვალვების დინამიკა გლობალური დათბობის პირობებში(Э.Ш.Элизбарашვილი, Р.Ш.Месхия, М.Э.Элизбарашვილი и др. 2009). 40 მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების და აგრეთვე 34 მდინარის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე გამოკვლეულია საშუალო თვიური ტემპერატურების ექსტრემალური ანომალიების განმეორადობათა დინამიკა გასული საუკუნის დანმავლობაში და მისი გავლენა ატმოსფერულ ნალექებზე, ჩამონადენზე და გვალვათა განმეორადობაზე.

ექსტრემალურად თბილი თვეების განმეორადობამ, როდესაც საშუალო თვიური ტემპერატურის გადახრა მრავალწლიური ნორმისაგან აღემატებოდა 2⁰-ს, გასული საუკუნის განმავლობაში შეადგინა დასავლეთ საქართველოში 1,3%, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში- 7,9%. ექსტრემალურად ცივი თვეების განმეორადობის სვლას უარყოფითი ტენდენცია გააჩნდა, და შესაბამისად 4,4 და 5% შეადგინა. ტემპერატურების ექსტრემალურად მაღალი ანომალიების განმეორადობა განსაკუთრებით გაიზარდა 1961-1970 წლებში, ხოლო ექსტრემალურად დაბალი ანომალიების განმეორადობა უდიდესი იყო დასავლეთ საქართველოში 1941-1950, ხილო აღმოსავლეთ საქართველოში 1951-1960 წლებში. გლობალური დათბობის ფონზე, ტემპერატურების ექსტრემალურად მაღალი ანომალიების დროს უფრო ნაკლები იყო

ნაღეჭები და მეტი ჩამონადენი, ვიდრე ტემპერატურების ექსტრემალურად დაბალი ანომალიების პირობებში.

სპეციალური გამოკვლევა მიექდვნა კლიმატის თანამედროვე ცვლილებას კავკასიონის მყინვარულ ზონაში (Э.Ш.Элиზбарашვილი, М.Э.Элизбарашვილი, Р.Ш.Месхия, Л.С.Мегрелидзе, 2010). ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურების ანომალიათა რუკების ანალიზის საფუძველზე კავკასიონის მყინვარებისათვის გამოკვლეულია თბილი და ცივი თვეების განმეორადობათა დინამიკა წელიწადის თბილი და ცივი პერიოდებისათვის, აგრეთვე მთლიანად წლისათვის და აბლაციის პერიოდისათვის. განხილულია მყინვარული ჩამონადენის და ნაღეჭების ცვლილების თანამედროვე მდგომარეობა, გამოვლენილია კავშირი ტემპერატურათა ანომალიის განმეორადობასა და გამყინვარების ფართობს შორის.

საქართველოს და მთლიანად კავკასიის ჰაერის ცვლილებაზე მიუთითებს აგრეთვე გლაციოკლიმატური გამოკვლევები, რომლებიც ემყარება კონტინენტური მყინვარების დინამიკის გამოკვლევებს. მაგალითად ვ.ხოდაკოვი (Ходаков В.Г., 1969), ვ.კოტლიაკოვი, ა.კრენკე (Котляков В.М., Кренке А.Н., 1982), თ.დავითაია (Давитая Ф.Ф., 1965) და სხვები მიუთითებენ კავკასიონზე მყინვარების შემცირებას გასული საუკუნის ბოლოდან და ბევრი მათგანის გაქრობას.

ჩვენ გამოვიკვლიეთ კავკასიონის მყინვარების დინამიკა XX საუკუნის განმავლობაში (Элизбарашვილი Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашვილი М.Э., Мегрелидзе Л.Д., 2009). დადგინდა, რომ გასული საუკუნის 40-იან წლებში, როდესაც მნიშვნელოვნად შემცირდა თბილი თვეების განმეორადობა წლის ცივი პერიოდის განმავლობაში, გამყინვარების ფართობი კავკასიონის მდინარეთა ხეობებში რამდენადმე გაიზარდა.

მყინვარების ინტენსიური დნობა კი აღინიშნება 60-იანი წლებიდან. 1960-1990 წლების განმავლობაში მყინვართა ფართობი შემცირდა მდინარე ენგურის ხეობაში 11 კვ.კმ-ით (დაახლოებით 20%), თერგის ხეობაში- 9 კმ-ით(15%), ლიახვის ხეობაში- 0.8%-ით (20%-ზე მეტი). სწორედ ენგურის და თერგის ხეობებში მდებარეობს კავკასიონის ყველაზე მაღალი მყინვარები - შხარა (5203 მ) და ყაზბეგი (5047 მ). ამ დროის განმავლობაში კავკასიონის ზოგიერთი მყინვარი საერთოდ გაქრა. ამისი მაგალითია მყინვარი თვიბერი, რომელიც მდებარეობს ცენტრალურ კავკასიონზე ამავე სახელწოდების მდინარის ხეობაში. მყინვარის ფართობი 1890 წელს შეადგენდა 43 კვ.კმ-ს. 1960 წელს მისი ფართობი შემცირდა მხოლოდ 3 კვ.კმ-ით, 1960-1990 წლების განმავლობაში მყინვარის უკან დახევის სიჩქარე იმდენად დიდი იყო, რომ 1987 წელს ის დაიშალა ცალკეულ მცირე მყინვარებად. მყინვარის ასეთი უკან დახევა განპირობებულია გლობალური ტემპერატურის ინტენსიური ზრდით. მყინვართა დნობისათვის განსაკუთრებით ხელსაყრელი იყო 1980-2000 წლები, როდესაც აბლაციის პერიოდის განმავლობაში თბილი თვეების განმეორადობამ 60%-ს გადააჭარბა.

1.3 საქართველოში ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილების კვლევა

წარსულში საქართველოში ტემპერატურასთან ერთად ნალექების რეჟიმიც განიცდიდა გარკვეულ ცვლილებებს. მაგალითად ბორისოვის პალეოკლიმატური გამოკვლევის თანახმად (Борисов,1973) პროთეროზოულ ერაში, ესე იგი მილიარდი წლის წინ, საქართველოში იყო ნოტიო ტროპიკული ჰავა და წლიური ნალექები

1000-1500 მმ-ს შეადგენდა. პალეოზოოურ ერაში, 500 მილიონი წლის წინ, ნალექები რამდენადმე შემცირდა-800-1000 მმ. მეზოზოოურ ერაში (155 მილიონი წელი) ატმოსფერული ნალექები საგრძნობლად მატულობს და ჰავა ნოტიო სუბტროპიკული ხდება.

საქართველოს ჰავის, მთლიანობაში, და კერძოდ ნალექების რეჟიმის ცვლილების შესახებ წარსულში, შეიძლება ვიმსჯელოთ აგრეთვე იმ ცნობების მიხედვით, რაც დატოვეს მრავალი საუკუნის წინ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე საქართველოში მოღვაწე ბერძენმა და რომაელმა კლასიკოსებმა (ი.ჯავახიშვილი, 1930). მე-V საუკუნეში ძვ. წელთაღრიცხვით ჰეროდოტე კოხეთის ჰავას ახასიათებს როგორც ნოტიოს, ჰიპოკრატე (V-IV სს) აგრეთვე მიუთითებს კოლხეთში უხვნალექიანობაზე. იგივეს ადასტურებს სტრაბონი და ამავე დროს დასძენს, რომ ივერიაში ჰავა შედარებით მშრალია. იტალიელი მისიონერის არქანჯელო ლამბერტის აღწერით (XVII ს) კოლხეთი ხასიათდება უხვი ნალექებით. მდიდარი მასალა დაგვიტოვა ვახუშტი ბაგრატიონმაც (1940).

ასეთი აღწერები ვიზუალურ დაკვირვებებს ემყარებოდა და ცხადია, რომ ნალექების რეჟიმს მხოლოდ ხარისხობრივად ახასიათებს. საქართველოს ჰავის და კერძოდ მისი ძირითადი მახასიათებლების - ტემპერატურის და ნალექების ცვლილების ობიექტური შეფასება შესაძლებელი გახდა მხოლოდ ინსტრუმენტული დაკვირვებების ორგანიზების შემდეგ.

1971 წელს გამოქვეყნებულ მონოგრაფიაში „ საქართველოს ჰავა და კლიმატური რესურსები ” (Климат и климатические ресурсы Грузии, 1971),

აგებულია წლიური ნალექების ათწლიანი მცოცავები ინსტრუმენტული დაკვირვებების დაწყებიდან, 1965 წლამდე პერიოდისათვის ფოთის, სამტრედიის, საქარას და თბილისის მონაცემებით. მიღებული წრფივი ტრენდები მიუთითებენ იმაზე, რომ ფოთში, სამტრედიასა და საქარაში ნალექების სვლას დადებითი ტენდენცია გააჩნდა, ხოლო თბილისში-უარყოფითი. ნალექების საუკუნეობრივი სვლა ფოთში ხასიათდება 34-37 წლიანი პერიოდულობით, სადაც მაქსიმუმები მოდის 1895-1904 და 1931-1940, ხოლო მინიმუმები - 1909-1918 და 1943-1952 ათწლეულებზე. დიდწილიანი იყო 1890-1899-დან 1899-1908-მდე, 1924-1933-დან 1934-1945-მდე, 1947-დან 1965 წლებს შორის პერიოდები. მცირეწილიანი იყო მე-XIX საუკუნის 70-იანი და 80-იანი წლები, აგრეთვე მე-XX საუკუნის პირველი მეოთხედი და შუა პერიოდი. ნალექების საუკუნეობრივ სვლას აღმოსავლეთ საქართველოში (თბილისი) საწინააღმდეგო ხასიათი გააჩნდა, თუმცა ცალკეული შიდასაუკუნოვანი რყევები ემთხვევა ფაზების მიხედვით. ავტორების აზრით, ნალექების კომპენსაციის ზონა ლიხის ქედის აღმოსავლეთით უნდა მდებარეობდეს. როგორც დასავლეთ, ისე აღმოსავლეთ საქართველოში განსაკუთრებით დიდწილიანი წლები იყო 1895, 1901, 1915, 1920, 1936, 1939, 1941, 1951, 1953, 1955, 1956, 1958, 1959 და 1963 წლები, ხოლო განსაკუთრებული სიმშრალით გამოირჩეოდა 1952, 1954, 1957 და 1962 წლები. ამ წლებში ნალექების წლიური ჯამები 20%-ით და უფრო მეტით იყო მრავალწლიან ნორმაზე ნაკლები.

გოგიშვილმა (Гогошвили,1974) განიხილა ნალექების და ტემპერატურის ანომალიები თბილისში იანვრისა და

მაისის თვეებისათვის. გრაფიკული მასალის ანალიზის საფუძველზე მან დაასკვნა, რომ ნალექების მაღალი დონის ეპოქას შეესაბამება დაბალი ტემპერატურული ფონი, ხოლო ნალექების დეფიციტი მოდის ტემპერატურის მაღალ მნიშვნელობებზე, მაგრამ ამავე გრაფიკების განხილვიდან ჩანს, რომ ყოველთვის ასე არ არის. არის პერიოდები, როდესაც დაბალ ტემპერატურულ ფონს ახლავს ნალექები დაბალი დონე და პირიქით, მაღალ ტემპერატურულ ფონს ახლავს ნალექების მაღალი დონე. ისე, რომ კავშირი მათ შორის მკაცრად ცალსახა არ არის.

ატმოსფერული ნალექების რყევადობის საკითხებს ყურადღება მიაქცია შ.ჯავახიშვილმა (1930, 1977, 1981). მან თბილისის და ფოთის მონაცემებით შეაფასა ათწლიური მცოცავების დინამიკა და გამოჰყო პერიოდები დიდი და მცირე ნალექებით. ეს პერიოდები ამ პუნქტებში ერთმანეთს არ ემთხვევა, ამასთანავე შავი ზღვის სანაპიროზე ნალექები უფრო მკვეთრი რყევადობით ხასიათდება, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოში.

ჯავახიშვილის (1930) თანახმად ნალექების საუკუნეობრივ სვლაში ფოთში შეიმჩნევა კარგად გამოხატული სამი ტალღა, შემცირებული ნალექების პირველი პერიოდი მოიცავს 1876-1886, მეორე-1900-1910, მესამე-1937-1944 ათწლეულებს. მისივე გამოკვლევებით თბილისში ნალექების მინიმუმების მკვეთრად გამოხატული 6 ტალღა გამოიყოფა, შესაბამისად 1855-1864, 1883-1892, 1909-1918, 1921-1930, 1945-1954, 1953-1962 ათწლეულებში.

80-იან წლებში, ლ.პაპინაშვილმა (Папинашвили, 1980; Прогноз Гидрометеорологических условий Колхидской низменности после осушения, 1983) გამოიკვლია ნალექების, მათ შორის მყარი ნალექების რყევადობა მთლიანად კავკასიის რეგიონში. მიღებული შედეგების თანახმად ნალექების ტენდენციის ხასიათი დამოკიდებულია ცალკეული რაიონების ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებებისაგან, ადგილის სიმაღლისა და წლის დროისაგან. მთიან და მაღალმთიან რაიონებში ნალექების ჯამების დროში ცვლილების ტენდენციას დადებითი დახრილობა გააჩნია და კომპენსაციის ზონა ლიხისა და ჯავახეთის ქედების აღმოსავლეთით გადის. მთათაშორის ბარში ტრენდის დადებითი დახრილობა შეინიშნება სანაპირო რაიონებში, ხოლო უარყოფითი-ზემო და ქვემო ქართლის ვაკეებზე. ინტეგრალულ-სხვაობითი მრუდების ანალიზის საფუძველზე მან დაადგინა, რომ ნალექების რყევადობის საუკუნოვანი ციკლი კარგად ვლინდება საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე წლის ცივ პერიოდში. საშუალო მთიანეთში ნალექების მრავალწლიან რყევადობაში ხშირია 12-16 და 20-30 წლის ხანგძლივობის ციკლები. დადგენილია აგრეთვე, რომ ჭარბი დატენიანების რაიონებში წლიური ნალექების მრავალწლიან სვლაში წამყვანი როლი თბილი პერიოდის ნალექებს მიეკუთვნება, ხოლო ტენით დეფიციტურ რაიონებში-თანაბრად თბილი და ცივი პერიოდის ნალექებს მიეკუთვნება.

ნალექების პარამეტრების თანამედროვე რყევადობის ხასიათი და პროგნოზი კოლხეთის დაბლობზე განხილულია სპეციალურ მონოგრაფიაში

(Прогноз Гидрометеорологических условий Колхидской низменности после осушения, 1983). მიღებულია, რომ ნალექების წლიური ჯამების სვლას მთელ ტერიტორიაზე დადებითი ტრენდი გააჩნია, ამავე დროს ცვლილების სიჩქარე სანაპირო ზოლში გაცილებით მეტია, ვიდრე ვაკის აღმოსავლეთ ნაწილში. ასეთივე სურათი აღინიშნება ცივი პერიოდის ნალექების სვლაში. რაც შეეხება თბილი პერიოდის ნალექებს, პაპინაშვილის თანახმად, მათ ცვლაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები არ შეინიშნება. გაანალიზებულია აგრეთვე ნალექების საუკუნეობრივი სვლა წლის სეზონების ცენტრალური თვეებისათვის. დადგენილია, რომ ნალექების ტენდენციის მიმართულება ყველგან ერთნაირია მხოლოდ ზამთრის თვეებში.

თოვლის საფარის სიმაღლის საუკუნეობრივი სვლის გამოკვლევამ აჩვენა (Папинашвили, 1980), რომ აღმოსავლეთ ამიერკავკასიის მთიან და მაღალმთიან რაიონებში ის ხასიათდება დადებითი დახრილობით და პროგრესულად მატულობს მდინარეების ღიახევისა და არაგვის ხეობებში. დასავლეთ კავკასიონზე თოვლის საფარის სიმაღლის სვლის ტენდენციას საწინააღმდეგო მიმართულება გააჩნია.

ატმოსფერული ნალექების სტატისტიკური სტრუქტურის გამოკვლევას მთიან რაიონებში, მათ შორის საქართველოში, მიემდვნა ალიბეგოვას და ელიზბარაშვილის მონოგრაფია (Алибегова Ж. Д. , Элизбарашвили Э. Ш. Статистическая структура атмосферных осадков в горных районах, Л; Гидрометеоиздат, 1980). მასში მიღებულია ნალექების ჯამების ვარიაციის სივრცითი ველები, რომელთა

თანახმადაც ნალექების წლიდან-წლამდე რყევადობის ხარისხი დასავლეთიდან აღმოსავლეთის მიმართულებით იზრდება.

საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილების პრობლემას მიეძღვნა მუმლაძის (1991) სპეციალური მონოგრაფია. მასში ტემპერატურასთან ერთად განხილულია ნალექების საუკუნეობრივი სვლაც. ნალექების ათწლიური მცოცავების ანალიზის საფუძველზე მუმლაძემ გამოავლინა, რომ დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით ჭარბათ ნოტიო რაიონებში (ფოთი, ქობულეთი, ანასეული, ზუგდიდი) წლიური ნალექების საუკუნეობრივ სვლას მატების ტენდენცია გააჩნია. მაგრამ ამავე რაიონის ცალკეულ ადგილებში (გაგრა, სენაკი, ჩაქვი, სამტრედია) ნალექები სულ არ იცვლება, ზოგან კი (ლანჩხუთი, გალი) მცირდება. კოლხეთის ბარის აღმოსავლეთით (საქარა) ნალექები კვლავ მატულობს, თუმცა შედარებით ნაკლები ინტენსივობით.

აღმოსავლეთ საქართველოში წლიური ნალექების საუკუნეობრივ სვლაში მუმლაძემ სამი ძირითადი პერიოდი გამოყო: მატების (გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან 1914-1923 ათწლეულამდე); კლების (1914-1923-დან 1957-1966 ათწლეულამდე) და კვლავ მატების (1957-1966 ათწლეულიდან). ავტორის თანახმად ნალექების მატების ეს პერიოდი ამჟამადაც გრძელდება.

ამავე მონოგრაფიაში განხილულია ნალექების საუკუნეობრივი სვლა თბილისში ცალკეულ თვეებში. დადგენილია, რომ მათ სვლას განსხვავებული ტენდენცია გააჩნია. მაგალითად იანვრის, მარტის და ნაწილობრივ ოქტომბერ-აგვისტოს ნალექები მატების

ტენდენციით ხასიათდება, ხოლო დეკემბერს, ნოემბერს და განსაკუთრებით სექტემბერს კლების ტენდენცია ახასიათებს.

თბილისის ნალექების რიგების საუკუნეობრივი სვლის ანალიზი მოცემულია აგრეთვე მონოგრაფიაში, რომელიც სპეციალურად მიეძღვნა თბილისის ჰავას (Климат Тбилиси. Л; Гидрометеоиздат, 1992). განხილულია თოვლის საფარის დღეთა რიცხვის და დეკადური სიმაღლის ცვლილების ტენდენციები 1894-1987 წლების პერიოდისათვის. ორივე პარამეტრის ცვლილებაში აღნიშნულია კანონზომიერი კლება, რასაც ლ. პაპინაშვილი ქალაქის ტემპერატურული ფონის გაზრდას უკავშირებს.

თბილისის ჰავის ძირითადი ელემენტების მათ შორის ნალექების ცვლილება განხილული იყო მზის აქტივობის (Elizbarashvili E., Aladashvili T., 1997) და ატმოსფეროს ცირკულაციის რყევადობების ფონზე (ელიზბარაშვილი. ე., ვაჩნაძე ჯ., ალადაშვილი თ., 1997; თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა, 2001). გამოვლენილია უარყოფითი კორელაციური კავშირის არსებობა ნალექებსა და ვოლფის რიცხვების ცვლილებას შორის. ამის საფუძველზე მიღებულია რეგრესიის განტოლება და გამოთვლილია ნალექების საუკუნეობრივი სვლა 1890-1990 წლიანი პერიოდისათვის. მიღებული შედეგები კარგ თანხმობაშია ნალექების ფაქტიურ მონაცემებთან. ამან საფუძველი მისცა ავტორებს რეგრესიის განტოლების საშუალებით მოეხდინათ ნალექების სვლის რეკონსტრუქცია დაწყებული მე-XI საუკუნიდან. მიღებული შედეგების თანახმად კლიმატური

ოპტიმუმის პერიოდში (1100-1255 წლებში) წლიური ნალექების რაოდენობა შეესაბამებოდა ნალექების დღევანდელ დონეს. შპერერის (1460-1550 წწ) და მაუნდერის (1645-1715 წწ) მინიმუმების ეპოქებში, რომლებმაც მოიცვეს ჰავის ცვლილების ტრანსგრესიული ფაზა, ნალექებმა მაქსიმუმს თბილისში მიაღწია (570-600 მმ). შეფასების თანახმად, მომავალი საუკუნის დასაწყისში ნალექების კლება გაგრძელდება. იგივე შედეგი იქნა მიღებული ატმოსფეროს ცირკულაციის რეევალობის განხილვისას.

მიუხედავად ამ მრავალრიცხოვანი გამოკვლევებისა, გლობალური დატობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციების პირველი შეფასება მხოლოდ გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის ფარგლებში შესრულდა, სადაც 1937-1990 წლების დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე შედგენილ იქნა ატმოსფერული ნალექების წლიური და სეზონური ჯამების ცვლილების სიჩქარეთა რუკები (ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., 2001). დადგინდა, რომ საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე აღინიშნება წლიური ნალექების კლება. კლების უდიდესი სიჩქარეები კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში დაფიქსირდა, და მაღალმთიან ყაზბეგში 9მმ შეადგინა ყოველწლიურად. ამავე დროს ნალექების ჯამი მატულობდა აჭარის მთიან რაიონებში და კოლხეთის დაბლობის სანაპირო ზოლში სიჩქარით 6 მმ წელიწადში. უმნიშვნელოდ იზრდებოდა წლიური ნალექები აგრეთვე შირაქის ვაკეზე, კოლხეთის დაბლობის შიდა რაიონებში, ღიხის ქედზე. წლის ცივი პერიოდის ნალექების ზრდის სიჩქარეც უდიდესი აჭარის მთიან რაიონებში იყო და შეადგინა 9მმ წელიწადში,

ხოლო მათი რამდენადმე მნიშვნელოვანი კლება ნმმ-მდე წელიწადში აღინიშნა კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში. თბილი პერიოდის ნალექების ზრდის უდიდესი სიჩქარეები შეესაბამებოდა კოლხეთის დაბლობს, ხოლო ამავე პერიოდის ნალექების კლების უდიდესი სიჩქარეები- აღმოსავლეთ კავკასიონს და აჭარის მთიან ზონას (ნმმ წელიწადში),

ამ გამოკვლევების შემდეგ 20 წელზე მეტი გავიდა, გლობალური დათბობა აქტიურ ფაზაში შევიდა. მისი ზოგიერთი შედეგი უკვე სახეზეა, რაც კავკასიის ზოგიერთი ბუნებრივი ლანდშაფტის ტრანსფორმაციაში გამოიხატება (Элизбарашвили Э.Ш. и др., 2002, 2006, 2009).

თავი 2. მონაცემთა ბაზები, კვლევის მეთოდოლოგია და ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა

2.1 ბადური მონაცემთა მასივების შექმნის მეთოდოლოგიური საფუძვლები

დედამიწის და მისი ცალკეული რეგიონების კლიმატის სრული სივრცული სურათის წარმოდგენა ბუნებრივი გარემოს რაციონალურად გამოყენების და თეორიული მეცნიერებების მრავალი მიზნებისთვისაა საჭირო. ის მოიცავს ფართო სფეროს-ბიოგეოქიმიურ მოდელირებას, ჰიდროლოგიას და წყლის რესურსებს, კლიმატის ცვლილების კვლევას, ამინდის პროგნოზირებას, თანამგზავრული მონაცემების ინტერპოლირებას და სხვ. ცხადია, რომ კლიმატური მონაცემების სივრცული გარჩევისუნარიანობა ანალიზის სიზუსტესთან ერთად იზრდება. კლიმატის ცვლილების გლობალური ანალიზი მოითხოვს მონაცემებს 30⁰ გრძივ-განედური ბადის სიზუსტით. XX საუკუნის განმავლობაში გლობალური კლიმატის ცვლილების ტრენდები წარმოდგენილია სხვადასხვა რეზოლუციის ბადურ რუკებზე. ასეთი რუკები პირველად მომზადდა IPCC (კლიმატის ცვლილების სამთავრობოთშორისო კომისია) მიერ კლიმატის ცვლილების რეგიონალური ზემოქმედების სპეციალური ანგარიშისთვის (1998). რეგიონალური მასშტაბის ანალიზი მოითხოვს 25კმ-ზე ნაკლები გარჩევისუნარიანობის სიზუსტის ბადეს.

ევროკომისიამ დააფინანსა პროექტი, რომლის მიზანიც იყო შექმნილიყო კლიმატის პროგნოზირების სისტემის განზოგადოებული ანსამბლი ევროპისთვის, რომელიც გამოიყენებოდა სივრცე-დროის სხვადასხვა

მასშტაბებისთვის. დედამიწის გლობალური რეგიონების ზედაპირის მონაცემთა მასივების შექმნა დაევალა IWMI –ს USAID-ის, ასევე იაპონიის მთავრობის Official Development Assistance, დიდი ბრიტანეთის ბუნებრივი გარემოს კვლევის საბჭოს და სხვების ფინანსური მხარდაჭერით.

კლიმატის ცვლილების წინასწარმეტყველება პრობლემატური საკითხია, კლიმატური მოდელების განუზღვრელობების გამო. ამ მოდელების ვალიდაციის განუზღვრელობების შესამცირებლად საჭიროა მათი დაკვირვების მონაცემებთან შესაბამისობაში მოყვანა. ბადური მონაცემები არა მარტო რეგიონალური და გლობალური კლიმატური მოდელების ვალიდაციისათვისაა მნიშვნელოვანი, არამედ სხვადასხვა მოდელების სანდოობისთვისაც კვლევების ისეთ სფეროებში, როგორცაა დედამიწის ბიოსფეროს მოდელირება, ჰიდროლოგიური და ნიადაგის ხარისხის მოდელირება და სხვ. დღეისათვის ბადური მონაცემთა მასივი შექმნილია სხვადასხვა ქვეყნისთვის, სხვადასხვა სივრცულ-დროითი გარჩევის ანდა სხვადასხვა ინტერპოლაციური მეთოდების გამოყენებით.

ტოპოგრაფიული და კლიმატური თვალსაზრისით ისეთი რთული რეგიონისთვის, როგორც საქართველოა, შესაბამისი ხარისხიანი კლიმატური მონაცემების მასივის შექმნა პრაქტიკულად გამოწვევაა. საქართველოს ტერიტორია 69.7ათასი კმ²-ია, მას უკავია კავკასიის სამხრეთ-დასავლეთი ნაწილი. ჩრდილოეთით საქართველო ესაზღვრება რუსეთს, აღმოსავლეთით აზრბაიჯანს, სამხრეთით სომხეთს და თურქეთს. დასავლეთით საქართველოს 300 კმ სივრცეს შავი ზღვა აკრავს.

საქართველოს რელიეფი მთავორიანია, მკვეთრად ამალღებული, სადაც დიდი ოროგრაფიული ამალღებები

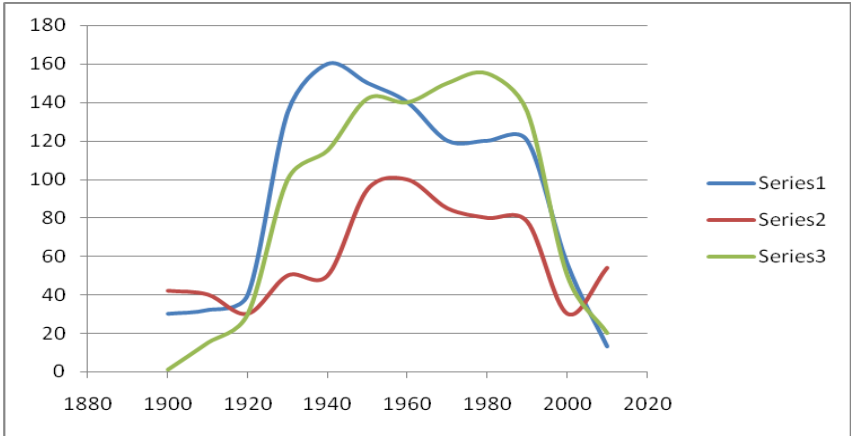
ენაცვლება მთათაშორის დაბლობებს და ქვაბულებს. ტერიტორიის ჩრდილოეთ ნაწილში ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთის მიმართულებით გადაჭიმულია კავკასიონის მთავარი ქედი, რომლის ცალკეული მწვერვალების სიმაღლე 5000მ.-ს აღემატება. ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში მდებარეობს სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი. კავკასიის მთავრ ქედსა და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთს შორის მდებარეობს მთათაშორისი ბარი, რომელიც წარმოდგენილია ბორცვებით, პლატოებით და დაბლობებით.

რთული ოროგრაფიული პირობები, საქართველოსთვის დამახასიათებელი რადიაციული ფაქტორები და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესები, აგრეთვე შავი ზღვის გავლენა განაპირობებს კლიმატის და ბუნებრივი ლანდშაფტების დიდ მრავალფეროვნებას. ამ ტერიტორიაზე წარმოდგენილია დედამიწის კლიმატის ტიპების უმეტესობა, დაწყებული დასავლეთ საქართველოს ზღვის ნოტიო სუბტროპიკული კლიმატიდან და სამხრეთ საქართველოს სტეპური კონტინენტური კლიმატით, დამთავრებული კავკასიონის მაღალმთიანი ზონის მუდმივი თოვლის და მყინვარების კლიმატით. აქ აღრიცხულია დედამიწაზე არსებული ბუნებრივი ლანდშაფტების დაახლოებით 40%.

საქართველოს კლიმატურ გამოკვლევებს ხანგრძლივი ისტორია გააჩნია, მისი ფესვები ანიტკური დროიდან იწყება, თუმცა მეცნიერულად დასაბუთებული გამოკვლევები მხოლოდ მეტეოროლოგიური დაკვირვებების ორგანიზების შემდეგ, XIX ს მეორე ნახევრიდან დაიწყო.

საქართველოში რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვებები 1844 წლიდან იწყება და მას თითქმის 170 წლიანი ისტორია გააჩნია. 1844წ.

თბილისში დაარსდა კავკასიაში პირველი მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური ობსერვატორია, რომელიც 1867წ. გადაკეთდა კავკასიის მთავარ ფიზიკურ ობსერვატორიად. 1916 წლისთვის საქართველოში დაახლოებით 90 მეტეოროლოგიური სადგური და საგუშაგო ფუნქციონირებდა. XXს. დასწყისში ჩამოყალიბდა მეტეოროლოგიური სადგურების რეგულარული ქსელი. საუკუნის განმავლობაში მეტეოროლოგიური ქსელი თავდაპირველად ფართოვდებოდა და სადგურების რაოდენობამ 40-იანი წლებისთვის მაქსიმალურ რაოდენობას – 160-ს მიაღწია, ხოლო საგუშაგოებთან ერთად 200-ს აღემატებოდა. მეტეოროლოგიური სადგურები აგრეთვე მაღალმთიან, ძნელად მისადგომ ადგილებშიც გაიხსნა. 90-იან წლების დასასრულს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახურის დაკვირვებათა ქსელი მოიცავდა 50-ზე მეტ მეტეოროლოგიურ სადგურს. დღეისათვის კი მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე მხოლოდ 54 მეტეოროლოგიური სადგური განაგრძობს ფუნქციონირებას, რომელთაგანაც დაკვირვებათა სრულ კომპლექსს მხოლოდ 13 მათგანი აწარმოებს (ნახ. 2.1.1). ცხადია, რომ ქსელის ასეთი სიხშირე ვერ აკმაყოფილებს რეგიონალური კლიმატის ცვლილების შეფასების თანამედროვე მოთხოვნებს, ამიტომ განშირებული ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა ისეთი რთული ოროგრაფიული ბუნებრივ-ლანდშაფტური ტერიტორიისათვის როგორც საქართველოა, თანამედროვე და აქტუალურია.



ნახ.2.1.1. მეტეოროლოგიური სადგურების (1), საგუშაგოების (2) და ჰიდროლოგიური საგუშაგოების (3) რაოდენობის ცვლილება XXს. განმავლობაში.

მეტეოროლოგიურ სადგურთა ქსელის ასეთი იშვიათი სისშირის მიუხედავად, გასული საუკუნის დასასრულს კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის ფარგლებში საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში შექმნილი იყო ტემპერატურის და ნალექების მონაცემთა ბაზები 90 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის 1995 წლამდე. 1995 წლის შემდეგ დაკვირვებათა მასალა არ არის სისტემაში მოყვანილი, თუმცა არსებობს მონაცემთა სხვადასხვა ხანმოკლე პერიოდის ბაზები. არსებული მონაცემთა ბაზების გამოყენებასთან დაკავშირებითაც გარკვეული სირთულეებია შექმნილი. მონაცემთა ბაზები შენახულია სხვადასხვა ფორმატში და უპირველეს ყოვლისა საჭიროებდა ერთიან სისტემაში მოყვანას, რაც განხორციელდა ჩვენს მიერ.

ბადური კლიმატური მონაცემთა მასივის შექმნისთვის შეიძლება განიხილებოდეს რამოდენიმე მიდგომა. ეს მოიცავს წერტილოვან ინტერპოლაციას ან

რეგიონალურ გაზომვებს, ფიზიკურად დასაბუთებული მოდელების შედგენას ან ამ მიდგომების რაიმე კომბინაციებს. ჩვენ განვიხილავთ სტატისტიკურ მიდგომას და ვემყარებით მეტეოროლოგიურ გაზომვებს. კვლევა მოიცავს შემდეგ ძირითად ამოცანებს:

- საშუალო თვიური ტემპერატურის და ნალექების დაკვირვებათა მონაცემების მოპოვება 1936-2008წ.-პერიოდისათვის;
- მონაცემთა პრობლემის მოგვარება, რადგანაც მონაცემები სხვადასხვა ფორმატშია შენახული;
- სივრცული ხარისხის კონტროლის შექმნა და გამოყენება, რათა დადგინდეს და გამოირიცხოს მცდარი მონაცემი;
- მონაცემთა შევსების პროცედურის შექმნა, რათა მიღებულ იქნეს დროით და სივრცულად სრული მონაცემთა მასივი;
- ინტერპოლაციის პროცედურის მეთოდის შექმნა და გამოყენება სრული მონაცემთა მასივისთვის, ზემოთ მითითებული პერიოდის მონაცემთა მასივის ბადის შექმნისთვის;

მითითებული პერიოდისათვის საშუალო თვიური ნალექების და ტემპერატურისათვის მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემები მოგროვდა ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის და კლიმატის ეროვნული სააგენტოს მონაცემთა ბაზებიდან.

კლიმატური დაკვირვებების სივრცული მოდელირება და კარტოგრაფირება შედარებით ახალი მეცნიერებაა და მონაცემთა ხარისხს მაღალ მოთხოვნებს ითვალისწინებს. შეიქმნა ნახევრად ავტომატური მონაცემთა ხარისხის კონტროლის (QC) სისტემა, რომელიც ეფექტურია ცდომილებიანი

მონაცემის გამოვლენისთვის, მაშინ, როცა ზუსტ მონაცემს უცვლელად დატოვებს.

ხარისხის კონტროლის სისტემა ითვალისწინებს შემოწმების ორ მთავარ ტიპს:

1) მეტამონაცემის ცდომილებებს - სადგურის მდებარეობის ან სიმაღლის შეცდომა

2) თვიური მონაცემის ცდომილებებს - არსებული თვიური მონაცემის მნიშვნელობების შეცდომა

მეტამონაცემის შემოწმება უკავშირდება სადგურის მოცემული ადგილიდან გადაადგილების დაფიქსირების ორ სტრატეგიას: გადაადგილების პირდაპირი დადგენა და არაპირდაპირი დადგენა სადგურის ისტორიული არქივის დროითი არათანამიმდევრობის საშუალებით. პირდაპირი შემოწმება ხორციელდება GIS მონაცემთა მასივის გამოყენებით. ხოლო, არაპირდაპირი ამოწმებს სადგურის ისტორიულ ფაილს მდებარეობის და სიმაღლის არათანამიმდევრობას.

თვიური მონაცემის შეცდომისთვის ხარისხის კონტროლი განხორციელდება შესაბამისი მეთოდის შერჩევის საშუალებით.

დამატებით, შესაძლებელია საჭირო გახდეს მგრძობელობის ტესტის ჩატარება, იმ შემთხვევაში, თუ ხარისხის კონტროლის სისტემა ვერ აღმოაჩენს გადაადგილებულ სადგურებს თანამიმდევრობის და სანდოობის სათანადო ხარისხით.

გამოტოვებული თვიური მონაცემების შევსების პროცესი გადის შესრულების და შემოწმების რამოდენიმე საფეხურს. ტემპერატურისა და ნალექების ველებს ახასიათებს მკვეთრი გრადიენტები მოკლე მანძილებზე, რაც ხდება მაგალითად ნოტიო და მშრალ მთიან რაიონების გარდამავალ ზონებში. მათი

შეფასების სქემა იყენებს სადგურებს შორის ისტორიული რეგრესიის დამოკიდებულებას.

ინტერპოლაციის პროცედურისთვის შეფასდა შემდეგი მეთოდები AURELHY (ანალიზი, რომელიც იყენებს რელიეფს ჰიდრომეტეოროლოგიური მიზნებისთვის), PRISM (დამოუკიდებელი კუთხური მოდელი სიმაღლის პარამეტრული რეგრესიით), ADW (კუთხური მანძილის შეფასება), NNI (ბუნებრივი მოსახლერის ინტერპოლაცია), კრაიგინგი, TPS (თხელფირფიტაინი სკლაინები (გამოთვლილი მრუდეები)), RSOI (შეზღუდული სივრცის ოპტიმალური ინტერპოლაცია), CI (პირობითი ინტერპოლაცია).

AURELHY მეთოდში პრინციპული კომპონენტების ანალიზი (PCA) გამოიყენება დიდი რაოდენობით სიმაღლის ვექტორებისთვის, მცირე არეების წარმოდგენისთვის. პრინციპული კომპონენტი უზრუნველყოფს მნიშვნელოვანი ოროგრაფიული ცვალებადობების წარმოდგენას. მისი სიმრავლეები გამოიყენება, როგორც ოროგრაფიული პრედიქტორები. ეს მეთოდი გამოიყენეს გრძელვადიანი წლიური და სეზონური ნალექების ველების ინტერპოლაციისთვის შვეიცარიაში. ის უზრუნველყოფს რელიეფის ელევანტურ და საკმარის წარმოდგენას, იყენებს ოროგრაფიულ პრედიქტორებს, როგორც საწყისებს, ითხოვს შედარებით მცირე რაოდენობის პარამეტრების კორექტირებას. მას აქვს ორი მთავარი სირთულე: პირვალი ის, რომ ის ითვალსიწინებს ოროგრაფიული ცვლადების მცირე სიმრავლეს, რომლებიც განისაზღვრება ზომის და მცირე რეგიონის კონფიგურაციით და მეორე, რომ იგი უშვებს ადგილის მუდმივ რელიეფურ-პროგნოზირებად დამოკიდებულებას.

PRISM დამყარებულია რეგრესიულ ანალიზზე და იყენებს წერტილოვან მონაცემებს, სიმაღლის

ციფრულ მოდელს (DEM), მონაცემთა სივრცულ მასივს, წლიური, თვიური და დღიური კლიმატური ელემენტების შეფასებას. ეს შეფასებები ინტერპოლირებულია რეგულარულ ბადეში, რაც GIS –თვის მოსახერხებელია. PRISM უშვებს, რომ ლოკალიზებული რეგიონისთვის, სიმაღლე არის მნიშვნელოვანი ფაქტორი ტემპერატურის და ნალექების განაწილებისათვის. ის ითვლის წრფივ კლიმატურ-ელევაციურ დამოკიდებულებას DEM –ს ბადის ყოველი უჯრედისთვის, თუმცა ამ წრფივი ცვლილების კუთხე ლოკალურად იცვლება არა სიმაღლის მიხედვით, არამედ მონაცემის წერტილის მიხედვით. უდაბლესი და უმაღლესი სადგურებიდან დაშორებით ფუნქცია ექსტრაპოლირდება წრფივად ნებისმიერ მანძილზე. ამოირჩევა რეგრესიის მოდელი, რადგან დამოკიდებელ ცვლადებსა და კლიმატის პარამეტრებს შორის რთული დამოკიდებულების მართვა და ინტერპრეტაცია ძნელია.

NNI-არის ერთ-ერთი მარტივი ინტერპოლაციური მეთოდი, რომელიც მონაცემთა ცვალებადობას იტევს. მისი უპირატესობებია ის, რომ მეთოდი კომპიუტერული დამუშავებისათვის ეფექტურია და წერტილოვანი შეფასებების გადამეტება არ ხდება, რადგან ვერ გადააჭარბებენ იმ უდიდეს მნიშვნელობას (მაგნიტუდას), რომელიც წერტილოვანი მონაცემების უდიდესი/უმცირესი მნიშვნელობებისგან შედგება. მისი ნაკლი არის ის, რომ ის არ გამოდგება ისეთი ცვლადებისთვის როგორცაა ტემპერატურა და ნალექები, რადგან მათ თანამიმდევრული სივრცული ვარიაციები გააჩნიათ.

ADW – კარგად მუშაობს როგორც თვიურ, ისე, დღიურ მონაცემებთან. მისი უპირატესობა არის ის, რომ ეს არის მოქნილი მეთოდი, როდესაც საჭიროა

არაწესიერად განლაგებული სადგურების ბადეზე გადატანა.

კრაიგინგი არის სტოქასტური მეთოდი, რომელიც იყენებს საუკეთესო ობიექტურ შეფასებას (BLUE). იგი გამოიყენება ძირითადად გეომეცნიერებებში. სხვაობიანი კრაიგინგი არის ერთ-ერთი გამორჩეული მეთოდი კლიმატოლოგიური რუკების შესაქმნელად. იგი კარგად მუშაობს ისეთ ველებთან, რომლებიც დროში შედარებით უცვლელი და სივრცულად ერთგვაროვანი არიან.

TPS აქვს კრაიგინგის მრავალი თვისება. იგი ზუსტად ფუნქციონირებადი და ეფექტურია საშუალო წლიური ნალექების (წვიმის) სივრცული ინტერპოლაციისთვის. კრაიგინგთან შედარებით მისთვის საჭირო არ არის სივრცული ავტო-კოვარიანტული სტრუქტურის წინასწარი შეფასება, რაც შეიძლება ძნელი პროცედურა აღმოჩნდეს. მისი ნაკლი არის ის, რომ იგი არ გამოდგება ანომალური ველებისთვის, რადგან ამ ველებში, ძირითადად ნალექებში სივრცული წყვეტებია.

RSOI არის სტოქასტური მეთოდი და გამოიყენება ზღვის დონის წნევის და ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ბადისთვის, მისი უპირატესობა არის ის, რომ იგი იღებს სივრცული ცვლადების ჰეტეროგენურ სიდიდეებს, რაც გეხვდება რთული ტოპოგრაფიის პირობებში.

ასევე შექმნილი CI მეთოდი გამოიყენება მხოლოდ ნალექებისთვის. მისი უპირატესობა არის ის, რომ იგი გარდა ბადის წერტილოვანი მნიშვნელებისა, ითვლის რეგიონულ საშუალოებსაც.

ყველა ინტერპოლაციის პროცედურის შესრულება მოწმდება ურთიერთსანდოობის მეთოდის გამოყენებით, სადგურები ერთმანეთის მიყოლებით

ამოიღება მონაცემთა მასივიდან და ინტერპოლაცია შესრულდება აღებული სადგურის ლოკაციისთვის. მიღებული ინტერპოლაციური მნიშვნელობა შემდეგ შედარდება ყოველი სადგურის დაკვირვების მნიშვნელობებს.

საქართველოს ტერიტორიისათვის მაღალი რეზოლუციის(25X25კმ.) ბადური თვიური საშუალო ტემპერატურის და ნალექების მონაცემთა მასივის შექმნას და ვალიდაციას საფუძვლად დაედო 1936-2008 წლების პერიოდის მონაცემები. ამორჩეული 25კმ. რეზოლუცია არ არის ისეთი მაღალი, როგორც უკვე არსებულ მონაცემთა მასივებში, რომლებიც შექმნილია სხვადასხვა ავტორების მიერ (ბარი, ლემანსი და კრამერი, შვარბი, შმიდლი და სხვ.), მაგრამ საქართველოს რთული ოროგრაფიული და ბუნებრივ-ლანდშაფტური პირობებისათვის ეს იქნება ასეთი ბადის შექმნის პირველი მცდელობა. რა თქმა უნდა კლიმატის და კლიმატის ცვლილების კვლევის, აგრეთვე სხვა მიზნებისათვის უკეთესია შედარებით მაღალი რეზოლუციის(5X5კმ) და უფრო მაღალი გარჩევის ბადური მონაცემთა მასივის შექმნა, მაგრამ პირველ ეტაპზე არსებული მონაცემთა ბაზის გაურკვევლობის გათვალისწინებით 25X25კმ ბადური მონაცემთა მასივის შექმნა უფრო მიზანშეწონილია. აქედან გამომდინარე, შემდგომი განვითარების მომდევნო საფეხური იქნება უფრო მაღალი გარჩევის ბადური მონაცემთა მასივებზე გადასვლა.

2.2. საწყისი მონაცემთა ბაზები და მონაცემთა აღდგენის მეთოდები

რეგიონალური კლიმატის ცვლილების შეფასების საიმედოება დამოკიდებულია მეტეოროლოგიური ქსელის სისწირეზე და დაკვირვებათა რიგზე. რაც უფრო ხშირია ქსელი და გრძელია დაკვირვებათა რიგი, მით საიმედოა შესაბამისი დასკვნები. ამიტომ უკანასკნელ წლებში მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნისთვის შეიქმნა ბადური მონაცემთა მასივები სხვადასხვა სივრცულ-დროითი გარჩევისუნარიანობის გათვალისწინებით, რაც საფუძველს იძლევა დიდი საიმედოობით შეფასდეს კლიმატური ცვლილებები (D.Gyaliatras. 2003;N. Hofstra, M. Haylock, P. Jones, M. New, 2005; M. New, D. Lister, M. Hulme, I. Makin. ,2002; M.R. Haylock, N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, M. New,2008; N.Nikolova, S.Vassiliev. , 2008).

საქართველოში ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების თვიური მონაცემთა მასივის შესაქმნელად გამოყენებული იყო შემდეგი მონაცემთა ბაზები:

■ კლიმატის ცვლილების კონვენციის პირველი ეროვნული შეტყობინებისათვის მომზადებული მონაცემთა ბაზა (1936-1995წწ)

■ არსებული მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემები (1995-2008წწ)

■ ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის შერჩეული სადგურებისა და საგუშაგოების საკადასტრო მონაცემები (რელაქტორი ზ.ცქვიტინიძე).

■ თოვლსაზვავო საგუშაგოების მონაცემები 1995-2008წწ (გუდაური, ჯვრის უღელტეხილი, სტეფანწმინდა).

მონაცემთა ბაზებში უხეში შეცდომების (ანუ გამოტოვებული მონაცემების) აღდგენისათვის გამოყენებული იყო კლიმატოლოგიაში აპრობირებული კლასიკური მეთოდები:

1. შესაბამისი სხვაობების მეთოდი,
2. შესაბამისი შეფარდებების მეთოდი

პირველი მათგანი გამოიყენება ტემპერატურის რიგების აღდგენისათვის, რადგანაც ცნობილია, რომ მსგავს ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში განლაგებულ სადგურებზე ტემპერატურათა სხვაობები წლიდან წლამდე უმნიშვნელოდ იცვლება. ამრიგად თუ გვაქვს ორი რიგი

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n \text{ და } Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n,$$

და შესაბამისად მათი საშუალო მნიშვნელობები : $X_{საშ}$ და $Y_{საშ}$, მაშინ სხვაობა $X_{საშ} - Y_{საშ} = \tau$ შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივად და ნებისმიერი გამოტოვებული ელემენტი განისაზღვროს ფორმულით :

$$X_i = \tau + Y_i \text{ ან } Y_i = X_i - \tau. \quad (2.2.1)$$

ატმოსფერული ნალექების ჯამებისათვის დამახასიათებელია 2 მეზობელი სადგურის მონაცემების შეფარდების მდგრადობა, ამიტომაც მათი აღდგენა ხორციელდება შესაბამისი შეფარდებების მეთოდით, რაც შემდეგში მდგომარეობს: გამოიანგარიშებენ შეფარდებას $X_{საშ} / Y_{საშ} = K$, საიდანაც

$$X_i = K \times Y_i \text{ ან } Y_i = X_i / K. \quad (2.2.2)$$

ეს მიდგომა და სამუშაო ფორმულები საფუძვლად დაედო ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების თვიური, სეზონური და წლიური მნიშვნელობების აღდგენას. მაგრამ ამ მეთოდის გამოყენება დასაშვებია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემებს შორის არსებობს მაღალი კორელაციური კავშირები. ამიტომ, წინასწარ

შედგენილი იყო კორელაციური მატრიცები და შესაბამისი სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილი იყო საყრდენი და კორელირებადი მეტეოროლოგიური სადგურები. საყრდენ მეტეოროლოგიურ სადგურებად შეირჩა ძირითადად მომქმედი სადგურები, რომელთაც შედარებით საიმედო მონაცემები გააჩნიათ. ასეთი ანალიზის შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში 2.2.1 და 2.2.2.

ცხრილი 2.2.1. საყრდენი და კორელირებადი მეტეოროლოგიური სადგურები ჰაერის ტემპერატურის მონაცემთა აღდგენისა და უხეში შეცდომების შესწორებისათვის

საყრდენი მეტეოროლოგიური სადგურები	კორელირებადი მეტეოროლოგიური სადგურები
ახალციხე	ბორჯომი, აბასთუმანი, ცემი
ახალქალაქი	ეფრემოვკა, კარწახი, რადიონოვკა
ბოლნისი	გარდაბანი, მარნეული
წალკა	დმანისი, მანგლისი, თეთრი- წყარო
თბილისი	კარსანი, კოჯორი
გორი	ცხინვალი, მუხრანი, სკრა, ორმოცი
საგარეჯო	გურჯაანი, გომბორი

ფასანაური	დუშეთი, თიანეთი, გუდაური, ყაზბეგი (სტეფანწმინდა), ბარისახო, ომალო, ჯვრის უღელტ., მამისნონი, ჯავა
თელავი	ახმეტა, ჯოყოლო, იყალთო, ნაფარეული
ლაგოდეხი	ყვარელი, ალაზანი, დედოფლი-წყარო, შირაქი
საქარა	კორბოული, დიმი, წიფა, ხარაგაული
ქუთაისი	ტყიბული, სამტრედია, საირმე, სენაკი, წულუკიძე (ხონი)
ფოთი	სოხუმი, დულრიფში, ლესელიძე
ამბროლაური	ლენტეხი, ლაილაში, ხაიში, მესტია, კორუღდაში, ონი, ქვემო-აჭარა, ლათა, გაგრის ქედი, ფსხუ
ზუგდიდი	ანაკლია, წალენჯიხა, დიდი ჭყონი, ქვეზანი, ხეთა
ბათუმი	მწვანე კონცხი, ქელა, ჩაქვი, დაბლა ციხე, ანასეული, აცანა
ხულო	ბახმარო

ცხრილი 2.2.2. საყრდენი და კორელირებადი მეტეოროლოგიური სადგურები ატმოსფერული ნალექების მონაცემთა აღდგენისა და უხეში შეცდომების შესწორებისათვის

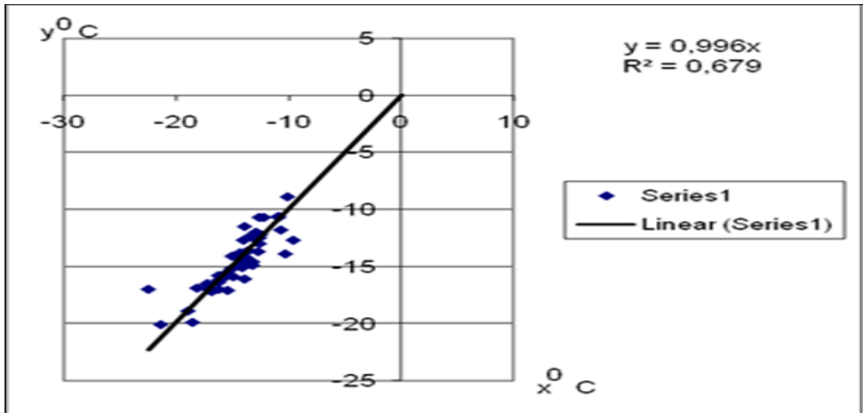
საყრდენი მეტეოროლოგიური სადგური	კორელირებადი მეტეოროლოგიური სადგურები
ახალციხე	ბაკურიანი, ბორჯომი, ასპინძა, აბასთუმანი
ფასანაური	დუშეთი, სტეფანწმინდა, ბახმარო, ყაზბეგი, გუდაური, ჯავა, მამისონის-ულ. ჯვრის ულ.
თელავი	ახმეტა, გურჯაანი, თიანეთი
საგარეჯო	გომბორი, შირაქი
ლაგოდეხი	ყვარელი
ბოლნისი	გარდაბანი
თბილისი	კოჯორი
წალკა	დმანისი, თეთრი წყარო, მანგლისი
გორი	ხაშური, ცხინვალი, მუხრანი
საქარა	მთა საბუეთი, წიფა, კორბოული, საჩხერე

ქუთაისი	წყალტუბო, სამტრედია, სენაკი, ხონი, ტყიბული
ზუგდიდი	მარტვილი, ჯვარი, გალი, თორსა, ოჩამჩირე, გუდაუთა
ფოთი	სოსუმბი, ბიჭვინთა
ქობულეთი	ჩაქვი, ჩოხატაური, ანასეული, ლანჩხუთი, ბახმარო
ბათუმი	ქედა
ამბროლაური	ონი, შოვი, ლენტეხი, ცაგერი, ფსხულათა, კორულდაში, გაგრის ქედი

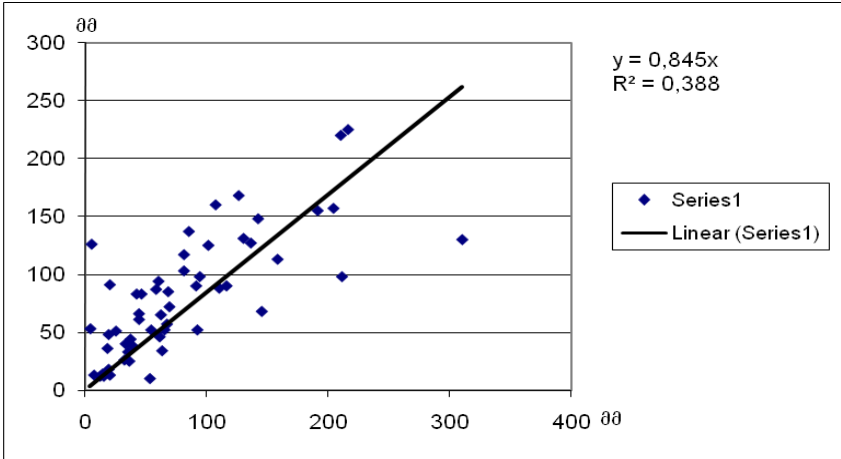
ცხრილების მარცხენა სვეტში წარმოდგენილია საყრდენი მეტეოროლოგიური სადგურები, ხოლო მარჯვენა სვეტში წარმოდგენილია იმ სადგურთა ნუსხა, რომელთა მონაცემებიც კორელირებადია საყრდენი სადგურის მონაცემების მიმართ და შესაბამისად ამ სადგურების დაწინებული ან არ არსებული მონაცემების აღდგენა ხდებოდა საყრდენი მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების საფუძველზე.

აღდგენილი მონაცემები სტატისტიკურად ერთგვაროვანია და მათ დინამიკაში არ შეიმჩნევა რიგის ნახტომისებური ცვლილება, რამაც შეიძლება ეჭვი შეიტანოს მის ერთგვაროვნებაში. ნათქვამის დასადასტურებლად ქვემოთ მოგვყავს მაგალითი მაღალმთიანი ყაზბეგისათვის, სადაც მეტეოროლოგიური

დაკვირვებები გასული საუკუნის 90-იანი წლებიდან შეწყვეტილია. ამავ დროს ამ სადგურს უნიკალური მდებარეობა გააჩნია კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში ზღვის დონედან 3653მ სიმაღლეზე. ამიტომ მისი ჩართვა კლიმატოლოგიური ხასიათის კვლევებში არა თუ სასურვალაა, არამედ აუცილებელიც. ჩავთვალოთ, რომ ყაზბეგის მაღალმთიან სადგურში დაკვირვებები არ ტარდებოდა 1990 წლამდეც და ტემპერატურის და ნალექების მონაცემები აღვადგინეთ საყრდენი ფასანაურის მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემების საფუძველზე ზემოდ განხილული მეთოდური მიდგომით. ნახ. 2.2.1 და 2.2.2 წარმოდგენილია ტემპერატურისა და ნალექების სტატისტიკური ანალიზის შედეგები მაღალმთიანი ყაზბეგისათვის მეტეოროლოგიური თვალსაზრისით 2 განსხვავებული რეჟიმის მქონე თვეებისათვის.



ნახ. 2.2.1 იანვრის საშუალო თვიური ტემპერატურების დამოკიდებულება ყაზბეგი მაღალმთიანში 1936-1990 წლების პერიოდისათვის (x-ფაქტიური მონაცემები, y-აღდგენილი მონაცემები), რეგრესიის განტოლება და კორელაციური ფარდობა



ნახ. 2.2.2. ნომბრის თვიური ნაღვეების დამოკიდებულება ყაზბეგი მაღალმთიანში 1936-1990 წლების პერიოდისათვის (x-ფაქტიური მონაცემები, y-აღდგენილი მონაცემები), რეგრესიის განტოლება და კორელაციური ფარდობა

წარმოდგენილი ნახაზებიდან ჩანს, რომ მიუხედავად იმისა, რომ გაბნევა ზოგიერთ შემთხვევაში მნიშვნელოვანია, დამოკიდებულება ფაქტიურ და აღდგენილ მონაცემებს შორის დამაკმაყოფილებელია. ნათქვამის დასაბუთებისათვის ცხრილში 2.2.3 მოგვყავს ტემპერატურის აღდგენის საშუალო კვადრატული ცდომილებები და აგრეთვე ტემპერატურის საშუალო კვადრატული გადახრები.

ცხრილი 2.2.3. ჰაერის ტემპერატურის აღდგენის
 საშუალო კვადრატული ცდომილებები და
 ტემპერატურის საშუალო კვადრატული გადახრები
 (ყაზბეგი მაღალმთიანი). °C

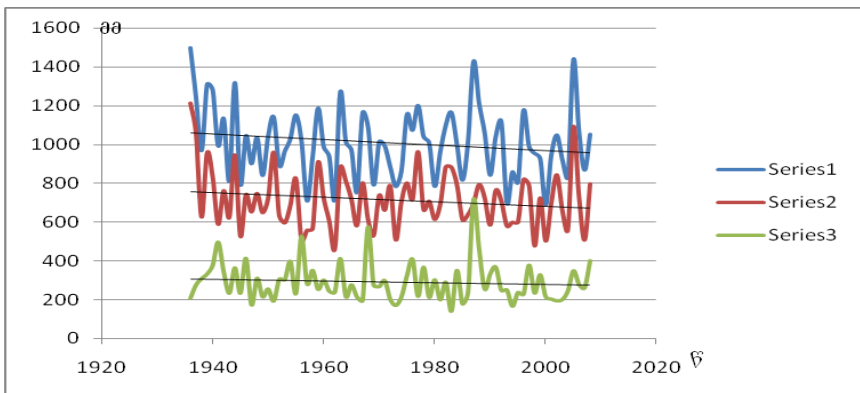
თვე	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
საშუალო კვადრატული ცდომილება	0,7	1,0	0,6	0,3	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,7	0,9	1,3
საშუალო კვადრატული გადახრა	1,5	1,5	1,6	1,9	2,1	2,2	2,0	2,0	2,5	1,9	1,8	1,7

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ტემპერატურის აღდგენის საშუალო კვადრატული ცდომილება მნიშვნელოვნად ნაკლებია მის საშუალო კვადრატულ გადახრაზე, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ აღდგენილი მონაცემები ახლოს არის მის რეალურ მნიშვნელობებთან. ამასვე ადასტურებს სტატისტიკური შეფასება სტიუდენტის კრიტერიუმის გამოყენებით.

ანალოგიური სურათია ატმოსფერული ნალექების აღდგენილ და ფაქტიურ მონაცემებს შორის. ნალექების საშუალო კვადრატული გადახრა აღემატება აღდგენილი მონაცემების საშუალო კვადრატულ ცდომილებას. საერთოდ ნალექების თვიური ჯამები დიდი ვარიაციით ხასიათდება. კერძოდ საქართველოს ტერიტორიაზე თვიური ნალექების ვარიაციის კოეფიციენტი იცვლება იანვარში 0,4 დან 0,7 მდე, ხოლო ივლისში- 0,5 დან 0,8 მდე ფარგლებში, მინიმუმით შავი ზღვის სანაპიროზე და დასავლეთ საქართველოში, ხოლო მაქსიმუმით აღმოსავლეთ საქართველოში (Алибегова, Элизбарашвили,1980). ამდენად

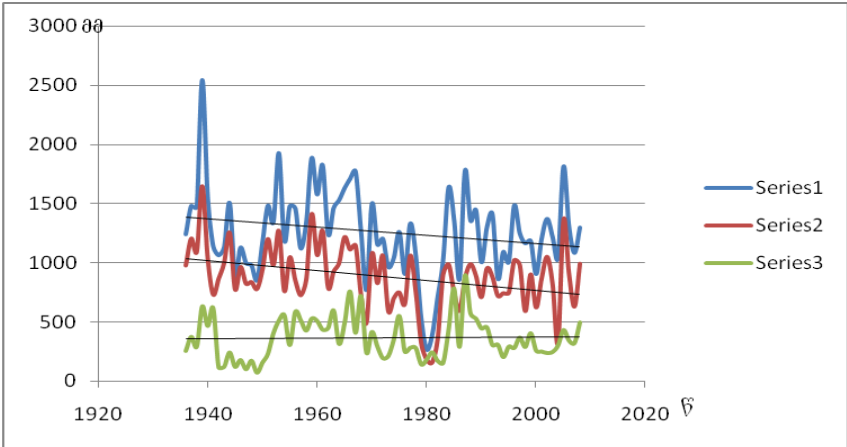
ნალექების აღდგენილი მონაცემები ახლოსაა მის ფაქტობრივ მონაცემებთან. იგივეს ადასტურებს გამოანგარიშებული სტიუდენტის სტატისტიკური კრიტერიუმები.

ის, რომ ნალექების აღდგენილი მონაცემები სტატისტიკურად ერთგვაროვანია და მათ დინამიკაში არ შეიმჩნევა რიგის ნახტომისებური ცვლილება, რამაც შეიძლება ეჭვი შეიტანოს მის ერთგვაროვნებაში კარგად ადასტურებს ქვემოთ წარმოდგენილი ნახაზები.



ნახ. 2.2.3. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური სვლა ფასანაურში:

1-ნალექების წლიური ჯამი; 2-წლის თბილი პერიოდის ნალექების ჯამი; 3-წლის ცივი პერიოდის ნალექების ჯამი



ნახ. 2.2.4. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური სვლა ყაზბეგში:

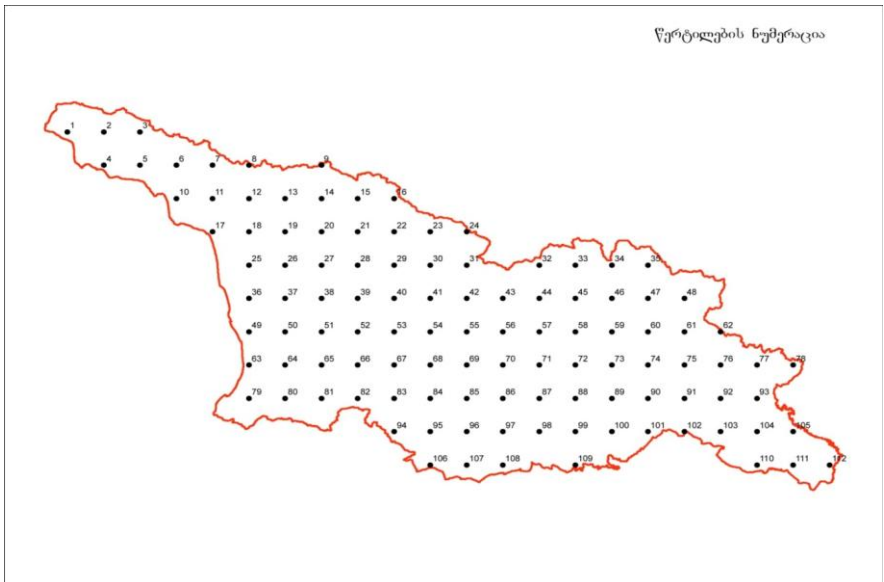
1-ნალექების წლიური ჯამი; 2-წლის თბილი პერიოდის ნალექების ჯამი; 3-წლის ცივი პერიოდის ნალექების ჯამი

ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების აღდგენილი მონაცემების შესაბამისობა ფაქტობრივ მონაცემებთან შემოწმებული იყო აგეოვკ სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე. დადგინდა, რომ მათი შესაბამისობა უზრუნველყოფილია 0,999 ნიშნადობის დონეზე.

ამრიგად, საქართველოს 87 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შეიქმნა ჰაერის ტემპერატურის, ხოლო 76 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის-ატმოსფერული ნალექების თვიური, სეზონური და წლიური მნიშვნელობების მონაცემთა ბაზები 1936-2008 წლების პერიოდისათვის,.

2.3. ტემპერატურისა და ნალექებისათვის 25 კილომეტრიანი გარჩევადობის ბადური მონაცემთა მასივების შექმნა

საქართველოს ტერიტორიისათვის 1936-2008 წლების განმავლობაში ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების 25-კილომეტრიანი ბადური მონაცემთა მასივების შექმნისათვის საქართველოს ტერიტორიას დავადეთ 25-კილომეტრიანი ბიჯის ბადე, ისე რომ რაც შეიძლება მეტი წერტილი მოხვედრილიყო ტერიტორიაზე. ამრიგად შეიქმნა 112 წერტილიანი ბადე 25-კილომეტრიანი რეზოლუციით(ნახ.2.3.1). ცხრილში 2.3.1- წარმოდგენილია ამ წერტილების გეოგრაფიული კოორდინატები UTM, WGS -84 Zone-38 N სისტემაში.



ნახ. 2.3.1. 25 კმ-იანი ბადის საკვანძო წერტილები

ცხრილში 2.3.1. წერტილების კოორდინატები UTM,
WGS -84 Zone-38 N სისტემაში.

წერტილი N	გრძელი X	განედი Y	სიმაღლე Z
1	111500	4814500	1220
2	136500	4814500	1140
3	161500	4814500	820
4	136500	4789500	20
5	161500	4789500	730
6	186500	4789500	1740
7	211500	4789500	1890
8	236500	4789500	2430
9	286500	4789500	2740
10	186500	4764500	260
11	211500	4764500	1030
12	236500	4764500	2670
13	261500	4764500	1670
14	286500	4764500	1680
15	311500	4764500	1770
16	336500	4764500	3460
17	211500	4739500	30
18	236500	4739500	750
19	261500	4739500	810
20	286500	4739500	1980
21	311500	4739500	1350
22	336500	4739500	1180
23	361500	4739500	1940
24	386500	4739500	3100
25	236500	4714500	70
26	261500	4714500	250
27	286500	4714500	730
28	311500	4714500	860

29	336500	4714500	530
30	361500	4714500	740
31	386500	4714500	1460
32	436500	4714500	2300
33	461500	4714500	1970
34	486500	4714500	2900
35	511500	4714500	3440
36	236500	4689500	10
37	261500	4689500	245
38	286500	4689500	110
39	311500	4689500	300
40	336500	4689500	750
41	361500	4689500	620
42	386500	4689500	940
43	411500	4689500	1220
44	436500	4689500	2100
45	461500	4689500	1740
46	486500	4689500	1530
47	511500	4689500	2260
48	536500	4689500	2900
49	236500	4664500	30
50	261500	4664500	40
51	286500	4664500	80
52	311500	4664500	100
53	336500	4664500	140
54	361500	4664500	675
55	386500	4664500	1060
56	411500	4664500	755
57	436500	4664500	940
58	461500	4664500	1180
59	486500	4664500	1230
60	511500	4664500	940
61	536500	4664500	980

62	561500	4664500	2570
63	236500	4639500	10
64	261500	4639500	820
65	286500	4639500	1580
66	311500	4639500	1060
67	336500	4639500	1630
68	361500	4639500	1540
69	386500	4639500	1340
70	411500	4639500	1460
71	436500	4639500	780
72	461500	4639500	580
73	486500	4639500	790
74	511500	4639500	990
75	536500	4639500	940
76	561500	4639500	280
77	586500	4639500	790
78	611500	4639500	1880
79	236500	4614500	1180
80	261500	4614500	390
81	286500	4614500	1420
82	311500	4614500	1190
83	336500	4614500	980
84	361500	4614500	1820
85	386500	4614500	2030
86	411500	4614500	1780
87	436500	4614500	1740
88	461500	4614500	1020
89	486500	4614500	400
90	511500	4614500	700
91	536500	4614500	500
92	561500	4614500	780
93	586500	4614500	220
94	336500	4589500	2620

95	361500	4589500	1700
96	386500	4589500	2780
97	411500	4589500	2420
98	436500	4589500	760
99	461500	4589500	590
100	486500	4589500	380
101	511500	4589500	290
102	536500	4589500	660
103	561500	4589500	500
104	586500	4589500	900
105	611500	4589500	640
106	361500	4564500	2340
107	386500	4564500	2040
108	411500	4564500	2820
109	461500	4564500	1140
110	586500	4564500	310
111	611500	4564500	300
112	636500	4564500	500

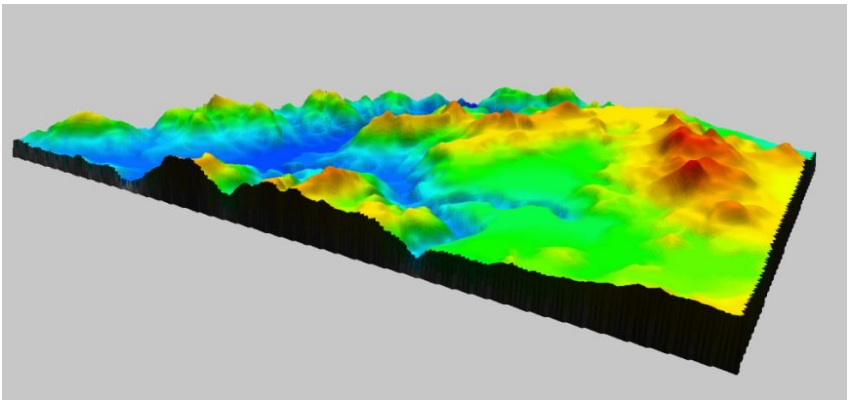
წინა პარაგრაფში ჩვენ შევადგინეთ მონაცემთა ბაზა კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის. შემდგომ საფეხურზე საჭიროა მათი სივრცითი განზოგადება, ანუ მათი გაანგარიშება გაცილებით მეტი წერტილისათვის. რადგანაც საქართველო მთაგორიანი ქვეყანაა კლიმატური ელემენტი უპირველეს ყოვლისა რელიეფზე დამოკიდებული, ამიტომ საჭიროა გექონდეს რელიეფის ციფრული მოდელი, ანუ რელიეფის წერტილოვანი ფენის არსებობა იმისათვის, რომ იზიხაზების გატარება მოხდეს წერტილზე არსებული ინფორმაციის საშუალებით. ძირითადად ცნობილია ასეთი მოდელის ორი სახე: DTM – იგი წარმოადგენს რელიეფის რეგულარულ მოდელს, სადაც წერტილებს შორის

მანძილი მკაცრადაა განსაზღვრული და ყველა მიმართულებით ერთნაერია. ასეთი მოდელის აგება შესაძლებელია კოსმოსური ან აერო ფოტოსურათების ფოტოგრამმეტრიული დამუშავების გზით; TIN – რელიეფის არარეგულარული მოდელია, სადაც წერტილებს შორის მანძილი წინასწარ არ არის განსაზღვრული და იცვლება რელიეფის ფორმის მიხედვით. ასეთი მოდელის აგება შესაძლებელია როგორც კოსმოსური ან აერო ფოტოსურათების ფოტოგრამმეტრიული დამუშავების გზით, ასევე უკვე არსებული ტოპოგრაფიული რუკების დიგიტალიზაციის საშუალებით. ჩვენ შემთხვევაში ამოცანის გადასაჭრელად დავეყრდნეთ რელიეფის არარეგულარულ მოდელს (TIN).

რელიეფის ციფრული მოდელის ასაგებად, შევქმენით ფენა iso_line სადაც მოთვსებულია ყველა ის ფენა რომლებსაც გააჩნიათ სიმაღლის ატრიბუტული ინფორმაცია (iso, lakes, sea, tops) . ფენა lakes პოლიგონალურია, ამიტომ პირველ რიგში მოხდა მისი ობიექტების კონვერტირება ხაზოვან ობიექტებად. შემდგომში MapInfo v.7.5 –ის არასტანდარტული მოდელის OBJ_CONV –გამოყენებით, რომლის ფუნქციაა ხაზოვანი ობიექტების კონვერტირება წერტილოვან ელემენტებად, ისე რომ შენარჩუნებული იყოს ობიექტზე არსებული ატრიბუტული ინფორმაცია. შეიქმნა რელიეფის წერტილოვანი ფენა iso_point, სადაც იზოჰიფსების, ტბების და ზღვის სანაპირო ზოლის ყოველ საკვანძო წერტილში მიღებულია წერტილოვანი ობიექტი, მასზე არსებული გეოგრაფიული კოორდინატებითა და სიმაღლის ატრიბუტული ინფორმაციით. სამუშაოებისათვის გამოყენებული იყო საქართველოს 200 000-ანი მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკის საფუძველი WGS-84 UTM პროექციისათვის. ამავე

პროექციისათვის გადათვლილ იქნა მეტეოროლოგიური სადგურების კოორდინატები და ადაპტირებულ იქნა საქართველოს 200 000-ანი მასშტაბის ტოპოგრაფიული რუკის საფუძველზე.

iso_point ფენაში არსებულ წერტილოვან ობიექტებს აქვთ ატრიბუტული ინფორმაცია შემდეგ ველებში: Elev- სიმაღლე ზღვის დონიდან მეტრებში; region- იმ რაიონის ნომერი რომელშიაც მოთავსებულია კონკრეტული წერტილი; Longitude\Latitude გეოგრაფიული კოორდინატები, გრძელი და განედი. რელიეფის ციფრული მოდელის ფრაგმენტი ნაჩვენებია ნახ.2.3.2. – ზე.



ნახ. 2.3.2. რელიეფის ციფრული მოდელის ფრაგმენტი, მდინარე მტკვრის ხეობა სამხრეთ საქართველოში

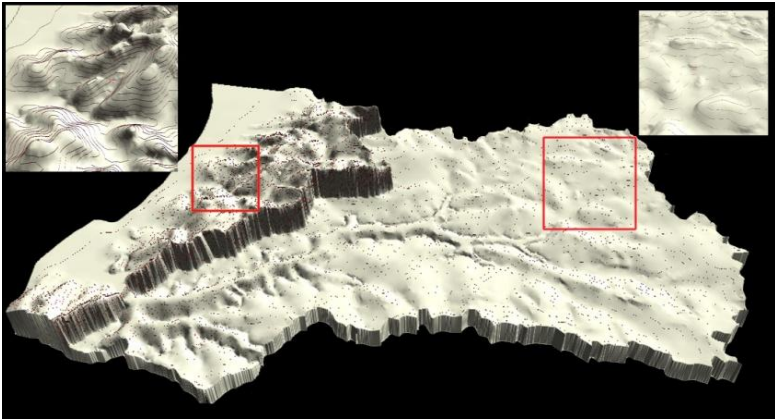
ტემპერატურის და ნალექების ფაქტობრივი მნიშვნელობები, რომლებიც მივიღეთ კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურებისთვის, უნდა განვაგრძოთ მთელი ტერიტორიებისათვის რელიეფის ციფრულ მოდელზე დაყრდნობით. ამისათვის iso_point ფენას ატრიბუტულ ცხრილში დავამატეთ ველი naleqebi-

temperatura . ამ ველში შესაბამისი რეგრესიის განტოლებების საშუალებით დავიანგარიშეთ ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა თითოეული წლისათვის, ცენტრალური თვეების და სეზონებისათვის (1936-2008 წწ). ფენა გადაყვანილია UTM_84 კოორდინატთა სისტემაში, რადგან პროგრამული უზრუნველყოფები რომლებიც აკეთებენ ინტერპოლირებას წერტილებს შორის მუშაობენ მხოლოდ მეტრული კოორდინატთა სისტემებისათვის, Longitude\Latitude ველებში გეოგრაფიული კოორდინატები გრძედი და განედი რომლებიც მოცემულია გრადუსებში მოდულ Coordinate Extractor- ის გამოყენებით შეცვლილია მეტრული კოორდინატებით და ფენა ექსპორტირებულია MapInfo Interchange (*.mif) ფორმატში.

თანამედროვე ციფრულ კარტოგრაფიაში იზოხაზების ავტომატურ გატარებას დიდი მნიშვნელობა აქვს, რათა გამოირიცხოს მკვლევარის სუბიექტური აზრი. ასეთი პროგრამები , რომლებიც აკეთებენ ინტერპოლირებას წერტილებს შორის, დღეისათვის მრავლად არსებობენ. კვლევის ეს ნაწილი შესრულებულია კომპანია Leica-ს პროდუქტ ERDAS IMAGINE 8.7-ის გამოყენებით. ERDAS IMAGINE წერტილოვანი ფენის საფუძველზე, ატრიბუტული ინფორმაციის ნებისმიერი ველის მითითებით ქმნის როგორც იზოხაზების ხაზოვან ფენას, ასევე საკვლევი ტერიტორიის სამგანზომილებიან სივრცით მოდელს. აღსანიშნავია აგრეთვე, რომ პროგრამას შეუძლია თითქმის ყველა გაფართოების გრაფიკული ფაილის იმპორტ-ექსპორტი.

საკვლევი ტერიტორიებისათვის არსებული mif-ფორმატის ფაილები იმპორტირებულია ERDAS IMAGINE-ში Arc Coverage გაფართოებით, რის

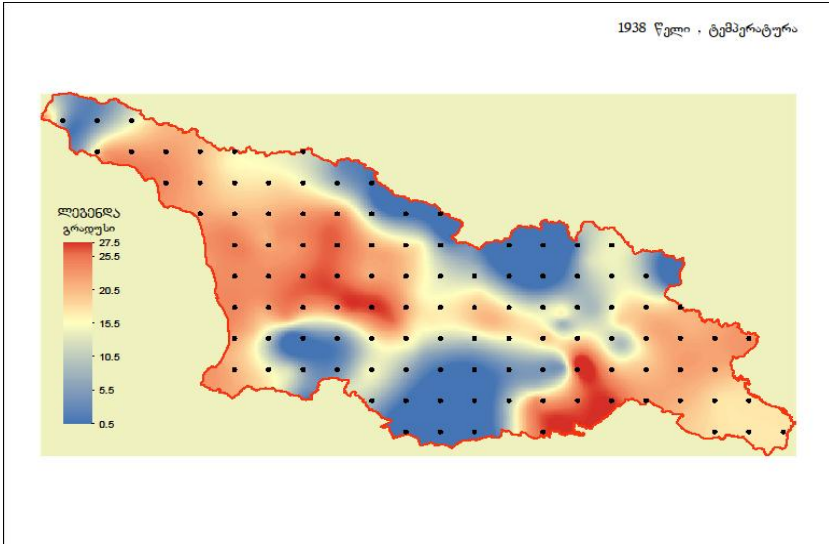
საფუძველზეც აგებულია სამგანზომილებიანი რუკები (IMAGINE image). ფრაგმენტი ნაჩვენებია ნახ. 2.3.3–ზე.



ნახ. 2.3.3 ატმოსფერული ნალექების სამგანზომილებიანი და იზოჰიეტების რუკა ERDAS IMAGINE 8.7 ში. აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკა

მიღებული რუკები, წარმოადგენს საზოგადოებრივ ფენას ცნობილი Shapefile-ის სახით. იგი არ არის სრულყოფილი გრაფიკული მასალა, რადგანაც მასში არსებული ობიექტები მოითხოვენ რედაქტირებას. ამიტომ პროგრამა Autocad 2000-ის გამოყენებით მოვახდინეთ საზოგადოებრივი ფენის ელემენტების დახვეწა, ტოპოლოგიური შეცდომების გასწორება რის შემდეგაც ფენა კვლავ იქნა ექსპორტირებული Map Info –ში. აქ უკვე საზოგადოებრივი ფენიდან შეიქმნა პოლიგონალური ფენა და ავაგეთ ტემპერატურის და ნალექების თემატური გეოინფორმაციული რუკები ცალკეული წლებისათვის და თითოეული თვისათვის, საშუალოდ წლისათვის, წელიწადის ცივი და თბილი პერიოდებისათვის მთლიანი პერიოდისათვის (1936-2008წწ). სულ შედგენილი იყო 2016 გეოინფორმაციული რუკა, მათგან

936 ტემპერატურისათვის და 1080 ნალექებისათვის. ნახ.2.3.4-ზე ნაჩვენებია მათი ერთ-ერთი მაგალითი-ჰაერის ტემპერატურის გეოინფორმაციული რუკა 1938 წლის ივლისისათვის.



ნახ. 2.3.4 . ჰაერის ტემპერატურის განაწილება. 1938წლის ივლისი

ცალკეული წლების, თვეების თუ სეზონების ტემპერატურებისა და ნალექების მნიშვნელობათა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე სივრცული განზოგადოებისათვის პროგრამულ უზრუნველსაყოფად შერჩეულ იქნა თანამედროვე გეოინფორმაციული სისტემა ARC GIS V.10, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მონაცემთა ინტერპოლაცია მოვახდინოთ რამოდენიმე ძირეულად განსხვავებული მოდელით, როგორებიცაა IDW, Kriging, Natural Neighbor, Spline, Spline with Barriers და სხვ. რადგანაც ჩვენ შემთხვევაში საქმე გვაქვს წყვეტად მონაცემთა ბაზასთან, რომელიც არ

ვრცელდება საქართველოს ფარგლებს გარეთ, შერჩეულია ინტერპოლირების მეთოდი Spline with Barriers, რაც გულისხმობს მონაცემთა ინტერპოლირებას ერთმანეთში, მითითებული საზღვრების ფარგლებში.

ჩამოყალიბებული მიდგომის საფუძველზე, მიღებული ასეთი ტიპის რუკებიდან, მასზე დადებული ბადის თითოეულ საკვანძო წერტილში გამოითვლებოდა ტემპერატურისა და ნალექების მონაცემები 1936-2008 წლების პერიოდისათვის, მათი თვიური, სეზონური და წლიური მნიშვნელობები. ამრიგად საქართველოს ტერიტორიის 112 წერტილისათვის(25კმ რეზოლუციით) შეიქმნა ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების საშუალო თვიური, წლიური და სეზონური მნიშვნელობების მონაცემთა მასივები 1936-2008 წლებისათვის. ასეთი მასივის ერთ-ერთი მაგალითი წერტილისათვის №1 წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.2.

ცხრილში 2.3.2. ჰაერის ტემპერატურის მასივის ფრაგმენტი წერტილში №1

წელი	I	II	III	IV	V	VI
1936	0,47	0,56	3,53	6,53	10,78	13,46
1937	-3,03	-0,23	4,66	7,23	10,39	11,32
1938	-0,86	-2,61	-1,72	5,26	10,91	13,51
1939	1,25	-1,19	0,34	5,76	12,71	15,19
1940	-2,02	-0,18	-0,82	8,45	9,42	14,95
1941	-0,77	2,5	-0,08	8,47	10,9	15,32
1942	-3,06	2,02	-1,14	4,05	10,15	15,39
1943	-0,87	-3,19	-1,61	5,45	10,87	13,73
1944	-1,92	0,49	2,8	5,82	9,25	14,87
1945	0,54	-3,95	-2,36	2,14	9,46	12,1

1946	-2,81	-1,63	0,81	5,27	11,76	15,02
1947	-1,74	1,42	5,73	6,75	11,19	15,38
1948	2,31	-0,36	-3,17	5,45	11,89	16,22
1949	-1,77	-5,36	1,4	1,99	11,86	15,1
1950	-6,99	-2,48	1,1	10,95	12,63	12,39
1951	-0,96	-0,01	5,52	9,2	10,9	14,49
1952	0,15	-0,46	-0,14	6,99	9,59	11,77
1953	0,37	-0,8	-2,81	5,07	10,93	14,79
1954	-4,54	-2,25	1,37	2,52	11,54	14,45
1955	1,6	2,42	2,16	5,3	10,78	14,39
1956	-0,23	-1,08	-1,41	5,68	6,63	13,37
1957	-3,69	0,87	-0,42	8,4	12,78	16,07
1958	1,41	0,77	1,75	4,69	12,51	14,49
1959	2,1	-6,62	-0,23	6,52	10,61	13,39
1960	0,57	-1,59	0,16	4,9	11,07	13,07

VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
18,17	18,45	12,08	9,02	7,11	0,16	8,37
18,37	17,72	17,64	10,93	7,72	4,42	8,99
19,49	19,11	14,78	10,19	5,11	2,47	7,94
16,98	16,7	12,84	9,9	4,43	1,62	8,04
17,73	18,95	13,54	8,73	8,33	1,68	8,22
16,85	15,4	13,04	7,08	1,73	-2,62	7,29
16,34	18,03	13,75	10,06	5,33	1,11	7,67
14,98	17,49	14,36	13,56	7,3	2,22	7,82
16,59	15,13	13,95	11,66	7,13	1,76	8,17

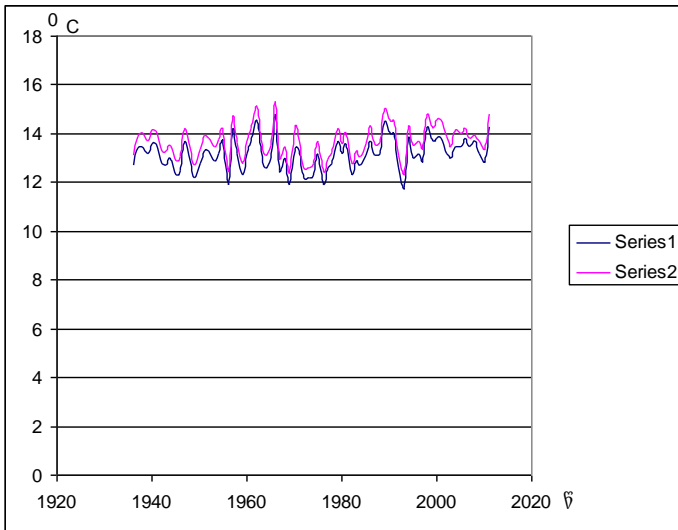
16,39	16,75	13,79	6,98	4,78	-0,28	6,36
15,65	17,99	14,94	6,51	7,66	2,5	7,81
17,55	19,95	11,77	7,34	5,53	4,2	8,31
16,84	18,36	12,95	8,28	0,96	-2,05	7,34
16,59	16,52	11,9	9,25	8,7	1,81	7,56
14,74	14,85	16,27	8,07	5,68	5,59	7,71
16,67	17,87	13,58	4,62	5,89	-0,03	8,14
16,54	17,79	16,08	12,66	5,87	4,17	8,46
16,47	17,68	12,2	9,54	-0,2	-2,96	6,72
17,89	19,06	15,12	11	7,8	3,98	8,19
16,39	15,92	14,17	12,6	5,1	-0,11	8,39
14,14	17,79	10,74	8,16	1,17	-0,86	6,16
18,06	19,38	17,05	10,86	5,35	2,45	8,94
15,4	16,78	11,91	8,34	4,93	2,06	7,93
17,73	16,46	9,59	5,34	4,78	3,17	6,94
16,5	14,41	12,79	11,46	7,62	4,81	8,01

2.4. შესაბამისობა ფაქტიურ და ბაღურ მონაცემებს შორის

მიღებული მასივების ყველა მონაცემი წერტილოვნად შეფასდა სტატისტიკური ანალიზის ინტერპოლაციის საფუძველზე, მისი გეოგრაფიული მდებარეობის, ელევაციის (სიმაღლის) და წლის დროის(თვე, სეზონი) გათვალისწინებით. გამოყენებული ინტერპოლაციის მეთოდი ითვალისწინებს სხვადასხვა სივრცული მასშტაბის შესაძლო ოროგრაფიულ ეფექტებს და რელიეფ-კლიმატის რეგიონალურ და

დროით ურთიერთკავშირებს. ინტერპოლაციის სიზუსტე შემოწმდა ურთიერთ-სანდოობის საშუალებით.

შესაბამისობას ფაქტიურ და ბადურ მონაცემებს შორის კარგად გამოხატავს ნახ. 2.4.1-ზე წარმოდგენილი მაგალითი- ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური სვლა თბილისში და მის უახლოეს ბადურ წერტილში(№89). კავშირი ამ 2 რიგს შორის ფუნქციონალურია, კორელაციის კოეფიციენტი ერთის ტოლია. ასეთივე მაღალი კორელაციური კავშირები აღინიშნება სხვა მეტეოროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემებს და მათივე უახლოეს მდებარე ბადური წერტილის მონაცემთა რიგს შორის. ბადის რეზოლუციიდან გამომდინარე უდიდესი მანძილი ნებისმიერი მეტეოროლოგიური სადგურიდან მის უახლოეს ბადურ წერტილამდე არ აღემატება 18-19 კმ-ს.



ნახ.2.4.1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის სვლა 1-თბილისის მონაცემებით; 2-თბილისის უახლოესი ბადური წერტილის(№89) მონაცემებით

ასეთი ფუნქციონალური კავშირები მეტეოროლოგიური სადგურების ფაქტიურ რიგებსა და ბადურ მონაცემებს შორის მთელი საკვლევი ტერიტორიისათვის(1936-2008წწ) ზოგადი სახით კარგად აღიწერება წრფივი რეგრესიის ფუნქციით:

$$y=kx+b \quad , \quad (2.4.1)$$

სადაც x –კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურის მონაცემია, y -შესაბამისი ბადური წერტილის მონაცემია, k და b –სტატისტიკური პარამეტრებია. მაგალითები მეტეოროლოგიურ სადგურთა ერთი ჯგუფისათვის წარმოდგენილია ცხრილში 2.4.1.

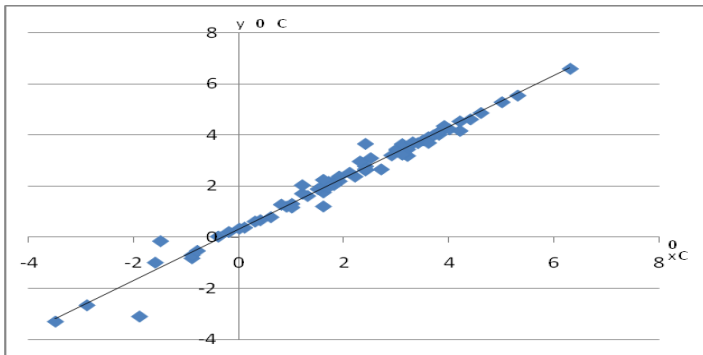
ცხრილი 2.4.1. სტატისტიკური პარამეტრები საშუალო წლიური ტემპერატურის რეგრესიის განტოლებისათვის კონკრეტულ პუნქტებსა და მათ მახლობელ ბადურ წერტილს შორის და შესაბამისი კორელაციის კოეფიციენტები(R)

პუნქტი	უახლოესი წერტილი №	სიმაღლე მ	k	b	R
სოხუმი	10	260	0.82	1.59	0.95
ბათუმი	63	10	0.93	0.69	0.87
ფოთი	49	30	0.85	2.59	0.95
ქუთაისი	39	300	0.79	2.88	0.91
თბილისი	89	400	1.02	0.24	0.99
დედოფლის წყარო	104	900	0.90	1.07	0.90

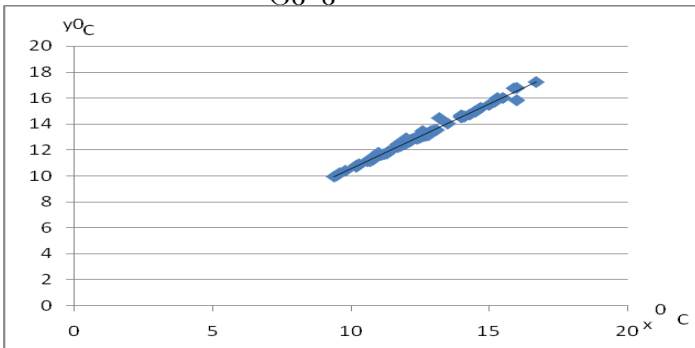
ცხრილი 2.4.1-ს შესაბამისად კორელაციის კოეფიციენტები საკმაოდ მაღალია და სტატისტიკური შეფასების თანახმად ყველა შემთხვევაში მისი სანდოობა აღემატება 0.999 ნიშნადობის დონეს, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ ბადური მინაცემები ობიექტურად გამოსახავენ კვლევაში გამოყენებული

მეტეოროლოგიური ქსელის მასალას და შესაბამისად ობიექტურ ინფორმაციას წარმოადგენენ ბადის 112-წე წერტილში.

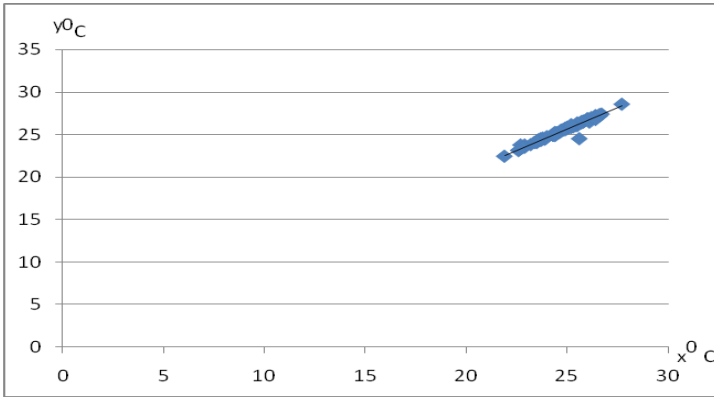
ასეთი კავშირები შენარჩუნებულია ტემპერატურის საშუალო თვიური მონაცემებისთვისაც საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, მაგალითისათვის მოგვყავს დამოკიდებულებები თბილისისათვის(ნახ. 2.4.2-2.4.5)



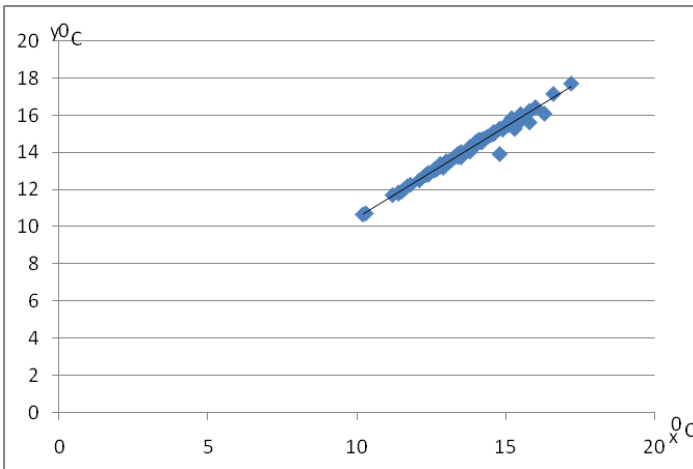
ნახ.2.4.2. დამოკიდებულება თბილისის იანვრის ტემპერატურებს და უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის



ნახ.2.4.3. დამოკიდებულება თბილისის აპრილის ტემპერატურებს და უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის



ნახ.2.4.4. დამოკიდებულება თბილისის ივლისის ტემპერატურებს და უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის

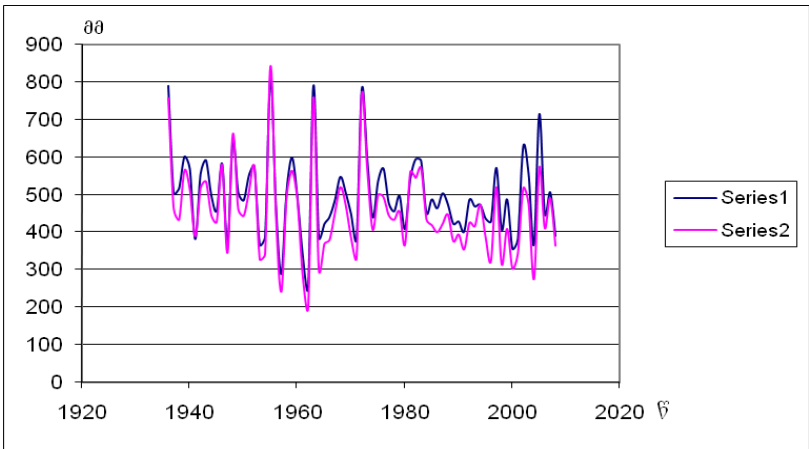


ნახ.2.4.5. დამოკიდებულება თბილისის ოქტომბრის ტემპერატურებს და უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის

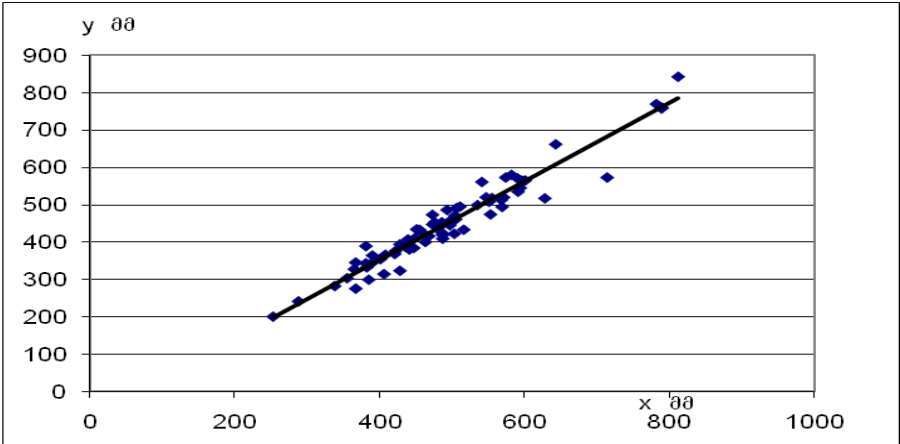
დამოკიდებულებებიდან ჩანს, რომ კავშირი თბილისის ტემპერატურის ფაქტიურ და ბადურ

მონაცემებს შორის საკმაოდ მჭიდროა და ფუნქციონალურია წელიწადის ოთხივე სეზონში. საკმაოდ მაღალია კორელაციის კოეფიციენტებიც.

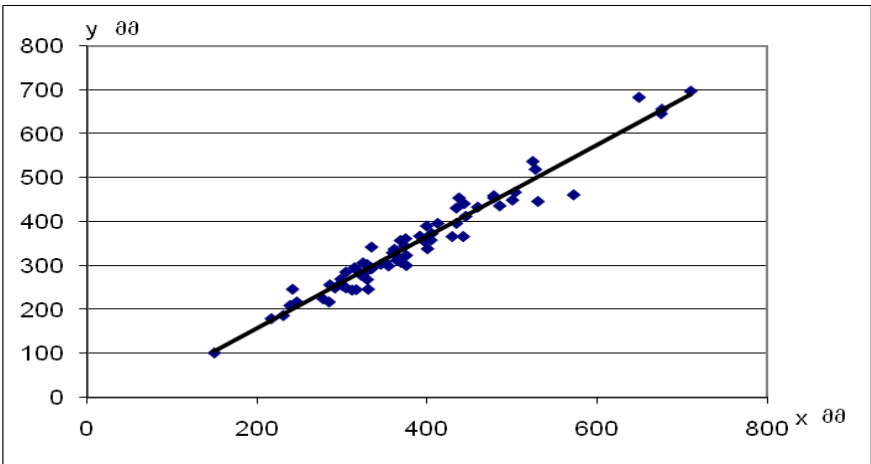
კავშირები მეტეოროლოგიური სადგურების და მათ უახლოეს ბადური წერტილების მონაცემებს შორის საკმაოდ მჭიდროა ატმოსფერული ნალექების ჯამებისთვისაც(ნახ. 2.4.6-2.4.9).



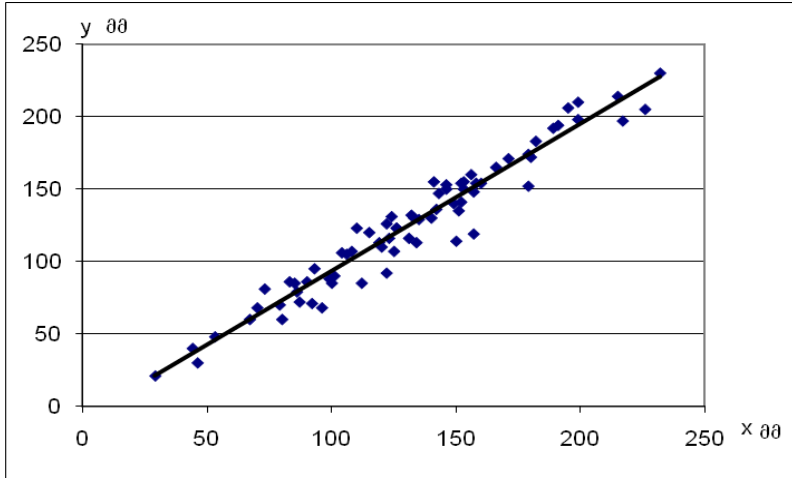
ნახ.2.4.6. ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების სვლა 1-თბილისის მონაცემებით; 2-თბილისის უახლოესი წერტილის(№89) ბადური მონაცემებით



ნახ.2.4.7. დამოკიდებულება ატმოსფერული ნალექების წლიურ ჯამებს შორის თბილისის და მისი უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის



ნახ.2.4.8. დამოკიდებულება წლის თბილი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამებს შორის თბილისის და მისი უახლოესი წერტილის(№89) ბადურ მონაცემებს შორის



ნახ.2.4.9. დამოკიდებულება წლის ცივი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამებს შორის თბილისის და მისი უახლოესი წერტილის(№89) ბაღურ მონაცემებს შორის

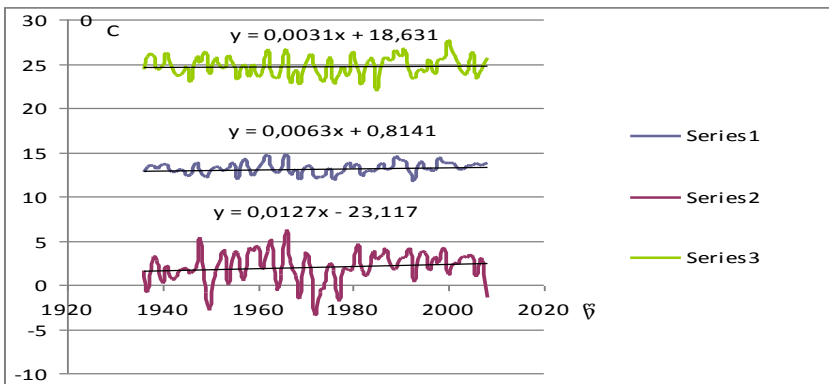
ნალექთა ჯამებისთვისაც აგრეთვე მაღალია კორელაციის კოეფიციენტები და ყველა შემთხვევაში მისი სანდოობა აღემატება 0.999 ნიშნადობის დონეს.

ამრიგად ჩატარებული შეფასებების საფუძველზე შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ბაღური მონაცემები ობიექტურად გამოსახავენ კვლევაში გამოყენებული მეტეოროლოგიური ქსელის მასალას და შესაბამისად ობიექტურ ინფორმაციას წარმოადგენენ ბაღის 112 წერტილში.

თავი 3. ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციები

3.1. ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების მიხედვით

საქართველოს 87 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შექმნილი ტემპერატურის მონაცემთა ბაზა საფუძვლად დაედო ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციების დადგენას. ამისათვის გამოკვლეული იყო თითოეული სადგურის ტემპერატურული რიგები და ტემპერატურის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში აღწერილი იყო წრფივი რეგრესიის განტოლებებით(ნახ.3.1.1).



ნახ.3.1.1. ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიური სვლა თბილისში და შესაბამისი რეგრესიის განტოლება: 1- წლიური ტემპერატურა; 2-იანვრის საშუალო თვიური ტემპერატურა; 3- ივლისის საშუალო თვიური ტემპერატურა.

ნახ.3.1.1-ზე წარმოდგენილი რეგრესიის განტოლების კოეფიციენტი მიუთითებს ტემპერატურის ცვლილების ყოველწლიურ სიჩქარეზე 1936-2008 წლების განმავლობაში. 87 მეტეოროლოგიური სადგურის იანვრის, ივლისის და წლიური ტემპერატურების საფუძველზე შედგენილი ასეთი რეგრესიის განტოლებებიდან განსაზღვრული იყო ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეები 10 წლიანი პერიოდის განმავლობაში (ცხრილი 3.1.1)

ცხრილი 3.1.1. ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში 1936-2008 წლებში

პუნქტი	იანვარი	ივლისი	წელი
1. აბასთუმანი	0.07	0.01	0.02
2. აცანა	-0.10	0.07	0
3. აღაზანი	0.11	-0.09	-0.02
4. ამბროლაური	-0.04	-0.05	-0.04
5. ანაკლია	-0.01	0.05	0.01
6. ანასეული	0.02	-0.07	-0.06
7. ახალციხე	-0.04	-0.04	-0.05
8. ახალქალაქი	-0.06	0.08	0.01
9. ახმეტა	0.07	0.15	0.11
10. ბარისახო	-0.16	0.06	0.01
11. ბათუმი	-0.02	-0.07	-0.02
12. ბახმარო	0.11	0.10	0.06
13. ბოლნისი	0.11	0.10	0.06
14. ბორჯომი	0.09	0.07	0.07
15. წალენჯიხა	0.03	-0.09	-0.05
16. წალკა	-0.13	0.02	-0.02
17. ცემი	0.05	-0.03	0.03
18. ჩაქვი	-0.09	-0.04	-0.03
19. წიფა	0.09	0.06	0.08

20. ხონი	0	-0.32	-0.02
21. სენაკი	-0.05	-0.01	0.04
22. ცხინვალი	0.11	0.04	0.05
23. დაბლა ციხე	-0.08	-0.10	-0.04
24. დედოფლისწყარო	0.08	-0.05	0.09
25. დიდი ჭყონი	0.03	0	0
26. დიმი	-0.05	0	0.01
27. ჯაგა	0.01	0.20	-0.01
28. ჯოყოლო	0.01	0.02	0.05
29. დმანისი	0.07	0.05	0.02
30. დურიფში	0.02	-0.10	-0.10
31. დუშეთი	0	0	0.04
32. ნინოწმინდა	0.40	0.22	0.19
33. გაგრის ქედი	-0.04	0	0
34. გალი	0.07	0.03	-0.03
35. გარდაბანი	0.14	-0.05	0
36. გომბორი	0.18	0.09	0.08
37. გუდაური	0.05	-0.03	-0.02
38. გურჯაანი	0.14	0.06	0.05
39. იყალთო	0.02	0.04	0.03
40. ჯვრის უღელტეხილი	0.02	0.06	0.15
41. კარცახი	-0.03	0.13	0.02
42. კარსანი	0.12	0.03	0.06
43. კოჯორი	0.02	-0.03	-0.02
44. კორბოული	0.05	0.07	0.06
45. ყორულდაში	0.02	0.08	0.02
46. ყვარელი	0.10	0.07	0.06
47. ლაგოდეხი	0.12	0.01	0
48. ლათა	-0.10	0	-0.03
49. ლენტეხი	-0.15	0.24	0.08
50. ლესელიძე	0.01	-0.13	-0.05

51. მამისონის უღ.	0	0.12	0.06
52. მანგლისი	-0.02	0.05	0.02
53. მარნეული	0.04	0.07	0.04
54. შწვანე კონცხი	0	0.06	0.03
55. მესტია	-0.08	-0.03	-0.04
56. მუხრანი	0.07	0.08	0.05
57. მუხური	0	-0.13	-0.11
58. ნაფარეული	0.08	0.16	0.11
59. ომალო	0.01	0.10	0.05
60. ონი	-0.04	0.08	-0.05
61. ხონი	-0.37	-0.24	-0.29
62. ორმოცი	0.02	-0.03	-0.03
63. ფასანაური	0.07	0.05	0.06
64. ფოთი	0	-0.06	0.03
65. ფსხუ	-0.05	0.02	-0.03
66. ქედა	-0.10	-0.07	-0.23
67. ქუთაისი	0	0.12	0.04
68. ქვემო აჟარა	-0.07	-0.03	-0.02
69. ქვეზანი	0.01	0.08	0.03
70. რადიონოვკა	0.10	0.22	0.12
71. საგარეჯო	0.14	0.10	0.06
72. საირმე	0.04	-0.22	-0.06
73. სამტრედია	0.05	0	0.05
74. საქარა	0.04	0.02	-0.03
75. შირაქი	0.09	-0.15	0.01
76. სკრა	0.04	-0.05	-0.03
77. სოხუმი	0	-0.13	-0.14
78. თბილისი	0.13	0.03	0.06
79. თელავი	0.03	0.05	0.05
80. თეთრი წყარო	0.02	-0.02	0
81. თიანეთი	0.07	0.10	0.10
82. ტყიბული	-0.02	-0.26	-0.05

83. ხაიში	-0.14	-0.07	-0.03
84. ხეთა	0	-0.02	-0.01
85. ხულო	0.04	0.12	-0.08
86. ყაზბეგი მმ	0.04	0.06	0.07
87. ზუგდიდი	-0.03	0.06	-0.09

ცხრილში წარმოდგენილი სინქარეები არ არის ყოველთვის ნიშნადი. მათი სტატისტიკური ნიშნადობის შეფასება მოვახდინეთ საქართველოს განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში განლაგებული სადგურთა ჯგუფისათვის, როგორც საშუალო წლიური, ისე სეზონების ცენტრალური თვეების ტემპერატურებისათვის მთელი საკვლევი პერიოდისა (1936-2008 წწ) და ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდისათვის (1975-2008 წწ). შედეგები წარმოდგენილია ცხრილში ცხრილი 3.12. ცხრილში მუქი შრიფტით გამოყოფილია სტატისტიკურად ნიშნადი სინქარეები.

ცხრილი 3.1.2. ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში 1936-2008 (ა) და 1975-2008 (ბ) წლებში რეგიონების ცალკეულ პუნქტებში

რაიონი	პუნქტი	სიმაღლე მ	პერიოდი	სიჩქარე °C 10 წელიწადში				
				იანვარი	აპრილი	ივლისი	ოქტომბერი	წელი
შავი ზღვის სანაპირო	ბათუმი	5	ა	-0.02	0.12	-0.07	0.09	-0.02
			ბ	0.08	0	0.14	0.63	0.13
	ფოთი	3	ა	0	0.15	-0.06	0.15	0.03
			ბ	0.12	0	0.22	0.87	0.34
კოლხეთის დაბლობი	სენაკი	40	ა	-0.05	0.17	-0.01	0.08	0.04
			ბ	0.04	-0.02	0.16	0.76	0.25
	ქუთაისი	114	ა	0	0.11	0.12	0.12	0.04
			ბ	0.18	-0.12	0.64	0.87	0.26
კახეთი	თელავი	568	ა	0.03	0.10	0.05	0.07	0.05
			ბ	0.15	-0.33	0.02	0.87	0.23

	ყვარელი	449	a ბ	0.10 0.34	0.15 0.25	0.07 0.06	0.06 0.82	0.06 0.37
ქვემო ქართლი	გარდაბანი	300	a ბ	0.14 0.09	0.06 -0.51	-0.05 -0.21	0.01 0.47	0 -0.01
	ბოლნისი	534	a ბ	0.11 0.16	0.08 -0.27	0.10 0.19	0.10 0.79	0.06 0.30
სამხრეთ- საქართველოს მთიანეთი	ახალქალაქი	1717	a ბ	-0.06 -0.18	0.07 -0.19	0.08 0.39	0.11 0.67	0.01 0.07
	ახალციხე	982	a ბ	-0.04 0.11	-0.01 -0.22	-0.04 0.44	0.04 0.82	-0.05 0.36
კავკასიონი	ყაზბეგი მმ	3653	a ბ	0.04 0.24	0.02 0.13	0.06 0.31	0.19 0.57	0.07 0.28
	მამისონის უღ.	2854	a ბ	0 0.22	0.06 0.04	0.12 0.20	0.17 0.98	0.06 0.35

ცხრილიდან ჩანს, რომ ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე არსებითად არის დამოკიდებული როგორც პუნქტის მდებარეობის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე, ისე წელიწადის დროზე. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ტრენდი საქართველოს ტერიტორიის მნიშვნელოვან ნაწილზე სტატისტიკურად ნიშნადია. ჰაერის წლიური ტემპერატურა 1936-2008 წლების განმავლობაში იზრდებოდა ყოველ 10 წელიწადში საშუალოდ სიჩქარით 0.04° -კოლხეთის დაბლობზე, $0.05-0.06^{\circ}$ -კახეთსა და ქვემო ქართლში, $0.06-0.07^{\circ}$ -კავკასიონზე. ამასთან, ცვლილების სტატისტიკური ნიშნადობა მთებში და აღმოსავლეთ საქართველოს კონტინენტურ რაიონებში შედარებით მაღალია, ვიდრე კოლხეთის დაბლობზე და შეადგენს შესაბამისად 95-98% და 90%. წლიური ტემპერატურა კლებულობდა სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ზოგიერთ რაიონებში (ახალციხე). ინტენსიური გლობალური დათბობის განმავლობაში (1975-2008 წწ) წლიური ტემპერატურის ტრენდი მნიშვნელოვნად გაიზარდა და შეადგინა შავიზღვის სანაპიროზე 0.34° (ფოთი), კოლხეთის დაბლობზე $0.25-0.26^{\circ}$, ხოლო ტერიტორიის დანარჩენ ნაწილზე, სამხრეთ-საქართველოს მთიანეთის ჩათვლით, ძირითადად 0.30° -ზე მეტი 10 წელიწადში, სტატისტიკური ნიშნადობის შედარებით მაღალ დონეზე.

არაერთგვაროვანი ხასიათი აქვს თვიურ ტემპერატურათა ტრენდებსაც. მიუხედავად იანვრის ტემპერატურის ცვლილების მაღალი სიჩქარეებისა, ზამთრის თვეებისათვის დამახასიათებელი ტემპერატურის მნიშვნელოვანი დისპერსიისა, ეს ცვლილებები სტატისტიკურად ნიშნადი არ არის. გამონაკლისია ზოგიერთი სადგური, მაგალითად გარდაბანი, სადაც ტემპერატურის ცვლილება დასტურდება ნიშნადობის შედარებით დაბალ დონეზე

(90%). აპრილში ტემპერატურის ცვლილებები აგრეთვე არ არის მნიშვნელოვანი, განსაკუთრებით კი ინტენსიური დათბობის პირობებში. ამ თვეში გლობალურ დათბობაზე რეაგირებს ძირითადად შავი ზღვის სანაპირო და კოლხეთის დაბლობი, ხოლო საქართველოს აღმოსავლეთში და მთიან რაიონებში ტემპერატურის ცვლილებები სტატისტიკურად ნიშნადი არ არის. ტემპერატურის ტრენდები შედარებით ნიშნადია ივლისსა და ოქტომბერში. ივლისში 1936-2008 წლების განმავლობაში შავი ზღვის სანაპიროს და კოლხეთის დაბლობის ზოგიერთ რაიონებში ტემპერატურა კლებულობდა $0.06-0.07^{\circ}$ სიჩქარით ყოველ 10 წელიწადში სტატისტიკური ნიშნადობის 90-95% დონეზე, ხოლო ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდში ტემპერატურის ტრენდი სტატისტიკურად არანიშნადია. სამხრეთ-საქართველოს მთიანეთში და კავკასიონზე ივლისის ტემპერატურა მთელი საკვლევი პერიოდის განმავლობაში იზრდებოდა სიჩქარით საშუალოდ $0.08-0.12^{\circ}$, ხოლო ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდში - $0.30-0.45^{\circ}$ -ით 10 წელიწადში. საქართველოს ტერიტორიის მნიშვნელოვან ნაწილზე ივლისის ტემპერატურის ტრენდები სტატისტიკურად ნიშნადი არ არის. ოქტომბერში ტემპერატურის ტრენდები მთელ ტერიტორიაზე დადებითია და ძირითადად სტატისტიკურად ნიშნადი. ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე, ივლისის მსგავსად, ინტენსიური გლობალური დათბობის პერიოდში იზრდება და ცალკეულ პუნქტებში $0.8-0.9^{\circ}$ -ს აღწევს სტატისტიკური ნიშნადობის 99% დონეზე.

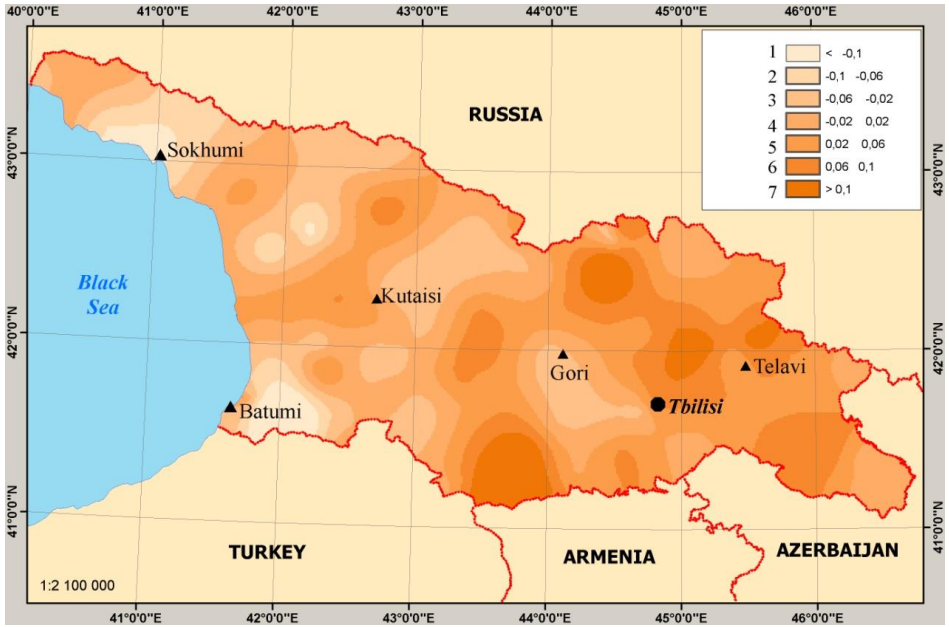
გეოინფორმაციული რუკების შესადგენად ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეთა ინტერვალები შერჩეული იყო სტატისტიკური ნიშნადობის განსაზღვრული დონეების მასშაბისად. ტემპერატურის ცვლილება $0-0.02^{\circ}$ ფარგლებში ყოველ 10 წელიწადში

1936-2008 წლების განმავლობაში სტატისტიკურად არ არის ნიშნადი. ინტერვალში 0.02-0.06⁰ საშუალო წლიური და ზაფხულის თვეების ტემპერატურისათვის ზოგჯერ ნიშნადია ძირითადად 90-95% დონეებზე, ამიტომ ასეთი ცვლილება შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც სუსტი დათბობა (აცივება). ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე 0.06-0.1⁰ ინტერვალში სტატისტიკურად ნიშნადია საშუალო წლიური ტემპერატურისათვის ნიშნადობის 98-99% დონეზე, ხოლო ივლისის ტემპერატურისათვის ძირითადად 90-95% დონეზე. ტემპერატურის ცვლილების ასეთი ხასიათი შეიძლება ჩაითვალოს ზომიერ დათბობად (აცივებად). ტემპერატურის ცვლილება 0.1⁰-ზე მეტი სიდიდით ჩეიძლება ჩაითვალოს ძლიერ დათბობად (აცივებად).

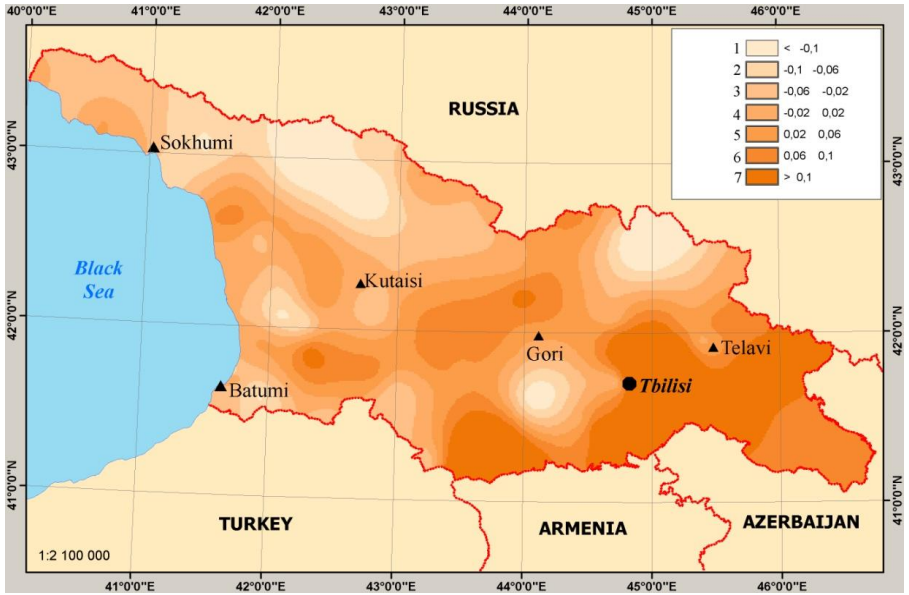
ამრიგად დათბობის ან აცივების ინტენსივობის შესაფასებლად გამოყოფილი იყო ტემპერატურის ცვლილების შემდეგი გრადაციები:

- ძლიერი აცივება(-0.10⁰C-ზე ნაკლები 10 წელიწადში)
- ზომიერი აცივება(-0.06⁰ - -0.10⁰, 10 წელიწადში)
- სუსტი აცივება(-0.02⁰ - -0.06⁰, 10 წელიწადში)
- ცვლილების გარეშე(-0.02⁰ - 0.02⁰, 10 წელიწადში)
- სუსტი დათბობა(0.02⁰ - -0.06⁰, 10 წელიწადში)
- ზომიერი დათბობა (0.06⁰ - 0.10⁰, 10 წელიწადში)
- ძლიერი დათბობა (0.10⁰-ზე მეტი, 10 წელიწადში)

ამ გრადაციების მიხედვით შედგენილია ჰაერის თვიური და წლიური ტემპერატურების ცვლილების გეოინფორმაციული რუკები საქართველოსათვის გლობალური დათბობის პირობებში (ნახ.3.1.2-3.14)



ნახ. 3.1.2 ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილების სიხარე $^{\circ}\text{C}10$ წელიწადში



ნახ. 3.1.3. იანვრის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვლილების სიხარე $^{\circ}\text{C}10$ წელიწადში



ნახ. 3.1.4. ივლისის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვლილების სინქარე $^{\circ}\text{C}10$ წელიწადში

წარმოდგენილი რუკებიდან ჩანს, რომ გლობალური დათბობის პირობებში საქართველოში ტემპერატურის ცვლილებას არაერთგვაროვანი-მოზაიკური ხასიათი აქვს, რაც განპირობებულია ტერიტორიის რთული ფიზიკურ-გეოგრაფიული, უმთავრესად ოროგრაფიული და ლანდშაფტურ-კლიმატური პირობებით. ძლიერი დათბობის უდიდესი კერები აღმოსავლეთ საქართველოში აღინიშნება-გუდამაყარის და ხარულის ქედები, კახეთის ქედის სამხრეთი ნაწილი და ჯავახეთის პლატო. ზომიერი დათბობის კერები აღინიშნება ლიხის ქედის ცენტრალურ ნაწილში, გომბორის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში, იორის ზეგანის ცენტრალურ

ნაწილში, აგრეთვე კახეთის, გუდამაყარის და ხარულის ქედების რაიონებში, ხოლო დასავლეთ საქართველოში – სვანეთის, ლეჩხუმის და ეგრისის ქედების მცირე ტერიტორიაზე. აქ ტემპერატურის ცვლილება სტატისტიკურად ნიშნადია 95-99% უზრუნველყოფის დონეზე. სუსტი დათბობის კერები დასავლეთ საქართველოშია, ძირითადად სვანეთის, ლეჩხუმის და ეგრისის ქედებზე და კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში. ტემპერატურის ცვლილება ამ რაიონებში დასტურდება ძირითადად ნიშნადობის შედარებით დაბალ დონეზე (90-95%). საქართველოს ტერიტორიის უმნიშვნელო ნაწილზე ტემპერატურა უმნიშვნელოდ იცვლებოდა, ხოლო აცივება ძირითადად დასავლეთ საქართველოში აღინიშნება. ძლიერ აცივებას ადგილი აქვს აჭარის უდიდეს ნაწილზე და სოხუმის მახლობლად. მდინარე რიონის ხეობაში და რაჭის ქედზე აღინიშნება ზომიერი აცივება. ეს ცვლილებები აგრეთვე სტატისტიკურად ნიშნადია.

დათბობის და აცივების ძირითადი რაიონები და კერები შენარჩუნებულია ცალკეულ თვეებშიც (ნახ.3.1.3 და 3.1.4), თუმცა ვლინდება აგრეთვე სეზონური თავისებურებებიც. კერძოდ იანვარში ძლიერი აცივება აღინიშნება დასავლეთ და აღმოსავლეთ კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილებში, ხოლო ივლისში ძლიერი დათბობის რაიონი გამოიკვეთება შიდა ქართლის ჩრდილოეთ ნაწილში და ჯავახეთის ზეგანის მნიშვნელოვან ნაწილზე. ძლიერი აცივება აღინიშნება იმერეთის ცენტრალურ ნაწილში და აგრეთვე იორის ზეგანის და გომბორის ქედის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში.

ჰაერის ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების ასეთი ხასიათი განპირობებულია არა მხოლოდ ოროგრაფიით, არამედ ბუნებრივ-ლანდშაფტური პირობების მთელი კომპლექსით.

ძლიერი დათბობის რაიონები გავრცელებულია აღმოსავლეთ საქართველოს ზომიერად მშრალი და მშრალი სუბტროპიკული ნახევრადუდაბნოების, აგრეთვე მთების ზომიერად ცივ და მშრალ სტეპურ ლანდშაფტებში. ძლიერი აცივების რაიონებს (აჭარა, შავი ზღვის სანაპიროს ჩრდილოეთი ნაწილი) უკავია კოლხეთის ნოტიო ზომიერად თბილ და კავკასიის ნოტიო ზომიერად ცივ საშუალო მთის ტყის ლანდშაფტებს.

ამრიგად, გლობალური დათბობის პირობებში აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული ლანდშაფტები უფრო სწრაფად თბებიან, ვიდრე დასავლეთ საქართველოს ჰუმიდური ლანდშაფტები, რომელთა პირობებშიც სითბოს დიდი რაოდენობა აორთქლებაზე იხარჯება და ამიტომაც ისინი ნაკლებად თბებიან, ან ცივდებიან კიდევ, რაც დასაბუთებული იყო ჯერ კიდევ ჩვენს ადრეულ შრომებში (Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. 2002, 2005, 2006).

3.2. ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები ბადური მონაცემთა მასივების მიხედვით

ბადის 112 წერტილისათვის შექმნილი ტემპერატურათა მასივი საფუძვლად დაედო ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციების შეფასებას ამავე წერტილებში. ამ შემთხვევაში თითოეულ წერტილში ტემპერატურის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში აღწერილი იყო წრფივი რეგრესიის განტოლებით. რეგრესიის განტოლებების კოეფიციენტებმა საშუალება მოგვცა შეგვეფასებინა ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეები 1936-2008

წლების განმავლობაში ამავე წერტილებში (ცხრილი 3.2.1).

ცხრილი 3.2.1 ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში 1936-2008 წლებში

წერტილი №	იანვარი	ივლისი	წელი
1.	-0.02	-0.02	-0.02
2.	-0.04	0.02	0.01
3.	-0.08	-0.07	-0.03
4.	0.01	-0.05	-0.02
5.	-0.01	-0.06	-0.08
6.	-0.06	-0.07	-0.1
7.	-0.09	-0.04	-0.07
8.	-0.06	0.08	0
9.	-0.03	-0.09	-0.04
10.	-0.07	-0.04	-0.09
11.	-0.08	-0.01	-0.03
12.	-0.06	0.02	0
13.	-0.08	-0.08	-0.03
14.	-0.11	-0.05	-0.03
15.	-0.08	0	-0.03
16.	-0.02	0.06	0
17.	0.01	0.07	0.01
18.	0.04	0.04	0.02
19.	-0.01	-0.02	-0.01
20.	-0.09	0.01	-0.03
21.	-0.17	0.2	0.04
22.	-0.08	0.09	0.02
23.	0	0.03	0
24.	0.02	0.16	0.04
25.	0.03	0.05	0.04
26.	0.03	-0.06	-0.03

27.	0.01	0.02	0.01
28.	-0.08	-0.1	0
29.	-0.07	-0.1	-0.02
30.	-0.04	0.04	-0.04
31.	-0.02	0.15	0
32.	0.13	0.11	0.14
33.	0.12	0.10	0.05
34.	-0.14	0.07	0
35.	-0.16	0.06	0
36.	0	-0.04	0
37.	-0.04	0	0.04
38.	0.02	0.07	0.05
39.	0	-0.24	0
40.	-0.01	-0.19	-0.03
41.	0	0.01	0
42.	0.01	0.13	0.03
43.	0.02	0.12	0.05
44.	0.05	0.06	0.1
45.	-0.02	0.03	0.08
46.	-0.14	0.06	0.05
47.	-0.04	0.05	0.02
48.	0.05	0.05	0.04
49.	0	-0.09	0
50.	0.02	-0.11	0.01
51.	0	-0.03	0.03
52.	-0.04	0.04	0.04
53.	0	0	0.05
54.	-0.1	-0.05	-0.06
55.	0.12	0.11	0.07
56.	0.09	0.02	0.02
57.	0.12	0.01	0.04
58.	0.1	0.02	0.1

59.	0.03	0.06	0.08
60.	0.09	0.1	0.1
61.	0.1	0.12	0.08
62.	0.04	0.04	0.01
63.	-0.05	-0.08	-0.08
64.	0.03	0.01	-0.02
65.	0.08	0.06	0.08
66.	0.05	-0.19	0.03
67.	-0.13	-0.16	-0.11
68.	-0.03	0	-0.02
69.	0.1	0.08	0.06
70.	0.02	-0.03	-0.03
71.	0	-0.01	-0.02
72.	0.05	0.07	0.04
73.	0.16	0.06	0.09
74.	0.18	0.12	0.1
75.	0.04	0.05	0.04
76.	0.1	0.06	0.06
77.	0.12	0.04	0.02
78.	0.12	0.01	0
79.	-0.07	-0.03	-0.05
80.	-0.03	0.03	-0.02
81.	0.06	0.11	0.07
82.	0.06	0.05	0.01
83.	-0.05	-0.05	-0.05
84.	0.05	-0.01	0
85.	0.17	0.07	0.06
86.	0.01	0.05	0
87.	-0.12	-0.04	-0.04
88.	-0.01	-0.02	0
89.	0.16	0.01	0.06
90.	-0.01	0.06	0.05

91.	0.12	0.10	0.06
92.	0.14	0.08	0.06
93.	0.11	0.12	0.09
94.	0.05	0.02	-0.01
95.	0.11	0.10	0.05
96.	0.17	0.20	0.14
97.	0.12	0.19	0.12
98.	-0.01	0.03	0.02
99.	0.10	0.09	0.06
100.	0.14	0	-0.03
101.	0.14	-0.09	0
102.	0.13	0.04	0.05
103.	0.11	0.14	0.10
104.	0.10	0.17	0.15
105.	0.08	-0.08	0.01
106.	-0.2	0.15	0.03
107.	0.24	0.22	0.18
108.	0.26	0.18	0.15
109.	0.09	0.08	0.07
110.	0.07	0	0.1
111.	0.09	-0.11	-0.01
112.	0.1	-0.22	-0.05

ცხრილში წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე შედგენილია ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების რუკები (ნახ. 3.2.1-3.2.3), რომლებიც კარგ თანხმობაშია კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებით შედგენილ ანალოგიურ რუკებთან.



ნახ. 3.2.1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილების სიხარე T_{10} წელიწადში



ნახ. 3.2.2. იანვრის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე $^{\circ}\text{C}10$ წელიწადში



ნახ. 3.2.3. ივლისის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე $^{\circ}\text{C}10$ წელიწადში

ამავე დროს ბადური მონაცემებით შექმნილი რუკები აზუსტებს ტემპერატურის ცვლილების ხასიათს საქართველის ტერიტორიაზე. მაგალითად, ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარეთა რუკების შედარებიდან (ნახ.3.1.2 და ნახ. 3.2.1) გამომდინარეობს, რომ ბადური მონაცემების თანახმად ზომიერი დათბობის ზონა, სადაც ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე შეადგენს 0.06° - 0.10° , 10 წელიწადში, აღმოსავლეთ საქართველოში გაფართოებულია. ასეთივე სიჩქარით ტემპერატურის ზრდა გამოვლენილია არსიანის ქედზე, რაც არ აღინიშნებოდა სადგურების მონაცემებით შექმნილ რუკაზე.

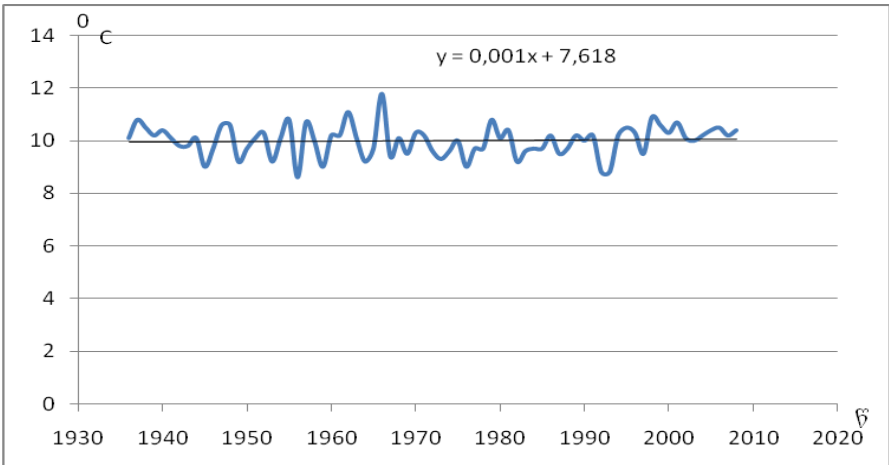
ლოკალიზებულია აცივების არეალი აფხაზეთის ტერიტორიაზე, სოხუმის მახლობლად. მესხეთის ქედის აღმოსავლეთი ნაწილის ჩრდილოეთ ფერდობზე გამოვლენილია ძლიერი აციება, ხოლო იორის ზეგანის უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში- ზომიერი აციება.

მსგავსი განსხვავებები ვლინდება თვიური ტემპერატურების ცვლილების შესაბამისი რუკების შედარებით.

3.3. საქართველოს ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები

ჰაერის ტემპერატურის ბადურ მონაცემთა მასივს, ტერიტორიაზე უთანაბროდ განლაგებული მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებთან შედარებით, ბევრი უპირატესობა გააჩნია. კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა მონაცემები გამოხატავს მის მნიშვნელობას კონკრეტულ გეოგრაფიულ პირობებში და მისი გავრცელება სხვა პირობებში დაუშვებელია. ამავე დროს მთელი რიგი პრაქტიკული ხასიათის ამოცანების გადაწყვეტა მოითხოვს კლიმატური ელემენტების სივრცეში გასაშუალოებულ მნიშვნელობებს. მაგალითად, ასეთი მონაცემები გადამწყვეტია ტერიტორიის ენერგეტიკული და წყლის ბალანსის შესწავლისათვის, კლიმატური ველების ობიექტური ანალიზისა და პროგნოზირებისათვის და სხვ. ბადური მონაცემების საფუძველზე შეგვიძლია ვიმსჯელოთ კლიმატზე და კლიმატურ ცვლილებებზე არა მხოლოდ რაიმე კონკრეტულ წერტილში, რაც ხშირად გამოხატავს მხოლოდ მიკროკლიმატურ ცვლილებებს ამა თუ იმ

გეოგრაფიულ პირობებში, არამედ ფართობზე, რაიმე ტერიტორიაზე, რაიონში, მთლიანად ქვეყანაში. სწორედ კლიმატის ცვლილების სივრცეში გასაშუალოებული სინქარები იძლევა მოცემული ტერიტორიის კლიმატის ცვლილების უზოგადეს სურათს და მის კავშირს გლობალურ პროცესებთან. ქვემოთ მოგვყავს საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის 112 წერტილის მონაცემებით გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილების სურათი (ნახ.3.3.1).



ნახ. 3.3.1. საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში

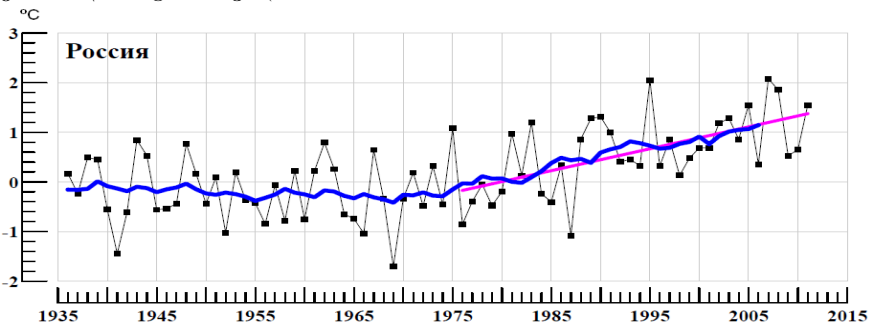
ნახ. 3.3.1 გამოსახავს საქართველოს კლიმატური სისტემის რეაქციას გლობალური დათბობის მიმართ. მიუხედავად იმისა, რომ ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები საქართველოს ტერიტორიაზე

მრავალფეროვანია, მთლიანად საქართველოს კლიმატური სისტემის რეაქცია ამ პროცესის მიმართ უმნიშვნელოა. ამას, ნახ.3.3.1-ის გარდა, კარგად გამოსახავს ამავე ნახ.-ზე წარმოდგენილი რეგრესიის განტოლება, რომელშიც კუთხური კოეფიციენტის სიდიდე მხოლოდ 0.001-ის ტოლია, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში ფაქტიურად არ შეცვლილა. ეს გამოწვეულია იმ გარემოებით, რომ ქვეყნის სხვადასხვა რაიონებში მკვეთრად გამოხატული დათბობის და აცივების კერები და მათში ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები ერთმანეთს ანიველირებს, ისე, რომ მთლიანად საქართველოს კლიმატური სისტემის ტემპერატურის არსებითი ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში არ აღინიშნება.

ნახ. 3.3.1-დან, ამავე დროს, ჩანს, რომ საქართველოს კლიმატურ სისტემაში ყველაზე მაღალი ტემპერატურები დაფიქსირდა არა უკანასკნელ, ანუ გლობალური დათბობის გააქტიურებულ, წლებში, არამედ გასული საუკუნის 60-იან წლებში, კერძოდ საქართველოს ტერიტორიაზე გასაშუალოებულმა ტემპერატურამ 1966 წელს შეადგინა 11.8⁰, ხოლო 1962 წელს-11.2⁰. აღსანიშნავია, რომ ეს წლები შეესაბამება მზის მაქსიმალური აქტივობის პერიოდს და ატმოსფეროს აღმოსავლეთის და მერიდიანული ცირკულაციების ეპოქებს (თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა, 2001). მაღალი იყო ტემპერატურა აგრეთვე 1998 წელს(10.9⁰). კლიმატურ სისტემაში ყველაზე დაბალი ტემპერატურა დაფიქსირდა ატმოსფეროს აღმოსავლეთის ცირკულაციის ეპოქაში - 1956 წელს და შეადგინა 8.6⁰.

1992-1993 წლებში გასაშუალოებული ტემპერატურა იყო 8.8⁰. რაც შეესაბამება მზის მინიმალური აქტივობის და აღმოსავლეთის ცირკულაციის გააქტიურების პერიოდებს. 2002 წლის შემდეგ საქართველოს კლიმატური სისტემის საშუალო ტემპერატურა არ აღემატებოდა 10.5⁰-ს.

შედარებისათვის ნახ.3.3.2-ზე წარმოდგენილია ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიები გასაშუალოებული რუსეთის ტერიტორიისათვის ამავე პერიოდის განმავლობაში.

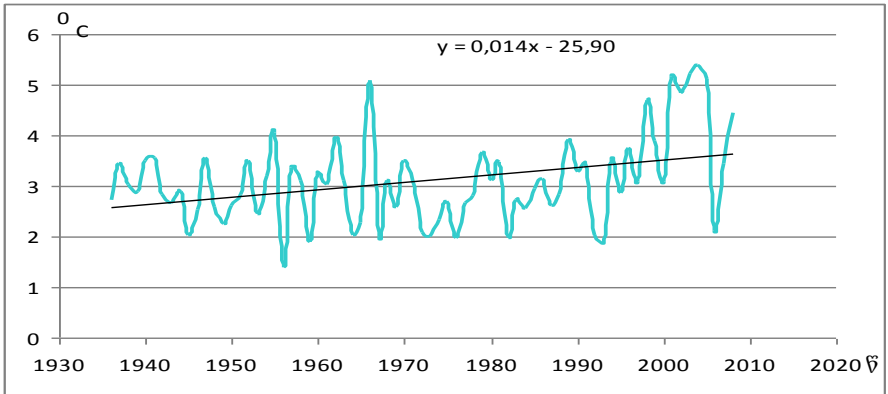


ნახ. 3.3.2. რუსეთის ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ანომალიები გლობალური დათბობის პირობებში (Изменение климата. Информационный бюллетень, № 33, апрель, 2012.)

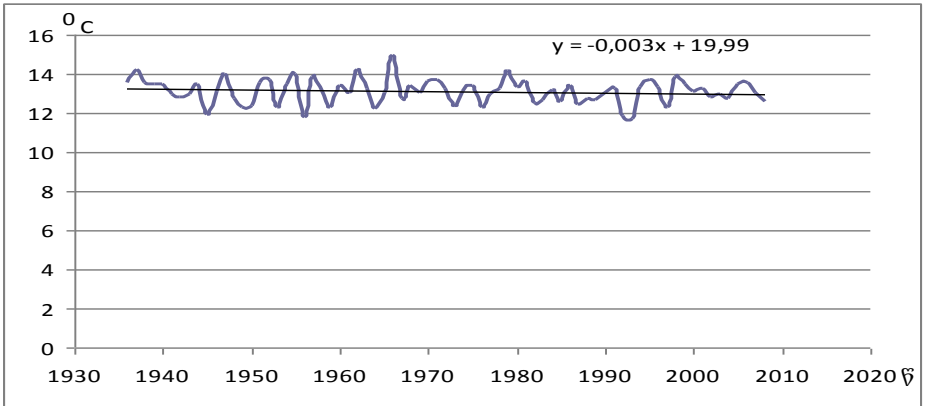
ნახ.3.3.2-დან ჩანს, რომ 1935-1975 წლების განმავლობაში ტემპერატურის ცვლილების რაიმე მნიშვნელოვანი ტენდენცია რუსეთის ტერიტორიაზე არ შეინიშნება. დაწყებული გასული საუკუნის 70-იანი წლების მეორე ნახევრიდან კი ტემპერატურა აშკარად მატულობს, ისე, რომ 1975-2005 წლების განმავლობაში ტემპერატურის ნაზრდი შეადგენს 1.6⁰-ს, ანუ

ტემპერატურის ზრდის სიჩქარემ შეადგინა $0.53^{\circ} 10$ წელიწადში, რაც საკმაოდ მაღალია.

საქართველოს ტერიტორიის ცალკეულ რაიონებში, მთელი ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილებისაგან განსხვავებით, აშკარად გამოიხატება ტემპერატურის ზრდის ან კლების ტენდენციები. მაგალითად ჯავახეთის პლატოს საკმაოდ ვრცელ ტერიტორიაზე კარგად არის გამოხატული გლობალური დათბობის პროცესი. უფრო მეტიც, ამ რაიონში ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე ორჯერ აღემატება გლობალური დათბობის სიჩქარეს(ნახ. 3.3.3). ამავე დროს, იგივე გლობალური პროცესის პირობებში ბზიფის ქედის დასავლეთი ნაწილის და ზღვის მიმდებარე სანაპიროს ტერიტორიაზე მიმდინარეობს აცივება(ნახ. 3.3.4).



ნახ. 3.3.3. ჯავახეთის პლატოს ტერიტორიისათვის (წერტილები №96,97,107,108) გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში



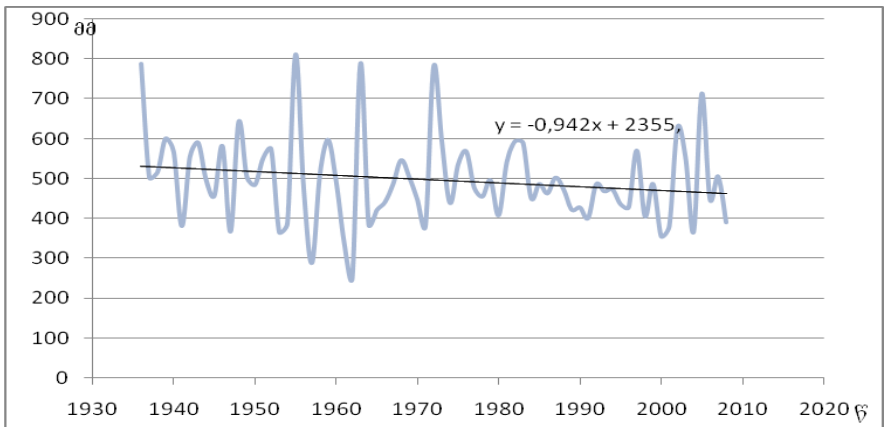
ნახ. 3.3.4. ბზიფის ქედის დასავლეთი ნაწილის და ზღვის მიმდებარე სანაპიროს ტერიტორიისათვის (წერტილები №10,11,17) გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში

გასაშუალოებული ტემპერატურების ცვლილების განსხვავებულ ტენდენციებს მივიღებთ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებისა და ტერიტორიებისათვის. შესაბამისი კვლევების ჩატარება შესაძლებელია ჩვენს მიერ მიღებული 25 კილომეტრიანი გარჩევადობის ბადური მონაცემთა მასივების საშუალებით.

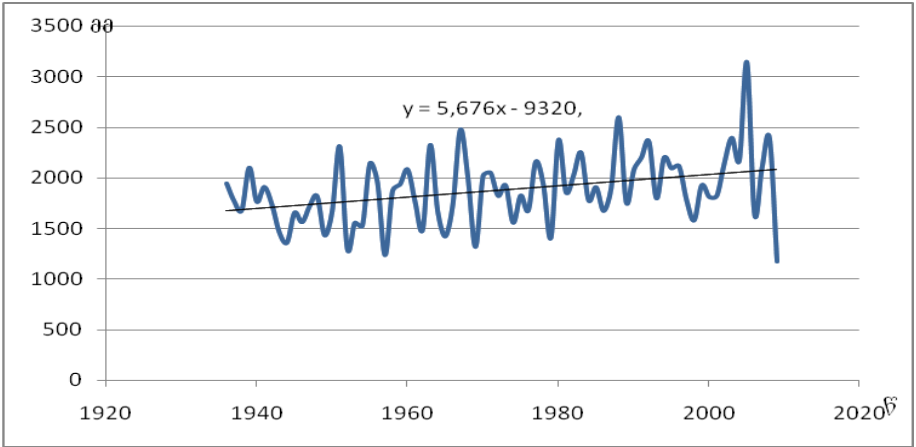
თავი 4. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილების ტენდენციები

4.1. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციები მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების მიხედვით

საქართველოს 76 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შექმნილი ატმოსფერული ნალექების მონაცემთა ბაზა, ჰაერის ტემპერატურის მსგავსად, საფუძვლად დაედო ნალექების ცვლილების ტენდენციების დადგენას. ამისათვის აგრეთვე გამოკვლეული იყო თითოეული სადგურის ნალექების რიგები და მათი ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში აღწერილი იყო წრფივი რეგრესიის განტოლებებით (ნახ.4.1.1).



(1)



(2)

ნახ.4.1.1. ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების მრავალწლიური სვლა თბილისში(1) და ფოთში(2), და შესაბამისი რეგრესიის განტოლება

ცხრილებში 4.1.1 და 4.1.2 წარმოდგენილია ატმოსფერული ნალექების წლიური და სეზონური ჯამების ცვლილების სინქარები კონკრეტულ პუნქტებში გამოსახული მმ-ში და %-ში. ცხრილებიდან გამომდინარეობს, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ჭარბობს ნალექების ცვლილების სინქარეთა უარყოფითი მნიშვნელობები. სინქარის სიდიდე ამავე დროს მნიშვნელოვნად დამოკიდებულია ადგილის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზე. ასე, მაგალითად, შავი ზღვის სანაპიროზე ბათუმში ნალექების წლიური და სეზონური ჯამები იკლებს, მაშინ როდესაც ფოთში მატულობს.

ცხრილი 4.1.1. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების
სიჩქარე 10 წელიწადში (მმ) ში 1936-2008 წლებში

პუნქტი	წელიწადი	თბილი პერიოდი	ცივი პერიოდი
1. აბასთუმანი	-35	-10	-27
2. ასპინძა	-1.8	-1.7	-0.3
4. ამბროლაური	15	11.6	4
5. ანასეული	-36	-26	-11
6. ახალციხე	-6	-3.3	-1.3
7. ახალქალაქი	8.3	-0.9	9.9
8. ასმეტა	-23	-11	-8.6
9. ახალგორი	-6	-5	-0.9
10. ბაკურიანი	0.2	-2.6	2.8
11. ბარისახო	-25	-20	-6
12. ბათუმი	-36	-21	-11
13. ბახმარო	-38	-24	-17
14. ბოლნისი	-22	-19	-4.8
15. ბორჯომი	-1.4	-3.9	2.3
16. ცაგერი	-14	-0.9	-12.5
17. წალკა	-11.7	-11	-0.5
18. ჩაქვი	4.5	1.8	1.2
19. ჩოხატაური	-60	-35	-25
20. წიფა	-46	-25	-21
21. წყალტუბო	-19	-12	-7.8
22. ცხინვალი	-6	-5	-1
23. დედოფლისწყარო	9.6	4	5.3
24. ჯავა	-19.5	-10	-9.5
25. ჯვარი	12	23	-10
26. დმანისი	-20	-17	-2.5
27. დუშეთი	-7.4	-6.2	-1.7
28. გაგრის ქედი	-19	-4.6	-15
29. გალი	86	59	25

30. გარდაბანი	-11	-9.7	-1.4
31. გომბორი	-19	-17	-2.2
32. გუდაური	-19	-9	-12
33. გურჯაანი	-6	-3.5	-2.5
34. გორი	-7.4	-5	-2.4
35. გუდაუთა	18	18	-1.8
36. კოჯორი	-46	-34	-13
37. კობოლე	-13	-16	1.5
38. ყორულდაში	14	15	0.4
39. ყვარელი	-10	-7	-3.6
40. ლაგოდეხი	-23	-16	-8
41. ლათა	2.5	9	-5
42. ლენტეხი	28	16	13
43. ლანჩხუთი	-26	-20	-6
44. მამისონის უღ.	-29	-25	-4
45. მანგლისი	-16	-14	-1.8
46. მარტვილი	22	17	4
47. მესტია	-13.8	-4.6	-8
48. მუხრანი	-7.5	-9	1.6
49. მთასაბუეთი	22	-17	40
50. ონი	-24	-12	-13
51. ოჩამჩირე	24	20	3.5
52. ფასანაური	-13.6	-8.7	-5
53. ფოთი	57	44.5	14
54. ფსხუ	7	13	-4
55. ქედა	55	33	26.5
56. ქუთაისი	-14	-9	-5
57. ქვეზანი	-1.2	3	-4.8
58. ქობულეთი	-17	-12	-4
59. საჩხერე	7.5	11.5	-4
60. სენაკი	-8	-0.3	-6.7
61. საგარეჯო	-31	-21	-11

62. სამტრედია	3	0.8	2
63. საქარა	1.8	-4	4.7
64. შირაქი	0.5	-0.5	0.8
65. სოხუმი	6.5	12.8	-4
66. სტეფანწმინდა	-46	-20	-30
67. შოვი	10	8	1.6
68. თბილისი	-9	-6.5	-4
69. თელავი	-12	-9	-2.6
70. თეთრი წყარო	-10	-10	-0.2
71. თიანეთი	-50	-38	-12
72. თორსა	16	10	3.6
73. ტყიბული	5	7	-3.4
74. ხაშური	-4.6	-4	0.3
75. ხონი	5	3.6	1.3
76. ყაზბეგი მმ	-32	-33	-0.7

ცხრილი 4.1.2. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში %-ში 1936-2008 წლებში

პუნქტი	წელიწადი	თბილი პერიოდი	ცივი პერიოდი
1. აბასთუმანი	-2	-1	-3.8
2. ასპინძა	-0.4	-0.5	-0.2
4. ამბროლაური	1.3	1.8	0.9
5. ანასეული	-1.7	-2.4	-1.1
6. ახალციხე	-1.1	-1	-0.9
7. ახალქალაქი	1.5	-0.2	7
8. ახმეტა	-2.9	-2.3	-4
9. ახალგორი	-0.9	-1.1	-0.4
10. ბაკურიანი	0	-0.4	0.9
11. ბარისახო	-2.3	-2.6	-2
12. ბათუმი	-1.6	-1.5	-0.9
13. ბახმარო	-2.5	-3	-2.5

14. ბოლნისი	-4	-4.8	-3.2
15. ბორჯომი	-0.2	-0.9	1
16. ცაგერი	-1.1	-0.1	-2.2
17. წალკა	-1.7	-2	-0.4
18. ჩაქვი	0.2	0.1	0.1
19. ჩოხატაური	-3.5	-3.8	-2.8
20. წიფა	-4.2	-4.6	-4
21. წყალტუბო	-1.1	-1.3	-1
22. ცხინვალი	-0.9	-1.2	-0.4
23. დედოფლისწყარო	1.6	0.9	3.4
24. ჯავა	-1.9	-1.7	-2.7
25. ჯვარი	0.5	1.7	-1.2
26. დმანისი	-2.9	-3.1	-1.8
27. დუშეთი	-1.1	-1.2	-1
28. გაგრის ქედი	-1.2	-0.5	-1.8
29. გალი	4.8	5.4	3.6
30. გარდაბანი	-2.8	-3.5	-1.2
31. გომბორი	-2.5	-3	-1.3
32. გუდაური	-1.3	-0.9	-2.3
33. გურჯაანი	-0.7	-0.6	-1.1
34. გორი	-1.5	-1.5	-1.3
35. გუდაუთა	1.2	2.1	-0.2
36. კოჯორი	-6.1	-6.5	-6.3
37. კობოლეთი	-1.1	-2.5	0.2
38. ყორულდაში	1	1.6	0.7
39. ყვარელი	-1	-1	-1.3
40. ლაგოდეხი	-2.3	-2.2	-2.9
41. ლათა	0.1	0.8	-0.7
42. ლენტეხი	2.1	2.1	2.2
43. ლანჩხუთი	-1.4	-2.2	-0.7
44. მამისონის უღ.	-2.9	-3.8	-1.1
45. მანგლისი	-2	-2.3	-1

46. მარტვილი	2.2	2.6	1
47. მესტია	-1.4	-0.7	-2.2
48. მუხრანი	-1.2	-2.1	1.1
49. მთასაბუეთი	2	-2.6	8.9
50. ონი	-2.3	-1.9	-3.2
51. ოჩამჩირე	1.7	2.5	0.6
52. ფასანაური	-1.5	-1.2	-1.7
53. ფოთი	3.3	4.5	2.2
54. ფსესუ	0.3	1.2	-0.4
55. ქედა	3.7	4.2	3.3
56. ქუთაისი	-0.9	-1.2	-0.8
57. ქვეზანი	-0.05	0.2	-0.6
58. ქობულეთი	-0.7	-1	-0.4
59. საჩხერე	0.8	2	-1.1
60. სენაკი	-0.5	0	-0.8
61. საგარეჯო	-3.4	-3.4	-4.3
62. სამტრედია	0.2	0.1	0.3
63. საქარა	1.1	-0.7	0.7
64. შირაქი	0.1	-0.1	0.6
65. სოხუმი	0.4	1.4	-0.6
66. სტეფანწმინდა	-2.5	-1.9	-3.7
67. შოვი	0.8	1	10.4
68. თბილისი	-1.8	-1.6	-2.7
69. თელავი	-1.4	-1.6	-1.3
70. თეთრი წყარო	-1.3	-1.6	-0.1
71. თიანეთი	-4.6	-4.7	-4
72. თორსა	0.9	0.9	0.5
73. ტყიბული	0.3	0.6	-0.4
74. ხაშური	-0.7	-1.1	0
75. ხონი	0.3	0.4	0.2
76. ყაზბეგი მმ	-2.6	-3.6	-0.2

ჩვენს მიერ საქართველოს 76 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შედგენილი ატმოსფერული ნალექების მონაცემთა ბაზების ანალიზმა აჩვენა, რომ ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების სიჩქარე 1936-2008 წლების განმავლობაში მერყეობს -60 მმ-დან(ჩოხატაური) 80მმ-მდე(გალი) 10 წელიწადში.

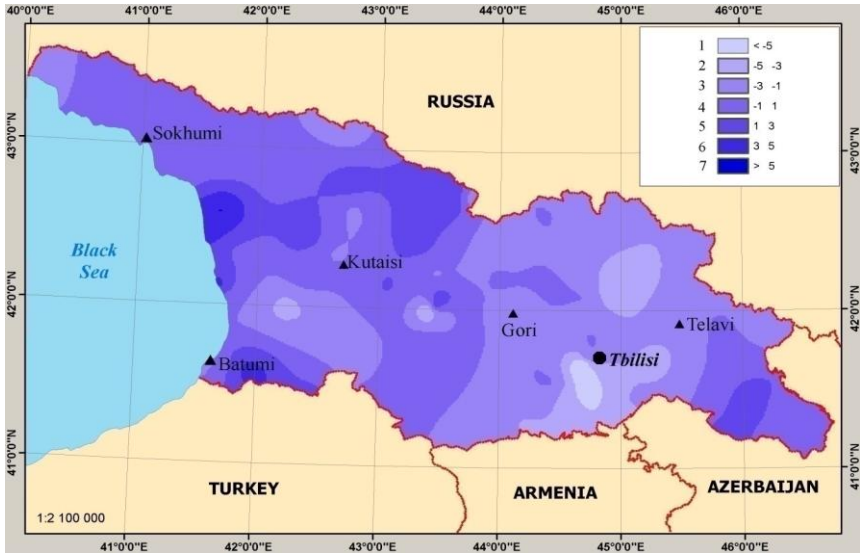
ნალექების სტატისტიკურად ნიშნად მრავალწლიური ცვლილებების შეფასებას საფუძვლად დაედო მათი მრავალწლიური ცვლილების ძირითადი მაჩვენებელი- ვარიაციის კოეფიციენტი. ნალექების წლიური ჯამების ვარიაციის კოეფიციენტი უმცირესია შავი ზღვის სანაპიროზე და კოლხეთის დაბლობზე, სადაც 15-17%-ს შეადგენს, რაც განპირობებულია შავი ზღვის შემარბილებელი მოქმედებით. აღმოსავლეთ საქართველოში ვარიაციის კოეფიციენტი 18-22%-მდე იზრდება, ხოლო უდიდეს მნიშვნელობას მთებში აღწევს. მაგალითად, ჯვრის უღელტეხილზე შეადგენს 23%-ს, მაღალმთიან ყაზბეგში-31%-ს, ხოლო მამისონის უღელტეხილზე კლებულობს 20%-მდე, რაც აგრეთვე შავი ზღვის გავლენით არის გამოწვეული. ანალოგიური გეოგრაფიით ხასიათდება თბილი და ცივი პერიოდის ნალექების ვარიაციის კოეფიციენტების განაწილება, თუმცა მათი რიცხვითი მნიშვნელობები მეტია. მაგალითად, შავი ზღვის სანაპიროზე და კოლხეთის დაბლობზე სეზონური ნალექების ვარიაციის კოეფიციენტი შეადგენს 20-22%-ს, აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის უდიდეს ნაწილზე-22-30%-ს, ხოლო მთებში-30-40%-ს.

ამდენად, ნალექები კლიმატის ისეთი ელემენტია, რომელიც წლიდან წლამდე საკმაოდ დიდ ფარგლებში მერყეობს. ამიტომ მათი რეალურად ნიშნად ცვლილებაზე შეგვიძლია ვილაპარაკოთ მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ცვლილების სიჩქარე აღემატება

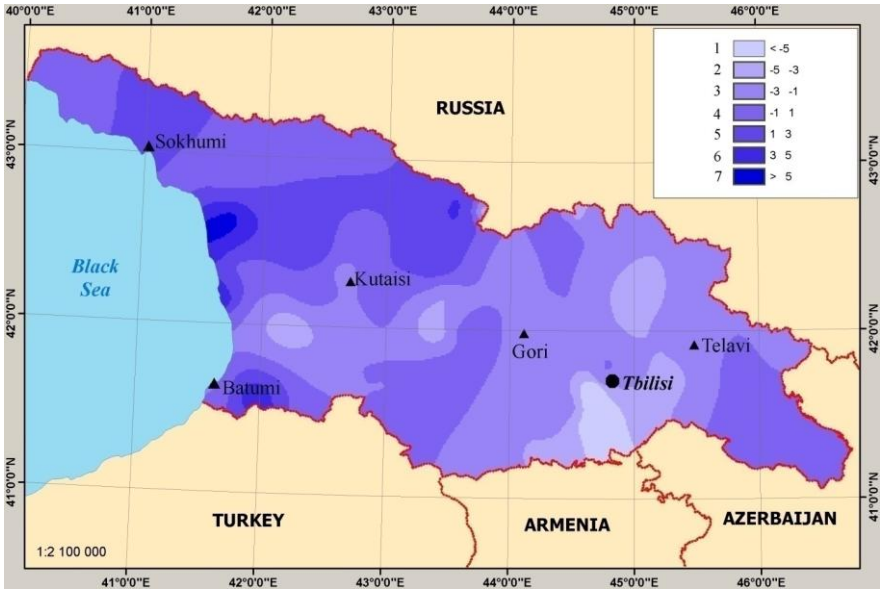
ვარიაციის კოეფიციენტს. აქედან გამომდინარე, თუ საუკუნის განმავლობაში ნალექების ჯამი იცვლება 50%-ით, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება ვარიაციის კოეფიციენტს, შეიძლება ჩათვალოს მნიშვნელოვან ცვლილებად. ნალექების ცვლილება ამავე პერიოდის განმავლობაში 31-50%-ის ფარგლებში შეიძლება მივაკუთვნოთ ზომიერ ცვლილებას, ხოლო თუ ცვლილება შეადგენს 11-30%-ს- ცვლილება უმნიშვნელოა. აქედან გამომდინარე, ნალექების ცვლილების ინტენსივობის მიხედვით გამოვყავით ნალექების სიჩქარეთა შემდეგი გრადაციები:

- მნიშვნელოვანი შემცირება (-5%-ზე ნაკლები 10 წელიწადში);
- ზომიერი შემცირება (-3.1- -5.0)% 10 წელიწადში;
- უმნიშვნელო შემცირება (-1.1- -3.0)% 10 წელიწადში;
- ცვლილების გარეშე (-1 -1)% 10 წელიწადში;
- უმნიშვნელო მომატება (1.1- 3.0)% 10 წელიწადში;
- ზომიერი მომატება (3.1- 5.0)% 10 წელიწადში;
- მნიშვნელოვანი მომატება (5%-ზე მეტი 10 წელიწადში);

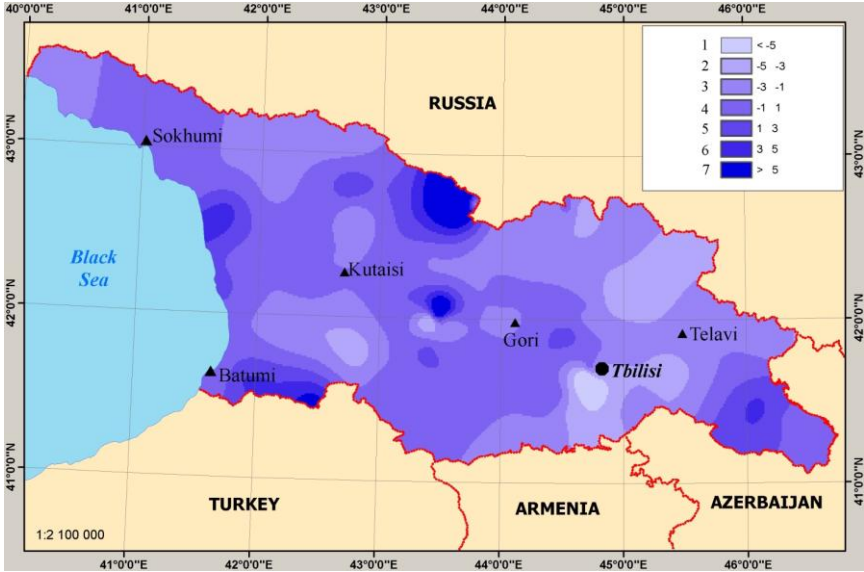
ამ გრადაციების გათვალისწინებით შედგენილია გლობალური დათბობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების წლიური და სეზონური ჯამების ცვლილების გეოინფორმაციული რუკები(ნახ.4.1.1-4.1.3).



ნახ.4.1.1 ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში



ნახ.4.1.2 თბილი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში



ნახ.4.1.3. ცივი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში

რუკები გვიჩვენებს, რომ გლობალური დათბობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების ცვლილებას არაერთგვაროვანი ხასიათი ჰქონდა. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის უდიდეს ნაწილზე ნალექების წლიური ჯამები კლებულობდა ყოველ 10 წელიწადში 1-3% სიჩქარით. ნალექების შემცირების უდიდესი სიჩქარეები აღინიშნება ქვემო ქართლში და აღემატება 5%-ს 10 წელიწადში. აღმოსავლეთ საქართველოს უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში, რომელიც ხასიათდება სტეპების და ნახევრადუდაბნოების ლანდშაფტებით, აგრეთვე დასავლეთ საქართველოს უდიდეს ნაწილზე წლიური ნალექების არსებითი ცვლილებები არ აღინიშნება. ნალექების ზრდა ფიქსირდება დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონში- ღვინის და ეგრისის ქედებზე,

კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში, აჭარის აღმოსავლეთში, აგრეთვე იორის ზეგანის აღმოსავლეთ ნაწილში აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამები ყოველ 10 წელიწადში იზრდებოდა 1-3%-ით სიჩქარით, ხოლო მთიან აჭარაში და შავი ზღვის სანაპიროს ზოგიერთ რაიონებში სიჩქარე აღწევდა 5%-ს.

ნალექების ცვლილების ასეთივე ტენდენციები შენარჩუნებულია წელიწადის თბილი და ცივი პერიოდების განმავლობაში. თბილი პერიოდის განმავლობაში ნალექების შემცირების ზონა ქვემო ქართლში მნიშვნელოვნად გაფართოებულია. ცივი პერიოდის განმავლობაში კავკასიონის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ნაწილებში აღინიშნება ნალექების შემცირების ზონის და სიჩქარის რამდენადმე გაზრდა, თუმცა კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში მამისონის უღელტეხილის რაიონში წლის ცივი პერიოდის ნალექები იზრდებოდა ყოველ 10 წელიწადში 5% სიჩქარით.

თუ ნალექების ცვლილების ასეთი ტენდენციები შენარჩუნებული იქნება მომდევნო ათწლეულებში, მაშინ საუკუნის დასასრულს ნალექების წლიური ჯამები ქვემო ქართლში შემცირდება 50%-ით და შესაძლოა მეტით, და შეადგენს მხოლოდ 150-200 მმ-ს, რაც ბუნებრივია გააძლიერებს ამ რაიონისათვის დამახასიათებელ სტეპებისა და ნახევრადუდაბნოების გაუდაბნოების პროცესს. ამავე პერიოდისათვის შავი ზღვის სანაპიროს ზოგიერთ რაიონში და მთიან აჭარაში წლიური ნალექები გაიზრდება 50%-ით და შეადგენს შესაბამისად 3000 და 6000 მმ-ს, რაც ჰავას უფრო ჰუმიდურს გახდის.

4.2. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების ტენდენციები ბაღური მონაცემთა მასივების მიხედვით

ბაღის 112 წერტილისათვის შექმნილი ატმოსფერული ნალექების მასივი, ტემპერატურის მასივის მსგავსად, საფუძვლად დაედო ნალექების ცვლილების ტენდენციების შეფასებას ამავე წერტილებში. თითოეულ წერტილში ნალექების ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში აღწერილი იყო წრფივი რეგრესიის განტოლებით და დადგენილი იყო ნალექების ცვლილების სიჩქარეები 1936-2008 წლების განმავლობაში ამავე წერტილებში (ცხრილები 4.2.1 და 4.2.2).

ცხრილი 4.2.1. ნალექების ცვლილების სიჩქარე 10
წელიწადში 1936-2008 წლებში მმ

წერტილი №	წელი	თბილი პერიოდი	ცივი პერიოდი
1.	-26	-9.8	-15
2.	-12.5	-0.1	-12
3.	4	10	-4
4.	7	15	-7
5.	10	15	-4
6.	4	11	-5
7.	-1.5	7	-7
8.	-12	9	-6
9.	-10.6	0.6	-9
10.	4	10	-4
11.	1	7	-4
12.	7	10/0	-0.5

13.	10	15	-3
14.	2	8	-6
15.	-15	-7	-7
16.	-5	-1	-2
17.	16	15	2
18.	24	20	4
19.	28	31	-1
20.	16	20	-2
21.	25	21	6
22.	14	13	2
23.	16	14	2
24.	20	18	3.6
25.	24	24	1.7
26.	15	22	-2
27.	2	9	-6
28.	-18	-4	-12
29.	3	10	0
30.	17	16	3
31.	10	13	-3
32.	-15	-6	-10
33.	-28	-12	-14
34.	-33	-16	-12
35.	-29	-22	-7
36.	15	11	4
37.	-3	6	-4
38.	5	3	4
39.	-17	-10	-5
40.	7	6	1
41.	9	11	-2
42.	-7	1	-8
43.	-19	-11	-8
44.	-12	-7	-5

45.	-18	-9	-8
46.	-32	-23	-8
47.	-35	-26	-8
48.	-28	-18	-11
49.	7	5	1
50.	-41	-28	-12
51.	-7	-7	3
52.	-6	-5	2
53.	-0	5	5
54.	-9	10	10
55.	3	-8	1
56.	-6	-3	-2
57.	-5	-4	-0.2
58.	-7	-6	-0.4
59.	-36	-27	-8
60.	-39	-26	-12
61.	-20	-10	-9
62.	-14	-6	-5
63.	-27	-70	-7
64.	12	-4	24
65.	71	23	56
66.	-6	-4	2
67.	-23	-13	-9
68.	-21	-13	-7
69.	-7	0	-6
70.	-5	-3	-2
71.	-2	-7	0
72.	-5	-9	2
73.	-17	-11	-4
74.	-20	-17	-3
75.	-14	-11	-3
76.	-10	-9	-1

77.	-11	-9	-2
78.	-23	-16	-7
79.	29	15	16
80.	77	34	47
81.	7	2	4
82.	-11	-5	-5
83.	-8	-5	-1
84.	-2	-5	2
85.	-2	-5	4
86.	-8	-8	0
87.	-8	-9	-3
88.	-27	-22	-5
89.	-14	-10	-6
90.	-22	-16	-6
91.	-27	-19	-8
92.	-8	-9	1/0
93.	8	3	5
94.	-1	-6	3
95.	-3	-5	1
96.	-7	-8	-1
97.	-13	-12	-1
98.	-13	-12	0
99.	-24	-18	-3
100.	-28	-21	-6
101.	-11	-10	-1
102.	-16	-13	-4
103.	10	5	
104.	38	26	12
105.	5	2	3
106.	-6	-6	1
107.	-11	-11	-1
108.	-16	-14	-2

109.	-20	-17	-2
110.	25	17	9
111.	0	-1	1
112.	-1	-8	-1

ცხრილი 4.2.2. ნაღებების ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში 1936-2008 წლებში %

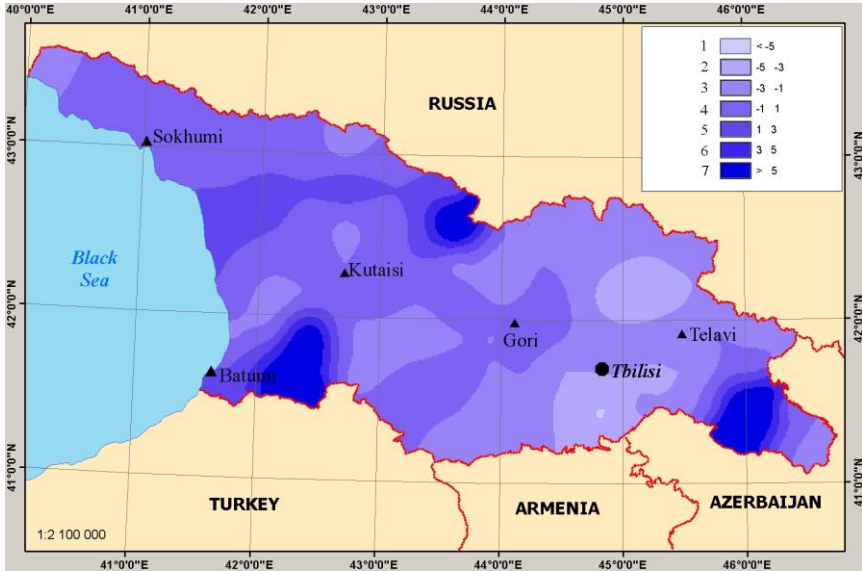
წერტილი №	წელი	თბილისი პერიოდი	ცივი პერიოდი
1.	-1.5	-0.95	-1.7
2.	-0.6	-0	-1
3.	0.2	1	-0.4
4.	0.4	1.6	-0.8
5.	0.7	1.6	-0.4
6.	0.2	1	-0.5
7.	0	0.7	-0.8
8.	0	0.8	-0.7
9.	-0.7	0	-1.7
10.	0.8	1	-0.8
11.	0	0.7	-0.4
12.	0.4	0.7	-0
13.	0.5	1.3	-0.4
14.	0	0.8	-1
15.	-1.4	-1	-1.5
16.	-0.4	-0.1	-0.4
17.	1	1.5	0.3
18.	1.1	1.4	0.5
19.	1.3	2.2	-0
20.	1.1	2.2	-0.4
21.	2.1	3.4	1.1
22.	1.1	1.9	0.4
23.	1.3	1.8	0.5

24.	1.6	2.2	0.8
25.	1.5	2.4	10.3
26.	1.1	2.1	-0.4
27.	0.2	1.2	-1
28.	-1.3	-0.5	-2.1
29.	.02	1.4	0
30.	1.9	4	0.8
31.	9	1.8	-0.6
32.	-1	0.7	-2
33.	-1.8	-1.2	-2.5
34.	-2.4	-2.3	-2.5
35.	-2.6	-2.8	-2.3
36.	0.8	1.1	0.7
37.	-0.2	0.4	-0.6
38.	0.3	0.3	0.5
39.	-1	-1	-0.6
40.	0.3	0.6	0.1
41.	0.8	1.8	-0.3
42.	-0.8	0.2	-2.1
43.	-1.8	-1.9	-1.9
44.	-1.2	-1.0	-1.2
45.	-1.5	1.2	-2.1
46.	-2.6	-2.6	-1.9
47.	-3.1	-3.4	-2.8
48.	-2.8	-2.7	-3.1
49.	0.3	0.5	0.1
50.	-2.1	-2.8	-1.2
51.	-0.5	-0.9	0.4
52.	-0.4	-0.7	0.4
53.	0	0.7	0.7
54.	-0.7	1.6	1.6
55.	0.4	-1.7	3

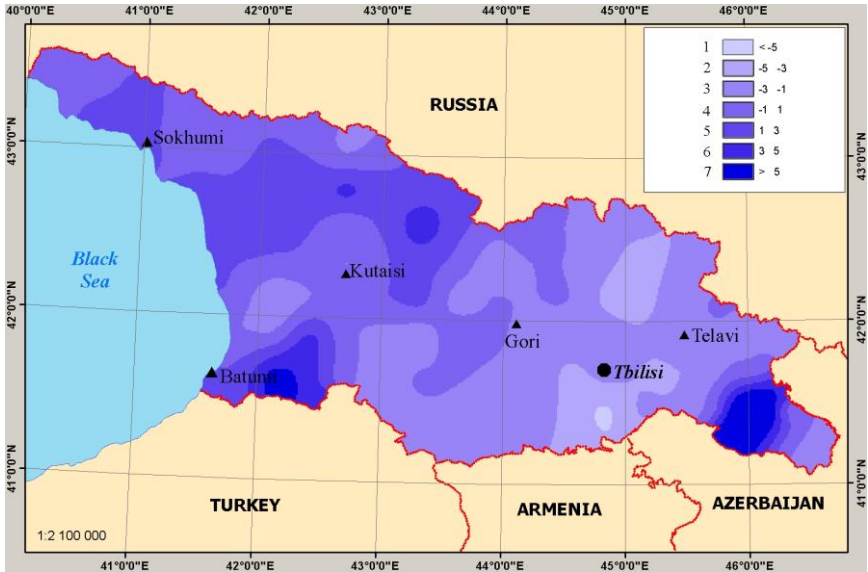
56.	-1.1	-0.9	-0.9
57.	-0.8	-1.1	-0.1
58.	-0.9	-1	-0.2
59.	-3.6	-3.4	-2.5
60.	-3.9	-3.7	-3.9
61.	-3.5	-1.6	-2.9
62.	-1.2	-0.9	-1.2
63.	-1.1	-0.7	-0.7
64.	0.7	-0.4	3.2
65.	7.1	3.3	11.
66.	-0.4	-0.4	0.3
67.	-1.6	-1.6	-1.5
68.	-2.3	-2.1	-1.7
69.	-1.1	0	-3
70.	-1	-0.7	-1.2
71.	-0.4	-1.7	0
72.	-1	-2.3	1.6
73.	-2.3	-1.9	-2
74.	-2.6	-2.8	1.7
75.	-1.7	-1.9	-1.3
76.	-1	-1.2	-0.4
77.	-1.4	-1.2	-0.6
78.	-2.1	-2.1	-2.3
79.	1.4	1.4	1.6
80.	6.4	5.6	9
81.	7	3.7	22
82.	-0.8	-0.5	-1
83.	-1.2	-1.2	-2.4
84.	-0.3	-0.9	1.1
85.	-0.3	-0.8	1.9
86.	-1.1	-1.4	0
87.	-1.1	-1.5	-1.6

88.	-3	-3.4	-2.7
89.	-2.9	-2.4	-3.8
90.	-3.1	-3.1	-3
91.	-3	-3	-3.2
92.	-1	-1.5	0.7
93.	1.2	0.5	2.1
94.	-0.2	-2	6
95.	-0.5	-1.2	1.4
96.	-0.9	-1.4	-0.9
97.	-1.6	-2	-0.3
98.	-1.6	-2	0
99.	-4	-3.6	-5
100.	-5	-5.2	-4.1
101.	-2.8	-2.7	-1.1
102.	-2.1	-2.4	-2.1
103.	1.7	1.1	2.6
104.	9.5	10	12
105.	1	0.6	2
106.	-1	-1.4	0.6
107.	-1.6	-1.8	-0.4
108.	-2	-2.4	-1
109.	-3.3	-3.8	-1.6
110.	6.3	5.6	16
111.	0	-0.3	0.9
112.	-1.7	-1.8	-1

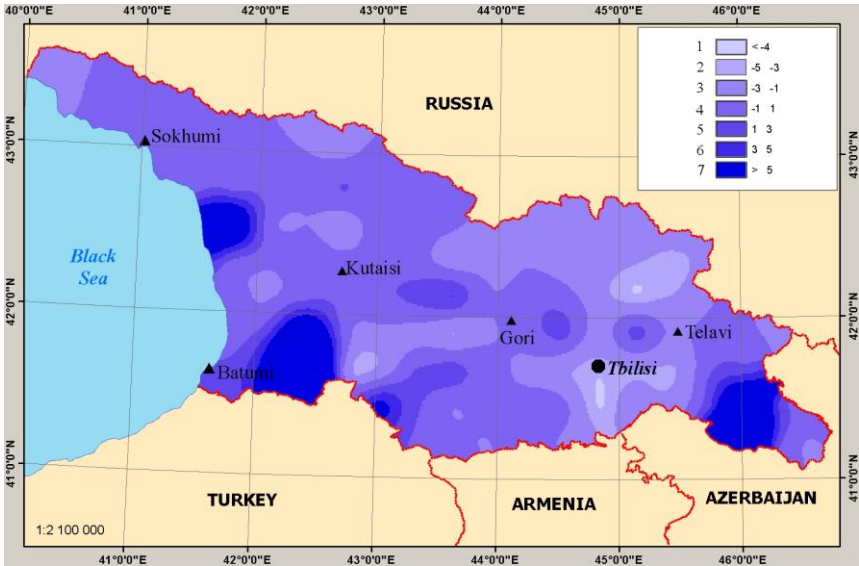
ცხრილში 4.2.2 წარმოდგენილი მონაცემების საფუძველზე შედგენილია ატმოსფერული ნალექების ცვლილების რუკები (ნახ. 4.2.1-4.2.3), რომლების კარგ თანხმობაშია კონკრეტული მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებით შედგენილ ანალოგიურ რუკებთან.



ნახ.4.2.1 ატმოსფერული ნაღებების წლიური ჯამების ცვლილების სიხარე % 10 წელიწადში



ნახ.4.2.2 თბილი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში



ნახ.4.2.3. ცივი პერიოდის ატმოსფერული ნალექების ჯამების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში

ამავე დროს ბაღური მონაცემებით შექმნილი რუკები, ისევე, როგორც ტემპერატურის შემთხვევაში, ახუსტებს ნალექების ცვლილების ხასიათს საქართველის ტერიტორიაზე. მაგალითად, ბაღური მონაცემებით შექმნილი რუკაზე ნალექების წლიური ჯამების ცვლილების სურათი აჭარის მთიან რაიონებში მნიშვნელოვნად შეცვლილია. აქ ბაღური მონაცემების თანახმად აღინიშნება ნალექების ზრდა 3-5% სიჩქარით (ნახ.4.2.1), მაშინ, როდესაც სადგურების მონაცემებით აგებულ რუკაზე(ნახ.4.1.1) ნალექების ზრდის სიჩქარე არ აღემატება 1-3%-ს.

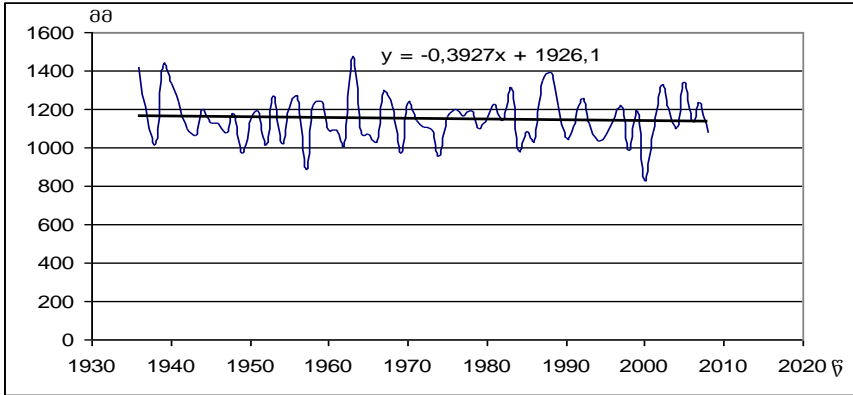
შიდა ქართლში გაზრდილია არეალი, სადაც ნალექების ცვლილება არ აღინიშნება, ხოლო

ნაღებების 5%-ზე მეტი სიდიდით კლების არეალი ქვემო ქართლში ღოკალიზებულია.

ანალოგიური განსხვავებები ვლინდება აგრეთვე სეზონური ნაღებებისათვის შექმნილ გეოინფორმაციული რუკების ანალიზიდან.

4.3. საქართველოს ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ნაღებების ცვლილების ტენდენციები

ბადური მონაცემების საფუძველზე ტემპერატურის ველის მსგავსად შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ატმოსფერული ნაღებების ცვლილებებზე არა მხოლოდ რაიმე კონკრეტულ წერტილში, არამედ ფართობზე, რაიმე ტერიტორიაზე, რაიონში, მთლიანად ქვეყანაში. ამით შესაძლებელია შეფასდეს მოცემული ტერიტორიის ნაღებების და საერთოდ წყლის რესურსების რეჟიმი და მისი კავშირი გლობალურ პროცესებთან. ქვემოთ მოგვყავს საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის 112 წერტილის მონაცემებით გასაშუალოებული ატმოსფერული ნაღებების წლიური ჯამების მრავალწლიური ცვლილების სურათი (ნახ.4.3.1).



ნახ. 4.3.1. საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამების მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში

ნახ. 4.3.1 აგრეთვე გამოსახავს საქართველოს კლიმატური სისტემის რეაქციას გლობალური დათბობის მიმართ. ტემპერატურის მსგავსად ატმოსფერული ნალექების რეაქციაც ამ პროცესის მიმართ უმნიშვნელოა. რეგრესიის განტოლებაში კუთხური კოეფიციენტი უარყოფითია, თუმცა მცირეა. საქართველოს ტერიტორიაზე მოსული გასაშუალოებული ნალექები ყოველ 10 წელიწადში კლებულობდა მხოლოდ 3 მმ-ით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ტერიტორიის მთელ ფართობზე გასაშუალოებული ნალექები 1153 მმ-ს შეადგენს, მაშინ ეს ცვლილება დაახლოებით 0.25%-ია, რაც საუკუნის განმავლობაში მხოლოდ 2.5%-ს შეადგენს.

ნახ. 4.3.1-დან, ამავე დროს, ჩანს, რომ საქართველოს კლიმატურ სისტემაში ყველაზე მაღალი ნალექები დაფიქსირდა 1963 წელს და შეადგინა 1476 მმ. ნალექების დონე მაღალი იყო 30-იან წლებში და 1939 წელს შეადგინა 1431მმ, ხოლო 1936 წელს – 1417მმ. ეს

წლები შეესაბამება ატმოსფეროს მერიდიანული ცირკულაციების ეპოქას (თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა, 2001). კლიმატურ სისტემაში ყველაზე დაბალი ნალექები დაფიქსირდა 2000 წელს და შეადგინა 830მმ. 1957 წელს გასაშუალოებული ნალექები იყო 884მმ, რაც შეესაბამება ადმოსაგლეთის ცირკულაციის გააქტიურებას.

ნალექების ბადური მონაცემები საშუალებას იძლევა გამოვიანგარიშოთ ატმოსფერული ნალექების გასაშუალოებული ფენა და შესაბამისად მოსული წყლის მოცულობა, როგორც საქართველოს მთელი ტერიტორიისათვის, ისე მისი ცალკეული რაიონებისათვის. რადგანაც ბადური მონაცემების თანახმად საქართველოს ტერიტორიაზე წლის განმავლობაში მოსული ნალექების გასაშუალოებული სიდიდე 1153მმ-ს შეადგენს, ფართობზე გადაანგარიშებით ვღებულებით, რომ ამ დროის განმავლობაში ტერიტორიაზე მოსული წყლის მოცულობა აღემატება 11,284 კუბურ კილომეტრს. აქედან მხოლოდ აჭარაში მოსული წყლის მოცულობა 6 კუბური კილომეტრია (Әлиზбарაშვილი Ә.Ш., Кереселидзе Д.Н., Әлиზбарაშვილი Ш.Ә., 2006), ამდენად საქართველოს დანარჩენ ტერიტორიაზე მოდის მხოლოდ 6 კუბური კილომეტრამდე წყალი.

დასკვნა

1. კვლევის მთავარი შედეგია საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების შეფასებისთვის მაღალი რეზოლუციის საშუალო თვიური ბადური ტემპერატურებისა და ნალექების მონაცემთა მასივების შექმნა 1936-2008 წლების პერიოდისათვის.

2. საქართველოს 87 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის შედგენილია ჰაერის ტემპერატურის საშუალოთვიურ და წლიურ ტემპერატურათა, ხოლო 76 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის – ნალექების საშუალოთვიურ, სეზონურ და წლიურ მონაცემთა სრულყოფილი ბაზები 1936-2008 წლების პერიოდისათვის.

3. შედგენილია ჰაერის ტემპერატურის საშუალოთვიური და წლიური, აგრეთვე ატმოსფერული ნალექების საშუალოთვიური, სეზონური და წლიური სიდიდეების ბადური მონაცემთა მასივები 25კმ რეზოლუციით (112 წერტილი) 1936-2008 წლების პერიოდისათვის.

4. ბადური მონაცემები ობიექტურად გამოსახავენ კვლევაში გამოყენებული მეტეოროლოგიური ქსელის მასაღას და შესაბამისად ობიექტურ ინფორმაციას წარმოადგენენ ბადის 112-ვე წერტილში.

5. შედგენილია გლობალური დათბობის პირობებში საქართველოს კლიმატის ცვლილების პირველი გეოინფორმაციული რუკები, როგორც მეტეოროლოგიური სადგურების უშუალო დაკვირვებების, ისე ბადური მონაცემთა მასივების საფუძველზე.

6. დადგენილია რომ გლობალური დათბობის პირობებში საქართველოში ტემპერატურის ცვლილებას არაერთგვაროვანი-მოზაიკური ხასიათი აქვს. ძლიერი დათბობის უდიდესი კერები აღმოსავლეთ საქართველოში აღინიშნება-გუდამაყარის და ხარულის ქედები, კახეთის ქედის სამხრეთი ნაწილი და ჯავახეთის პლატო, სადაც ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე ყოველ 10 წელიწადში 0.1° -ს აღემატება. ზომიერი და სუსტი დათბობის კერები დასავლეთ საქართველოშია, ძირითადად სვანეთის, ლეჩხუმის და ეგრისის ქედებზე (სიჩქარე $0.02-0.10^{\circ}$). საქართველოს ტერიტორიის უმნიშვნელო ნაწილზე ტემპერატურა უმნიშვნელოდ იცვლებოდა, ხოლო აცივება ძირითადად დასავლეთ საქართველოში აღინიშნება. ძლიერ აცივებას ადგილი აქვს აჭარის უდიდეს ნაწილზე და სოხუმის მახლობლად, სადაც ტემპერატურა ყოველ 10 წელიწადში კლებულობდა 0.1° -ით და უფრო მეტით.

დათბობის და აცივების ძირითადი რაიონები და კერები შენარჩუნებულია ცალკეულ თვეებშიც, თუმცა ვლინდება აგრეთვე სეზონური თავისებურებებიც. იანვარში ძლიერი აცივება აღინიშნება დასავლეთ და აღმოსავლეთ კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილებში, ხოლო ივლისში ძლიერი დათბობის რაიონი გამოიკვეთება შიდა ქართლის ჩრდილოეთ ნაწილში.

7. საქართველოს სხვადასხვა რაიონებში მკვეთრად გამოხატული დათბობის და აცივების კერები და მათში ტემპერატურის ცვლილების ტენდენციები ერთმანეთს ანიველირებს, ისე, რომ მთლიანად საქართველოს კლიმატური სისტემისათვის გასაშუალოებული ტემპერატურის მრავალწლიური ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში არ აღინიშნება. ყველაზე მაღალი ტემპერატურული ფონი აღინიშნა

გასული საუკუნის 60-იან წლებში, გასაშუალოებულმა ტემპერატურამ 1966 წელს შეადგინა 11.8⁰, ხოლო 1962 წელს-11.2⁰. ეს წლები შეესაბამება მზის მაქსიმალური აქტივობის პერიოდს და ატმოსფეროს აღმოსავლეთის და მერიდიანული ცირკულაციების ეპოქებს. მაღალი იყო ტემპერატურა აგრეთვე 1998 წელს(10.9⁰). ყველაზე დაბალი ტემპერატურული ფონი დაფიქსირდა ატმოსფეროს აღმოსავლეთის ცირკულაციის ეპოქაში - 1956 წელს და შეადგინა 8.6⁰. 1992-1993 წლებში გასაშუალოებული ტემპერატურა იყო 8.8⁰, რაც შეესაბამება მზის მინიმალური აქტივობის და აღმოსავლეთის ცირკულაციის გააქტიურების პერიოდებს. 2002 წლის შემდეგ საქართველოს კლიმატური სისტემის საშუალო ტემპერატურა არ აღემატებოდა 10.5⁰-ს.

8. გლობალური დათბობის პირობებში ატმოსფერული ნალექების ცვლილებასაც არაერთგვაროვანი ხასიათი ჰქონდა. აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის უდიდეს ნაწილზე ნალექების წლიური ჯამები იკლებდა ყოველ 10 წელიწადში 1-3% სიჩქარით. ნალექების შემცირების უდიდესი სიჩქარეები აღინიშნება ქვემო ქართლში და აღემატება 5%-ს 10 წელიწადში. აღმოსავლეთ საქართველოს უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში, აგრეთვე დასავლეთ საქართველოს უდიდეს ნაწილზე წლიური ნალექების არსებითი ცვლილებები არ აღინიშნება. ნალექების ზრდა ფიქსირდება დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთ რაიონში- ლეჩხუმის და ეგრისის ქედებზე, კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში, აჭარის აღმოსავლეთში, აგრეთვე იორის ზეგანის აღმოსავლეთ ნაწილში აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამები ყოველ 10 წელიწადში იზრდებოდა

სიჩქარით 1-3%-ით, ხოლო მთიან აჭარაში და შავი ზღვის სანაპიროს ზოგიერთ რაიონებში სიჩქარე აღწევდა 5%-ს.

ნალექების ცვლილების ასეთივე ტენდენციები შენარჩუნებულია წელიწადის თბილი და ცივი პერიოდების განმავლობაში. თბილი პერიოდის განმავლობაში ნალექების შემცირების ზონა ქვემო ქართლში მნიშვნელოვნად გაფართოებულია. ცივი პერიოდის განმავლობაში კავკასიონის დასავლეთ და აღმოსავლეთ ნაწილებში აღინიშნება ნალექების შემცირების ზონის და სიჩქარის რამდენადმე გაზრდა, თუმცა კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში მამისონის უღელტეხილის რაიონში წლის ცივი პერიოდის ნალექები იზრდებოდა ყოველ 10 წელიწადში 5% სიჩქარით.

9. მთლიანად საქართველოს ტერიტორიისათვის გასაშუალოებული ნალექების დონის მრავალწლიური ცვლილება ც გლობალური დათბობის პირობებში უმნიშვნელოა. ნალექების ყველაზე მაღალი დონე დაფიქსირდა 1963 წელს და შეადგინა 1476 მმ. ნალექების დონე მაღალი იყო 30-იან წლებშიც და 1939 წელს შეადგინა 1431მმ, ხოლო 1936 წელს – 1417მმ. ეს წლები შეესაბამება ატმოსფეროს მერიდიანული ცირკულაციების ეპოქას. კლიმატურ სისტემაში ყველაზე დაბალი ნალექები დაფიქსირდა 2000 წელს და შეადგინა 830მმ. 1957 წელს გასაშუალოებული ნალექები იყო 884მმ. რაც შეესაბამება აღმოსავლეთის ცირკულაციის გააქტიურებას.

10. ტემპერატურის და ნალექების ცვლილების გამოვლენილი ტენდენციებმა შესაძლოა ხელი შეუწყოს კლიმატის ზოგიერთი ტიპის ტრანსფორმირებას. მოსალოდნელია იორის ზეგანის და შირაქის ვაკის

ჰავის შერბილება, ქვემო ქართლში გაუდაბნოების პროცესების გააქტიურება, დასავლეთ და აღმოსავლეთ კავკასიონის ცენტრალური ნაწილის ჰავის არიდობაცია, კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური ნაწილის, ლეჩხუმის და ეგრისის ქედების, აგრეთვე აჭარის აღმოსავლეთი ნაწილის ჰავის ჰუმიდობაცია.

ლიტერატურა

- ბაგრატიონი ვახუშტი. აღწერა სამეფოსა საქართველოსა. თსუ, 1940, 356 გვ.
- ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბ. 2007.
- ელიზბარაშვილი. ე., ვაჩნაძე ჯ., ალადაშვილი თ. კლიმატური ციკლები და ატმოსფეროს ცირკულაციის რყევადობა. საქ. მეცნ. აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტის სამეცნიერო სერია, 1997 წ.
- ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომების კრებული, ტ.102, 2001, გვ.112-116.
- ელიზბარაშვილი ე., ტატიშვილი მ., ელიზბარაშვილი შ. , ელიზბარაშვილი მ., მესხია რ. საქართველოს ტერიტორიისათვის 1936-2008 წლების პერიოდისათვის ჰაერის ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების 25-კილომეტრიანი ბადურ მონაცემთა მასივების შექმნის მეთოდოლოგია. საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენციის მასალები”ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის აქტუალური პრობლემები”,2011.
- ელიზბარაშვილი მ. საქართველოს ტერიტორიის ტემპერატურის ველი. თბ. 1999

■ ელიზბარაშვილი შ. ატმოსფერული ნალექების მოდელირება და გეოინფორმაციული კარტოგრაფირება მთიან პირობებში. თბილისი, 2009, 67გვ.

■ თავართქილაძე კ, ელიზბარაშვილი ე, მუმლაძე დ, ვაჩნაძე ჯ, საქართველოს

მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების სმპირიული მოდელი.1999

■ თბილისის კლიმატის მრავალწლიური ცვლილება და ციკლური რყევადობა.(ნ.ბეგალიშვილის და ე.ელიზბარაშვილის რედაქციით). საქმეცნ.აკად. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები,ტ.103, 2001.

■ მუმლაძე დ. საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილება. მაცნიერება, თბილისი, 1991, 126 გვ.

■ ჯავახიშვილი ი. საქართველოს ეკონომიკური ისტორია. თბილისი, 1930.

■ ჯავახიშვილი შ. საქართველოს სსრ კლიმატოგრაფია. თსუ, თბილისი, 1977, 234 გვ.

■ ჯავახიშვილი შ. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე, თსუ, თბილისი, 1981, 184 გვ.

■ Алибегова Ж. Д. , Элизбарашвили Э. Ш. Статистическая структура атмосферных осадков в горных районах, Л; Гидрометеиздат, 1980, 136с.

■ Алисов Б.П. Дроздов О.А. Рубинштейн Е.С. Курс климатологии

■ Бардин М. Ю. Сценарные прогнозы изменения температуры воздуха для регионов Российской Федерации до 2030 г. с использованием эмпирических стохастических моделей климата.- Метеорология и гидрология, 2011, №4, с.5-21

■ Борисов А.А. Палеоклиматология СССР, Калининград, 1973.

■ Гогишвили К.С. Исследование циркуляционных факторов генезиса климата Грузии. Мецниереба, ТБ., 1974, 166с.

■ Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Колебания и изменения климата на территории России,-Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2003, том 39, № 2, с. 1–20

■ Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Обнаружение изменений климата состояние, изменчивость и экстремальность климата.- Метеорология и гидрология, 2004, №4, с.50-66

■ Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на Европейской территории РФ,- Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2011, том 47, № 6, с. 717–721

■ Давитая Ф.Ф. О возможном влиянии запыленности атмосферы на уменьшение

ледников и потепление климата. Известия АН СССР, серия географическая, №2, 1965.

■ Изменение климата. Информационный бюллетень, № 33, апрель, 2012.

■ Климат и климатические ресурсы Грузии, 1971, 384с.

■ Климат Тбилиси. Л; Гидрометеиздат, 1992, 230с.

■ Кобышева Н.В. Климатология.Л. Гидрометеиздат, 1980.

■ Кобышева Н.В., Наровлянский М.Н. Климатологическая обработка метеорологической информации. Л. Гидрометеиздат, 1976.

■ Котляков В.М., Кренке А.Н. Ледники, как индикаторы климата. Известия АН СССР,

серия физика атмосферы и океана, №11, 1982.

■ Курдиани И.Г. К вопросу векового колебания климата Грузии.- Труды Института

геофизики АН ГССР, 1956, т.15, с.21-29.

■ Папинашвили Л.К. Колебания атмосферных осадков на территории Закавказья. Тр. ЗаКНИИ, вып. 74 (80), 1980, с.63-70.

■ Папинашвили Л.К. Изменчивость высоты снежного покрова на территории Закавказья. Тр. ЗаКНИИ, вып. 74 (80), 1980, с.72-79.

■ Прогноз Гидрометеорологических условий Колхидской низменности после осушения. Л; Гидрометеиздат, 1983, 247с.

■ Ходаков В.Г. Снега и льды Земли. М., Наука, 1969.

■ Цуцкиридзе Я.А. Основные черты термического режима Грузии.- Труды ЗаКНИГМИ,

1960, вып.22, с.5-19.

■ Чиракадзе Г.И. Основные черты климата Тбилиси и его окрестностей. Труды

ТбилНИГМИ, 1959, вып.6, с.9-22.

■ Шатилина Т. А., Цициашвили Г. Ш., Радченкова Т. В. Особенности изменения приземной температуры воздуха над районами Дальнего Востока в 1976—2005 гг. -Метеорология и гидрология, 2010, №11, с.31-36.

■ Элизбарашвили Э.Ш., Кереселидзе Д.Н., Элизбарашвили Ш.Э. К осреднению полей атмосферных осадков в горных условиях. Метеорология и гидрология, № 8, 2006. с.54-58.

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э., Мегрелидзе Л.Д. Динамика климата ледников Большого Кавказа за XX столетие.- Метеорология и гидрология, 2009, №12, с.90-95 .

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Изменения климата Западного Закавказья. Известия РАН, серия географическая, № 4, 2005

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Динамика повторяемости экстремальных аномалий среднемесячной температуры воздуха в Грузии в XX столетии и ее влияние на осадки и сток рек. Метеорология и гидрология, № 1, 2007

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э., Элизбарашвили Ш.Э.. Глобальное потепление и динамика повторяемости аномалий среднемесячных температур воздуха в Закавказье в XX столетии. Кавказский географический журнал, № 7-8, 2007

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э. Повторяемость и динамика засух в Восточной Грузии в XX столетии Метеорология и гидрология, № 6, 2009

■ Элизбарашвили Э.Ш., Месхия Р.Ш., Элизбарашвили М.Э., Мегрелидзе Л.С. Современные изменения климата в ледниковой зоне Большого Кавказа. Труды международной научно-технической конференции «Устойчивое развитие и охрана окружающей среды», 2010

■ Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Реакция различных типов ландшафтов Закавказья на глобальное потепление.-Известия РАН, серия географическая, 2002, №5, с.52-56.

■ Элизбарашвили Э.Ш., Элизбарашвили М.Э. Основные проблемы климатологии

ландшафтов.-Тбилиси, Зеон, 2006, 119с.

■ Елисеев А.В., Мохов И. И., Мурышев К. Е. Оценки изменений климата XX—XXI веков с использованием версии климатической модели ИФА РАН, включающей модель общей циркуляции океана- Метеорология и гидрология, 2011, №2, с.5-17

■ Elizbarashvili E., Aladashvili T. Bulletin of the Akademy of sciences of the Georgia, 155, №2, 1997.

■ Groisman P., Rankova E. Precipitation trends over the russina permafrost-free zone:removing the artifacts of preprocessing. International Journal of Climatology, 2001, 21, 6, p.657-678.

■ Gyaliatras D. Development and validation of a high-resolution monthly gridded temperature and precipitation data set for Switzerland (1951-2000). Climate Research. Vol. 25, 2003.

■ Haylock M.R., Hofstra, N. A. Klein M.G. , Klok E.J., Jones P.D., New M.. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. Journal of Geophysical Research. Vol. 113, 2008

■ Hofstra N., Haylock M., Jones P., New M.. ENSEMBLE-based Predictions of Climate Changes and their Impacts. Project n. GOCE-CT-2003-505539, 2005

■ New M., Lister D., Hulme M., Makin I.. A high-resolution data set of surface climate over global land areas. *Climate Research*. Vo. 21, 2002.

■ Nikolova N., Vassiliev S.. Mapping precipitation variability using different interpolation methods. University of Sofia, Bulgaria, 2008