

მ. ცაგდიშვილი, ლ. ქართველიშვილი,  
ი. მკურნალიძე, რ. მესხია

სეტყვისა და ელქაქური პროცესების  
დინამიკა და სტატისტიკური  
განაწილება საქართველოში კლიმატის  
გლობალური ცვლილების ფონზე

ედვინება ჩვენი კოლეგისა და მეგობრის  
**რამაზ მესხიას** ნათელ ხსოვნას

მ. ტატიშვილი, ლ. ქართველიშვილი, ი.  
მკურნალიძე,

**რ. მესხია**

სეტყვისა და ელჭექური პროცესების  
დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება  
საქართველოში კლიმატის გლობალური  
ცვლილების ფონზე

გამომცემლობა “მწიგნობარი”  
თბილისი

2018

უაკ 551.576.582

მონოგრაფია “სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე” შეიქმნა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის გეგმიური პროექტის “სეტყვა-ელჭექური პროცესების ვარიაციები საქართველოს ტერიტორიაზე” და მ.ტატიშვილის სადისერტაციო ნაშრომის “კონვექციური ღრუბლის ნალექწარმოქმნის ეფექტურობა” საფუძველზე. სტატისტიკური ანალიზის გამოყენებით შესწავლილია სეტყვა-ელჭექური პროცესების სივრცულ-დროითი განაწილება კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე. ასევე მონოგრაფიაში ჩართულია ნალექწარმოქმნელი პროცესების მათემატიკური მოდელები. მონოგრაფია განკუთვნილია მეტეოროლოგიის და კლიმატოლოგიის სფეროში მომუშავე სპეციალისტების და სტუდენტებისთვის.

## **რედაქტორი**

გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი  
ბაკურ ბერიტაშვილი

რეცენზენტები:

ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი  
ზურაბ ხვედელიძე

ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტორი  
ავთანდილ ამირანაშვილი

ISBN -978-9941-473-72-2

## სარჩევი

შესავალი .....	5
თავი 1. კვლევის მეთოდოლოგია .....	6
1.1 გამოყენებული მონაცემები .....	6
1.2. საკვლევი ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოგრაფიული აღწერა.....	11
თავი 2. საქართველოს ტერიტორიაზე სექციური დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილება .....	16
2.1 სექციური დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები.....	17
2.2 ძლიერი სექცია აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში .....	25
თავი 3. საქართველოს ტერიტორიაზე ელქექიანი დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილება .....	30
3.1 საქართველოში ელქექის განვითარების აეროსინოპტიკური პროცესები.....	30
3.2. ელქექიანი დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები.....	31
3.3. ელქექი დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში.....	38
თავი 4. საქართველოს ტერიტორიაზე სექციური და ელქექიანი დღეთა რიცხვის შესაძლო ვარიაციების დადგენა .....	40
4.1. სექციური დღეთა რიცხვის ვარიაციების გამოკვლევა.....	40
თავი 5. ელქექური აქტივობა საქართველოს უღელტეხილებზე .....	50
თავი 6. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიის ელქექიანობის გამოკვლევა.....	53
თავი 7. საქართველოს ტერიტორიაზე ელქექის ხდომილების ალბათობა .....	60
თავი 8 ელვის ზემოქმედება სხვადასხვა შენობა-ნაგებობებზე .....	65
თავი 9 ნალექწარმოქმნელი პროცესების გამოკვლევა კონვექციურ ღრუბლებში.....	71

თავი 10. კონვექციური ღრუბლის ერთნახევარ  
განზომილებიანი ოპერატიული მოდელით  
ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის  
გამოკვლევა.....76

## შესავალი

საქართველო წარმოადგენს დედამიწის ერთ-ერთ სექცვა და ელქექსაშიშ რეგიონს. ამიტომ, აქ სექცვა-ელქექური პროცესების შესწავლა-გამოკვლევა ყოველთვის აქტუალური იყო და არის დღევანდელ პირობებშიც. ატმოსფერულ მოვლენებზე რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვების პერიოდი 100 წელს მოიცავს. დროის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში დამუშავდა სექციური პროცესებზე ზემოქმედების სხვადასხვა საშუალებები და მეთოდები.

საქართველოში პირველად შეიქმნა სექციის საწინააღმდეგო სამსახური 1961 წელს კახეთის რეგიონში, რომელსაც მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკის ინსტიტუტი ცნობილი ქართველი მეცნიერის ა.ქარცივაძის თაოსნობით, სამეცნიერო-მეთოდურ ხელმძღვანელობას უწევდა, რომელიც შემდგომ წლებში შეცვალა მ.ბახსოლიანმა. ამავე დროს სექციასთან ბრძოლის სამუშაოები მიმდინარეობდა ქვემო ქართლის რეგიონშიც, რომელსაც ხელმძღვანელობდა ამიერკავკასიის სამეცნიერო-კვლევითი პიდრომეტეოროლოგიური ინსტიტუტი (ვ.ლომინაძე, ი.ბართიშვილი, შ.ღუდუშაური). 90-იანი წლების შემდეგ საქართველოს ტერიტორიაზე სექციასთან ბრძოლის სამუშაოები შეჩერდა და განახლდა კახეთის ტერიტორიაზე მხოლოდ 2015წლიდან, სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება „დელტას“ მიერ.

აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებში წარმოებდა, როგორც სექციის კლიმატოლოგიური კვლევა. ასევე ხდებოდა სექციური ღრუბლებიდან მოსული მყარი და თხევადი ნალექების რაოდენობის გაზომვები. შეისწავლებოდა ცალკეული სექციის მარცვლის ფიზიკური მახასიათებლები (სიმკვრივე, ზომები, სტრუქტურა და სხვა). ყურადღება ექცეოდა კონვექციური ღრუბლების პარამეტრების რადიოლოკაციურ გამოკვლევებს, რის შედეგადაც დგინდებოდა ღრუბლების სექციისა და ელქექის საშიშროების რადიოლოკაციური კრიტერიუმები. ელქექის შესწავლა მიმდინარეობდა

მეტეოსადგურების ვიზუალური დაკვირვებების მონაცემთა დამუშავების დროს. ამ მიმართულებით საქართველოში ჩატარებულია მთელი რიგი კვლევები გ.გიგინეიშვილის, გ. სულაქველიძის, ს.გუნიას, ა.ქარცივაძის, ნ. ბეგალიშვილის, ბ.ბერიტაშვილის და სხვ. მიერ.

საქართველოში სეტყვა-ელჭექური პროცესების დინამიკის შესწავლის ახალ იმპულსად იქცა კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფართომასშტაბიანი კვლევა, რომელიც დაიწყო გასულ საუკუნეში და გრძელდება დღემდე. საქართველოში ამ გამოკვლევების გრძელვადიანი პროგრამის შესაბამისად, პირველ რიგში გამოკვლეულ იქნა ტემპერატურული ველების, ნალექის, ღრუბლიანობის, ჰაერის აეროზოლური გაჭუჭყიანების, ზედაპირული საფარის და სხვა კლიმატური პარამეტრების სივრცულ-დროითი ვარიაციები და ატმოსფერული მოვლენების (ელჭექი, სეტყვა და სხვა) მრავალწლიური ცვალებადობა. ამ მიმართულებით ჩატარებულია მთელი რიგი კვლევები, რომლებიც დღესაც გრძელდება ქართველი მეცნიერების ე.ელიზბარაშვილის, ა.ამირანაშვილის, ჯ.ხარჩილავას და სხვ. მიერ.

წინამდებარე ნაშრომში წარმოდგენილია საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვა-ელჭექური პროცესების ვარიაციების კვლევა. მასში განხილულია სეტყვიან და ელჭექიან დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილება დაკვირვების მონაცემებით და დადგენილია მათი ცვლილებათა კანონზომიერებანი დროსა და სივრცეში. ნაშრომის მეორე და მესამე თავში დაწვრილებითაა მოცემული მონოგრაფიის ერთ-ერთი ავტორის, გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორის რამაზ მესხიას კვლევები.

# თავი 1. კვლევის მეთოდობა

## 1.1 გამოყენებული მონაცემები

სეტყვა ელჭექური პროცესების გამოკვლევების ჩასატარებლად სასურველია გვექონდეს საკვლევი კლიმატური პარამეტრების მეტეოროლოგიური დაკვირვებების ხანგრძლივი დროითი სერია. კერძოდ, სეტყვა-ელჭექიანობისათვის ასეთი პარამეტრი არის მოვლენის დღეთა რიცხვი დროის განსაზღვრულ პერიოდში (სეზონი, წელიწადის თბილი და ცივი პერიოდი, წელი), რომელიც წარმოადგენს ამ პროცესების ცვალებადობის ძირითად მაჩვენებელს დროის ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში. საქართველოში სეტყვა-ელჭექიან დღეთა რიცხვის მონაცემები ცალკეული სადგურებისათვის შეიცავს თითქმის ასწლიან პერიოდს, სადგურების უმეტესობას აქვს დაკვირვებათა 50-55 წლიანი რიგი.

კვლევის განსახორციელებლად გამოყენებულია საქართველოს ტერიტორიაზე განლაგებული 84 მეტეოსადგურის შემდეგი მონაცემები: სეტყვიან დღეთა რიცხვი (სდრ), 74 მეტეოსადგურის ელჭექიან დღეთა რიცხვი (ედრ) 1960- 2010 წლების პერიოდში [1]. მონაცემთა რიგები საშუალოდ მოიცავენ სდრ-ის 15-25 წლიან და ედრ-ის 35-40 წლიან პერიოდს. როგორც მონაცემთა ანალიზი გვიჩვენებს, იმ სადგურებისათვის სადაც სდრ არ აღემატება 2-ს, რეპრეზენტატულ მონაცემებს იძლევა 10-15 წლიანი დაკვირვების რიგი. ედრ-ს ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სტატისტიკურ უზრუნველყოფას იძლევა მონაცემთა აგრეთვე 10-15 წლიანი რიგები.

საქართველოს რთული რელიეფი, ქვეყნილი ზედაპირის მაღალი ტემპერატურა, რომელიც ხელს უწყობს კონვექციის განვითარებას და ასევე, შავი ზღვის აუზში შემოჭრილი ჰაერის მასების დიდი წყლიანობა განაპირობებს ამ რეგიონში ინტენსიურ სეტყვიანობას, სადაც სეტყვიან დღეთა რიცხვი საკმაოდ არათანაბრადაა



განაწილებული: არსებობს ისეთი რაიონები, სადაც სეტყვა არ მოდის 3-4 ათწლეულის განმავლობაში. ესენია – მტკვრის და არაგვის დინების ქვედა ნაწილები და დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი რაიონი [2].

შავი ზღვისპირეთში და მის მიმდებარე კოლხეთის დაბლობზე (სენაკის და ზუგდიდის გამოკლებით), სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვი წელიწადში არ აღემატება 1, მაქსიმუმი კი აღწევს 3-7. დიდი და მცირე კავკასიონის მთისწინეთში სეტყვიან დღეთა რიცხვი მატულობს 2-4-მდე წელიწადში. ესენია, აღმოსავლეთ საქართველოში თრიალეთის მთიანეთი, აბასთუმან-ახალციხის რეგიონი და სხვა მთიანი რაიონები. ყველაზე დიდი სეტყვის განმეორადობა ახასიათებს დიდი და მცირე კავკასიონის მაღალმთიანეთს (2-2,5 კმ.ზ.დ.), სადაც სეტყვიან დღეთა რიცხვი აღწევს 8-12 წელიწადში. სეტყვა იშვიათია დაბლობ რაიონებში, მაგრამ მხოლოდ სიმაღლე ზღვის დონიდან არ განაპირობებს სეტყვიანობას. დიდ როლს თამაშობს სხვა ფაქტორებიც – ოროგრაფია, ქედების ორიენტაცია ჰაერის მასების მიმართულების მიმართ, მცენარეული საფარი, ანთროპოგენური გაჭუჭყიანება და სხვა.

სეტყვის მთავარ მახასიათებელს წარმოადგენს სეტყვის მარცვლის ზომა. კავკასიის ტერიტორიისათვის, უმეტეს შემთხვევებში დამახასიათებელია წვრილი (10-15მმ) ინტენსიური სეტყვა (70%), საშუალო (20-30მმ) და მსხვილი (>30მმ), სეტყვის განმეორადობა შეადგენს 25-30%. უმეტეს შემთხვევებში, სეტყვის დიამეტრი არ აღემატება 20მმ. (80-90%). 50-70 მმ დიამეტრის სეტყვის მოსვლა საკმაოდ იშვიათი მოვლენაა. სეტყვის ხანგრძლივობა იცვლება წუთებიდან რამდენიმე საათამდე. დაზიანებული ფართობი კი საშუალოდ შეადგენს 20-50 კვ.კმ, სეტყვის „ბილიკის“ 15-20 კმ სიგრძის და 1-3 კმ სიგანის დროს. სეტყვიანობის ნეგატიური შედეგი, ძირითადად დაკავშირებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნათესების, შენობების, სატრანსპორტო საშუალებების, სხვადასხვა კომუნიკაციების დაზიანებასთან და ასევე, პირუტყვის და ადამიანების დაღუპვასთან.

საქართველოში სეტყვით მიყენებული ზარალი საშუალოდ შეადგენდა 18-20 მლნ. დოლარს. კახეთში

სეტყვისგან გადარჩენილი ფართობის წილი (100%-ზე გადათვლილი) დაცული ტერიტორიის ფართთან შედარებით შეადგენდა: სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების დაწყებამდე –2%, სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოების ჩატარების დროს (1967-1989წწ) – 0,48% და ბოლო პერიოდში, როცა სეტყვასაწინააღმდეგო სამუშაოები შეწყვეტილია (1999-2000წ) – 2,6%. მთლიანობაში, მსოფლიო მასშტაბით სეტყვით მიყენებული ზარალი შეადგენს 6 მლრდ. აშშ. დოლარს, აქედან საქართველოში ბოლო წლებში ზარალმა შეადგინა 58 მლნ. დოლარი [3,4].

სეტყვიან დღეთა რიცხვის დროითი ცვლილება სხვადასხვა რეგიონებში, არაერთგვაროვანია. ზოგ რეგიონში აღინიშნება დადებითი ტრენდი, ზოგში კი უარყოფითი. ეს ეწინააღმდეგება თეორიას, რომლის მიხედვითაც გლობალური დათბობის ფონზე იზრდება კონვექციური პროცესების ინტენსივობა, ამავე დროს [3] თანახმად, კონვექციური პროცესების ინტენსივობამ ატმოსფეროს ანტროპოგენური გაჭუჭყიანების ფონზე, შესაძლოა თავი იჩინოს სეტყვის ინტენსივობის ზრდაში. რაც აღინიშნა აღმოსავლეთ საქართველოში, ჩრდილო კავკასიაში და შევიცარულ ალპებში [3,5]. რაც შეეხება, გრძელვადიანი ვარიაციების დადგენას, როგორც სეტყვიან, ასევე ელჭექიან პროცესებში, ამ მიმართულებით კვლევები საკმაოდ ნაკლებია.

მსოფლიო მეტეოროლოგიურმა ორგანიზაციამ მიიღო ელჭექის და სეტყვის წარმოქმნის ჰიპოტეზა 1956 წელს, რომლის თანახმადაც ელჭექი ჩნდება ღრუბლებს შორის, ღრუბელსა და დედამიწას შორის ძლიერი განმუხტვის შედეგად. ამ მდგომარეობის შექმნის აუცილებელი პირობაა მძლავრი კონვექციური მოძრაობის არსებობა, ნალექების წარმოსაქმნელად საკმარისი ტენის მარაგი და ღრუბლის ზედა ნაწილში მყარი ნაწილაკების (ყინულოვანი კრისტალები) და ქვედაში კი თხევადი ფრაქციის (წვეთები) არსებობა [6].

ელჭექი ბუნების საშიში მოვლენაა, რომელიც საშიშროებას წარმოადგენს საავიაციო ტრანსპორტისთვის, ნავთობ და აირსადენებისათვის, მაღალი ძაბვის ხაზებისათვის და სხვ. ელჭექის დროს მწვავედობა

გულსისხლძარღვთა დაავადებები, ცნობილია ადამიანების სიკვდილის შემთხვევები მეხის დაცემის გამო, დიდი ზარალი მოაქვს აგრეთვე ელჭექით გამოწვეულ ტყის ხანძრებს. ელჭექი ნეგატიურად მოქმედებს ადამიანის ცხოვრებასა და ცოცხალ ბუნებაზე. ელვის დაცემის შედეგად იღუპება ხალხი, ზიანდება სამეურნეო ობიექტები და საფრენი აპარატები, ირღვევა რადიოკავშირი და ფერხდება ელექტრომომარაგება და ა. შ.

ელჭექის ფორმირების მექანიზმის შესწავლა მნიშვნელოვანი გამოწვევაა, როგორც ფუნდამენტური, ასევე გამოყენებითი კვლევების თვალსაზრისით. ელჭექი წარმოიქმნება ისეთი ატმოსფერული პროცესების შედეგად, რომლებიც განაპირობებენ მძლავრი კონვექციური ღრუბლების წარმოქმნას და განვითარებას. საშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე ელვა ეცემა დღე-ღამეში 8 მლნ.-ჯერ. ფართობი, რომელსაც მოიცავს ელჭექური პროცესი, ყოველ დღე-ღამეში მერყეობს  $40 \cdot 10^4$  კმ<sup>2</sup>-დან დილის 4 საათზე,  $110 \cdot 10^4$  კმ<sup>2</sup>-მდე 14-20 საათზე ადგილობრივი დროით. საქართველო წარმოადგენს დედამიწის ერთ-ერთ ელჭექსაშიშ რეგიონს, ამიტომ ზემოთ ჩამოთვლილი ელჭექური პრობლემები ჩვენი ქვეყნისთვისაც საკმაოდ აქტუალურია. ინფორმაციას ელჭექზე აქვს არა მარტო სამეცნიერო, არამედ პრაქტიკული მნიშვნელობა, სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებისათვის.

ელჭექი წარმოადგენს გლობალური ელექტრული წრედის მთავარ კომპონენტს, რომელიც აერთიანებს დედამიწას და ატმოსფეროს. ელექტრულ ძალებს არსებითი გავლენა აქვთ ღრუბლების და ნალექების დინამიკური და მიკროფიზიკური მახასიათებლების ევოლუციაზე და ატმოსფეროში სითბოს და ტენიის გადატანაზე.

ელჭექის ღრუბლები ვითარდება 8-12კმ სიმაღლმდე. ღრუბლის ზედა ნაწილი ხვდება ტროპოსფეროს ნაწილში, უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში და გარემოში, რომელშიც არის მცირე ზომის ყინულოვანი ნაწილაკები. ღრუბლის ქვედა ნაწილში გროვდება მილიმეტრიანი ზომის წყლის წვეთები. უფრო მსხვილი და მძიმე წვეთები

უმეტესად უარყოფითად არის დამუხტული, მსუბუქი და წვრილი წვეთები კი დადებითად. ასეთი განლაგების პირობებში ღრუბელი ფაქტიურად გიგანტურ აკუმულატორს წარმოადგენს, რომლის პოლუსებს შორისაც გაივლის ელექტრული დენი და დროდადრო ხდება მძლავრი განმუხტვები. განმუხტვა ხდება ღრუბელსა და დედამიწას შორის, თუმცა ხშირია განმუხტვები ღრუბლის შიგნითაც.

ელტექს ხშირად თან ახლავს სეტყვა. მისი ფორმირება ხდება იმავე პირობებში, როგორც ელტექსის. პროცესი იწყება ღრუბლის ზედა ნაწილში, სადაც წარმოიქმნება ეინულის კრისტალები, რომლებიც ბუნებრივი კრისტალიზაციის შედეგად იზრდება, მძიმდება და ეშვება ღრუბლის ქვედა ფენებში. აქ მათ აჩერებს ჰაერის აღმავალი ნაკადი. კრისტალები გარკვეული დროის განმავლობაში რჩება წყლის წვეთების გარემოში.

კოაგულაციის შედეგად კრისტალზე ჩნდება წყლის აკი. პროცესი, შეიძლება ითქვას, სტოქასტურია, რომლის დროსაც კრისტალი ისევ აღმოჩნდება ღრუბლის ზედა ფენაში და პროცესი განმეორდება და წარმოიქმნება სეტყვის მარცვლები. ისინი დაახლოებით 10-15 წთ.-ის განმავლობაში საკმაოდ დიდ მასას აღწევენ, აღმავალი ნაკადი ვეღარ აკავებს მათ და იწყება სეტყვის ვარდნა. ამ პროცესის განმეორადობა თვალნათლივ ჩანს სეტყვის მარცვლის კვეთაზე, რომელიც შედგება სხვადასხვა გამჭვირვალების ფენებისაგან. ვარდნისას სეტყვის მარცვალი დნება და მიწას აღწევს ბევრად ნაკლები ზომისა. რაც უფრო მეტია აღმავალი ნაკადების სიჩქარე, მით უფრო მსხვილია სეტყვა.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, სეტყვა მოდის მხოლოდ ძლიერი ელვის შემდეგ. აქედან გამომდინარე, ეს ორი მოვლენა განუყოფელია და ელვის განმუხტვის ეფექტის გათვალისწინება სეტყვის წარმოქმნაში აუცილებელია. გარდა ამისა, ეს აღიარებული ჰიპოტეზა ბევრ კითხვას ბადებს:

- სეტყვის მარცვლებს არა აქვთ ზუსტად სფერული ფორმა, ისინი სხვადასხვა გეომეტრიული კონფიგურაციისაა. ე.ი. მათი ფორმირება შესაბამისად სხვადასხვანაირად ხდება;

- ღრუბელი, ტროპოსფეროს ზედა ფენაში, სადაც ტემპერატურა  $-40^{\circ}\text{C}$ -ს აღწევს, უკვე შეიცავს გადაცივებულ წყლის წვეთებს, ყინულის კრისტალებს, სხვადასხვა აეროზოლებს, მაგრამ ენერგეტიკული ბალანსი არ ირღვევა. ასევე გაუგებარია, როგორ აიხსნება ყინულის კილოგრამიანი კონგლომერატების წარმოქმნა ელექტრული ძალების გაუთვალისწინებლად.

კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე და დაკვირვების თანამედროვე საშუალებების გამოყენებასთან დაკავშირებით უკვე აღიარებული თეორიები დასაზუსტებელი გახდა. სექციისა და ელვის წარმოქმნის მექანიზმის შესახებაც გაჩნდა ახალი მოსაზრებები.

ელვის განმუხტვისას გამოიყოფა დიდი რაოდენობით სითბო. წყალი, რომელიც აღმოჩნდა ელვის არხის მახლობლად ინტენსიურად ორთქლდება. განმუხტვის შეწყვეტისთანავე ის მყისიერად ცივდება. აღსანიშნავია, რომ განმუხტვისას სითბო არ შემოდის გარედან, მას ქმნის თვითონ სისტემა – ელექტროსტატიკურ ველში პოლარიზებული წყალი. ამ სისტემის კინეტიკური ენერგია იხარჯება მყისიერ ორთქლების პროცესზე, რომელიც სრულდება წყლის სწრაფი გამყარებით. ამ პროცესისთვის არ არის აუცილებელი, რომ გარემოს ტემპერატურა იყოს უარყოფითი. განმუხტვისას ჩნდება სხვადასხვა ფორმის და ზომის სექციის მარცვლები, რომლებიც დამოკიდებულია განმუხტვის სიმძლავრეზე და ინტენსივობაზე. განმუხტვის შეჩერებისთანავე წყდება სექციის წარმოქმნის პროცესიც. ამრიგად, სექციის მსხვილი მარცვლების წარმოქმნის პირობებს უზრუნველყოფს მძლავრი და ინტენსიური ელვის განმუხტვა.

კლიმატის გლობალურ ცვლილებასთან დაკავშირებულია ელქექის რეჟიმის შეცვლა.ც. კერძოდ, NASA (აშშ. აერონავტიკის და კოსმოსური კვლევების ეროვნული სააგენტო)-ს ცნობით ბოლო ათწლეულებში ელქექის რაოდენობა დედამიწაზე 100-ჯერ არის მომატებული. შესაბამისად მომატებულია ე.წ. ზამთრის და ღამის ელქექიც. მკვეთრად მოიმატა სტიქიურმა

სეტყვიანობამ (როდესაც სეტყვის დიამეტრი 20მმ აღემატება). ამის უამრავი ფაქტებია მოყვანილი მსოფლიოს საინფორმაციო ქსელში.

ელჭექი კლიმატის ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს და საკმაოდ მგრძობიარეა მისი ცვლილების მიმართ. ამიტომ ამ ბოლო ათწლეულში აქტუალური გახდა საკითხი, დაკავშირებული ელჭექური პარამეტრების შესწავლა-შეფასებასთან და მათზე ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენასთან, რომელიც მთელ მსოფლიოში და საქართველოშიც წლიდან წლამდე იზრდება. მით უმეტეს, უნდა აღინიშნოს, რომ ელჭექი დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფეროს ქიმიურ შემადგენლობაზე.

ელჭექი წარმოადგენს გიგანტურ ელექტრულ ნაპერწკალს, რომელიც ჩნდება სხვადასხვა ნიშნით დამუხტულ ველებს შორის. ლაბორატორიული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ნაპერწკალი-ელვის წარმოსაქმნელად საჭიროა ცასა და დედამიწას შორის არსებობდეს ელექტრული ველი 30000 ვოლტის დაძაბულობით ყოველ ერთ მეტრ მანძილზე. როგორც კი დადგება ასეთი კრიტიკული მომენტი, იწყება ჰაერის ინტენსიური იონიზაცია. იონები და ელექტრონები დიდ სიჩქარეებს აღწევენ. ყველაფერი ხდება ვიწრო არხში, სადაც ჰაერი ძლიერ თბება და ეს არხი გადაიქცევა გზად, რომლითაც ღრუბლიდან წამოედინება ელექტრული მუხტი-ელჭექის წინამორბედი, რომელსაც ლიდერს უწოდებენ. ელვის ლიდერი ნახტომისებურად ვითარდება და თითო ნახტომის დროს, რომელიც წამის მეათასედებში ხდება, გადის 50-100 მ-ს. როგორც კი არხი მიუახლოვდება დედამიწას, მის შესახვედრად გამოდის სხვადასხვა ნიშნისანი მუხტების ნაკადი. ამ ნაკადების სიჩქარე რამდენიმე ათეულ ათას კმ/სთ აღწევს. ასეთ არხებში წარმოიქმნება დიდი ძალის და სიმძლავრის ელექტრული დენი. ზუსტად ეს არის ელვა. პროცესი მრავალჯერ მეორდება. ელვის სიგრძე 2-დან 20 კმ-მდე და ზოგჯერ კი 50 კმ-ს აღწევს. ერთი ელჭექის დროს შესაძლოა მოხდეს 50-60 მძლავრი განმუხტვა. დენის ძალა 25000 – 60000 ამპერს და ზოგჯერ კი 200000 ამპერს აღწევს, ძაბვა კი ამ დროს რამდენიმე მილიონი ვოლტის რიგისაა.

განსაკუთრებულად ძლიერი ელქექის სიმძლავრე მთელი მსოფლიოს ელექტროსადგურების სიმძლავრეს აღემატება, მაგრამ ელქექის ენერჯია არ არის მნიშვნელოვანი, რადგანაც განმუხტვა ძალიან მცირე მონაკვეთებში ხდება. ქუხილის წარმოქმნის მექანიზმი შემდეგნაირია: ელვის არხებში სადაც ჩნდება ნაპერწკალი, ჰაერის ტემპერატურა 20-25 ათას გრადუსს აღწევს. ამის გამო ჰაერი არხში უცბად ფართოვდება და წარმოიქმნება ვაკუუმი, მაგრამ ვაკუუმი ბუნებაში ძალიან არახანგრძლივი მოვლენაა. სიცარიელე აუცილებლად სასწრაფოდ უნდა შეივსოს, ამიტომ არხში შემოიჭრება გარეთა ჰაერი და ამ დროს გვესმის ქუხილი [7].

ევროპაში სტატისტიკური მანაცემების მიხედვით ელქექისგან საშუალოდ წელიწადში 40 და ჩრდილო ამერიკის კონტინენტზე კი 230 ადამიანი იღუპება. ხშირია ელქექით გამოწვეული ტყის ხანძრები. მათი რაოდენობა წელიწადში მთელს მსოფლიოში რადენიმე ათასს აღწევს, მაგრამ ამასთან არ შეიძლება არ აღვნიშნოთ, რომ ელქექს სარგებლობაც მოაქვს. ელქექი წარმოადგენს აზოტოვანი სასუქების გამომუშავების მექანიზმს. ყოველი მისი გაელვება 2-3 ტონა აზოტის ორჯანგს იძლევა. დედამიწის ზედაპირზე წელიწადში წვიმასთან ერთად ბმული აზოტის ასეული მილიონი ტონა ჩამოედინება.

ელვების მთავარ გენერატორებს წარმოადგენენ ელქექის დრუბლები. იმისათვის, რომ განვითარდეს ელქექის დრუბელი (Cb), საჭიროა 10-15 მ/წმ და მეტი სიჩქარის მქონე თბილი ნოტიო ჰაერის ვერტიკალური ნაკადების არსებობა. ასეთი ვერტიკალური დენები შეიძლება განვითარდეს იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს დედამიწის ზედაპირის არათანაბარ გათბობას ან ჰაერის იძულებით აღმასვლას ფრონტალური გამყოფის ან მთის ფერდობის გასწვრივ. ამ პროცესებზე დაკვირვება ხდება მაშინ, როცა არსებობს ჰაერის მასის დიდი ნოტიო არამდგრადობა, როცა Cb სიმძლავრე აღწევს 4000-5000 მ-მდე და ზოგჯერ კი 7000-8000 მ-საც, რადგანაც აღმავალი დენების ინტენსივობას ხელს უწყობს კონდენსაციის სითბო. დენების ინტენსივობასთან დაკავშირებულია, დრუბელში არამარტო სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობებში მყოფი

დრუბლის ნაწილაკების მიხედვით განაწილება, არამედ მოცულობითი მუხტების გადანაწილებაც. თუ მცირე ელემენტებს (ფიფქები, კრისტალები, წვრილი წვეთები) გააჩნია გადამეტებული დადებითი მუხტი და უფრო მსხვილ ელემენტებს-უარყოფითი, მაშინ დრუბლის ზედა ნაწილში გროვდება დადებითი მოცულობითი მუხტი, ქვედაში კი უარყოფითი.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ელქექის წარმოშობისათვის საჭიროა, რომ დრუბლის სიმძლავრე ნულოვანი იზოთერმის ზემოთ იყოს არანაკლებ 1500-2000 მ. ელექტრიზაციის პროცესები, რომლებიც წარმოიქმნება ფაზური გადასვლების და მყარი და თხევადი ნაწილაკების ურთიერთქმედების დროს, გადამწყვეტ როლს თამაშობს დრუბელში ელექტრობის რეგენერაციასა და მოცულობითი მუხტის შექმნაში [8].

ბოლო დრომდე ასე, თუ ისე ცნობილი იყო ელქექის წარმოშობის, განვითარების ტიპები. 1989 წელს მინესოტის უნივერსიტეტში მკვლევარებმა, მინეაპოლისში მაღალმგრძნობიარე ფოტომეტრის მეშვეობით ერთუჯრედიან კონვექციურ დრუბლის მწვერვალის დაკვირვებისას აღმოაჩინეს მოვლენა, რომელმაც შეიძლება ითქვას გადატრიალება მოახდინა ელქექის შესწავლაში.

ატმოსფეროს ზედა ფენებში, კერძოდ იონოსფეროში, მიმდინარეობს მოკლევადიანი ელექტრული განმუხტვები. ამ ხანმოკლე მნათი მოვლენის (Transient Luminous Event) რამდენიმე ტიპი არსებობს, მათგან ყველაზე გავრცელებული ეგრეთ წოდებული სპრაიტებია. სპრაიტები კაშკაშა წითელი სინათლის გაელვებებია, რომლებიც შტორმული სისტემის თავზე წარმოიქმნება. ისინი ფართომასშტაბიანი ელექტრული განმუხტვებია სეტყვა-ელქექური დრუბლის ზემოთ და სხვადასხვა ფორმას იღებენ. ჩვეულებრივ მოწითალო-ნარინჯისფერი ან მომწვანო-მოლურჯო ფერის არიან. ხშირად 50-დან 90 კმ სიმაღლეზე ჩნდებიან დედამიწის ზედაპირიდან. მეორე გავრცელებული მოვლენა-ჯეტებია, რომლებიც ასევე ატმოსფეროს ზედა ფენების განმუხტვებია და წარმოადგენენ ტროპოსფერული ელქექების შემადგენელ ნაწილს. ძირითადად არსებობს ვიგანტური და ლურჯი



ფერის ჯეტები. მესამე მოვლენა ელვებია (Emission of Light and Very Low Frequency), რომლებიც 400კმ დიამეტრის ზომის განმუხტვებია და წამის მეათასედ მონაკვეთში გრძელდება. ისინი დელამიწის ზედაპირიდან 100 კმ სიმაღლეზე წარმოიქმნებიან და უმეტესად წითელი შეფერილობისაა. ელვა პირველად შატლის მისიამ დააფიქსირა 1990წ. 7 ოქტომბერს მეზომასშტაბური ელჭექების ექსპერიმენტის (Mesoscale Lightning Experiment) ჯგუფმა მარშალის კოსმოსური ფრენის ცენტრიდან (<https://cloudatlas.wmo.int/imgviewer-5020.txt>).

მეცნიერები ჯერ-ჯერობით ვერ ხსნიან ამ მოვლენებს, მაგრამ მიმდინარეობს ინტენსიური კვლევები, როგორც NASA-თან არსებულ “Space Shuttle Observations of Lightning”, ასევე, კოსმოსში საერთაშორისო სადგურზე.

## 12. საკვლევი ტერიტორიის ფიზიკურ-გეოგრაფიული აღწერა

საქართველოს ტერიტორიაზე ოროგრაფიული პირობების მიხედვით გამოიყოფა სამი დიდი ერთეული: კავკასიონი, საქართველოს სამხრეთ მთიანეთი და მათ შორის მოქცეული ბარი. ქვეყნის ასეთი ოროგრაფიული სახე განსაზღვრავს ჰაერის მასების დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან გადაადგილების ძირითად გზას.

კავკასიონსა და სამხრეთ მთიანეთს შორის მოქცეული მთათაშორისი ბარი, რომელიც საქართველოში ჰაერის მასების გადაადგილების მთავარი გზაა, სამი ნაწილისაგან შედგება: კოლხეთის დაბლობი, იმერეთის მაღლობი და მტკვრის დეპრესია. კლიმატური პირობების მიხედვით მთათაშორისი ბარი ორი დიდი ერთეულისგან შედგება: ერთი მოიცავს დასავლეთ საქართველოს დაბლობს, მეორე-აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკეს. მათ შორის მდებარეობს ლიხის ქედი, რომელიც მთავარი კლიმატგამყოფია დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს შორის.

დასავლეთ საქართველოს დაბლობი ნაწილი, რომელიც შეიცავს ზღვისპირეთს, კოლხეთის დაბლობს და რიონის დეპრესიას თავისი მთისწინეთებით, კლიმატური პირობების მიხედვით დაყოფილია შემდეგ ზონებად [9,10]:

I – შავი ზღვისპირეთის სამხრეთი ნაწილი;

II – შავი ზღვისპირეთის ჩრდილოეთი ნაწილი;

III – დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობი ნაწილი თავისი მთისწინეთებით;

IV – იმერეთის მასივი ლიხის ქედის დასავლეთი ფერდობებით.

ამ რაიონებისათვის დამახასიათებელია მაღალი ტენიანობა და ძლიერი ხანგრძლივი მშრალი ქარები.

აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობს უკავია მდ. მტკვრის ხეობის ფართო ნაწილი ლიხის ქედიდან მცხეთის კარამდე, ქვემო ქართლის და ალაზნის ველები. საქართველოს ამ ნაწილში გამოყოფილია შემდეგი კლიმატური ზონები:

V – ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობები მთისწინეთებით;

VI – ალაზნის ველი მთისწინეთებით;

VII – იორის ზეგანი მოსაზღვრე სტეპებით.

ალაზნის ველის კლიმატზე დიდ გავლენას ახდენს ცივგომბორის ქედის და კახეთის კავკასიონის ფერდობები. ველის მდებარეობა ამ ქედებს შორის ხელს უწყობს შემავალი ჰაერის მასების კონვერგენციას და ტენის კონდენსაციას. ამის გამო, ალაზნის ველი საკმაოდ ტენიანია, რითაც ის არსებითად განსხვავდება ახლო მდებარე იორის ზეგანისაგან და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობისაგან.

საქართველოს მთიანი ნაწილი თავისი ოროგრაფიული, მორფოლოგიური და კლიმატური პირობებით იყოფა ორ არედ: პირველი შეიცავს დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებს თავისი მერიდიანულად და განივად განლაგებული ქედებით, მეორე – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი. აღსანიშნავია, რომ პირველი არე მეტად ტენიანია, ვიდრე მეორე.

კავკასიონი, რომლის სამხრეთი ფერდობებიც უკავია საქართველოს, განფენილია ჩრდილო აღმოსავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთით და შედგება სხვადასხვა მიმართულების და სიმაღლის მრავალრიცხოვანი ქედებისაგან. იგი წარმოადგენს ბუნებრივ ზღუდე-დაბრკოლებას ჩრდილოეთის ცივი ჰაერის მასების შემოჭრისათვის. მყინვარები და მუდმივი თოვლის საფარი უზრუნველყოფს ხშირ და უხვწყლიან ინტენსიურ კვებას მდინარეთა ქსელისათვის, რომელიც ფორმირდება კავკასიონის კალთებზე. საქართველოს საზღვრებში კავკასიონის ფერდობები დაფარულია ტყის მასივებით, რაც განაპირობებს მათ საკმაოდ ტენიანობას. ყოველივე ამის და სამხრეთ ფერდობების ოროგრაფიული სტრუქტურის გამო სხვადასხვა კლიმატური პარამეტრების რეჟიმი შერბილებულია.

კავკასიონი იყოფა სამ-დასავლეთ, ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებად. კავკასიონის შუა და მაღალმთიანეთის ფარგლებში ტენის პირველწყაროსაგან

დაშორების მიხედვით კლიმატის კონტინენტალობა იზრდება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. იგივე მიმართულებით კლებულობს ტენიანობა. შავ ზღვასთან მიმდებარე დიდი კავკასიონის დასავლეთ პერიფერიული ნაწილი, წარმოადგენს პირველ დაბრკოლებას დასავლეთ პროცესების გავრცელებისათვის აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამიტომ, მეტეოროლოგიური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია ადვექციასთან დასავლეთიდან, ძალიან გამწვავებულია (იხ.ცხრ.1.1).

ცხრილში 1.1. მოყვანილია კლიმატური ზონების ფართობები და ამ ტერიტორიაზე განლაგებული მეტეოსადგურები, რომელთა მონაცემებიც გამოყენებულია წარმოდგენილ ნაშრომში [9].

**ცხრილი 1.1 კლიმატური ზონების ფართობები და მათზე განლაგებული სეტყვისა და ელჭექის მარეგისტრირებელი მეტეოსადგურების განაწილება**

კლიმატური ზონა	სეტყვა				ელჭექი		
	ზონის ფართობი (კმ <sup>2</sup> )	საშ. სიმაღლე ზ.დ. (მ)	სადგურების რაოდენობა	ფართი ერთ სადგურზე	საშ. სიმაღლე ზ.დ. (მ)	სადგურების რაოდენობა	ფართი ერთ სადგურზე
I. შავიზღვისპირეთის სამხრეთი ნაწილი	900	12	4	225	12	4	225
II. შავიზღვისპირეთის ჩრდილოეთი ნაწილი	2000	18	3	667	6	2	1000
III. დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობი ნაწილი მთისწინეთებით	10900	131	9	1213	110	7	1557
IV. იმერეთის მასივი ლიხის ქედის დასავლეთი ფერდობებით	3700	490	6	617	548	5	740

V. ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობები მთისწინეთებით	7000	711	16	438	709	14	500
VI. ალაზნის ველი მთისწინეთებით	4200	490	11	382	429	6	700
VII. იორის ზეგანი მოსაზღვრე სტეპებით	5600	601	4	1400	601	4	1400
VIII. დასავლეთ კავკასიონის პერიფერიული ნაწილი	2900	-	-	-	-	-	-
IX. დასავლეთ კავკასიონის შიდა ნაწილი	9900	1208	10	990	1158	8	1238
X. აღმოსავლეთ კავკასიონის წინა- და შუამთიანეთი	4400	1070	1	400	1070	1	4400
XI. აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთი	2200	1971	3	733	1760	2	1100
XII. კავკასიონის ჩრდილო ფერდობები	2500	1812	2	1250	1812	2	1250
XIII. სამხრეთ საქართველოს დასავლეთი ნაწილი	2600	1283	4	650	1283	4	650
XIV. მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთი ფერდობები	5500	1370	8	688	1398	10	550
XV. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთი ნაწილი	5700	1471	5	1140	1471	5	1140

დასავლეთ კავკასიონის პერიფერიული ნაწილი გამოყოფილია VIII ზონად. მისგან აღმოსავლეთით მდებარეობს შედარებით მშრალი არე, რომელიც ვერცელდება მდინარე რიონის სათავემდე. აქ კარგად განვითარებულია აღმოსავლეთის ფიონური ქარები. ეს ქარები და ქედების დასავლეთის ჰაერის მასებისადმი პარალელურად განლაგება არის იმის მიზეზი, რომ ამ რაიონებში მცირდება კონდენსაციური პროცესები, რაც

იწვევს რაიონის ნაკლებ ტენიანობას. ეს რაიონი წარმოადგენს IX ზონას – დასავლეთ კავკასიონის შიდა ნაწილი. კავკასიონის ცენტრალურ და აღმოსავლეთ ნაწილებში გამოიყოფა შუამთიანეთი. ის შეიცავს მდინარეების – დიდი ლიახვის, არაგვის, იორის შუა დინებებს და იმ მდინარეების სათავეებს, რომლებიც კახეთის კავკასიონიდან ჩამოედინებიან. ამ რაიონის თავისებურებას განაპირობებს მისი მდებარეობა: სამხრეთიდან მთისწინეთი და ველები, ჩრდილოეთიდან კი მაღალმთიანეთი. ასეთი მდებარეობა განაპირობებს დიდ განსხვავებას კლიმატური ელემენტების რეჟიმში და მათ რაოდენობრივ მაჩვენებლებში. ამ მიზეზით გამოყოფილია X ზონა – აღმოსავლეთ კავკასიონის წინა და შუამთიანეთი. ამ რაიონის ჩრდილოეთით მდებარეობს აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთი. იგი შეიცავს კახეთის კავკასიონის მთლიან მაღალმთიანეთს. აქ აკუმულირდება თოვლის მნიშვნელოვანი მარაგი და მისი ზონალური დნობა უზრუნველყოფს წყლის მარაგით მდინარეთა სისტემას, რომელიც ჩამოედინება სამხრეთ ფერდობებიდან. ამ რაიონში ნალექთა რაოდენობა იზრდება ზღვის დონიდან 2300-3000 მ-ის სიმაღლემდე, ეს ნაწილი გამოყოფილია XI ზონად – აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთი. განსაკუთრებულ რაიონად გამოყოფილია XII ზონა – კავკასიონის ჩრდილო ფერდობები. აქ სამხრეთ ფერდობებისათვის დამახასიათებელი პროცესები თითქმის მთლიანად ქრება და ადგილი ეთმობა ჩრდილო კავკასიისათვის დამახასიათებელ პროცესებს. ამ რაიონს საქართველოს ძალიან მცირე ნაწილი უკავია – ქედის აღმოსავლეთ განაპირა ნაწილი. ის ხასიათდება სუსტი ტენიანობით, ზრდადი კონტინენტურობით და მუდმივი თოვლის საფარით. (ზღ. დონიდან >3000 მ).

სამხრეთ საქართველოს მთიანეთი თავისი ბუნებრივ-კლიმატური პირობების მიხედვით იყოფა სამ ძირითად რაიონად: მთიანეთის დასავლეთი ნაწილი შავი ზღვისპირეთის სამხრეთ ნაწილიდან. მასში შენარჩუნებულია ზღვისპირა კლიმატის ძირითადი თავისებურებანი. აქ ქედების გავლენით მეტეოპროცესები

უფრო გამწვავებულია, რაც პირველ რიგში გამოიხატება რაიონის ტენიანობის ზრდაში, განსაკუთრებით იმ ქედების ფერდობებზე, რომლებიც ზღვისკენ ეშვებიან. რაიონს უკავია მდინარე აჭარისწყალის მთელი აუზი და მცირე მდინარეების სათავეები. ამ რაიონისათვის დამახასიათებელია ნალექთა რაოდენობის შემცირება ზღვის დონიდან სიმაღლის ზრდასთან ერთად. რაიონის აღმოსავლეთ საზღვარს წარმოადგენს არსიანის კლიმატ-გამყოფი ქედი (სიმაღლე ზღვის დონიდან 2500-3000მ). რაიონის ამ საზღვარზე ნალექთა წლიური ჯამი 50%-ს აღწევს იმ ჯამური რაოდენობიდან, რომელიც ზღვისპირეთზეა.

მდინარე აჭარისწყალის ხეობის შედარებით სიმშრალე და ნალექთა ინვერსია ზღვიდან დაშორებისას, ტენის სწრაფი კლების და ფიონური ქარების გავლენის შედეგია. რაიონის შიდა ნაწილში ზღვისკენ დაშვებულ ფერდობებზე არის ადგილები, სადაც ჯამური ნალექთა რაოდენობა 4000 მმ-ს აღწევს (იხ.ცხრ.1.1). რაიონის განაპირა დასავლეთი ნაწილი ხასიათდება სუბტროპიკული კლიმატით (ცხრილში 1.1 ის XIII ზონითაა წარმოდგენილი) სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის დასავლეთი ნაწილი.



**ნახ. 1.1. მეტეოროლოგიური სადგურების განლაგება საქართველოს ტერიტორიაზე [11]**

სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის მეორე რაიონი გამოირჩევა განსაკუთრებული მდებარეობით. იგი მოიცავს მესხეთისა და თრიალეთის ქედების სამხრეთ ფერდობებს და წარმოადგენს გარდამავალ ზონას მთიანეთის ზედმეტად ტენიანი ზონიდან მკვეთრად კონტინენტალურში.

მესამე რაიონი ხასიათდება ზომიერი კონტინენტალური კლიმატით, ნალექების სიუხვით, მზის მაღალი რადიაციით და კიდევ მთელი რიგი ხელსაყრელი ფიზიკურ-კლიმატური ფაქტორებით. ამ რაიონში მდებარეობს მრავალი კლიმატური, ბალნეოლოგიური კურორტი და წარმოდგენილია XIV ზონით- “მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთ ფერდობები”.

სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის ცენტრალური ნაწილი გამოირჩევა სიმშრალით და დიდი კონტინენტალურობით. მისი მაღალი ქედები ეღობება ზღვიდან შემოჭრილ ტენშემცველ ჰაერის მასებს. არსიანის ქედის გადალახვისას ჰაერის მასები იძენენ ფიონურ ხასიათს და ხდება მათი გამომშრობა. მერიდიანულად განლაგებული სამსარის და ჯავახეთის ქედები კი იცავენ რაიონს, აღმოსავლეთიდან წამოსული ჰაერის ნაკადებისაგან. ნალექთა მცირე რაოდენობის გამო რაიონში თითქმის არ არსებობს ბუნებრივი მცენარეული საფარი, რაც განაპირობებს კლიმატის კონტინენტალურობის გაძლიერებას. აქ პრევალირებს ქვაბულები, მაღალმთიანი ვაკეები, პლატოები და რელიეფის სხვა უარყოფითი ფორმები. რაიონის ასეთი ოროგრაფიული სტრუქტურა არის მისი სიმშრალის და ტემპერატურის რყევადობის ძირითადი მიზეზი. რაიონისათვის დამახასიათებელია სუსტი აერაცია. მაღალმთიანეთი ხასიათდება შედარებით სუსტი თოვლის საფარით. რეგიონის საკუთარი ჰიდროგრაფიული ქსელი სუსტადაა განვითარებული. აქ მდებარე დიდი და პატარა ტბები ძირითადად მიწისქვეშა წყლებით იკვებებიან. ეს XV ზონაა – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთ ნაწილი.



## ლიტერატურა

1. საქართველოს სტიქიური სეტყვის კადასტრი. თბილისი, საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტი. 1949-2006წწ. 2008.
2. Гигинейшвили В.М. Градобития в Восточной Грузии. Л. Гидрометиздат. 1960.
3. Амиранашвили А.Г., Нодия А.Г., Торонджадзе А.Ф., Хуродзе Т.В. – Некоторые статистические характеристики числа дней с градом в тёплое полугодие в Грузии в 1941- 1990гг. Труды Института геофизики им. М. Нодия, 2003.т. 58
4. Changnon S.A., Climatology of Hail in United States, CRR-40, Changnon Climatologist, Mahomet, Illinois. 1997
5. Hill C. Mayday! Weatherwise, June/July 25-28. 1996
6. WMO (World Meteorological Organization), 1956: World Distribution of Thunderstorm Days. WMO Publ. No. 21, TP. 21
7. Муранов А.П. В мире необычных и грозных явлений природы. Москва, Просвещение. 1977
8. Гуния С.У. Грозные процессы в условиях Закавказья. Л. Гидрометиздат. 1961
9. Климат и климатические ресурсы Грузии. Тр. ЗаКНИГМИ , вып. 44(50), - Л. Гидрометиздат. 1971.
10. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბილისი 2007,
11. M.Tatishvili, E.Elizbarashvili, R.Meskhia, SH. Elizbarashvili. Climate change assessment in Georgia. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. vol. 3.Vienna, Austria. 2014.

## თავი 2. საქართველოს ტერიტორიაზე სექცვიან დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილება

სექცვა საშიშ სტიქიურ მოვლენათა რიცხვს მიეკუთვნება, იგი მოდის ძირითადად წვიმის გროვა ღრუბლებიდან სხვადასხვა ზომის და ფორმის ყინულის მკვრივი კრისტალების სახით. მისი წარმოქმნა და მოსვლა განპირობებულია, როგორც ფრონტალური, ასევე ადგილობრივი პროცესებით. სექცვის წარმოქმნა და მოსვლა ხდება დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრის და სამხრეთ კავკასიის ტერიტორიაზე განვითარებული ტალღური აღრევის დროს.

საქართველოში სექცვა ხშირი მოვლენაა, განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ყოველწლიურად სასოფლო – სამეურნეო კულტურები სხვადასხვა სახის დაზიანებებს განიცდიან. სექცვის დიდი ტერიტორიული გავრცელება და სასოფლო – სამეურნეო კულტურების დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია მისი გამომწვევი მიზეზების ინტენსივობაზე და სექცვის მარცვლების დიამეტრზე.

დასავლეთ საქართველოში შავი ზღვის გავლენით სექცვა შეიძლება მოვიდეს წლის ნებისმიერ დროს, მაგრამ აღმოსავლეთ საქართველოსაგან განსხვავებით ნაკლები ინტენსივობითა და სიხშირით ხასიათდება. ასეთ განსხვავებას მეცნიერები ხსნიან ზღვის გავლენით და კარგად განვითარებული ტყის საფარით, რომლებიც თავის ზედაპირზე ამცირებენ ატმოსფერული პროცესების ინტენსივობას

დასავლეთ საქართველოში ვ. გიგინეიშვილის [1] მიერ გამოყოფილია სექცვის პროცესების ტიპები: 1. ზღვის ტიპი, სექცვა შეიძლება მოვიდეს წლის ნებისმიერ დროს, მათ მიეკუთვნება არა მარტო სანაპირო ზოლი, არამედ ზღვიდან დაცილებული რაიონებიც (ლანჩხუთი, წალენჯიხა, სამტრედია, ქუთაისი, გაგრის ქედი, საქარა, მუხური, ნაბეღლავი და სხვა); 2. სექცვის კონტინენტური ტიპი, იგი

მოდის მხოლოდ გაზაფხულზე, ზაფხულში და შემოდგომაზე, ასეთია: ბახმარო, ლეხარდე და სხვა; 3. მაღალმთიანი ტიპი, სეტყვა მოდის მხოლოდ ზაფხულში და იშვიათად შემოდგომაზე.

საქართველოში ჩატარებული სტაციონარული დაკვირვებები და ექსპედიციური მონაცემები მოწმობენ, რომ სეტყვის ცალკეული მარცვლების ზომა შეიძლება 3-4 სმ და მეტი დიამეტრის იყოს. სეტყვა ზოგჯერ მიწის ზედაპირს რამოდენიმე სანტიმეტრით ფარავს და მთლიანად ანადგურებს სასოფლო – სამეურნეო კულტურებს, მოსავალს, აგრეთვე გავლენას ახდენს მომავალი წლის მოსავლიანობაზეც, ხეხილის ვარჯის დაზიანების გამო.

**სეტყვიანობის და ელჭექიანობის სივრცულ-დროითი განაწილების და მათი მახასიათებელი პარამეტრების შესაძლო ვარიაციების გამოსაკვლევეად გამოყენებულია ფიზიკურ-სტატისტიკური მეთოდი [3]. ამ მეთოდის გამოყენებისას განიხილება დაკვირვებათა გრძელი რიგები, რაც ამა თუ იმ კლიმატური პარამეტრის დროითი და სივრცული ვარიაციების გამოვლენის შესაძლებლობას იძლევა.**

იმ მიზნით, რომ დაგვეკავშირებინა სდრ-ს და ედრ-ის განაწილება სხვადასხვა კლიმატურ პარამეტრებთან, მეტეოსადგურები დავაჯგუფეთ კლიმატური ზონების მიხედვით [4]. შემდეგ გამოვთვალეთ სდრ-ის და ედრ-ის შემდეგი სტატისტიკური მახასიათებლები: მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები, ედრ-ს მოღალური მნიშვნელობა, ასიმეტრია, ექსცესი და ვარიაციის კოეფიციენტები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია შესაბამის ცხრილებში. დადგინდა ასევე ძლიერი სეტყვის ( $d > 5$  მმ) განაწილება კლიმატური ზონების მიხედვით დროის განხილული პერიოდის განმავლობაში.

სტატისტიკური უზრუნველყოფა სდრ-ისა და ედრ-ისათვის შემოწმდა მათი მაღალი კორელაციური კავშირით სტანდარტულ გადახრასთან [5,6] აღმოჩნდა, რომ სდრ-ისათვის და ედრ-ისათვის საქართველოს პირობებისათვის დაკვირვების მინიმალურად მისაღები პერიოდი არის 10-15წელი.

## 2.1 სეტყვიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები

სეტყვისგან ეკონომიკაზე მიყენებული ზარალი ყოველწლიურად დიდია, ამიტომ მის განმეორების და ტერიტორიული გავრცელების კანონზომიერებათა შესწავლას დიდი პრაქტიკული და მეცნიერული მნიშვნელობა აქვს.

საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვიანი პროცესების სივრცულ-დროითი განაწილების დასადგენად შეგროვილია და სისტემატიზირებულია სეტყვიან დღეთა წლიური რიცხვის 1960-2006 წწ-ის, 84 მეტეოსადგურის მონაცემები. შემდეგ გამოთვლილ იქნა სეტყვიან დღეთა რიცხვის (სდრ) ძირითადი სტატისტიკური მახასიათებლები – დაკვირვების პერიოდი, შემთხვევათა რიცხვი ამ პერიოდის განმავლობაში, მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები და ვარიაციის კოეფიციენტები. სადგურები დაჯგუფდა კლიმატური ზონების მიხედვით [3], რაც იძლევა შესაძლებლობას გავაანალიზოთ სეტყვიან დღეთა სივრცული განაწილება შესაბამისი რეგიონის კლიმატური პირობების გათვალისწინებით. სეტყვიან დღეთა წლიური მსვლელობა შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში ხასიათდება ორი მაქსიმუმით, ერთი აღინიშნება ოქტომბერში და მეორე – იანვარში. (ცხრ.1.1.) ამას ხსნიან ზაფხულში ღრუბლების დიდი ადიაბატური წყლიანობით, რომელიც განაპირობებს კონდენსაციის მაღალ ტემპერატურას და ჰიგროსკოპული ნაწილაკების მნიშვნელოვნად დიდ რიცხვს. სეტყვიან დღეთა მინიმუმი ნოემბერ – დეკემბერშია, რაც აიხსნება ცირკულაციური პროცესებით

საქართველოში წვრილი ინტენსიური სეტყვა ხშირია (70%) და მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას; მსხვილი სეტყვა 10-15 მმ. და 30-40 მმ. მეტი დიამეტრის მიუხედავად ნაკლები განმეორებისა, გამოირჩევა დიდი გამანადგურებელი შედეგებით. მას შეუძლია მთლიანად გაანადგუროს ნათესები, მოსავალი, გახვრიტოს

თუნუქის სახურავი, დაამსხვრიოს შიფერისა და კრამიტის სახურავები, ჩაამსხვრიოს მინები, დაახიანოს მანქანების კორპუსები, დახოცოს საქონელი და ფრინველები, როცა სეტყვის ცალკეული მარცვლების წონა 100-200 გ. და მეტია შეიძლება ადამიანის დაღუპვის მიზეზიც გახდეს. მსხვილი ინტენსიური სეტყვა ზაფხულობით იცის და დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის ძლიერ გათბობაზე და კონვექციის სიძლიერეზე, ატმოსფეროს სინოტივეზე და არამდგრადობაზე.

I და II ზონა, მოიცავს შავი ზღვისპირეთის სამხრეთ და ჩრდილო სანაპირო რაიონებს. ამ ზონებში მოხვდა შესაბამისად 4 და 3 მეტეოსადგური. მათი სიმაღლეები 4-დან 50-მეტრამდეა ზღვის დონიდან. ყველაზე დაბალი ფოთია, მაღალი კი გუდაუთა. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 11-17 წელს შეიცავს. სეტყვის მოხვლის შემთხვევათა რიცხვი ამ პერიოდის განმავლობაში საშუალოდ 22-დან 36-მდე შემთხვევას შეიცავს. მაქსიმალური სდრ I ზონაში საშუალოდ შეადგენს 4 (უმცირესი 2 – ქობულეთი და ჩაქვი – 6). ჩაქვი [5] თანახმად, სეტყვა-ელექტური პროცესების ე.წ. ადგილობრივ კერას წარმოადგენს. სდრ-ს მინიმალური მნიშვნელობა თითქმის ყველა განხილულ სადგურზე 1-ის ტოლია. სდრ-ის საშუალო მნიშვნელობები 1,4 – 2,2 ინტერვალშია მოქცეული. სტანდარტული გადახრა 0,9 და ვარიაციის კოეფიციენტი 45%-ს შეადგენს. სამ სადგურზე განაწილება მიახლოებულია ნორმალურთან და აქვს ე.წ. ბრტყელ მრუდიანი სახე. ჩაქვის მონაცემთა რიგი უფრო ასიმეტრიულია და განაწილებას აქვს უფრო მსხვილი მრუდი, რაც შეეხება მეორე კლიმატურ ზონას – შავი ზღვისპირეთის ჩრდილო ნაწილს, აქ მხოლოდ სამი სადგურის მონაცემია, მაგრამ სტატისტიკურად მნიშვნელოვანია მხოლოდ ერთი სადგურის მონაცემი. ეს არის თორსა, მაგრამ გაგრა და გუდაუთა მაინც შევიდა ცხრილის ანალიზში იმიტომ, რომ ამ სადგურზე დაფიქსირებულია საკმაოდ დიდი ზომის  $d=20$  მმ სეტყვა. დაკვირვების პერიოდი შეადგენს 17 წელს. შემთხვევათა რიცხვი 36, სდრ-ს მაქსიმუმი 7 ტოლია, საშუალო – 2,

გადახრა საკმაოდ დიდია -1,7. მონაცემთა რიგი არაერთგვაროვანია, ასიმეტრიულია, მახვილმრუდიანი, ნორმალურთან არც ისე მიახლოებულია. ორივე ზონის კლიმატს აქვს ნოტიო სუბტროპიკული პროფილი.

III კლიმატური ზონა თითქმის 11 000 კმ<sup>2</sup> ფართს მოიცავს. ეს დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობი ნაწილია თავისი მთისწინეთებით. ამ ზონაში 9 მეტეოსადგურის სდრ-ს მონაცემებია განხილული. ამ სადგურების სიმაღლე ზღვის დონიდან იცვლება 20 მ-დან 170 მ-მდე. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 10-15 წელს შეადგენს. შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ 22-ია, მაგრამ ზუგდიდის, სენაკის სადგურებზე თითქმის 90-ს აღწევს. დანარჩენ სადგურებზე სდრ არ აღემატება 16. სდრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა (7, 8, 12) დაიკვირვება ზუგდიდში და სენაკში. დანარჩენ სადგურებზე ეს მნიშვნელობა არ აღემატება 3-ს. საშუალოდ ზონაში მაქსიმუმში 4 დღეს აღწევს. სდრ-ს საშუალო მნიშვნელობა 1 – 3,3 ინტერვალშია მოქცეული. ყველა ეს შედეგები მოყვანილია ცხრილში 2.1.

*ცხრილი 2.1 (ა,ბ,გ,დ) საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვის წლიური დღეთა რიცხვის 1960-2006 წლების სტატისტიკური პარამეტრები. (H – სიმაღლე ზღვის დონიდან, T – დაკვირვების პერიოდი, N – შემთხვევათა რიცხვი, მაქსიმალური (max), საშუალო ( $\bar{n}$ ) მნიშვნელობები,  $\sigma$  – სტანდარტული გადახრა, As – ასიმეტრია, Ex – ექსცესი, C<sub>v</sub> – ვარიაციის კოეფიციენტი)*

ა)

კლიმ ზონა	მეტეო სადგური	H (მ)	N	max	$\bar{n}$	$\sigma$	As	Ex	$C_v(\%)$
			5	6	7	8	9	10	11
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11
I	1. ფოთი	4	12	3	2	0.9	0	-1.9	45
	2. ქობულეთი	5	11	2	1.4	0.5	0.6	-2.2	38
	3. ბათუმი	10	31	4	2.2	1.0	0.3	-1.3	51
	4. ჩაქვი	30	32	5	1.8	1.2	1.6	1.8	68
II	1. გაგრა	7	2	1	1	-	-	-	-
	2. თორსა	10	36	7	2.1	1.8	1.7	2.2	85
	3. გუდაუთა	50	1	1	1	-	-	-	-
III	1. ღანჩხუთი	20	16	7	1.7	1.2	2.9	8.3	117
	2. სენაკი	40	53	12	3.3	3.0	1.9	3.7	91
	3. ვანი	46	2	1	1	-	-	-	-
	4. ქუთაისი	114	14	2	1.1	0.3	3.6	13	26
	5. ზუგდიდი	117	88	8	2.9	1.69	1.2	2.3	54
	6. წყალტუბო	121	1	1	1	-	-	-	-
	7. ანასუელი	158	11	3	1.2	0.6	3	9	55
	8. მარტვილი	170	5	1	1	-	-	-	-

ბ)

IV	1. საქარა	148	7	3	1.8	0.9	0.9	-1.3	54
	2. დიმი	200	3	1	1.5	-	-	-	-
	3. სანხერე	415	18	3	1.4	0.6	1.6	1.8	47
	4. ტყიბული	593	16	2	1.3	0.5	0.8	-1.7	37
	5. წიფა	673	14	2	1.1	0.3	3.6	13	26
	6. საირმე	910	18	3	1.5	0.7	1.1	0.4	45
V	1. თბილისი	403	59	4	2.1	1.4	1.7	3.8	68
	2. მარნეული	432	16	3	1.6	0.8	1	-0.7	53
	3. თბილისი აეროპ.	490	13	5	2.4	1.2	1.8	3.9	68
	4. ბოლნისი	534	80	13	2.4	2.3	3.5	15	96
	5. სამგორი	549	31	4	1.6	0.7	1.6	4.1	47
	6. მუხრანი	550	29	4	1.5	0.9	2.2	4.2	65
	7. გორი	588	63	4	2.1	1.1	0.6	-0.8	52
	8. სადახლო	650	8	2	2	0	-	-	-
	9. ხაშური	690	26	3	1.4	0.6	1.7	1.7	47
	10. ახალგორი	760	25	4	1.6	0.8	1.7	2.7	57
	11. ზნაური	790	1	1	1	-	-	-	-
	12. საგარეჯო	802	54	6	2.4	1.5	1	0.4	64
	13. ცხინვალი	862	24	5	2.4	1.2	0.7	0.6	53
	14. დუშეთი	922	53	4	2.1	0.9	1.1	0.2	47
	15. თიანეთი	1099	85	8	2.8	1.7	1.7	1.4	62
	16. მთასაბუეთი	1242	41	5	2.3	1.0	0.7	0.8	47



ბ)

VI	1. ალაზანი	290	6	2	1.2	0.4	2.2	5	36
	2. წნორი	294	12	2	1.1	0.3	3.3	11	28
	3. გურჯაანი	410	84	5	2.2	1.1	0.7	-0.2	49
	4. ლაგოდეხი	435	18	3	1.4	0.7	1.8	1.6	56
	5. ყვარელი	443	48	4	2.0	0.8	0.5	-0.2	42
	6. ლენჯორა	543	5	2	1.3	0.5	2	4	40
	7. საბუე	560	12	4	2.4	1.3	-0.2	7	56
	8. ახმეტა	567	47	4	2.1	1.1	0.4	-1.3	52
	9. თელავი	668	60	8	2.4	1.7	1.8	3.7	71
	10. სიღნაღი	795	20	4	2.9	0.6	-0.8	0.3	37
VII	1. გარდაბანი	300	31	3	1.6	0.7	0.8	-0.7	47
	2. შირაქი	555	49	4	2.1	1.0	0.6	-0.5	47
	3. უდაბნო	750	18	5	1.7	1.1	2.5	7	75
	4. დედოფლი სწყვარო	800	81	5	2.0	1.1	1	0.4	53
IX	1. ალაპანა	366	6	3	1.5	0.4	0.9	-1.8	94
	2. ცაგერი	474	21	5	1.6	1.2	2.3	5.4	74
	3. ამბროლაური	544	21	5	1.6	1.2	2.1	3.7	78
	4. ლენტეხი	760	17	11	2.4	3.8	2.7	7	155
	5. ონი	788	23	3	1.4	0.6	1.6	1.9	45
	6. შოვი	1507	50	7	3.0	2.1	0.7	-0.8	70
	7. ლეპარდე	1610	42	8	2.8	2.1	1.3	1	77
	8. მამისონის უღ.	2854	103	11	4.7	3.1	0.7	-0.5	67

დ)

X	1. ფასნაური	1070	43	6	1.6	1.4	1.3	1.4	92
XI	1. ბარისახო	1325	52	6	2.4	1.6	1.2	0.6	69
	2. გუდაური	2194	64	15	5.3	4.7	1.2	0.2	88
	3. ჯვრის უღ.	2395	12	5	3.0	1.6	1.6	0	54
XII	1. სტეფანწმინდა	1744	17	3	1.6	0.7	0.9	0.1	44
	2. ომალო	1880	36	3	1.7	0.8	0.6	-1.3	36
XIII	1. ქედა	256	3	1	1	0	-	-	-
	2. ხულო	923	43	4	1.7	1.1	1.3	0.4	62
	3. ბახმარო	1926	98	9	3.3	2.1	1.4	2	65
	4. გოდერძის უღ.	2025	129	18	5.2	3.9	1.5	3.5	76
XIV	1. ბორჯომი	789	74	6	2.3	1.3	1	0.5	59
	2. თეთრი-წყარო	1140	101	11	3.6	2.4	1.3	1.9	67
	3. აღიგენი	1185	15	3	1.3	0.6	2.6	6.3	50
	4. მანგლისი	1194	129	14	4.3	3.0	1.3	2.1	70
	5. დმანისი	1256	105	12	3.8	3.1	2.9	11	85
	6. აბასთუმანი	1265	76	14	3.0	2.7	2.6	8.7	98
	7. ბაკურიანი	1665	120	10	4.3	2.5	0.6	-0.7	60
	8. ზეკარის უღ.	2180	149	23	6.8	0.4	1.4	2.6	79
	9. ცხრა-წყარო	2466	107	12	4.7	2.7	1.1	0.8	59
XV	1. ახალციხე	982	47	7	2.4	1.7	1.5	1.7	72
	2. ასპინძა	1098	42	6	2.3	1.5	1	0.6	62
	3. წაღკა	1457	99	10	3.0	2.2	1.2	1.5	75
	4. ახალქალაქი	1716	70	6	2.6	1.5	0.8	-0.4	57
	5. ფარავანი	2100	121	13	5.8	4.1	0.6	-1.1	71

დიდი საშუალოები ახასიათებს ასევე ლანჩხუთს, ზუგდიდს და სენაკს. მთლიანად ზონისათვის სდრ საშუალო მნიშვნელობაა 1,6 და სტანდარტული გადახრა 0,6. მონაცემთა რიგები, ძირითადად ასიმეტრიულია. კერძოდ, ზუგდიდის რიგს გააჩნია მარცხენა ასიმეტრია, სენაკისას – მარჯვენა. ექსცესებს აქვს საკმაოდ დიდი მნიშვნელობები. რიგებს გააჩნია საკმაოდ დიდი ვარიაციის კოეფიციენტები. კლიმატის პროფილი – ნოტიო სუბტროპიკულია დადებითი ტემპერატურული ბალანსით.

IV კლიმატური ზონა მოიცავს 3700 კმ<sup>2</sup> ფართობს. ეს არის ე.წ. იმერეთის მასივი თავის მთისწინეთებით. ამ რაიონში 6 მეტეოროლოგიური სადგურის სდრ-ის მონაცემი არსებობს. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 150-200 მ-იან ინტერვალშია, საქარიდან საირმემდე. დაკვირვების პერიოდები საშუალოდ 11 წელს შეიცავს. შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ სულ 13-ს უტოლდება, მაქსიმალური კი 18 ხანხერეში და საირმეშია. სდრ-ის მაქსიმუმი 2-3 დღეა (სახხერე, საირმე). საშუალო მნიშვნელობები არ აღემატება 1,8 სტანდარტული გადახრით 0,9. განაწილებები ძირითადად ზომიერად ასიმეტრიულია და მიახლოებულია ნორმალურთან წიფას გამოკლებით, რომლის მონაცემთა რიგის განმეორადობის განაწილება ხასიათდება ასიმეტრიის და ექსცესის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობებით. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 42%-ია.

რაიონი ხასიათდება ნალექების ინვერსიით და ზღვის გავლენის შესუსტებით. III ზონასთან შედარებით ნალექების რაოდენობა მცირეა. აღსანიშნავია, რომ სდრ ზღვისპირეთიდან აღმოსავლეთისკენ მცირდება 2-დან 1,4-მდე

V კლიმატური ზონა - ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობია. მას უკავია 7000 კმ<sup>2</sup> ფართობი. გამოყენებულია 16 მეტეოსადგურის მონაცემი. სადგურების სიმაღლე 400-დან 1200 მ-მდეა. დაკვირვების პერიოდი უმეტეს სადგურზე 10წელზე მეტია და საშუალოდ 18 წელს შეადგენს. შემთხვევათა რიცხვი უმეტეს სადგურზე 20-ზე მეტია, მაქსიმალური – 85 (თიანეთი). სდრ-ის მაქსიმუმი იცვლება 2-დან 13-მდე, უმეტეს სადგურზე 3-ზე მეტია. ბოლნისში 13 სექტვიანი დღე ფიქსირდება. საშუალოდ მაქსიმუმი აღწევს

5. სდრ-ს საშუალო მნიშვნელობები 1,4 – 2,8 ინტერვალშია. საშუალოდ მთლიან ზონაში 1 სადგურზე წელიწადში 2 სექციანი დღე მოდის, სტანდარტული გადახრით 1,2. განაწილება საშუალოდ ზომიერად ასიმეტრიულია და მეტნაკლებად მიახლოებულია ნორმალურთან. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 50%-ია. რაიონი კლიმატის კომპლექსური მანვენებლებებით წარმოადგენს მშრალ სუბტროპიკებს.

VI კლიმატური ზონა – ალაზნის ველი თავისი მთისწინეთებით. შიდა კახეთის რეგიონის ფართია 4200 კმ<sup>2</sup>, 10 მეტეოსადგურის მონაცემებია განხილული. სიმაღლეები ზღვის დონიდან 300 – 800 ინტერვალშია. დაკვირვების პერიოდი 5-დან 38 წლამდეა. მაქსიმალური პერიოდი გურჯაანში 20 წელს აღემატება. თელავის, ახმეტის, ყვარლის დაკვირვების პერიოდები საშუალოდ ზონისთვის 16 წელია. შემთხვევათა რიცხვი 5-დან 84-მდეა, ოთხ სადგურზე კი 20-ზე ნაკლებია, დანარჩენზე კი 20-ზე მეტი. საშუალოდ სადგურზე 31 შემთხვევაა. სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა იცვლება 2-დან 8-მდე (ლესურა, წნორი, ალაზანი -2; თელავი -8), დანარჩენში 3-ზე მეტია. საშუალო მნიშვნელობები იცვლება 1,1-დან 2,9-მდე. ექვს სადგურზე ფიქსირდება 2-ზე მეტი სექციანი დღე. სტანდარტული გადახრა საშუალოდ 0,8-ს უტოლდება. ნიშნადი მონაცემთა რიგები (დაკვირვების პერიოდი 10წ.-ზე მეტი) ზომიერად ასიმეტრიულია. 5 სადგურის რიგების განაწილება მეტნაკლებად მიისწრაფვის ნორმალურისკენ. ვარიაციის კოეფიციენტი 28-71 ინტერვალშია მოქცეული, საშუალოდ 47%-ია. რეგიონი ხასიათდება საკმაოდ მაღალი წლიური ტემპერატურით (13<sup>0</sup>), კლიმატის პროფილია – მშრალი სუბტროპიკები.

VII კლიმატურ ზონას – იორის ზეგანი მიმდებარე სტეპებით, უკავია 5600 კმ<sup>2</sup>, სდრ-ს მონაცემები 4 მეტეოსადგურიდან არის აღებული. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 300-800მ ინტერვალშია. დაკვირვების პერიოდი 11-დან 41-მდეა (საშუალოდ 24 წელია). შემთხვევათა რიცხვი ფიქსირდება 18-დან 81-მდე (მინიმალური უდაბნოში, მაქსიმალური დედოფლისწყაროში). საშუალოდ ერთ

სადგურზე დაყვანისას  $N = 45$ . სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა 3-5 დღეა, საშუალო ერთ სადგურზე თითქმის 2, სტანდარტული გადახრით 0,9. მონაცემთა განაწილება სამ სადგურზე ზომიერად ასიმეტრიულია და მიახლოებულია ნორმალურთან. მხოლოდ უდაბნოს სადგურზე ასიმეტრიაც და ექსცესიც საკმაოდ დიდია. ვარიაციის კოეფიციენტები სამ სადგურზე 50% ფარგლებშია. რაიონი საკმაოდ მშრალი კლიმატით ხასიათდება და მისი პროფილი – მშრალი სუბტროპიკები ტენიანობის მკვეთრად გამოსახული დეფიციტით.

IX კლიმატურ ზონას – დასავლეთ კავკასიონის შიდა ნაწილს, უკავია თითქმის 10 000 კმ<sup>2</sup> ფართობი და მასში 8 მეტეოსადგურის მონაცემებია განხილული. სადგურების სიმაღლე იცვლება ზღვის დონიდან 400 მ-დან თითქმის 3000 მ-მდე (მამისონის უდ.). სადგურების საშუალო შეადგენს სიმაღლე 1200მ, დაკვირვების პერიოდი იცვლება 4-დან 22 წლამდე. ექვს სადგურზე პერიოდი 15 წელს აღემატება. შემთხვევათა რიცხვი 6 – 103 ინტერვალშია, აქაც ექვს სადგურზე  $N$  მეტია 20-ზე, საშუალოდ ერთ სადგურზე მოდის 35 შემთხვევა სეტყვით. სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობები 3-11 –ის ინტერვალშია. ექვს სადგურზე max მეტია ან უტოლდება 5-ს. 11 სეტყვიანი დღე დაფიქსირებულია მამისონის უღელტეხილზე. საშუალო მნიშვნელობები 1,4 – 4,7 ფარგლებშია. ერთ სადგურზე საშუალოდ 3 სეტყვიანი დღე მოდის. სტანდარტული გადახრაა 1,6. მონაცემთა რიგების განაწილებები, ძირითადად ზომიერად ასიმეტრიულია. ოთხი სადგურის მონაცემთა განაწილება უახლოვდება ნორმალურს, დანარჩენების ექსცესის კოეფიციენტები 7 აღწევს. ვარიაციის კოეფიციენტები საკმაოდ დიდია, რაც მიანიშნებს მონაცემთა რიგების არაერთგვაროვნებაზე. რეგიონი ხასიათდება საკმაოდ დაბალი წლიური ტემპერატურებით. კლიმატის პროფილი – მთიანი, ზომიერი ტენიანობით.

X კლიმატურ ზონას – დასავლეთ კავკასიონის მთისწინეთი და შუამთიანეთი უკავია თითქმის 4500 კმ<sup>2</sup>. აქ სულ ერთი სადგურის სდრ-ს მონაცემია ხელმისაწვდომი –

ვასანაურის, რომლის სიმაღლე 1070მ-ია ზღვის დონიდან. დაკვირვების პერიოდი 28 წელს მოიცავს, შემთხვევათა რიცხვი 43. სდრ-ს მაქსიმალური და საშუალო მნიშვნელობები შესაბამისად არის 6 და 2,4, სტანდარტული გადახრა 1,4. მონაცემთა რიგი ასიმეტრიულია, ექსცესი 1,4. განაწილება მეტნაკლებად მიახლოებულია ნორმალურთან. ვარიაციის კოეფიციენტიც მიგვითითებს მონაცემთა რიგის არაერთგვაროვნებაზე. კლიმატი ხასიათდება დაბალი წლიური ტემპერატურით. მისი პროფილი საშუალომთიანია, ზომიერი ტენიანობით.

XI კლიმატურ ზონას – აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთს შედარებით მცირე ფართი უკავია – 2200 კმ<sup>2</sup>. განვიხილავთ 3 მეტეოსადგურის სდრ-ს მონაცემებს. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 1000-დან 2000 მ-დეა. დაკვირვების პერიოდი 10-დან 20 წლამდე. შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ შეადგენს 43 სდრ-ს, მაქსიმალური მნიშვნელობა 5 და 15 ინტერვალშია. 15 ფიქსირდება გულაურში. საშუალო მნიშვნელობები 2,4 – 5,3 ინტერნალშია ანუ ერთ სადგურზე მოდის 3,6 (თითქმის 4 სექციანი დღე). სტანდარტული გადახრა საშუალოდ 2,6 შეადგენს. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია და მიახლოებულია ნორმალურთან. ამ რეგიონში ტენიანობა, შედარებით კავკასიონის წინა განხილულ ნაწილებთან, მატულობს. კლიმატი მთიანი და ნოტიოა.

XII კლიმატურ ზონას – კავკასიონის ჩრდილო ფერდობებს, უკავია 2500კმ<sup>2</sup> ფართი. ჩვენს ხელთ 2 მეტეოსადგურის მონაცემებია. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 1800-1900მ- მდეა. დაკვირვების პერიოდი 11-დან 20 წლამდე. შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ 30-მდე. სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა 3-ს აღწევს ორივე სადგურზე. საშუალო მნიშვნელობა კი 1,7 სტანდარტული გადახრით 0,7. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია ორივე სადგურის მონაცემთა რიგით. ექსცესის მნიშვნელობის მიხედვით იგი ზოგადად მიისწრაფის ნორმალურისაკენ. ვარიაციის კოეფიციენტი არ აღემატება 40%. ამ ზონას ახასიათებს მთიანი და ნაკლებ ტენიანი კლიმატი.

XIII კლიმატურ ზონას – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის დასავლეთ ნაწილს უკავია 2600 კმ<sup>2</sup>. აქ მდებარე 4 მეტეოსადგურის მონაცემებია განხილული. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 300-2000 მ-ის ინტერვალშია. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 11 წელს შეადგენს და შემთხვევათა რიცხვი თითქმის 70-ს. სდრ-ს მაქსიმალური 4 და 18 ინტერვალშია. აღსანიშნავია, რომ სდრ-ის მაქსიმუმები 8 და 18 დაფიქსირებულია ბახმაროში და გოდერძის უღელტეხილზე. საშუალო მნიშვნელობაა 3,4 სტანდარტული გადახრით 2,9. განაწილება ასიმეტრიულია, ექსცესის კოეფიციენტი იცვლება 0,4-დან 3,5-მდე. ვარიაციის კოეფიციენტის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობა (70%) მიგვითითებს მონაცემთა რიგების არაერთგვაროვნებაზე. რაიონი ხასიათდება კლიმატის დიდი კონტინენტალურობით, მისი პროფილი მთიანი და მშრალია.

XIV კლიმატური ზონა – მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთი ფერდობები მოიცავს 5500 კმ<sup>2</sup>. განიხილება 9 მეტეოსადგურის სდრ-ის მონაცემები. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 800–2500მ ინტერვალშია. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ შეადგენს 26 წელს. შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ 97-ია და ექვს სადგურზე იგი 100-ზე მეტია. თითქმის 150 შემთხვევა დაკვირვებულია ზეკარის უღელტეხილზე. სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა 3-23 ინტერვალშია. 3 – ადიგენში, 23 – ზეკარზე. ექვს სადგურზე სდრ-ის  $\max > 10$ . მაქსიმალური მნიშვნელობის საშუალო ერთ სადგურზე უდრის 12. აღსანიშნავია, რომ ამ რეგიონში სდრ-ს მინიმალური მნიშვნელობა ერთზე მეტია (1,1). საშუალო წლიური მნიშვნელობის ცვლილების ინტერვალშია 1,3 – 6,8 , დაყვანილი ერთ სადგურზე – 3,8 სტანდარტული გადახრით 2,1. განაწილების ფუნქცია ასიმეტრიულია მონაცემთა უმეტეს რიგში. ექსცესის მნიშვნელობა 0,5 – 11 ინტერვალშია. ვარიაციის კოეფიციენტი საკმაოდ დიდია – 70, რაც მონაცემთა არაერთგვაროვნებაზე მიგვითითებს. რეგიონში კარგად არის გამოსახული კლიმატის ვერტიკალური ზონალობა. კლიმატის პროფილი მთიანი,

ზომიერი ტენიანობით, გრილი ზამთრით და ზომიერად თბილი ზაფხულით.

XV კლიმატურ ზონას – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთ ნაწილს, უკავია თითქმის 6000 კმ<sup>2</sup>. 5 მეტეოსადგურია წარმოდგენილი გამოკვლევაში, მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან თითქმის 1000 მ-დან 2100 მ-მდეა. დაკვირვების პერიოდი მოიცავს 18 – 34 წლის ინტერვალს (საშუალოდ 24 წელი). შემთხვევათა რიცხვი საშუალოდ 76 (მინიმალური 42 ასპინძაშია, მაქსიმალური 121 ფარავანზე). სდრ-ს მაქსიმალური მნიშვნელობა 6-დან 13-მდე ფიქსირდება (13 – ფარავანზე), საშუალოდ ერთ სადგურზე მისი  $\max \approx 8$ . სდრ-ს საშუალო მნიშვნელობები 2,3 – 5,8 ინტერვალშია. საშუალოდ ერთ სადგურზე 3,2 სეტყვიანი დღეა წელიწადში, სტანდარტული გადახრით 2,2. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია, ექსცესის მნიშვნელობა მეტნაკლებად მცირეა და განაწილების ფუნქცია ახლოა ნორმალურთან. რეგიონის კლიმატის პროფილი მთიანია, მშრალი, მკვეთრად კონტინენტალური. სეტყვიან დღეთა რიცხვის გარდა ვიხილავთ სეტყვის ისეთ მახასიათებლებს, როგორც არის სეტყვის მარცვლის ზომა. ცხრილში მოცემულია სეტყვის ზომების განაწილება კლიმატური ზონების მიხედვით.

**ცხრილი 2.2. სეტყვის ზომების განაწილება კლიმატური ზონების მიხედვით (მრიცხველში – შემთხვევათა რიცხვი, მნიშვნელში – პროცენტული მნიშვნელობა, N – შემთხვევათა რიცხვი)**

კლიმატური ზონა	დაკვირვების პერიოდი (წ)	სეტყვის დიამეტრი (მმ)				
		5-10	10-20	20-30	>30	N
II	1979	-	2/100	-	-	2
III	1977-1982	-	6/67	3/33	-	9
IV	1974-1987	-	5/70	1/15	1/15	7
V	1972-1989	8/26	15/49	5/6	3/9	31



VI	1972-1988	5/21	12/50	7/29	-	24
VII	1972-1988	-	5/100	-	-	5
IX	1972-1987	-	6/100	-	-	6
XII	1979	-	1/100	-	-	1
XIII	1966-1990	-	3/75	-	1/25	4
XIV	1966-1991	5/10	31/61	15/29	-	51
XV	1973-1989	-	5/71	2/29	-	7
საშუალო		18/12	91/62	33/22	5/4	147

ცხრილიდან ჩანს, რომ ძირითადად ძლიერი სეტყვა 1972-1989 წწ პერიოდშია დაფიქსირებული. შემთხვევათა რიცხვი თითქმის 150-ს აღწევს. ყველაზე მეტი ძლიერი სეტყვის შემთხვევა დაიკვირვებოდა V და VI კლიმატურ ზონებში, კერძოდ აღმოსავლეთ საქართველოს (73%) რეგიონებში – ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე -დაბლობებზე, კახეთში, თრიალეთის და მესხეთის ქედების სამხრეთი ფერდობებზე. აღსანიშნავია, რომ ამ ზონებში დაკვირვების პერიოდის განმავლობაში დაფიქსირებულია ყველა გრადაციის სეტყვა (5 – 35 მმ). ყველაზე ხშირი სეტყვის ზომები 10-20 მმ ფარგლებშია (თითქმის 62%). 20-დან 30 მმ-მდე სეტყვა ფიქსირდება შემთხვევების 20%-ზე. შედარებით იშვიათია სეტყვა, რომლის ზომებია 5-10 მმ (12%) და 30 მმ-ზე მეტი (4%).

ძლიერი სეტყვა, როგორც წესი, დაკავშირებულია სუპერფჯრედიან ღრუბლებთან, რადგანაც მათში არსებულ მძლავრ აღმავალ დენებს შეუძლიათ დიდი ხნის განმავლობაში ჰაერში შეტივტივებულ მდგომარეობაში გააჩეროს სეტყვის ზრდადი მარცვალი. საქართველოს ტერიტორიაზე არსებობს პუნქტები და მიკრორაიონები, სადაც სეტყვის მოვლენები განსაკუთრებით ხშირად ვითარდება და ძირითადად მათგან იწყება სეტყვიანი

პროცესების გავრცელება (ტრაექტორიები) და მათ სექცვის კერები ეწოდება. ესენია – ბაკურიანი, აბასთუმანი, გულაური, ცივგომბორი და სათიბე, საიდანაც სექცვის პროცესები ვრცელდება გომბორის ქედის გასწვრივ და შემდეგ გადადის ალაზნის და იორის ხეობებში.

სექცვით მიყენებული ზარალის მასშტაბები დამოკიდებულია სექცვის მარცვლის ზომაზე, ინტენსივობასა და ხანგრძლივობაზე. მნიშვნელოვნად აზარალებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს წვრილი ინტენსიური სექცვა. განსაკუთრებით საშიშია სექცვა დიამეტრით 10-15 მმ. უფრო დიდი ზომის სექცვა (30-40 მმ) ანადგურებს ნათესებს მთლიანად, აზიანებს სახლების სახურავებს, კლავს პირუტყვს და შინაურ ფრინველს.

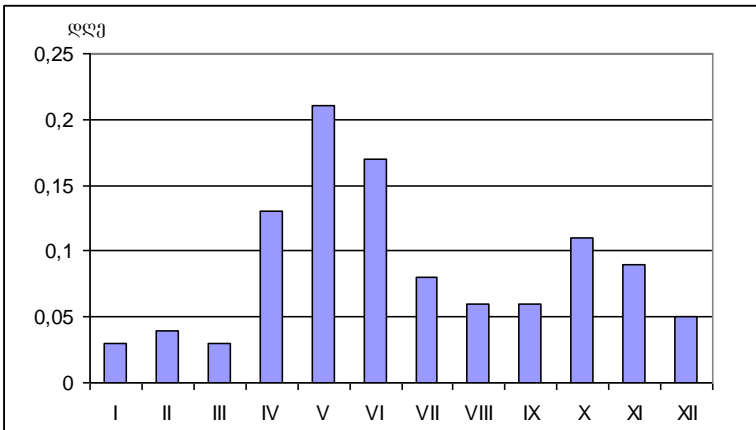
სექცვის განმეორება ადგილის სიმაღლის მიხედვით მატულობს. ასე მაგალითად ბახმაროში 1926 მ სიმაღლეზე განმეორება არის 4.0 დღე წელიწადში, მამისონის უდ. 2854 მ – არის 6.5 დღე, დაბლობ რაიონებში განმეორება მცირდება, რომელიც 0.2-2.0 დღემდე მერყეობს, იშვიათად 4.2 დღემდე (ამბროლაური 545 მ). სექცვის განმეორების ასეთი სივრცითი უთანაბრობა გამოწვეულია რელიეფის გავლენით.

სექცვის განმეორება სანაპირო რაიონიდან 1.1 დღიდან დაჭაობებული მასივებისაკენ მკვეთრად მცირდება 0.2-0.4 დღემდე წელიწადში (სუფსა 0.4, ხეთა 0.4). ამას იმით ხსნიან, რომ დაჭაობებული მასივები არ სტიმულირებენ კონვექციურ პროცესებს [3,4]. კოლხეთის დაბლობის დანარჩენ ნაწილში ღიხის ქედამდე სექცვის განმეორება მატულობს. დაჭაობებული მასივების პარალელურად სექცვის განმეორება მატულობს. უსექცვო რაიონს წარმოადგენს მდ. ძირულას ხეობა, აქ იგი შეიძლება 3-4 და მეტ ათწლეულში არ მოვიდეს, რაც აიხსნება ხეობის სივრცული ორიენტაციითა და მისი შემოსაზღვრულობით.

## 2.2 ძლიერი სეტყვა აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოში

სეტყვიან დღეთა წლიური მსვლელობა შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში ხასიათდება ორი მაქსიმუმით, ერთი აღინიშნება ოქტომბერში და მეორე – იანვარში. (ცხრ.1.1.) ამას ხსნიან ზაფხულში ღრუბლების დიდი ადიაბატური წყლიანობით, რომელიც განაპირობებს კონდენსაციის მაღალ ტემპერატურას და ჰიგროსკოპული ნაწილაკების მნიშვნელოვნად დიდ რიცხვს. სეტყვიან დღეთა მინიმუმი ნოემბერ – დეკემბერშია, რაც აიხსნება ცირკულაციური პროცესებით [5,6,7]

დასავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა რიცხვის წლიური მსვლელობა 1961-2006 წ. პერიოდში მოცემულია ნახ. 2.1



**ნახ. 2.1. დასავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის წლიური მსვლელობა**

ამ ნახაზის ანალიზიდან ირკვევა, რომ სეტყვიან დღეთა რიცხვს ახასიათებს მკვეთრად გამოხატული

სეზონურობა, ხშირია წლის თბილ (აპრილ – ოქტომბერი) პერიოდში, დიდი სიხშირით გამოირჩევა მაის – ივნისი, მინიმალური – დეკემბერ – მარტი.

**ცხრილი 2.3 დასავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის სიმაღლეზე დამოკიდებულება 1950-2006 წ. მონაცემებით**

სიმაღლე ზ.დ. მ	I	II	III	IV	V	VI	VI I	VIII	IX	X	XI	XI I	სა შ. წ.
0-200	3.3	3.3	3.9	1.9	1.5	1.9	1.2	1.2	1.6	2.9	3.2	2.5	2.3
200-400	1.1	1.1	1.2	1.5	2.4	2.4	1.0	0.9	1.1	2.0	1.4	1.1	1.4
400-1000	0.4	0.4	0.9	2.5	4.9	5.5	1.7	2.2	1.6	1.5	0.6	0.6	3.3
1000-2000	0.2	0.2	0.3	3.2	7.0	7.2	3.2	3.0	2.8	1.8	1.3	0.2	2.5

სეტყვიან დღეთა რიცხვის ანალიზმა გამოავლინა, რომ იგი მცირდება დაბლობიდან 400 მ სიმაღლემდე, მატულობს საშუალო მთიან სარტყელში 2.5 დღით, ხოლო მაღალმთიან სარტყელში მკვეთრად მცირდება 1.1 დღით, გრადიენტი საშუალოდ 1.1 დღეა წელიწადში (ცხრ 1.1). 200 მ სიმაღლემდე სეტყვის სეზონური მაქსიმუმი არის ოქტომბერ – მარტში, 200-400 მ სიმაღლემდე კი ივნის – ოქტომბერში, 500 მ სიმაღლემდე სეზონური მაქსიმუმი მაის – ივნისშია.

სეტყვის ხანგრძლივობის მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა, რომ დაბლობ და ზოგიერთ მთიან რაიონებში მისი ხანგრძლივობა 5-15 წთ შორის იცვლება, გვაქვს შემთხვევები, როცა სეტყვა გრძელდებოდა 40-50 წთ. მაღალმთიანი რაიონებისათვის უფრო დამახასიათებელია 15-20 წთ ხანგრძლივობის სეტყვა, იშვიათ შემთხვევაში 1 სთ-ზე დიდ ხანს.

სეტყვისაგან სასოფლო-სამეურნეო კულტურები ზიანდება ვეგეტაციის საწყის პერიოდში, ყვავილობის და დამწიფების პერიოდებში.

უმცირეს სეტყვიან დღეთა რიცხვი არის კოლხეთის დაბლობის სამხრეთ და უკიდურეს აღმოსავლეთ ნაწილში.

ეს რაიონები მოიცავს აჭარის შავი ზღვის სანაპიროს ჩრდილო ნაწილს, რომელიც ვიწრო ზოლით ლიხის ქედამდე აღწევს. ასეთივე უმნიშვნელო სექციის განმეორებით ხასიათდება მდ. აჭარისწყლის ცენტრალური ნაწილი. მომატებული განმეორებადობით (1.1-2.0 დღე) გამოირჩევა შავი ზღვის მთელი სანაპირო და კოლხეთის დაბლობი, კავკასიონის მთიანი სისტემა. აღმოსავლეთ საქართველოში სექცია ხშირი მოვლენაა და ყოველწლიურად აზიანებს სასოფლო – სამეურნეო კულტურებს, განსაკუთრებით კახეთის რეგიონს, სადაც ქვეყნის ვენახის ფართობის 50% გაშენებული. სექციისაგან პირველ დაზიანებას სასოფლო – სამეურნეო კულტურები განიცდიან ვეგეტაციის პირველ პერიოდში, რაც დაკავშირებულია ამინდის არამდგრადობასთან. უდიდესი დაზიანება 60% მოდის ყვავილობის დასაწყისში, შედარებით ნაკლები დაზიანება ვეგეტაციის დანარჩენ პერიოდშია.

აღმოსავლეთ საქართველოში ჰაერის სტრატეგიკაციის არამდგრადობა მაქსიმუმს გაზაფხულის მეორე ნახევარში აღწევს, რაც ე. ნაფეტვარიძის აზრით ქვეყნილი ზედაპირის გათბობით და ამავე დროს, კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელში თოვლის არსებობით აიხსნება [6]. გაზაფხულზე სინქრონულად დაწყებული ფრონტის სამხრეთ ტოტის ჩრდილოეთისაკენ გადანაცვლება და ამ ფრონტზე გაჩენილი ტალღური და ციკლონური მოქმედება კიდევ უფრო აძლიერებს ჰაერის სინოტივის არამდგრადობას, ავითარებს კონვექციულ ღრუბლებს, რომელსაც უხვ წვიმებთან ერთად ხშირად სექცვაც ახლავს.

კახეთში სექციის შესახებ ვახუშტი ბატონიშვილი თავის წიგნში „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“ ცნობებს არ იძლევა, შეუძლებელია იგი მას გამორჩენოდა, მაგრამ მაშინ ალაზნის ველის დიდი ნაწილი ტყით ყოფილა დაფარული, რაც ამცირებდა კონვექციულ პროცესებს და სექციანობას.

აღმოსავლეთ საქართველოში ე. გიგინეიშვილი სექციან დღეთა სისხირის მიხედვით გამოყოფს სამ ძირითად რაიონს: 1. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის

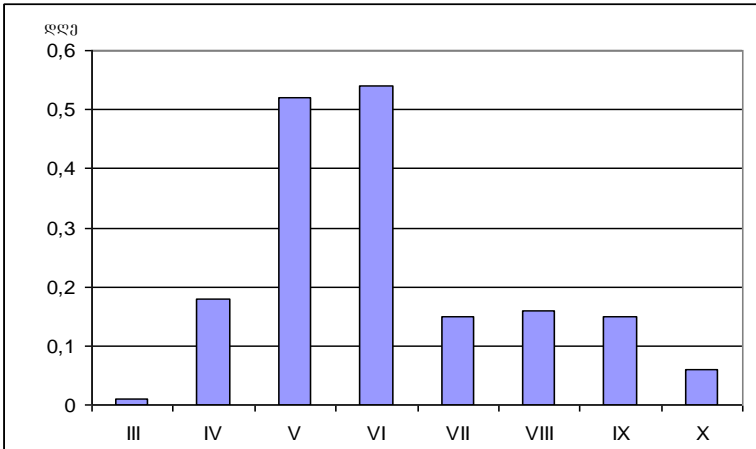
ცენტრალურ ნაწილს; 2. კავკასიონის ქედის სამხრეთ აღმოსავლეთ ფერდობს და 3. ალაზნის ველს ანუ შიდა კახეთს [1,2]. მათ შორის სეტყვიანობის სიხშირით გამოირჩევა სამხრეთ მთიანეთის ცენტრალური ნაწილი. პირველ ორ რაიონში სეტყვით გამოწვეული ზარალი უმნიშვნელოა, რადგან აქ უმეტესად საძოვრები ისეტყვება.

სეტყვა ხშირია ბორცვიან და პლატოსმაგვარ რელიეფზე, ნაკლებია დაბლობსა და მდინარის ხეობაში. ადგილობრივი წარმოშობის სეტყვა ხასიათდება კერების განვითარებით და დადგენილი ტრაექტორიით.

სეტყვის პროცესი ვ. გიგნეიშვილის გამოკვლევებით უმეტესად მის გზაზე მდგარი ქედების შემოვლით ხდება [1]. ერთი მხრივ სეტყვის განმეორებაში მხოლოდ ადგილის სიმაღლე მნიშვნელოვან გავლენას არ ახდენს, დიდ როლს თამაშობს აგრეთვე სხვა ფაქტორები: ოროგრაფია, მცენარეული საფარი, ქედების ორიენტაცია გაბატონებული ჰაერის მასების მიმართ და სხვა. მაგ. როკის რაიონი, რომელიც 1800 მ. სიმაღლეზეა სეტყვის განმეორება არის 1.8 დღე წელიწადში, მაშინ როცა სად. თელავის მონაცემებით, რომელიც მდებარეობს 562მ – არის 2.7 დღე.

კახეთის რეგიონი მოიცავს მდ. ალაზნის ველს და მდ. იორის პლატოს ნაწილს, ჩრდილო – აღმოსავლეთით შემოსაზღვრულია კავკასიონის ქედით, ჩრდილო – დასავლეთით კახეთის ქედით, დასვლეთით და სამხრეთ – დასავლეთით ცივომბორის ქედით. აქ კონვექციული პროცესები ხშირად დაკავშირებულია დასავლეთის შემოჭრებთან და იშვიათად აღმოსავლეთის შემოჭრებთან. ჩვეულებრივ ეს პროცესები ცივი ფრონტის შემთხვევაში ვითარდება, განსაკუთრებით მაის – ივნისში. მეტეოსადგურების მონაცემებით სეტყვიან დღეთა რიცხვი 3 მეტია. ყველაზე დიდი განმეორება (70%) ახასიათებს განვითარებულ და ჩამოუყალიბებელ სეტყვის პროცესებს, მცირე (9%) რომელიც გადადის უჯრედოვან სტადიაში. თუმცა ამ უკანასკნელით მიყენებული ზარალი დიდია და შეიძლება 80% მიაღწიოს [8].

ნახ. 2.2. მოცემულია აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის წლიური მსვლელობა.



**ნახ. 2.2 აღმოსავლეთ საქართველოში სექციან დღეთა საშუალო რიცხვის წლიური მსვლელობა**

გრაფიკის ანალიზმა გამოავლინა, რომ სექციან დღეთა რიცხვის მაქსიმალური განმეორება მაის – ივნისშია, ერთეულ შემთხვევებში კი მარტში და ოქტომბერში.

კახეთში ხშირად სექციის პროცესების 54-76% გრძელდება 10წთ, გარდა დედოფლისწყაროსი, სადაც ყველა მოვლენის 47% გრძელდება 11-20წთ, 12% კი 21-30წთ, ხოლო სამხრეთ – აღმოსავლეთ ნაწილში 4-7% გრძელდება 30წთ.

**ცხრილი 2.4. კახეთში სექციის ხანგრძლივობის და დღელამის საათებში განმეორების ალბათობა**

სადგური	ხანგრძლივობა, წთ.				დღელამის საათები		
	10	11-20	21-30	30	21-6	6-12	12-21
ახმეჭა	54	37	9	-	9	3	88

თელავი	76	20	4	-	14	10	76
გურჯაანი	74	26	-	-	2	2	96
ყვარელი	67	21	12	-	14	8	78
სიღნაღი	69	23	2	6	4	2	94
საგარეჯო	74	20	2	4	6	8	86
დედოფლისწყარო	36	47	10	7	3	-	97

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ სეტყვის მოსვლის უდიდესი ალბათობა(76-97%) დღელამის განმავლობაში მოდის 12-21<sup>სთ</sup> პერიოდში, მინიმალური კი 6-12სთ შუალედში, რაც აიხსნება ატმოსფეროს არასაკმარისი გათბობით და კონვექციური დენების არარსებობით.

სეტყვის მოსვლის ხანგრძლივობა ერთ ჰექტარზე შეადგენს 3-5 წთ, სეტყვის წარმომქმნელი ღრუბლები გადაადგილდება 20-30 კმ/სთ საშუალო სიჩქარით [8].

თანახმად [2]-ისა, სეტყვის უმეტესი პროცესების ჩასახვა ხდება კახეთის საზღვრის გარეთ, სეტყვაშიში ღრუბლები მოძრაობენ გომბორის ქედის გასწვრივ, ატმოსფეროს ქვედა ფენიდან ხდება მათი შეესება თბილი ნოტიო ჰაერის მასებით, რაც იწვევს სეტყვიანობის ინტენსიფიკაციას, შემდეგ ისინი აღწევენ ალაზნის ხეობის სიღრმეში და მოიცავენ ალაზნის ველს და იორის ზეგნის ნაწილს.

სეტყვის ტრაექტორიის პირველი ჯგუფი მოიცავს: თრიალეთის ქედის მთიანეთს, აბასთუმანი – ახალციხის რაიონებს; მეორე ჯგუფი – ცივ-გომბორის ქედს; მესამე კი კავკასიონის ცენტრალურ რაიონს და მის სამხრეთ ფერდობს.

ინტენსიური სეტყვის გავრცელების რაიონებია: ბორჯომი, გორი, დუშეთი, თბილისი, ბოლნისი, დმანისი, საგარეჯო, თელავი, ლაგოდეხი, წნორი, სიღნაღი.

სეტყვის ხშირი განმეორებით ხასიათდება ჯავახეთის მთიანეთი, მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთ კალთები, კახეთის კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის ნაწილი. ამ რაიონების ცალკეულ ადგილებში სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვი წელიწადში აღწევს 9-10



(ბაკურიანი). ასეთივე განმეორებით ხასიათდება ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანი სარტყელი 1900-2200 მ ფარგლებში და კახეთის ქედის თხემი. ხშირია აგრეთვე სეტყვის განმეორება მდინარეების: ალგეთის და ქციას აუზების შუა ნაწილში, გომბორის ქედის სამხრეთ – აღმოსავლეთ და ჩრდილო – აღმოსავლეთ ფერდობებზე.

დაკვირვების მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა, რომ სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვი მატულობს 2000 მ სიმაღლემდე, ხოლო ზემოთ კლებულობს.

გამოყოფილი ოლქების ფონზე ვ. გიგინეიშვილი გამოყოფს მიკრორაიონებს, სადაც სეტყვის მოვლენა განსაკუთრებით ხშირია და საიდანაც უმეტესად იწყება მისი ტრაექტორია [1]. ასეთ პუნქტებს სეტყვის მოვლენის კერები ეწოდება, რასაც განაპირობებს რელიეფი. ეს პუნქტებია: ბაკურიანი, აბასთუმანი, გუდაური და ცივგომბორი. ეს უკანასკნელი რაიონი მოიცავს მთელ რიგ სეტყვის კერებს – ცივგომბორი და სათიბე, საიდანაც მოვლენა ვრცელდება გომბორის ქედის გასწვრივ და მიემართება მდ. ალაზნისა და იორის ხეობებისკენ. კახეთში სეტყვას, მიუხედავად არაფრონტალური ხასიათისა, გადანაცვლებისას აქვს მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე გავრცელების ტენდენცია, ამიტომ მისი ყოველი წარმოქმნისას დიდია საშიშროება სოფლის მეურნეობისათვის.

### *ლიტერატურა*

1. Гигинеишвили В. М. Градовые явления в Западной Грузии и методика их прогнозирования. Труды ЗакНИГМИ, 1973, вып. 53(59).
2. Гигинеишвили В.М. Градобития в Восточной Грузии. Л. Гидрометеиздат, 1960.
3. Степаненко В.Д., Гальперин С.М. Радиотехнические методы исследования гроз. Л. Гидрометиздат. 1983

- 4 Климат и климатические ресурсы Грузии. Тр. ЗакНИГМИ , вып. 44(50), - Л. Гидрометиздат. 1971
5. Кондратьев К.Я. Радиационные факторы современных изменений глобального климата.- Л. Гидрометиздат. 1980.
- 6 Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г. Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии. Сб. статей «Вопросы физики облаков» Облака, осадки и грозовое электричество. ГГО им. А.И.Воейкова, С.- Петербург, Гидрометиздат. 2004
7. Амиранашвили А.Г., Варазашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П. Характеристики грозовой активности в Грузии. Труды института гидрометеорологии Грузии. 2008 том №115.
8. Амиранашвили А.Г., Варазашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В. Статистические характеристики числа дней с градом в год в Грузии. Труды института гидрометеорологии Грузии. том №115.
9. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе, под ред. Сванидзе Г.Г., Цуцкиридзе Я.Л. Гидрометиздат. 1980.

### თავი 3. საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექიან დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილება

#### 3.1 საქართველოში ელჭექის განვითარების აეროსინოპტიკური პროცესები

ელჭექის წარმოქმნის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს არამდგრადი ატმოსფერული ჰაერი, ქვეფენილი ზედაპირის არათანაბარი გათბობა და სხვა ფაქტორები. ელჭექი წარმოიშობა თბილი ნოტიო ჰაერის აღმავალი დინების დროს გროვა-წვიმის ღრუბლებში, მას ხშირად თან ახლავს კოკისპირული წვიმა და სეტყვა.

ელჭექი წარმოშობის მიხედვით არის შიდამასიური და ფრონტალური. ს.გუნიას მიხედვით ფრონტალური ელჭექის განმეორებადობა დასავლეთ საქართველოში 30%-ით მეტია, ვიდრე შიდამასიური პროცესების დროს [1], ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში პირიქით შიდამასიური ელჭექის განმეორებადობა 10%-ით მეტია, ვიდრე ფრონტალურის დროს (ცხრ.3.1). ეს მოვლენა აიხსნება იმით, რომ ხმელეთის გადახურება და მასთან დაკავშირებული ძლიერი აღმავალი დენები უფრო ხშირია აღმოსავლეთ საქართველოს კონტინენტური კლიმატის პირობებში [2].

**ცხრილი 3.1. ფრონტალური და შიდამასიური ელჭექის განმეორებადობა (%) (ს. გუნიას მიხედვით)**

ელჭექის ტიპები	დასავლეთ საქართველო	აღმოსავლეთ საქართველო
ფრონტალური	65	45
შიდამასიური	35	55
შემთხვევითა რიცხვი	185	205

შიდამასიური ელჭექის განმეორებადობა დასავლეთ საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში და კოლხეთის დაბლობზე 20-25%-ის ტოლია. დასავლეთ

საქართველოში შიდამასიური ელჭექის მოვლენის განვითარებას ხელს უშლის ბრიზული მოვლენები. დღის ბრიზებს ზაფხულში შავი ზღვიდან გადააქვთ შედარებით ცივი ჰაერის მასები შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში და კოლხეთის დაბლობზე, ამასთან დაკავშირებით ხმელეთზე ჰაერი არ განიცდის გადახურებას და არ იწვევს კონვექციას მოცემულ რაიონში.

შიდამასიური ელჭექის გავრცელება ხასიათდება შედარებით მცირე რადიუსით და უმნიშვნელო ხანგრძლივობით; ფრონტალური ელჭექის ტერიტორიული გავრცელება დამოკიდებულია სიცივის აღვექციის ინტენსივობაზე.

ელჭექის განვითარების აეროსინოპტიკური პირობებია:

1. საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადი ან მეორადი ცივი ფრონტის გავლა [1,4].
2. ტალღური აღრევა, რომელიც გადაადგილდება ფრონტის გასწვრივ 30-40 კმ/სთ მეტი სიჩქარით.
3. ოკლუზიური ფრონტი, განსაკუთრებით, როცა მისი მონაკვეთი ახლოსაა ოკლუზიასთან და ციკლონის ცენტრთან და გადანაცვლების სიჩქარე 30-40 კმ/სთ და მეტია.
4. ციკლონის თბილ სექტორში მცირე სიღრმის ღარის ან ანტიციკლონის პერიფერიაზე წნევის მცირე გრადიენტიანი ველის დროს.
5. როცა ციკლონის ღარის ან სიცივის კერა 500/1000-300/1000 მეტრ სიმაღლეზეა, განსაკუთრებით მის წინა ნაწილი.

ელჭექი წარმოიშვება თბილი ნოტიო ჰაერის აღმავალი დინების დროს გროვა-საწვიმარ დრუბლებში.

### **3.2. ელჭექიან დღეთა რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები**

ელჭექიან დღეთა რიცხვის (ედრ) სივრცულ-დროითი განაწილების დასადგენად გამოყენებულ იქნა საქართველოს 74 მეტეოსადგურის 1960-2006 წწ. პერიოდის

წლიური მონაცემები. გამოთვლილია ედრ-ის ძირითადი სტატისტიკური მაჩასიათებლები: დაკვირვების პერიოდი, მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები და მოდა, ასევე ასიმეტრიის, ექსცესის და ვარიაციის კოეფიციენტები. მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილებში, სადაც მეტეოსადგურები დაჯგუფებულია კლიმატური ზონების მიხედვით [2], რაც შესაძლებლობას იძლევა განვიხილოთ ედრ-ის პარამეტრები შესაბამისი კლიმატური პირობების გათვალისწინებით.

განვიხილოთ ედრ-ის სტატისტიკური მაჩასიათებლების განაწილება ყოველ კლიმატურ ზონაში ცალ-ცალკე.

I კლიმატური ზონა – შავი ზღვისპირეთის სამხრეთი ნაწილი, იკავებს 900 კმ<sup>2</sup> და 4 მეტეოსადგურის მონაცემია განხილული. საშუალოდ ერთი სადგური იკავებს 225 კმ<sup>2</sup> ფართობს. სადგურების სიმაღლე ზღვის დონიდან იცვლება 4-დან 30მ-მდე. დაკვირვების პერიოდი 35-40წელია, ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა აღწევს 80 (ჩაქვი), საშუალოდ კი ერთ სადგურზე-64. მინიმალური მნიშვნელობები დაიკვირვება ბათუმში-15, საშუალოდ ერთ სადგურზე -- 23. ედრ-ის საშუალო მნიშვნელობა ზონაში შეადგენს 42 ელქექიან დღეს წელიწადში. სტანდარტული გადახრა 11-ის ტოლია. მოდა (ყველაზე ხშირად დაკვირვებული რიცხვი) ვარირებს 20-დან (ქობულეთი) 48-მდე (ჩაქვი). საშუალოდ კი ზონისათვის ის არის 33. ასიმეტრიის მნიშვნელობები ნულთან ახლოსაა, ე.ი. განაწილება დადებითად და ზომიერად ასიმეტრიულია. ექსცესი ყველა სადგურზე უარყოფითია, მაშასადამე, განაწილება ახლოსაა ნორმალურთან. ამაზე მიგვანიშნებს ვარიაციის კოეფიციენტიც. მისი მნიშვნელობა საშუალოდ არ აღემატება 30%. აღსანიშნავია, რომ ამ ზონაში ჩაქვი, რომელიც ელქექების ადგილობრივ კერას წარმოადგენს.

II კლიმატური ზონა – შავი ზღვისპირეთის ჩრდილოეთი იკავებს 2000 კმ<sup>2</sup>. მხოლოდ 2 მეტეოსადგურის (ანაკლია და თორსა) მონაცემებს ვიხილავთ. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 3 მ და 10 მ-ია. დაკვირვების

პერიოდები საშუალოდ 30 წელია, ედრ-ს მაქსიმუმი 42 და 46-ია, მინიმუმი 11 და 21-ს უტოლდება.

*ცხრილი 3.1. (ა,ბ,გ,დ,ე)საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექიან დღეთა წლიური რიცხვის სტატისტიკური პარამეტრები. (H – სიმაღლე ზღვის დონიდან, T – დაკვირვების პერიოდი, მაქსიმალური (max), მინიმალური (min) და საშუალო ( $\bar{n}$ ) მნიშვნელობები,  $\sigma$  – სტანდარტული გადახრა, mod – მოდა, As – ასიმეტრია, Ex – ექსცესი,  $C_v$  – ვარიაციის კოეფიციენტი)*

ა)

კლი მ. ზონ ა	მეტეო სადგური	H (მ)	სტატისტიკური მახასიათებლები							
			Max	Min	$\bar{n}$	$\sigma$	mod	As	Ex	$C_v(\%)$
I	1. ფოთი	4	56	29	39.0	8.5	29	0.4	-1.1	22
	2. ქობულეთი	5	49	17	26.5	7.6	20	1.2	1.2	29
	3. ბათუმი	10	69	15	41.1	12.5	34	0.2	-0.3	31
	4. ჩაქვი	30	80	29	51.1	14.2	48	0.5	-0.6	28
II	1. ანაკლია	3	42	11	24.7	7.5	20	0.7	-0.5	30
	2. თორსა	10	46	21	31.7	7.2	29	0.8	-0.2	23
III	1. ღანწხუთი	20	46	15	27.6	8.2	24	0.5	-0.6	30
	2. სენაკი	40	42	18	27.2	5.5	29	0.6	0.6	20
	3. ქუთაისი	114	69	22	36.9	8.8	36	1.1	3.3	24
	4. ზუგდიდი	117	59	32	41	6.7	33	0.8	0.6	16
	5. ჩოხატაური	150	53	14	26.8	12.0	16	0.8	-0.9	45
	6. ანასეული	158	56	11	30	12.1	25	0.4	-0.7	40
	7. მარტვილი	170	36	12	18	5.4	13	1.4	2	30
IV	1. საქარა	148	46	18	25.6	6.2	24	1.1	1.7	24
	2. სანხერე	415	44	17	25.4	7.1	19	1.1	0.4	28
	3. ტეიბული	593	32	12	20.3	6.1	17	0.5	-0.8	30
	4. წიფა	673	44	22	28.1	5.4	24	1.1	0.6	19
	5. საირმე	910	46	18	25.3	6.6	25	1.5	2.5	26

ბ)

VI	1. წნორი	223	53	21	35.4	7.1	36	0.6	0.7	20
	2. ლაგოდეხი	362	65	29	43.9	10.8	51	0.4	-0.8	25
	3. გურჯაანი	410	55	22	36.7	9.7	35	0.3	-0.9	26
	4. ყვარელი	443	59	24	40.2	9.3	37	0.1	-0.7	23
	5. ახმეტა	567	56	18	38.6	10.6	44	-0.4	-0.4	28
	6. თელავი	568	69	30	48.4	8.3	49	0.1	0.03	17

VII	1. გარდაბანი	300	54	18	30.8	9.2	26	0.7	-0.3	30
	2. შირაქი	555	52	26	38.1	6.6	43	0.2	-0.6	17
	3. უდაბნო	750	33	17	21.9	3.8	19	1.2	1.1	17
	4. დედოფლის სწყარო	800	56	18	34.8	8.9	37	0.1	-0.5	26



ბ)

VII	1. გარდაბანი	300	54	18	30.8	9.2	26	0.7	-0.3	30
	2. შირაქი	555	52	26	38.1	6.6	43	0.2	-0.6	17
	3. უდაბნო	750	33	17	21.9	3.8	19	1.2	1.1	17
	4. დედოფლის წყარო	800	56	18	34.8	8.9	37	0.1	-0.5	26
IX	1. ცაგერი	474	82	21	39.1	12.3	47	1.0	2.2	32
	2. ამბროლაური	544	93	20	40.5	13.4	45	1.3	4.2	33
	3. ხაიში	730	32	16	21.4	3.7	18	0.8	0.6	17
	4. ლენტეხი	760	42	16	24.3	6.9	20	1.2	0.5	29
	5. ონი	788	70	18	30.1	9.5	30	2.2	7.8	31
	6. შოვი	1507	58	23	39.8	8.5	37	-0.1	-0.4	21
	7. ღებარდე	1610	52	20	34.4	9.1	30	0.4	-0.9	26
	8. მამისონის ულ.	2854	46	20	29.6	6.8	26	0.8	0.2	23
X	1. ფასანაური	1070	73	29	42.4	8.7	40	1.3	2.9	21
XI	1. ბარისახო	1325	53	16	30.4	10.9	22	0.5	-1.2	36
	2. გუდაური	2194	73	30	48.9	12.1	49	0.2	-0.7	25
XII	1. სტეფანწმინდა	1744	35	14	21.9	4.9	19	0.8	0.4	22
	2. ომალო	1880	61	22	35.3	9.1	33	1.2	1.9	26

დ)

XIII	1. ქედა	256	30	14	19.7	4.5	25	0.8	-0.3	23
	2. ხულო	923	76	30	40.9	9.9	36	1.8	3.3	24
	3. ბახმარო	1926	50	15	28.0	8.2	33	0.3	-0.3	29
	4. გოდერძის უღ.	2025	57	23	34.3	7.6	36	0.8	1.0	22
XIV	1. ბორჯომი	789	61	16	34.5	10.7	43	0.02	-0.6	31
	2. თეთრი-წყარო	1140	71	35	54.1	8.5	59	-0.2	-0.4	16
	3. ადიგენი	1185	50	20	35.9	9.1	40	0.0	-1.2	25
	4. მანგლისი	1194	76	31	56.4	12.3	47	-0.3	-0.7	22
	5. დმანისი	1256	54	21	38.2	8.5	35	-0.04	-0.8	22
	6. აბასთუმანი	1265	76	26	50.6	12.2	46	0.1	-0.2	24
	7. კოჯორი	1338	39	21	29.6	4.6	29	0.1	-0.3	16
	8. ბაკურიანი	1665	83	32	51.6	11.7	46	0.3	0.2	23
	9. ზეკვარის უღ.	2180	59	30	40.2	7.2	35	0.9	0.3	18
	10. ცხრაწყარო	2466	58	21	39.4	8.3	35	0.2	0.4	21
XV	1. ახალციხე	982	81	27	55.2	11.5	60	-0.7	0.7	21
	2. ასპინძა	1098	65	20	45.5	11.0	52	-0.4	-0.1	24
	3. წალკა	1457	50	26	33.1	5.6	29	1.0	0.7	17
	4. ახალქალაქი	1716	86	25	54.2	11.9	60	0.0	1.1	22
	5. ფარავანი	2100	84	32	54.5	13.4	53	0.3	-0.4	25

საშუალო მნიშვნელობა 28 დღეა, სტანდარტული გადახრით 7,4. მოდა საშუალოდ 24 დღეა. ასიმეტრია და ექსცესი ერთზე ნაკლებია, ე.ი. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია და ახლოსაა ნორმალურთან. ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა არ აღემატება 30%, რიგები ერთგვაროვანია.

III კლიმატური ზონა – დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობი ნაწილი მთისწინეთებით და საკმაოდ დიდ ფართობს მოიცავს, თითქმის 11000 კმ<sup>2</sup>. 7 მეტეოსადგურის ედრ-ს მონაცემებს ვამუშავებთ. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 20-დან 170მ-მდე ინტერვალშია. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 40 წელია. მაქსიმალური მნიშვნელობები 36-დან 69-მდეა დაფიქსირებული (69 – ქუთაისი). შვიდიდან ოთხ სადგურზე ედრ-ის მაქსიმუმი 50 აღემატება. მინიმალური მნიშვნელობები საშუალოდ 20-ს არ აღემატება. ედრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობები იცვლება 18-დან 37-მდე, ერთ სადგურზე მოდის 30 ელჭექიანი დღე, სტანდარტული გადახრით 8-ის ფარგლებში. მოდის მნიშვნელობა საშუალოდ 25 დღეს შეადგენს. განაწილება დადებითად და ზომიერად ასიმეტრიულია. უმეტეს სადგურზე ექსცესი ერთზე ნაკლებია, ვარიაციის კოეფიციენტები ძირითადად, 30%-ის ფარგლებშია. განაწილებები უმეტეს რიგებისათვის ნორმალურთან ახლოს არის..

IV კლიმატური ზონა – იმერეთის მასივი ლიხის ქედის დასავლეთი ფერდობებით, იკავებს 3700 კმ<sup>2</sup>. ედრ-ის მნიშვნელობები აღებულია 5 მეტეოსადგურიდან. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 150 მ-დან 900 მ-მდეა. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ თითქმის 40 წელს შეადგენს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები 32-46 ინტერვალშია. 32 – ტყიბულში, დანარჩენ სადგურზე max > 40. მინიმალური ედრ-ის მნიშვნელობა საშუალოდ 17-ია. საშუალო წლიური ედრ სულ 25 დღეა, სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 6$ . დაკვირვების პერიოდის განმავლობაში ყველაზე ხშირად დაფიქსირებული ედრ-ის მნიშვნელობა 23-ია. განაწილებას გააჩნია დადებითი მარჯვენა და ზომიერი

ასიმეტრია. ექსცესის მნიშვნელობები არ აღემატება 2-ს, ვარიაციის კოეფიციენტი 25%. საკმაოდ დიდია იმის ალბათობა, რომ განაწილება მიახლოებულია ნორმალურთან.

V კლიმატური ზონა – ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობი მთისწინეთებით. ზონა იკავებს 7000 კმ<sup>2</sup>. 14 მეტეოსადგურის მონაცემები იქნა დამუშავებული. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან საკმაოდ დიდ ინტერვალს შეადგენს (400-1250მ). დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ აქაც თითქმის 40 წელია. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა საშუალოდ 59-ია. აღსანიშნავია, რომ ხუთ სადგურზე (მუხრანი, დუშეთი, თიანეთი, ბოლნისი, ხაშური)  $\max > 70$ . მინიმალური მნიშვნელობა საშუალოდ 21 ტოლია. ედრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობა რაიონის ფარგლებში იცვლება 28-დან 49-მდე (საშუალოდ ერთ

სადგურზე  $n = 36$ , სტანდარტული გადახრით  $= 8$  ). მოდაც დიდ ინტერვალში იცვლება 19-55 (საშუალოდ ერთ სადგურზე  $\text{mod} = 37$  ). ასიმეტრიის კოეფიციენტი 1,1 არ აღემატება. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია, ნახევარ სადგურებზე იგი დადებითია, ნახევარზე უარყოფითი. ექსცესის მნიშვნელობები საკმაოდ მცირეა. აქაც 7 სადგურის მონაცემთა განაწილების ფუნქცია გლუვია. დანარჩენის – მახვილი. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 24%-ია. მონაცემთა რიგები ერთგვაროვანია.

VI კლიმატური ზონა – ალაზნის ველი მთისწინეთებით, ანუ კახეთის უდიდესი ნაწილი, უკავია 4200 კმ<sup>2</sup>. 6 მეტეოსადგურის ედრ-ის მონაცემები გამოვიყენეთ. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 200-600 მ შეადგენს. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 36 წელია. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები 53-69 ინტერვალშია. უმეტეს სადგურზე დაკვირვებული მაქსიმუმი 55-ს აღემატება. მინიმალური ედრ-ის მნიშვნელობები 18-30 ფარგლებშია, (საშუალოდ ერთ სადგურზე – 24). საშუალო წლიური მნიშვნელობა 41 აღწევს, სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 9$ . ასიმეტრიის მნიშვნელობა არ აღემატება 0,6 ე.ი. განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია, ორ სადგურზე დადებითად, ოთხზე კი უარყოფითად. ექსცესის მნიშვნელობებიც არ აღემატება 0,9-ს ე.ი. სადგურზე

განაწილება ნორმალურთან დაახლოებულია, უმეტეს სადგურზე გლუვი ფუნქციით გამოიხატება. ვარიაციის კოეფიციენტის მნიშვნელობა არ აღემატება 28%. რიგები, ძირითადად ერთგვაროვანია.

VII კლიმატური ზონა – იორის ზეგანი მოსაზღვრე სტეპებით, უკავია 5600 კმ<sup>2</sup>. ჩვენს ხელთ არის 4 მეტეოსადგურის ედრ-ის მონაცემები. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 300-600 მ ფარგლებშია. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 38 წელია. ედრ-ის მნიშვნელობები 33-56 ინტერვალშია. უდაბნოში – 33, დანარჩენ სადგურზე  $\max > 50$ . მინიმალური მნიშვნელობა საშუალოდ 20. საშუალო წლიური ედრ იცვლება 22-დან 38-მდე, შესაბამისი გადახრებით 4-დან 9-მდე. მოდის მნიშვნელობა საშუალოდ 31 დღეს შეადგენს. როგორც ჩანს ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობებიდან განაწილებას აქვს ზომიერი ასიმეტრია, ორ სადგურზე დადებითი, ორზე – უარყოფითი. სამ სადგურზე განაწილების ფუნქცია გლუვია, ხოლო ერთზე-მახვილი. ვარიაციის კოეფიციენტი არ აღემატება 30%, განაწილება ნორმალურისკენ მიისწრაფვის.

IX კლიმატური ზონა – დასავლეთ კავკასიონის შიდა ნაწილი, უკავია თითქმის 10000 კმ<sup>2</sup>. 8 მეტეოსადგურის მონაცემებს ვიხილავთ. მათი სიმაღლეები 500 მ-დან თითქმის 3000 მ-მდეა (მამისონის უღელტეხილი). დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 37 წელს შეადგენს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები საკმაოდ დიდ ინტერვალს მოიცავს 32-93, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ ხუთ სადგურზე  $\max > 50$ , 93 ელჭექიანი დღე წელიწადში ფიქსირდება ამბროლაურში. მინიმალური მნიშვნელობა საშუალოდ 19 ელჭექიან დღეს შეადგენს. ელჭექიან დღეთა საშუალო წლიური რიცხვის ინტერვალია 22-41 შესაბამისი სტანდარტული გადახრებით 4-13, საშუალოდ ერთ

სადგურზე  $n = 33$  და  $\sigma = 9$ . ყველაზე ხშირად ელჭექიან დღეთა რიცხვი 30-50 ფიქსირდება ხუთ სადგურზე, საშუალოდ კი  $\text{mod} = 32$ . ასიმეტრიის მნიშვნელობის მიხედვით ყველა სადგურზე, გარდა ორისა, განაწილება ზომიერად ასიმეტრიულია. 6 სადგურზე - დადებითად, 2-ზე კი უარყოფითად. ექსცესის მნიშვნელობები მცირეა უმეტეს

სადგურზე, მხოლოდ ონის და ამბროლაურის სადგურების მონაცემებით იგი 4 და 8 ტოლია. მაშასადამე, უმეტესი სადგურების მონაცემთა რიგების განაწილების ფუნქციას აქვს ნორმალური სახე. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ  $>70$ . ამ ზონაში ელექტების ე.წ. ადგილობრივი კერა მდებარეობს ლეჩხუმის ქედზე [5].

X კლიმატური ზონა – აღმოსავლეთ კავკასიონის მთისწინეთი და შუამთიანეთი. იგი იკავებს 4400 კმ<sup>2</sup> ფართს. სულ ერთი სადგურის მონაცემია ხელმისაწვდომი. ეს არის ფასანაური, რომლის სიმაღლე ზღვის დონიდან 1070 მ-ია. დაკვირვების პერიოდი 38 წელს მოიცავს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა 73 დღეა, მინიმალური-29,

საშუალო  $n = 42$ , სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 9$ . განხილული პერიოდის განმავლობაში ყველაზე ხშირად ედრ-ის მნიშვნელობა 40 დღეს შეადგენს. ზომიერად და დადებითად ასიმეტრიულია. ექსცესი თითქმის 3. ვარიაციის კოეფიციენტი მცირეა, სულ 21%. მონაცემთა რიგი ერთგვაროვანია. განაწილება მიისწრაფის ნორმალურისკენ.

XI კლიმატური ზონა – აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიანეთი. მას უკავია 2200 კმ<sup>2</sup> ფართი, სულ 2 მეტეოსადგურის მონაცემებს ვიხილავთ. ესენია ბარისახო და გუდაური. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 1300 – 2200 მ-მდეა. გუდაურის ქელიც [5]-ის თანახმად ელექტების ადგილობრივი კერაა. დაკვირვების პერიოდი შეადგენს 37 წელს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობა საშუალოდ 63 დღეა. (ბარისახო – 53, გუდაური – 73). მინიმალური 16 და 30, საშუალოდ – 23. ედრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობა 40 დღეა, სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 11$ . ყველაზე დიდი განმეორადობით წელიწადში გამოირჩევა ბარისახო – 22 ელექტიანი დღე, გუდაური კი – 49 დღით. განაწილება ორივე სადგურზე ზომიერად ასიმეტრიულია, ერთზე დადებითი, მეორეზე უარყოფითი. ექსცესის მნიშვნელობები მცირეა. განაწილება ნორმალურია, გლუვ ფუნქციას წარმოადგენს. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 31%. მონაცემთა რიგები ერთგვაროვანია.

XII კლიმატური ზონა – კავკასიონის ჩრდილო ფერდობებია. იგი იკავებს 2500 კმ<sup>2</sup> ფართს. აქაც მხოლოდ

ორი სადგურის მონაცემია განხილული. ესენია: სტეფანწმინდა და ომალო, რომელთა სიმაღლეები ზღვის დონიდან 1750 და 1900 მ-მდეა. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 37 წელია. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები 35 (სტეფანწმინდა) და 61 (ომალო). მინიმალური, შესაბამისად 14 და 22 დღეა. საშუალო წლიური მნიშვნელობა საშუალოდ 23 დღეა სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 7$ . მოდა სტეფანწმინდისთვის 19 და ომალოსათვის 33. მონაცემთა განაწილება ზომიერად და დადებითად ასიმეტრიულია. განაწილების სახე ნორმალურთან ახლოსაა (ექსცესის მნიშვნელობები მცირეა). ვარიაციის კოეფიციენტი მიანიშნებს რიგების ერთგვაროვნებაზე ( $C_v = 24\%$ ).

XIII კლიმატური ზონა – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის დასავლეთი ნაწილი. ის 2600 კმ<sup>2</sup> ფართს იკავებს და ოთხი მეტეოსადგურის მონაცემებია განხილული. მათი სიმაღლე ზღვის დონიდან 300 მ-დან 2000 მ-მდე. ამ ზონის ტერიტორიაზე იმყოფება ერთ-ერთი ე.წ. ელჭექის ადგილობრივი კერა – აჭარის ქედის დასავლეთი ნაწილი. დაკვირვების პერიოდი 38 წელს შეადგენს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები სამ მაღალმთიან სადგურზე (ხულო, ბახმარო, გოდერძის უღელტეხილი) 50-76 დღეს აღწევს. ქედაში, რომელიც ყველაზე ახლოს არის ზღვასთან, ედრ-ის მაქსიმუმი მხოლოდ 30 დღეა. მინიმალური მნიშვნელობები 14-30 ინტერვალშია. საშუალო წლიური 20-დან 41-მდეა, ერთ სადგურზე დაყვანილი კი 31 დღეს უდრის სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 8$ . მოდა სამ ზემოთნახსენებ სადგურზე 33-36 დღეს შეადგენს, ქედაში კი მხოლოდ 25. ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობები ქედას, ბახმაროს და გოდერძის უღელტეხილის მონაცემებში მცირეა (ერთზე ნაკლები) და მათი განაწილება ზომიერად და უარყოფითად ასიმეტრიულია და ნორმალურს უახლოვდება. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 25%.

XIV კლიმატური ზონა – მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთი ფერდობები. უკავია 5500 კმ<sup>2</sup> ფართი. აქ, [5]-ის თანახმად, თრიალეთის ქედია ადგილობრივი

ელჭექების კერა. ამ ზონაში 10 მეტეოსადგურის ედრ-ის მონაცემებია განხილული. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან 800- 2500 მ ინტერვალს შეადგენენ. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 34 წელს მოიცავს. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები 39-დან 83-მდე იცვლება. 39 – კოჯორში, 83 – ბაკურიანი. აღსანიშნავია, რომ 9 სადგურზე  $\max \geq 50$ . რაც შეეხება მინიმალურ მნიშვნელობას, საშუალოდ იგი 26 დღეს შეადგენს. ედრ-ის საშუალო წლიური 30 – 57 ფარგლებშია. საშუალოდ ერთ სადგურზე

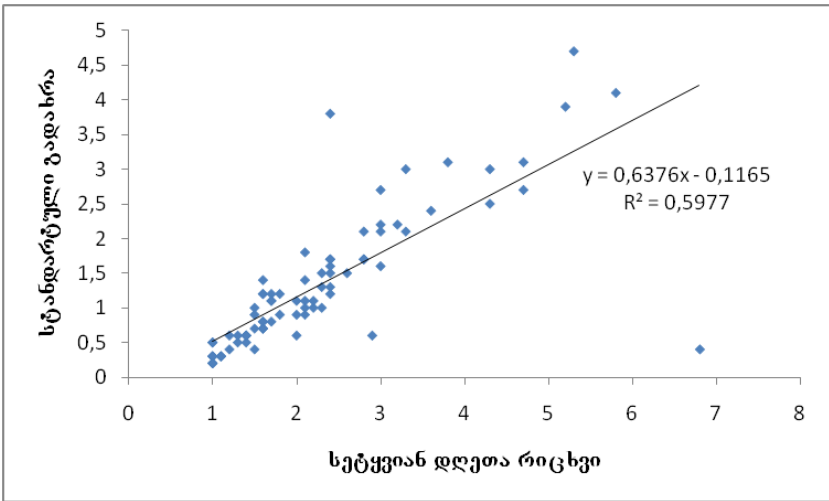
$n = 43$  სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 9$ . მოდა საშუალოდ 42 დღეა. ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობები თითქმის ყველა სადგურისათვის ერთზე ნაკლებია. ე.ი. განაწილება ზომიერია და 7 სადგურისათვის დადებითად და სამი სადგურისათვის უარყოფითად ასიმეტრიულია. უმეტესი სადგურისათვის განაწილება ნორმალური და გლუვია. ვარიაციის კოეფიციენტი საშუალოდ 22%. მონაცემთა რიგები საკმაოდ ერთგვაროვანია.

XV კლიმატური ზონა – სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთი ნაწილი. მას უკავია 5700 კმ<sup>2</sup> ფართი. ეს ზონა ყველაზე ელჭექსაშიშია საქართველოში. აქ განლაგებულ სადგურებზე კარწახში და ნინოწმინდაში არის წლები, როდესაც ელჭექიან დღეთა რიცხვი აღწევდა 95 – 96 დღეს. რეგიონი დაცულია აღმოსავლეთის შემოჭრებისაგან სამსარის და ჯავახეთის ქედებით, დასავლეთიდან მოსული ჰაერის მასებს კი თითქმის არ მოაქვს ტენი. კლიმატის პროფილი მთიანი და მშრალი. 5 მეტეოსადგურის მონაცემებს ვაანალიზებთ. მათი სიმაღლეები ზღვის დონიდან თითქმის 1000 – 2000 ფარგლებშია. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 35 წელია. ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები 50-დან 86 დღემდე ფიქსირდება. 50 – წალკაში, 86 – ახალქალაქში, 84 – ფარავანზე, 81 – ახალციხეში. მინიმალური მნიშვნელობები საშუალოდ ერთ სადგურზე დაყვანისას 26 დღეა. ედრ-ის საშუალო წლიური მნიშვნელობები 33-დან 35-მდეა დაფიქსირებული. მთლიანად ზონისათვის საშუალო 49 დღეა სტანდარტული გადახრით  $\sigma = 11$ . ყველაზე ხშირად უმეტეს სადგურებზე, 50-60 ელჭექიანი დღეების მქონე

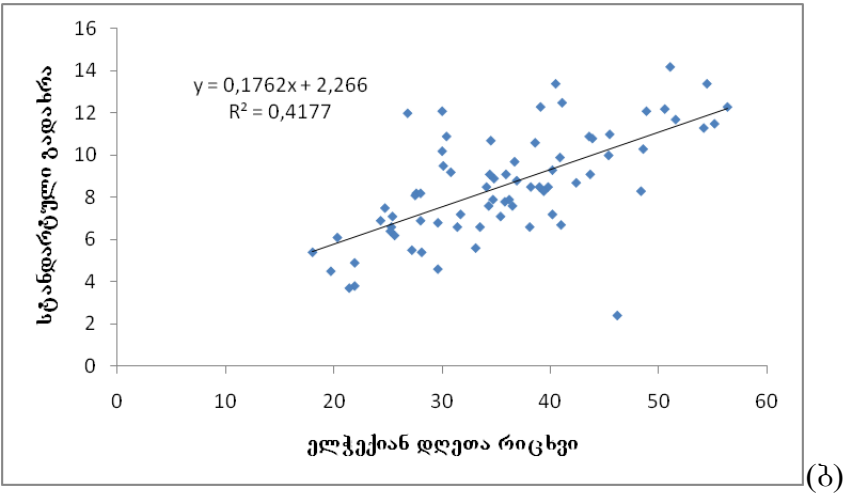


წლები მეორდება, მხოლოდ წალკაში მოდა 29 დღეა. ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობები ძალიან მცირეა, არ აღემატება 1. ამრიგად, განაწილება ზომიერად, დადებითად ორ სადგურზე და უარყოფითად სამ სადგურზე ასიმეტრიულია, მიახლოებული ნორმალურთან. ამაზე მიგვითითებს ვარიაციის კოეფიციენტების მნიშვნელობებიც, რომლებიც არ აღემატება 25%-ს.

წლიური სდრ-ის და ედრ-ის სტატისტიკური უზრუნველყოფა შემოწმდა მათი კორელაციური კავშირის დადგენით შესაბამის სტანდარტულ გადახრებთან:



(ა)



**ნახ. 3.2 სეტყვიან (ა) და ელექტიან(ბ) დღეთა სტანდარტული გადახრები**

როგორც ნახ.3.2.-დან ჩანს, ამ პარამეტრებს შორის ორივე შემთხვევაში საკმაოდ მჭიდრო წრფივი კორელაციური კავშირია. დეტერმინაციის კოეფიციენტები შესაბამისად ტოლია  $R^2_{ს}=0.598$  ;  $R^2_{ე}=0.418$ . წრფივი რეგრესიის განტოლებები გრაფიკებზეა მოცემული.

### **3.3. ელექტი დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში**

ელექტიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი დასავლეთ საქართველოში ივნის-ივლისშია და აგვისტოშიც კი, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში მაის-ივნისშია, როცა გააქტიურებულია კონვექციული პროცესები.

აღმოსავლეთ საქართველოში ელექტის წარმოქმნის მთავარი კერაა თრიალეთის და ციფ-გომბორის ქედები [1,2]. ავიაციისათვის ძალზე საშიში ელექტის ადგილობრივი კერებია ბორჯომი-ბაკურიანის რაიონში. იგი გადაადგილდება ბორჯომი-საშური-გორი-მუხრან-თბილისის მიმართულებით; არც ისე იშვიათად

ინტენსიური პროცესების დროს ელჭექის გზა გადის ცივგომბორის ქედს და მიემართება თელავი-გურჯანის მიმართულებით. ცივგომბორის ქედზე წარმოქმნილი ელჭექი გადაადგილდება თელავი-გურჯანის, ზოგჯერ ალაზნის ორივე სანაპიროზე ყვარელი-ლაგოდეხის მიმართულებით, ასევე საგარეჯოსკენ.

ელჭექიან დღეთა უდიდესი რიცხვით ხასიათდება ტენიანი ჰაერის მასების მიმართ ორიენტირებული მთის კალთები. ამ დროს მატულობს დინამიკური ტურბულენტობა და აღმავალი დინება ფერდობზე ქმნის დამატებით იმპულს მძლავრი კონვექციული პროცესების განვითარებისთვის, რაც აძლიერებს ელჭექს [4,5].

ელჭექიან დღეთა რიცხვის მატება აღინიშნება 2400-2600 მ. სიმაღლემდე, მის ზემოთ ელჭექის მოქმედება კლებულობს, რაც დაკავშირებულია ჰაერის ტემპერატურის შემცირებასთან. ელჭექის წლიური რიცხვი მერყეობს ძირითადად 20-25 და 50-70 შორის. ელჭექიან დღეთა რიცხვი იზრდება სიმაღლის მიხედვით ზოგიერთი რაიონების (მდ. ლიახვის: ცხინვალი 32, ჯავა 30, როკა 25) გამოკლებით. მაღალმთიან სარტყელში (თოვლის ხაზს ზემოთ) ფიქსირდება ელჭექის მნიშვნელოვანი შემცირება. ასე მაგალითად, სადგური ყაზბეგი მაღალმთიანი, რომლის სიმაღლე 3653 მ.-ია, ელჭექი მხოლოდ 24 დღეა წელიწადში. მნიშვნელოვნად ნაკლებია ელჭექი ხეობაში. მაგალითად საქარაში - 29, ტყიბულში ელჭექიან დღეთა რიცხვი 17-ია წელიწადში.

ელჭექის უდიდესი დღეთა რიცხვი ფიქსირდება სამხრეთ საქართველოს ცენტრალურ გაშლილ ნაწილში, მესხეთ-ლიხის ქედების ჩრდილოეთ და სამხრეთ ფერდობზე, კახეთის კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელში და ცივგომბორის ქედზე. ასევე დასავლეთ კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელში ისინი შეადგენენ 60-75, ზოგიერთ პუნქტზე კი აღწევს 80-96 დღეს.

კოლხეთის დაბლობის შიდა რაიონში და მიმდებარე მთისწინეთში, დასავლეთ კავკასიონის მთიან სარტყელში და ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელში ელჭექის უდიდესი დღეთა რიცხვი მცირდება 35-45 დღემდე, ხოლო დანარჩენ ნაწილში სანაპირო ზონის ჩათვლით

მატულობს და აღწევს 50-55 დღეს. სანაპირო ზოლში ელჭექიან დღეთა შემცირება დასავლეთ კავკასიონის მაღალმთიან სარტყელთან შედარებით აიხსნება ფიონებისა და ბრიზების გავლენით ელჭექის პროცესზე.

ელჭექიან დღეთა განმეორებადობის წლიური მსვლელობის უდიდესი მნიშვნელობა დასავლეთ საქართველოში ივლისშია, აფხაზეთში და აჭარაში-ავვისტოში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს ნაწილში უდიდესი განმეორებადობა ივნისშია. ქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოში ადგილი აქვს ორ მაქსიმუმს: ერთი ივნის-ივლისში, მეორე ავვისტოში.

ელჭექის დღეღამური მსვლელობის მინიმუმი მთელ საქართველოში არის 6-12 სთ, მაქსიმუმი მოდის დღის მეორე ნახევარში. დილის მინიმუმი აიხსნება ატმოსფეროს არასაკმარისი გათბობით და შედეგად კონვექციული პროცესების არარსებობით. ელჭექის მაქსიმალური ხანგრძლივობა 140-1250სთ. ფიქსირდება სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში.

### *ლიტერატურა*

1. Гуния С.У. Грозовые процессы в условиях Закавказья. Л.Гидрометеиздат 1960.
2. Климат и климатические ресурсы Грузии. Тр. Зак НИГМИ, вып. 44(50). Л. . Гидрометеиздат 1971..
3. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Л. Гидрометиздат. 1972
4. Амираншвили А.Г., Варაშвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Мкурналидзе И.П. Характеристики грозовой активности в Грузии. Труды Института Гидрометеорологии Грузии. 2008, том №115.

5. Амиранашвили А.Г., Варазашвили О.Ш., Нодия А.Г., Церетели Н.С., Хуродзе Т.В. – Статистические характеристики числа дней с градом в год в Грузии. Труды института гидрометеорологии Грузии. 2008, том №115.

## **თავი 4. საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვიან და ელჭექიან დღეთა რიცხვის შესაძლო ვარიაციების დადგენა**

1960-2006 წწ. პერიოდის განმავლობაში სდრ-ის და ედრ-ის შესაძლო ვარიაციების დასადგენად გამოყენებულია ე.წ. ტრენდის აგების პრინციპი. ტრენდის ცნებაში არსებითია ის, რომ იგი უნდა იყოს გლუვი, რაც პრაქტიკაში ნიშნავს მის წარმოდგენას დროის უწყვეტი და დიფერენცირებადი ფუნქციის სახით. ამასთან ტრენდის ხაზს უნდა ჰქონდეს დროში მკვეთრად გამოკვეთილი ზრდის ან კლების მიმართულება. მეტეოროლოგიურ ლიტერატურაში ტრენდის ტერმინის ქვეშ ხშირად იგულისხმება ამა თუ იმ მეტეოელემენტის სტატისტიკურად ნიშნადი ცვალებადობა დროის სხვადასხვა მონაკვეთში. ასეთი მიდგომა გამართლებულია მეტეოროლოგიური პარამეტრების დროში ცვალებადობის შესწავლისას.

### **4.1. სეტყვიან დღეთა რიცხვის ვარიაციების გამოკვლევა**

საქართველოს ტერიტორიაზე სეტყვიან წლიურ დღეთა რიცხვის სივრცულ-დროითი განაწილების დასადგენად დამუშავდა 84 მეტეოსადგურის 1960-2006 წწ მონაცემები. გამოითვლილია სდრ-ის ძირითადი სტატისტიკური პარამეტრები: დაკვირვების პერიოდები, შემთხვევათა რიცხვი, მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები, ასიმეტრია, ექსცესი და ვარიაციის კოეფიციენტები. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილში 2.1, რომელშიც მეტეოსადგურები დაჯგუფებულია კლიმატური ზონების მიხედვით.

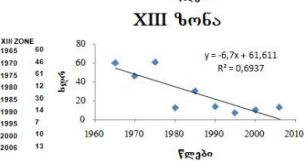
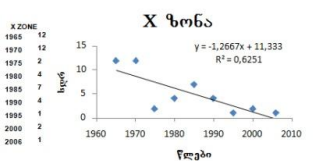
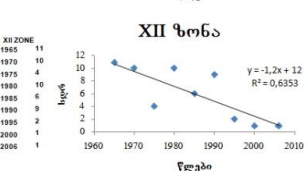
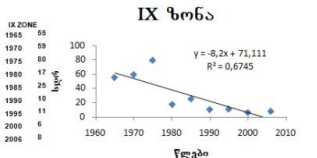
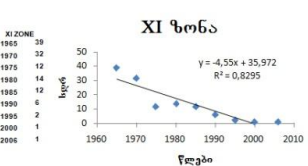
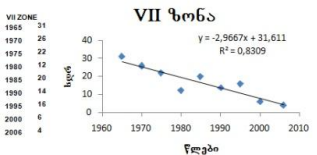
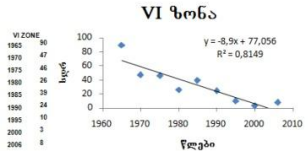
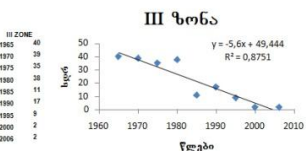
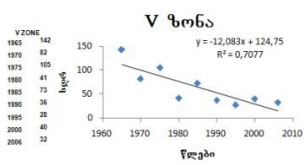
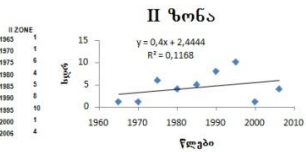
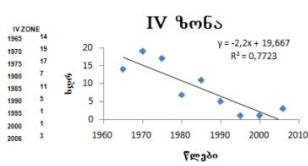
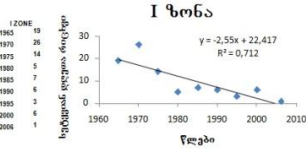
ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ სეტყვიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი საშუალოდ იცვლება 2,3-დან 12-მდე (2,3 დაფიქსირებულია IV კლიმატურ ზონაში – იმერეთის

მასივი ლიხის ქედის ფერდობებით. 12 - მესხეთის და თრიალეთის სამხრეთ ფერდობებზე - XIV კლიმატურ ზონაში). საშუალო წლიური მნიშვნელობები იცვლება 1,4 - 3,8 ინტერვალში. განაწილება ნორმალურისგან ბევრად განსხვავდება. ამაზე მიგვითითებს ასიმეტრიის და ექსცესის საკმაოდ დიდი მნიშვნელობები. დაკვირვების პერიოდი საშუალოდ 30 წელს შეადგენს. მონაცემთა რიგები არაერთგვაროვანია [1].

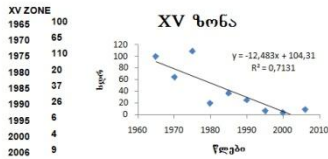
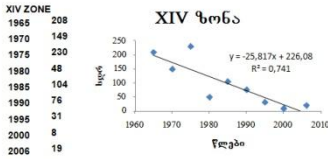
ასევე განხილულ იქნა ძლიერი სეტყვის ( $d > 5$ მმ) დროითი განაწილება კლიმატური ზონების მიხედვით ბოლო ათწლეულების პერიოდში, რაც მოცემულია შესაბამის ცხრილში 3.1. ცხრილიდან ჩანს, რომ ძლიერი სეტყვა განხილულ პერიოდში დაფიქსირებულია ყველა კლიმატურ ზონაში. შემთხვევათა 62% მოდის სეტყვაზე, რომლის დიამეტრი 10-20 მმ გრადაციაშია, 26% ისეთ სეტყვაზე, რომლის დიამეტრი აღემატება 20 და 30 მმ-საც და 12% ის სეტყვაა, რომლის დიამეტრი 5-10 მმ-ია. აღსანიშნავია ასევე, რომ ყველაზე მეტად ძლიერი სეტყვის შემთხვევები დაფიქსირებულია V, VI და XIV კლიმატურ ზონებში 1972-1989 წწ პერიოდში. ეს ზონებია - ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობები, კახეთის რეგიონი და მესხეთის და თრიალეთის ქედების ფერდობები. მთლიანობაში სეტყვიან დღეთა რიცხვის მაქსიმალური და საშუალო წლიური მნიშვნელობები არის 5,3 და 2,23 დასავლეთ საქართველოში და 6,2 და 2,46- აღმოსავლეთ საქართველოში. როგორც ჩანს, საშუალო მნიშვნელობებში დიდი განსხვავება არ შეინიშნება, მაქსიმალური მნიშვნელობები კი თითქმის ერთი დღით განსხვავდება.

რაც ეხება სდრ-ის დროში შესაძლო ვარიაციებს, მიღებული ტრენდების განხილვისას დგინდება, რომ უმეტეს კლიმატურ ზონაში (განსაკუთრებით იქ, სადაც დიდი სეტყვიანობაა) ფიქსირდება სდრ-ის ზრდა 1975-1985 წწ პერიოდში და მერე ისევ მატება მიდის ბოლო ათწლეულში [2].

სეტყვიან დღეთა რიცხვის ვარიაციების გამოკვლევისათვის განვიხილოთ მათი ტრენდები.





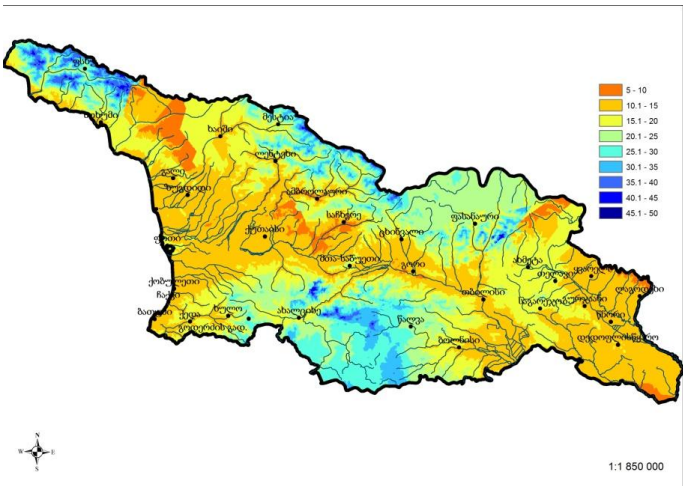


**ნახ.4.1. სექციის დღეთა რიცხვის ტრენდები საქართველოს სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში.**

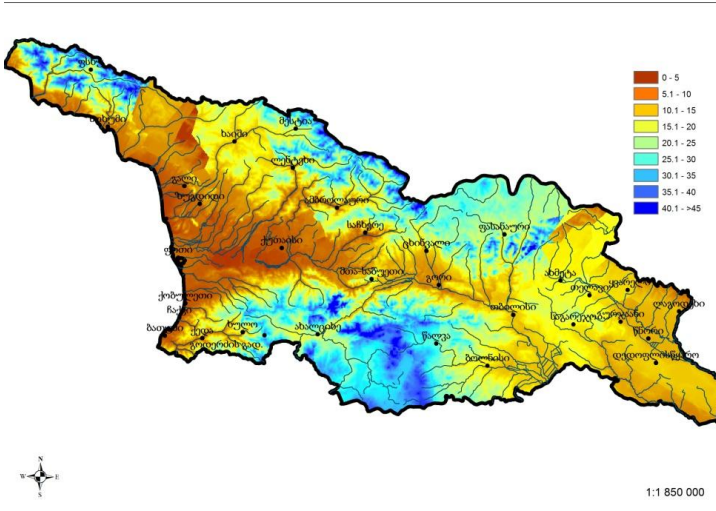
როგორც მიღებული გრაფიკებიდან ჩანს, ყველა კლიმატურ ზონაში აღინიშნება წელწადში სექციის დღეთა რიცხვის ტენდენცია შემცირებისაკენ. არსებული ფლუქტუაციები ასეთია: 1960-70 წ.წ. – ზრდა ფიქსირდება I, III, IV, X კლიმატურ ზონებში (სამხრეთ შავიზღვისპირეთი, კოლხეთის დაბლობი ლიხის ქედამდე, ფასანაური); 1970-75 წწ. ზრდა – II-VI, IX, XIII-XV; 1975-80,85 წწ. – ზრდა აღინიშნებოდა მხოლოდ – X-XII რეგიონებში (ფასანაური, კავკასიონის ჩრდილო ფერდობები და მაღალმთიანეთი); 1980-85 ხუთწლედში ზრდის ტენდენცია შეიმჩნევა IV-VI, IX-XI, XIII-XV; 1985-90 წწ. – I-III,VII,XII. შემდეგ თითქმის ყველგან არის კლება და ბოლო ათწლეულში 2000-2006 წწ. შეიმჩნევა მცირე მატება ყველა კლიმატურ ზონაში. 1990-2000 წწ. პერიოდში ცნობილი მოვლენების გამო თითქმის შეწყვეტილი იყო მეტეოდაკვირვებები და ამიტომაც ეს პერიოდი მონაცემთა მცირე რიცხვით არის

წარმოდგენილი. საერთო ჯამში შესამჩნევი ფლუქტუაციები ზრდის მხრივ აღინიშნება 1970-75 წწ, 1980-85 წწ და 2000-06 წწ-ში.

სეტყვის საშუალო წლიური განაწილება და განაწილება თბილისი პერიოდისათვის წარმოდგენილია გეოსაინფორმაციო რუკებზე. როგორც ამ რუკებიდან ჩანს, საქართველოს მთელი ტერიტორია მოქცეულია სეტყვური პროცესების ზემოქმედების ქვეშ. მონაცემების ანალიზიდან ირკვევა, რომ სეტყვას ახასიათებს მკვეთრად გამოსატყული სეზონურობა და წლის თბილ (აპრილ – ოქტომბერი) პერიოდისათვის არის დამახასიათებელი, დიდი სიხშირით გამოირჩევა მაისი. ნაადრევი სეტყვა თებერვალში ფიქსირდება, გვიანი ნოემბერში. სეტყვა ყველაზე ხშირია მაის – ივნისში (2-3-ჯერ თვეში), სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვი 1-10 შორის იცვლება. ყველაზე მეტი სეტყვიანი დღეები არის სამხრეთ საქართველოში და კავკასიონის მაღალმთიან ნაწილში. კახეთში 2-3 დღე წელიწადში სეტყვიანია. ცალკეულ წლებში სეტყვიან დღეთა რიცხვმა დაბლობ ნაწილში შეიძლება 15 მიაღწიოს, მაღალმთიან ნაწილში კი 23.



**ნახ. 4.2** სეტყვის წლიური განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე [3,4].



**ნახ.4.3.** სეტყვის განაწილება თბილი პერიოდის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე [5].

დასავლეთ საქართველოში ინტენსიური საშიში სეტყვის მოვლენები წარმოიქმნებიან ძირითადად ატმოსფერული პროცესების დროს, რომლებიც დაკავშირებულია სხვადასხვა ტიპის ფრონტების გავლასთან, აგრეთვე ერთგვაროვან ჰაერის მასებში ძლიერ განვითარებულ კონვექციულ პროცესებთან.

დასავლეთ საქართველოში აღმოსავლეთ საქართველოსთან განსხვავებით, სეტყვის პროცესები წარმოიქმნება მხოლოდ ცივი ჰაერის მასების შემოჭრების დროს. აღმოსავლეთიდან შემოჭრილი ცივი ფრონტი ლიხის ქედამდე ვრცელდება და

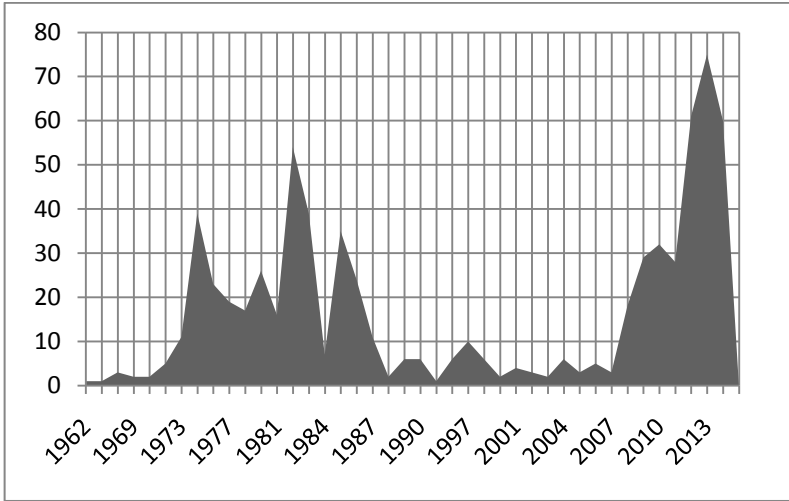
იშლება, იშვიათ შემთხვევაში თუ დასავლეთში იჭრება ფიონური ეფექტის გალენით ჰაერი მშრალი, თბილი და მდგრადი ხდება, ამიტომ სეტყვა არ წარმოიქმნება. მეორე მხრივ სეტყვის წარმოქმნას ფიონი ხელს უწყობს სამხრეთის ციკლონების შემოსვლისა და გავლის დროს. სეტყვის უდიდესი განმეორება - 44% მოდის ცივ ფრონტზე, 24%- ტალღურ აღრევაზე, 17% შემთხვევა შიდამასიურ კონვექციული პროცესების დროს, ხოლო 15%-ოკლუდირებული ფრონტის დროს.

მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა, რომ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში სეტყვიან დღეთა რიცხვის მრავალწლიურ მსვლელობას ათწლეულების მიხედვით აქვთ უარყოფითი დახრის ტრენდები ე.ი. კლება, გარდა სადგურ თბილისის მონაცემებისა, სადაც მცირე მატებას აქვს ადგილი. სეტყვიან დღეთა რიცხვის შემცირება დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში მოჰყვა ქვეყნილი ზედაპირის თერმულ გაერთგვაროვნებას, რაც გამოიწვია ტერიტორიის ურბანიზაციამ.

სადგურ თბილისის 108 წლიანი დაკვირვების მონაცემებით სეტყვის მოსვლის არცერთი დღე არ იყო წვიმის გარეშე და იყო უმთავრესად ციკლონური და უგრადიენტო ბარიული ველის პირობებში. სეტყვიან დღეთა საშუალო რიცხვის ათწლეულების მიხედვით მრავალწლიურ მსვლელობას აქვს მცირე მატების ტენდენცია. ეს მოვლენა აიხსნება ქვეყნილი ზედაპირის თერმული გაერთგვაროვნებით, რაც ტერიტორიის ურბანიზაციას მოჰყვა, აგრეთვე ატმოსფეროში ანთროპოგენური აეროზოლების შემცველობის, კონდენსაციისა და კრისტალიზაციის ბირთვების კონცენტრაციის გაზრდა.

ქვეყნილი ზედაპირის ანთროპოგენური ცვლილებების შესაბამისად სეტყვის სიხშირის ინტენსივობა იცვლება წლიდან წლამდე, ათწლეულიდან ათწლეულებამდე ე.ი. აქვს საუკუნოვანი მსვლელობა.

სეტყვიანობის დასახასიათებლად მნიშვნელოვანი პარამეტრია ასევე მისი განმეორადობა. ამ სიდიდის აღწერისთვის 1962-2014წ. პერიოდის მონაცემები გამოვიყენეთ [5].



**ნახ.4.4. სექციის განმეორადობა 1962-2014წ. პერიოდში საქართველოს ტერიტორიაზე.**

როგორც ნახ.4.4 -დან ჩანს სექციის განმეორადობა საგრძნობლადაა მომატებული ბოლო წლებში.

**ლიტერატურა**

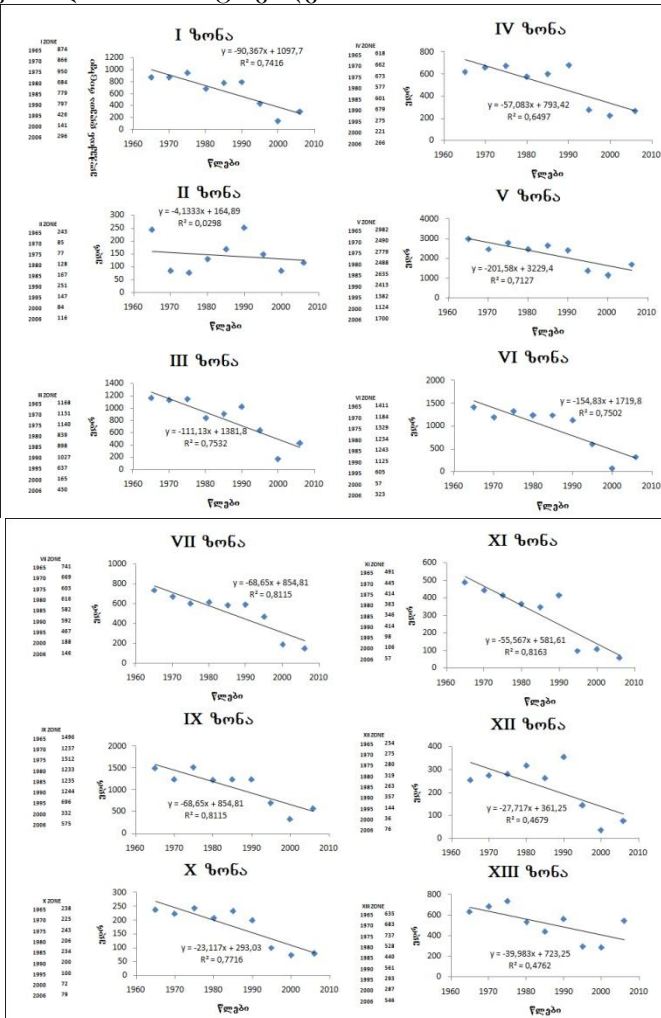
1. ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი., საქართველოს ტერიტორიაზე ძლიერი სექციის მოსვლის განმეორადობის თავისებურება. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ტ. 116 2013
2. ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი., მესხია რ. სექციური პროცესები საქართველოს ტერიტორიაზე საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემია. საერთ. კონფ. მასალები “კლიმატის ცვლილება და მისი გავლენა სოფლის მეურნეობის მდგრად და უსაფრთხო განვითარებაზე”. 2014
3. ტატიშვილი მ., ქართველიშვილი ლ., მკურნალიძე ი., მესხია რ., დეკანოზიშვილი ნ. სექციური პროცესების ვარიაციები საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. საქართველოს სოფლის მეურნეობის აკადემია. თბილისი. 2015

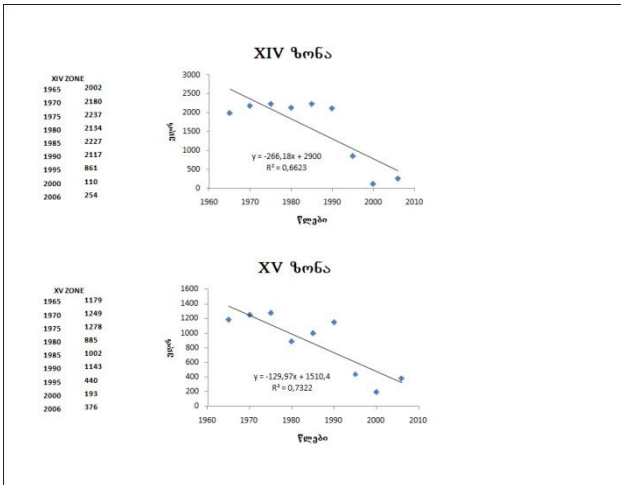
4. Tatishvili M. Hazardous hydrometeorological phenomena over Georgian territory against the global climate change background. International Scientific Journal. Journal of Environmental Studies. 2015, v.4.

5. Tatishvili M. Thunderstorm and hail processes over Georgian territory against global climate change background. International Scientific Journal. Journal of Environmental Studies. 2016, v.5.

## 4.2. ელტექიან დღეთა რიცხვის ვარიაციების გამოკვლევა

ელტექიან დღეთა რიცხვის ვარიაციების გამოსაკვლევად გამოიხილოთ მისი ტრენდები:





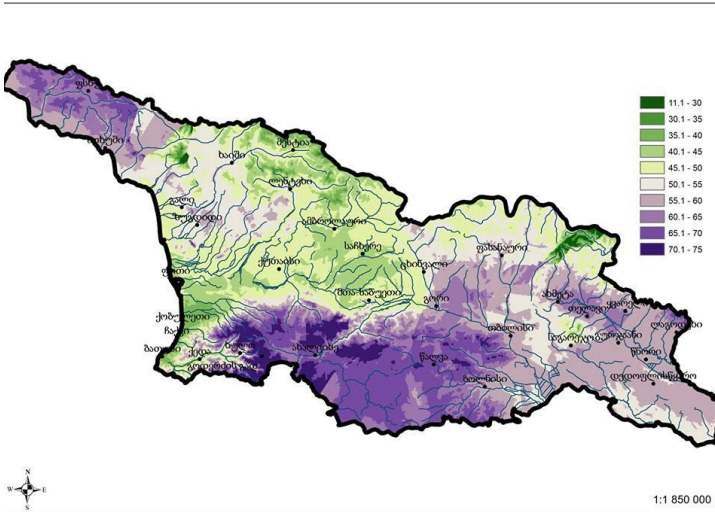
**ნახ. 4.2.1. ელჭექებიან დღეთა რიცხვის ტრენდები საქართველოს სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში**

ტრენდების განხილვისას გამოვლინდა რომ ყველა კლიმატურ ზონაში მთლიანობაში აქაც ტენდენცია უარყოფითია, მიმართულია შემცირებისაკენ. მაგრამ აქაც აღინიშნება შესამჩნევი ფლუქტუაციები: 1970-75 წწ. ედრ-ის ზრდა ფიქსირდება 10 კლიმატურ ზონაში (I, III-VI, IX-XI, XIII, XV). მეორე პერიოდი, რომელშიც უმეტეს რეგიონში დაფიქსირდა ზრდა არის 1980-90 წწ. აქაც როგორც სდრ-ის ტრენდებში, ბოლო ათწლეულში 2000-06 წლებში მცირე ზრდა შეიმჩნევა [1].

აღსანიშნავია რომ II, VII, XIV კლიმატურ ზონებში ზრდის ფლუქტუაცია ფიქსირდება მთელ 1975-90 წ.წ. პერიოდში. აქაც როგორც სდრ-ის ტრენდებში ნაკლებად არის წარმოდგენილი 1990-2000 წ.წ პერიოდი, მონაცემთა სიმცირის გამო.

ელჭექების საშუალო წლიური განაწილება წარმოდგენილია გეოსაინფორმაციო რუკაზე, საიდანაც ნათლად ჩანს ელჭექების ინტენსიური გავრცელების ცენტრები და მათი ინტენსივობა.





**ნახ.4.2.2. ელჭექების წლიური განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე [2].**

ელჭექიან დღეთა წლიური რიცხვის (ედრ) სივრცულ-დროითი განაწილების დასადგენად დამუშავდა 74 მეტეოსადგურის 1960-2006 წწ მონაცემები. გამოთვლილ იქნა ედრ-ის სტატისტიკური პარამეტრები: დაკვირვების პერიოდი, მაქსიმალური, მინიმალური და საშუალო მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები, მოდალური მნიშვნელობები, ასიმეტრია, ექსცესი და ვარიაციის კოეფიციენტები. შედეგები მოყვანილია ცხრილში 1.1, სადაც მეტეოსადგურები დაჯგუფებულია კლიმატური ზონების მიხედვით. ცხრილიდან ჩანს, რომ ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობები მოთავსებულია 42-73 ინტერვალში. (42 – IV კლიმატური ზონა, ზემო იმერეთი; 73 – XV კლიმატური ზონა, სამხრეთ მთიანეთის სამხრეთი ფერდობები), საშუალო წლიური მნიშვნელობები 25-49 დღის ინტერვალშია. მოდალური მნიშვნელობები 23-დან 51-მდე იცვლება.

მთლიანობაში დასავლეთ საქართველოში ედრ-ის მაქსიმუმი 53 დღეს შეადგენს, საშუალო – 32, მოდალური 28. აღმოსავლეთ საქართველოში ედრ-ის მაქსიმუმი აღწევს

61 დღეს, საშუალო 39 და მოდალური 38. განაწილება მიისწრაფის ნორმალურისკენ, რადგანაც ასიმეტრიის და ექსცესის მნიშვნელობები თითქმის ყველა სადგურზე არ აღემატება 1-ს. ვარიაციის კოეფიციენტები 30% ფარგლებშია. მონაცემთა რიგები ერთგვაროვანია, ზომიერად ასიმეტრიული. სტატისტიკური უზრუნველყოფა სდრ-ის და ედრ-ისთვის შემოწმდა მათი კორელაციური კავშირით სტანდარტულ გადახრებთან [1]. კავშირი საკმაოდ მაღალია. დეტერმინაციის კოეფიციენტები შესაბამისად ტოლია  $R_l^2 = 0,5977$   $R_{el}^2 = 0,4177$  მაშასადამე, საქართველოს პირობებში დაკვირვების მინიმალურად მისაღები პერიოდი სეტყვიანობისათვის 30 წელია და ელჭექებისათვის 10-15 წელიც საკმარისია.

სამუშაოს აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა, რადგანაც მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე ნავთობ და გაზსადენების, მაღალი ძაბვის ხაზების გაყვანისას, სტრატეგიული ავტობანების და სხვა ინფრასტრუქტურის მშენებლობისას, ტურისტული მარშრუტების დასადგენად, კლიმატის სხვადასხვა მოდელების შექმნისას და ა.შ.

### **ლიტერატურა**

1. ტატიშვილი მ., მეურნალიძე ი., მესხია რ ელჭექური პროცესების ხანგრძლივობა საქართველოს ტერიტორიაზე. თბილისი. ივანე ჯავახიშვილის თბილისის სახელწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის ინსტიტუტი. 2015
2. Tatishvili M.. Hazardous hydrometeorological phenomena over Georgian territory against the global climate change background. International Scientific Journal. Journal of Environmental Studies. v.4.. 2015

## თავი 5. ელექტური აქტივობა საქართველოს უღელტეხილებზე

საქართველოს ეკონომიკის განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მიმართულებად მიჩნეულია ტურიზმი. ამასთან დაკავშირებით საკმაოდ აქტუალური გახდა სხვადასხვა ტურისტული მარშრუტების უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. როგორც ცნობილია, საქართველოს ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი უკავია მთებს და უმეტესი ტურისტული მარშრუტი გადის მთიან უღელტეხილებზე. კვლევის მიზანია საქართველოს ზოგიერთი მნიშვნელოვანი უღელტეხილის მიდამოების ელექტური აქტივობის შესწავლა.

განსაკუთრებით საშიშია ელექტი მთაში. ლოკალური მასშტაბით ელვის დარტყმა რელიეფთან არის დაკავშირებული. ცნობილია, რომ მთის თხემები და მწვერვალები იზიდავენ და აგროვებენ ელვის მუხტს. მთის ფერდობზე ნებისმიერი ამოხნიეტილობა არის ელვის დარტყმის შესაძლო ადგილი. აღსანიშნავია, რომ ელვის დენი ძალიან საშიშია და ნაკლებად შესწავლილი. როცა ელვა ხვდება მთის შვერილში, წარმოქმნილი დენი ეძებს ყმცირესი წინაღობის გზას და გადადის კლდეების ზედაპირზე, ჩადის ნაპრალებში, მცირე დრმულებში, კლდეების კალთებში. ამრიგად, ყველა ეს ადგილი ელექტის დროს ადამიანისათვის ძალიან საშიშია [1].

მოცემულ თავში გაანალიზებულია საქართველოს შვიდი უღელტეხილის მიდამოებში ელექტიანი დღეების წლიური რიცხვის სტატისტიკური მახასიათებლები და გამოანგარიშებულია დედამიწის ზედაპირზე ელვის განმუხტვების საშუალო და მაქსიმალური რიცხვი ყოველ 100 კვ.კმ-ზე.

განხილულია შემდეგი უღელტეხილები: ბენოს, მამისონის, ცხრაწყაროს, ჯვრის, ხეკარის, გოდერძის და რიკოთის.

ბენოს უღელტეხილი – კავკასიონის მთავარ წყალგამყოფ ქედზე გადის, დონღუზორონის და შხელდის მთებს შორის, ზღვის დონიდან 3375მ სიმაღლეზე. იგი

დაფარულია ყინულით. ბილიკი გადადის ენგურის ხეობიდან მდინარე დორლაჯარის სათავეებთან. სხვა უღელტეხილებთან შედარებით იგი ყველაზე ადვილი გადასასვლელია ჩრდილოეთ კავკასიაში. მამისონის უღელტეხილი რაჭა-ლეჩხუმის რეგიონშია, კავკასიონის მთავარ წყალგამყოფ ქედზე, გადის მდინარეების არღონის და ჭანჭანის სათავეებზე. სიმაღლე ზღვის დონიდან—2854მეტრია. მის კალთებზე სუბალპური და ალპური მდელოებია. მამისონის უღელტეხილზე გადის საქართველოს სამხედრო გზა. ცხრაწყაროს უღელტეხილი ზღვის დონიდან 2462მეტრზე მდებარეობს თრიალეთის ქედის დასავლეთ ნაწილში, შემოსილია სუბალპური მდელოს ბალახეულით. იგი აკავშირებს ბორჯომის და ახალქალაქის მუნიციპალიტეტებს. ჯვრის უღელტეხილი — ხევის კავკასიონის მთავარ ქედზეა, მდინარეების თერგის და მთიულეთის არაგვის წყალგამყოფზე, ზღვის დონიდან 2379მეტრ სიმაღლეზე. მისი მიდამოები სუბალპური და ალპური ლანდშაფტებია. უღელტეხილზე გადის საქართველოს სამხედრო გზა. სამხრეთ-დასავლეთ კალთაზე მოწყობილია გუდაურის ზამთრის სპორტულ-გამასაჯამრთებელი კომპლექსი. ზეკარის ურელტეხილი— ე.წ. რკინის ჯვარი, მესხეთის ქედზე მდებარეობს, მისი სიმაღლე ზღვის დონიდან 2180მეტრია. იგი შემოსილია სუბალპური ბუჩქნარით და მდელოებით. ზეკარზე გადადის საავტომობილო გზატკეცილი, რომელიც აკავშირებს მდინარეების ხანისწყალის და ქვაბლიანის ხეობებს. გოდერძის უღელტეხილი გადის არსიანის ქედზე, აჭარის და მესხეთის საზღვარზე, ზღვის დონიდან 2025მეტრზე. იგი აერთიანებს ბათუმს და ახალციხეს. სურამის (რიკოთის) უღელტეხილი აერთიანებს დიდი და მცირე კავკასიონის მასივებს. იგი ლიხის ქედის სამხრეთ მონაკვეთზეა, მდინარე რიკოთულის (ძირულას მარცხენა შენაკადი) სათავეებთან. ეს ყველაზე დაბალი უღელტეხილია — მისი სიმაღლე ზღვის დონიდან სულ 949 მეტრია. იგი შემოსილია კოლხური ტიპის შერეული ფართოფოთლოვანი ტყით, მასზე გადის თბილისი-ქუთაისის საავტომობილო მაგისტრალი და მის ქვეშ - რკინიგზა (ხაშური-ზესტაფონის მონაკვეთი). მისი ელექტროფიცირება მოხდა 1932 წელს და პირველად

საბჭოთა კავშირში მასზე დაიწყო ელმავლების ექსპლუატაცია. 1982წელს უღელტეხილის ქვეშ გაისხნა 1722მ. სიგრძის საავტომობილო გვირაბი.

კვლევის ჩასატარებლად გამოყენებულია განხილული უღელტეხილებთან ახლოს მდებარე მეტეოსადგურების ელჭექიან დღეთა რიცხვის 1961-2006 წწ.-ის მონაცემები [2]. გამოთვლილია ამ პარამეტრის საშუალო, მაქსიმალური და მოდალური წლიური მნიშვნელობები, სტანდარტული გადახრები და ვარიაციის კოეფიციენტები. დედამიწის ზედაპირზე განმუხტვების საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები გამოთვლილია შემდეგი ნახევრადემპირიული ფორმულით [3]:

$$N = 3.6T^{1.3}$$

სადაც N არის განმუხტვების რიცხვი 100კვ.კმ-ზე და T – ელჭექიან დღეთა რიცხვი.

მიღებული შედეგები მოყვანილია ცხრილში 5.1:

**ცხრილი 5.1. საქართველოს უღელტეხილებზე ელჭექური აქტივობის მახასიათებლების სტატისტიკური პარამეტრები (ელჭექიან დღეთა რიცხვის საშუალო  $\bar{n}$ , მაქსიმალური (max) და მოდალური (mod.) მნიშვნელობები სტანდარტული გადახრები  $\sigma$ , ვარიაციის კოეფიციენტები  $C_v\%$  და დედამიწის ზედაპირზე განმუხტვების საშუალო  $\bar{N}$  და მაქსიმალური  $N_{max}$  წლიური რაოდენობა)**

უღელტეხილი	სიმაღლე ზღ.დ. H(მ)	დაკვ. პერიოდი T(წ)	$\bar{n}$	$\sigma$	max	mod	$C_v\%$	$\bar{N}$	$N_{max}$
ბეწო	3800	32	1 4	6	25	18	48	116	266
მამისონი	2819	34	2 7	1 0	46	26	37	25 8	602
ცხრაწყარო	2454	32	3 7	1 2	58	38	31	44 8	818
ჯვარი	2379	32	2 9	1 0	50	23	36	32 9	674
ზეკარი	2180	30	2	1	59	30	52	32	835

			9	5				3	
გოდერძი	2025	35	3 2	1 5	67	30	46	36 9	994
რიკოთი	949	32	3 4	11	56	25	33	39 6	778

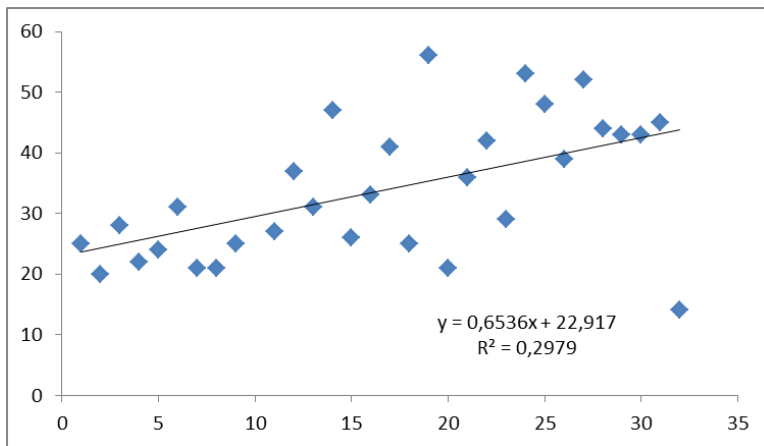
ცხრილიდან ჩანს, რომ ელჭექიან დღეთა რიცხვის საშუალო წლიური რიცხვი განხილულ უღელტეხილებზე 30-37დღიან ინტერვალში იცვლება, ბენოს უღელტეხილის გამოკლებით, სადაც საშუალოდ წელიწადში მხოლოდ 14 ელჭექიანი დღე ფიქსირდება. ამის მიზეზია როგორც მონაცემთა ნაკლებობა და არაერთგვაროვნება, ასევე მიდამობის ყინულით დაფარულობა, რომლის პირობებშიც ელვები ნაკლებად აღინიშნება.

დანარჩენ ექვს უღელტეხილზე ელჭექიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვი 50-დან (მამისონი) 67 დღემდე (გოდერძის უღ.) იცვლება. ბენოზე ელჭექიანი დღეების მაქსიმუმი 25-ს აღწევს. ელჭექიან დღეთა რიცხვის მოდალური მნიშვნელობები 25 -38 დღის ფარგლებშია და ბენოზე ის 20-ს უტოლდება. როგორც ცნობილია, რეგიონი, რომელშიც ელჭექიან დღეთა წლიური რიცხვი 25 აღემატება, ითვლება ელჭექსაშიშად [4]

ელჭექური აქტივობა ელჭექიან დღეთა რაოდენობის და ხანგრძლივობის გარდა ხასიათდება უფრო ზოგადი მანვენებით – განმუხტვების საშუალო რაოდენობით დედამიწის ზედაპირის ფართის ერთეულზე. განხილულ უღელტეხილებზე, ზემოთ მოცემული ფორმულის გამოყენებით, მიღებულ იქნა შემდეგი: განმუხტვების საშუალო წლიური რაოდენობა ფართის 100კვ.კმ-ზე 200-450 ინტერვალში იცვლება, მაქსიმალური კი 600-1000 აღწევს. აღსანიშნავია, რომ ელვადაცვის თვალსაზრისით განმუხტვების მაქსიმალური რაოდენობა არის გასათვალისწინებელი როგორც ადამიანებისათვის ასევე სხვადასხვა ინფრასტრუქტურული ობიექტების შექმნისას.

ასევე გამოთვლილია ელჭექიან დღეთა საშუალო რიცხვის ტრენდები. უმეტეს უღელტეხილზე ბოლო ათწლეულში აღინიშნება ამ პარამეტრის კლება, მაგრამ ეს

განპირობებულია მონაცემთა ნაკლებობით. ამასთან, რიკოთის უღელტეხილზე ტრენდი მკვეთრად დადებითია. სავარაუდოთ ეს დაკავშირებულია უღელტეხილის მიდამოებში ატმოსფეროს გაჭუჭყიანებასთან.



**ნახ 5.1 რიკოთის უღელტეხილის მიდამოების ელჭექიან დღეთა რიცხვის ტრენდი (1961-2006წწ.)**

მიღებული შედეგები გასთვალისწინებელია სხვადასხვა ტურისტული მარშრუტებისათვის საფრთხოების რეკომენდაციების შედგენისას.

### **ლიტერატურა**

1. საქართველოს ელჭექის კადასტრი – საქართველოს ბუნების დაცვის სამინისტრო, საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური დეპარტამენტი, გარემოს ეროვნული სააგენტო – თბილისი 2010წ.
2. Роджер Г.Барри —Климат в горах. – Л.Гидрометиздат.1984,310стр.
3. Бериташвили Б.Ш.,Мкурналидзе И.П.,Амираншвили А.Г. – Исследование пространственно -временных изменений числа дней

- с грозой на территории Грузии. Сб. статей ГГО . Вопросы физики облаков. – С.Петербург, Гидрометиздат, 2004.с.155-168
4. Колоколов В.П., Павлова Г.П. – Соотношения между некоторыми грозowymi параметрами . Тр. ГГО, 1972, вып. 217.
  5. Аджиев А.Х., Куповых Г.В. – Атмосферно-электрические явления на Северном Кавказе. Таганрогский технический университет, 2004.



## თავინ. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიის ელტექციანობის გამოკვლევა

2006 წლის ივლისში ამოქმედდა სამხრეთ კავკასიის რეგიონისათვის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნავთობსადენი ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანი, რომელიც გადის სამი სახელმწიფოს – აზერბაიჯანის, საქართველოს და თურქეთის ტერიტორიაზე. მისი სიგრძე 1775 კმ-ია. აღნიშნული ნავთობსადენი გადის სამხრეთ საქართველოს მთიანეთზე და შეადგენს 235კმ.



### *ნახ.ნ.1. ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის მარშრუტი*

კვლევის მიზანია ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიის ელტექსაშიშროების გამოკვლევა. ამისათვის ჯერ კიდევ 2002 წელს შეგროვდა და დამუშავდა საკვლევ რეგიონში განლაგებული ექვსი ჰიდრომეტეოროლოგიური სადგურის (გარდაბანი, თეთრი-წყარო, წალკა, ბაკურიანი, ევრემოვკა, ახალციხე) ელტექციანობის პარამეტრების ოცწლიანი მონაცემთა ბაზა [1]. ჩამოთვლილი მეტეოსადგურები განლაგებულია სხვადასხვა კლიმატურ ზონებში, ზღვის დონიდან სხვადასხვა სიმაღლეებზე. შესაბამისად, ნავთობსადენის მიმდებარე ტერიტორიაზე კლიმატის მახასიათებლების განაწილებაც სხვადასხვაა [2].

მომდევნო ეტაპზე ჩატარდა მიღებული მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი, რომლის საფუძველზეც

განისაზღვრა ელტექიანობის შემდეგი პარამეტრების სეზონური (IV-X თვეები) და წლიური საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები: ელტექიან დღეთა რიცხვი, ელტექების შემთხვევათა რიცხვი, ელტექების საშუალო თვიური ხანგრძლივობა. გარდა ამ პარამეტრებისა, ნავთობსადენებზე ელტექდამცავ ღონისძიებების ჩასატარებლად დიდი მნიშვნელობა აქვს დედამიწაზე ელექტროგანმუხტვების რაოდენობის განაწილების ცოდნასაც [3,4]. ამისთვის გამოყენებულია ნახევრად-ემპირიული ფორმულა [5,6] რომელიც საკმაოდ კარგ შესაბამისობაშია სადგურის მონაცემებთან

$$N_g = 3.6 T^{1.6}, \quad (1)$$

სადაც  $N_g$ -განმუხტვების რიცხვია დედამიწის 100კმ<sup>2</sup>-ზე, T – ელტექიან დღეთა რიცხვი მოცემულ რეგიონში.

ელტექიანობის მახასიათებლების მიღებულ მნიშვნელობები წარმოდგენილია ქვემოთ მოცემულ ცხრილებში 6.1 და 6.2

*ცხრილი 6.1. ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს ტერიტორიის მონაკვეთის ელტექიანობის პარამეტრების საშუალო მნიშვნელობების სეზონური განაწილება. (1) ელტექიან დღეთა რიცხვის საშუალო მნიშვნელობები; (2) ელტექების შემთხვევათა რიცხვის საშუალო მნიშვნელობები (3) ელტექების საშუალოთვიური ხანგრძლივობა (სთ.); (4) განმუხტვების საშუალო რიცხვი დედამიწის ზედაპირზე (100 კმ<sup>2</sup>-ზე)*

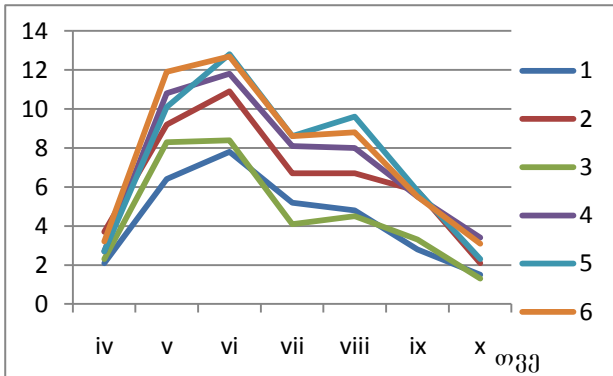
**ცხრილი 6. 2. ელექტიანობის პარამეტრების მაქსიმალური მნიშვნელობების სეზონური**

სადგური	თვეები																					სეზონური მნიშვნელობა IV-V
	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1.გარდაბანი	4	4	7.3	10	12	43.8	12	17	39.1	10	12	37.3	11	11	27.3	8	9	22.6	3	3	8.5	470
2.თეთრი-წყარო	7	8	21.9	13	18	53.3	15	22	75.4	11	14	41.1	11	14	50.3	12	13	29.2	5	6	12.3	630
3.წალკა	6	7	6.4	13	15	25.3	12	19	32.7	9	10	18.7	10	14	21.6	10	12	19.5	2	3	2.7	470
4.ბაკურიანი	7	8	22.7	18	22	69.4	20	24	83.2	12	17	52.3	15	19	68.2	11	14	63.3	7	7	21.1	980
5.ნინოწმინდა	7	7	9.7	21	26	63.6	22	28	67.3	17	20	47	16	22	69.4	18	18	34.8	6	6	15	1160
6.ახალციხე	6	8	8.5	17	24	55.1	19	24	67.9	15	23	40.6	15	16	69.1	13	13	39.5	7	7	30.7	1070

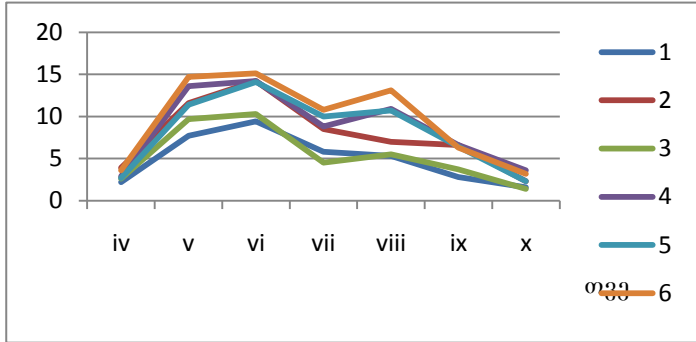
**განაწილება: (1) დღეთა რიცხვის მაქსიმალური მნიშვნელობები; (2) ელექტიების შემთხვევათა რიცხვის მაქსიმალური მნიშვნელობები; (3) ელექტიების საშუალოთვიური ხანგრძლივობის მაქსიმალური მნიშვნელობები (სთ.); განმუხტვების მაქსიმალური რიცხვი დელამიწის ზედაპირზე (100 კმ<sup>2</sup>-ზე)**

სადგური	თვეები																					
	IV			V			VI			VII			VIII			IX			X			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
1.გარდაბანი	2.1	2.2	4.3	6.4	7.7	20.4	7.8	9.4	23.6	5.2	5.8	15	4.8	5.3	12.8	2.8	2.8	6.8	1.5	1.6	2.8	310
2.თეთრი-წყარო	3.7	3.9	9.7	9.2	11.6	30.2	10.9	14.2	37.8	6.7	8.5	23.7	6.7	7.0	18.1	5.8	6.6	15.6	2.1	2.3	5.1	520
3.წალკა	2.3	2.6	2.6	8.3	9.7	14.9	8.4	10.3	14.2	4.1	4.5	6.6	4.5	5.5	7.6	3.3	3.7	5.0	1.3	1.4	1.5	330
4.ბაკურიანი	2.7	2.9	5.6	10.8	13.6	36.3	11.8	14.2	44.6	8.1	8.8	23.7	8	10.9	24.1	5.5	6.6	17.4	3.4	3.6	8.4	590
5.ნინოწმინდა	2.7	2.7	2.6	10.1	11.4	21.1	12.8	14.1	34.6	8.6	10	23	9.6	10.7	27.3	5.8	6.4	12.2	2.3	2.3	4.1	620
6.ახალციხე	3.2	3.6	3.7	11.9	14.7	27.9	12.7	15.1	35.3	8.6	10.8	22.2	8.8	13.1	24.5	5.5	6.3	11.7	3.1	3.2	7.3	650

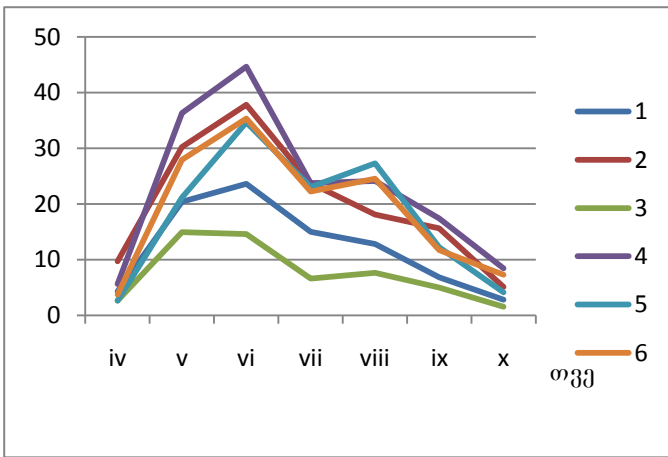
როგორც ცხრილებიდან ჩანს, ექვსივე სადგურზე ელტექციანობის შესამჩნევი აქტიუობა ვლინდება წლის V-VIII თვეებში. ელტექციან დღეთა საშუალო რიცხვი იცვლება 5-დან 13-მდე, მაქსიმალური კი 9-დან 19-მდე. ელტექციების შემთხვევათა საშუალო რიცხვი იცვლება 6-დან 15-მდე, მაქსიმალური – 12-დან 28-მდე. ელტექური ხანგრძლივობის საშუალო მნიშვნელობების ინტერვალია  $7 \div 45$  საათი, მაქსიმალურის –  $19 \div 84$  საათი. აღსანიშნავია, რომ ყველა პარამეტრის მინიმალური მნიშვნელობები ფიქსირდება მხოლოდ წალკაში. შესაძლოა, რომ აქ ადგილი აქვს წყალსაცავის გავლენას. განმუხტვების საშუალო სეზონური (IV-X თვეები) რაოდენობა 100 კვ.კმ ფართზე მოქცეულია  $310 \div 650$  ინტერვალში, მაქსიმალური რაოდენობა იცვლება თითქმის 500-დან 1200-მდე ყოველ 100 კვ.კმ-ზე. ზემოთქმული თვალსაჩინოდ წარმოდგენილია შემდეგ 6.2-6.9 ნახვებზე.



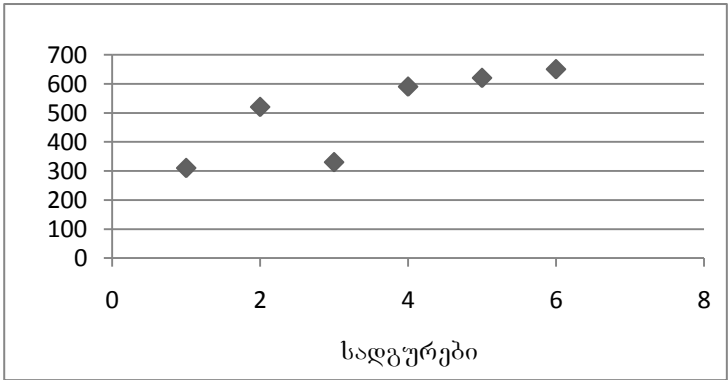
*ნახ.6.2. ელტექციან დღეთა საშუალო რიცხვის სეზონური განაწილება ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე. ცხრ.6.1-ის მიხედვით*



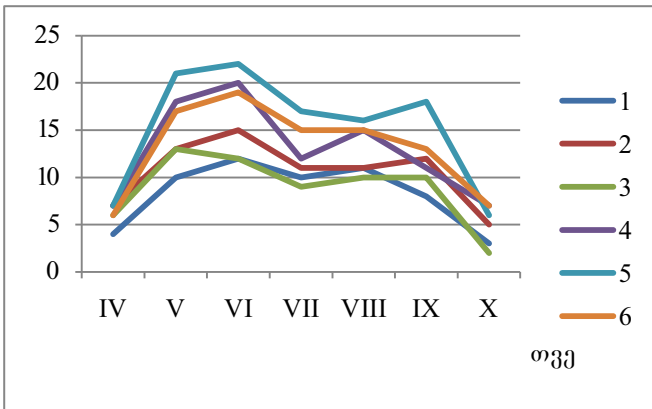
*ნახ 6.3. ელჭექის შემთხვევათა საშუალო რიცხვის სეზონური განაწილება ნავთობსადენის ბაქო-ჯეიჰანის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე.*



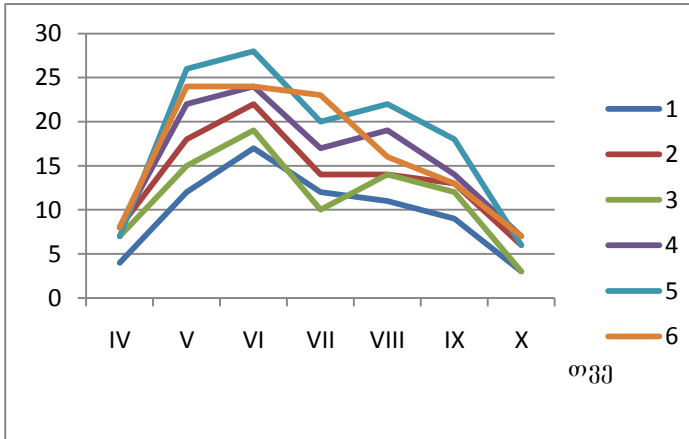
*ნახ.6.4. ელჭექთა ხანგრძლივობის საშუალო მნიშვნელობის სეზონური განაწილება ნავთობსადენის ბაქო-ჯეიჰანის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე.*



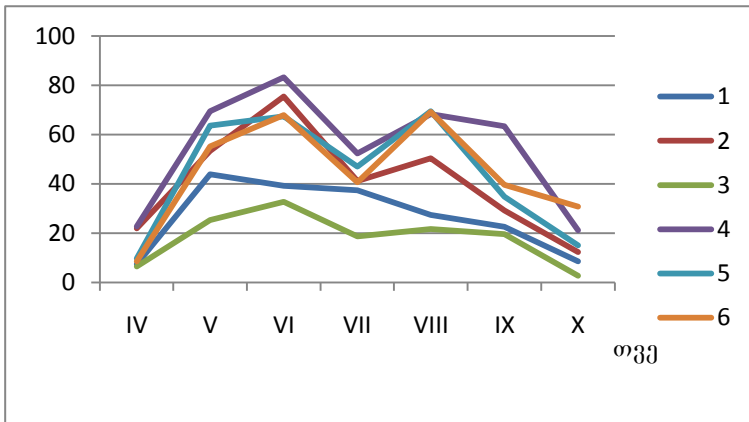
ნახ. 6.5 ელექტროგანმუხტვების საშუალო რიცხვის განაწილება ექვს განხილულ მეტეოსადგურზე მთელი სეზონის (IV-X თვე) პერიოდში.



ნახ. 6.6. ელჭექიან დღეთა მაქსიმალური რიცხვის სეზონური სვლა ბაქო-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე.

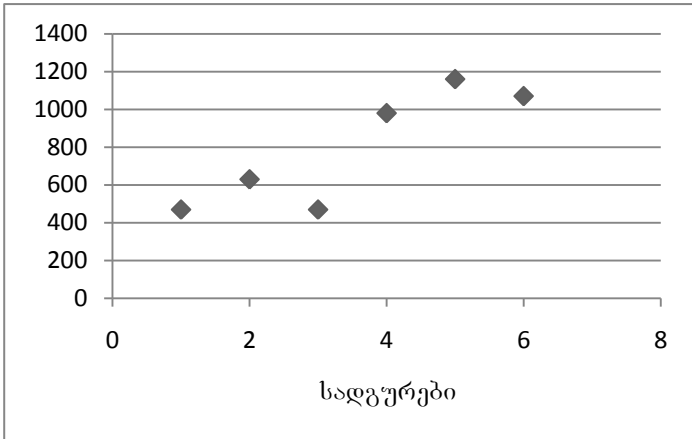


ნახ.6.7 ელჭექების შემთხვევათა მაქსიმალური რიცხვის სეზონური სვლა ნავთობსადენის ბაქო-ჯეიჰანის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე.



ნახ.6.8 ელჭექეთა ხანგრძლივობის მაქსიმალური მნიშვნელობის სეზონური სვლა ნავთობსადენის ბაქო-

*ჯეიჰანის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე.*



**ნახ. 6.9 ელექტროგანმუხტვების მაქსიმალური რიცხვის განაწილება ექვს განხილულ მეტეოსადგურზე მთელი სეზონის (IV-Xთვე) განმავლობაში.**

წარმოდგენილი გრაფიკებიდან ჩანს საკმაოდ მჭიდრო არაწრფივი სახის კავშირი ელქექიან დღეთა, შემთხვევათა რიცხვსა და ელქექურ ხანგრძლივობას შორის, რასაც საფუძვლად უდევს ფორმულა (1). ასევე, აღსანიშნავია ამ სამი პარამეტრის სეზონურ სვლაში ე.წ. მეორადი მაქსიმუმების არსებობა, ძირითადად აგვისტოს თვეში.

მოცემულ გამოკვლევაში განისაზღვრა ბაქო-თბილისი-ჯეიჰანის ნავთობსადენის საქართველოს მონაკვეთის მიმდებარე ტერიტორიაზე ელქექიანობის მნიშვნელოვანი მახასიათებლების განაწილება [8,9]. ამგვარი გამოკვლევები საკმაოდ მნიშვნელოვანია იმ რეგიონებისათვის, სადაც მომავალში იგეგმება ნავთობ და აირ-მიღსადენების, მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი ხაზების, ან სტრატეგიულად მნიშვნელოვანი ავტოტრასების გაყვანა.



## ლიტერატურა

1. ბერიტაშვილი ბ. (რედ.) აზერბეიჯანი-საქართველო-თურქეთის მილსადენის დერეფნის საქართველოს მონაკვეთის კლიმატური დახასიათება. ელჭექები. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. თბილისი, 2002.
2. Климат и климатические ресурсы Грузии Тр. ЗаКНИГМИ вып.44(50) Л.Гидрометеоиздат. 1971
3. Базелян Д.М., Горин Б.Н., Левитов В.И. – Физические и инженерные основы молниезащиты. Л.Гидрометеоиздат., 1978
4. Makuras D., Darveniza M. Progress Report on World Wide Survey of the Cloud Flash to Ground Flash Radio Using CGR3 instrument. Proc. IX conf. on atmospheric electricity, St. Peterburg, Russia, vol. 1. 1992
5. Колоколов В.П., Павлова Г.П. Соотношения между некоторыми грозowymi параметрами. Труды ГГО, 1972, вып.277.
6. Гуния С.У. Грозовые процессы в условиях Закавказья. – Л.Гидрометеоиздат. 1960
7. Амиранашвили А.Г., Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П. Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии. – сб. статей «Вопросы физики облаков.» С.-Петербург, Гидрометеоиздат, 2004
8. Гагуа В. Грозы. В книге «Опасные явления погоды на Кавказе» Л.Гидрометиздат. 1983.
9. ამირანაშვილი ა., ბერიტაშვილი ბ., მკურნალიძე ი. საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექიანობის პარამეტრების სივრცულ-დროითი ცვლილებების გამოკვლევა. ანგარიში 5.2.3.3, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბილისი, 2000წ.

## თავი 7. საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექის ხდომილების ალბათობა

ელჭექური აქტივობის ძირითადი კლიმატური მახასიათებელია ელჭექიან დღეთა რიცხვი (ედრ). ჩვეულებრივ, ამ პარამეტრის საშუალო მრავალწლიური განაწილება დიდ და რთულ რელიეფის მქონე ტერიტორიაზე საკმაოდ არათანაბარია. სეზონური განაწილებაც ასევე წანაცვლებულია სხვადასხვა რეგიონებში. ამიტომ, ელჭექური პროცესების გეოგრაფიული განაწილების დახასიათებლად ედრ-ის ცოდნა არ არის საკმარისი. საჭიროა ელჭექის ხდომილების განსაზღვრა დაკვირვების სადგურიდან სხვადასხვა მანძილებზე, რომლებიც 20კმ აღემატება. ამ ალბათობის გამოსათვლელად გამოყენებულ იქნა პუასონის განტოლება ჩაწერილი შემდეგი სახით: [1,2]

$$P = 1 - \exp \left[ -\frac{2}{3} \left( \frac{\bar{x}}{k} \times \frac{r}{r_0} \right) \right] \quad (7.1)$$

სადაც  $\bar{x}$  წლის თბილი პერიოდის (III-Xთვეები) ელჭექიან დღეთა საშუალო მრავალწლიური (1936-2006წწ.) რიცხვია,  $k$  – სეზონის დღეთა რიცხვი,  $r$  – განსახილველი ფართობის რადიუსი (50,100,150კმ),  $r_0$  – იმ ფართობის რადიუსია, რომელზეც ფიქსირდება ელჭექი ვიზუალურ-სმენითი მეთოდით (20კმ).

ელჭექიან დღეთა რიცხვის მონაცემები აღებულია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე განლაგებულ 59 მეტეოსადგურიდან. ალბათობა გამოთვლილია თითოეული სადგურიდან 50, 100 და 150კმ. რადიუსის ფართობზე. ედრ-ის, როგორც საშუალო, ასევე მაქსიმალური სეზონური მნიშვნელობების გამოყენებით. შედეგები წარმოდგენილია ცხრილ 7.1-ში.

**ცხრილი 7.1. საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექის ხდომილების ალბათობა.**

(H - სადგურის სიმაღლე ზღვის დონიდან, P<sub>1</sub> - ალბათობა გამოთვლილი ედრ-ის საშუალო მნიშვნელობებით, P<sub>2</sub> - ალბათობა გამოთვლილი ედრ-ის მაქსიმალური მნიშვნელობებით, r<sub>1</sub>, r<sub>2</sub> და r<sub>3</sub> შესაბამისად 50, 100 და 150კმ. რადიუსის ფართობები, რომელზეც გამოითვლება ალბათობები)

კლიმატური ზონა	№	სადგური	H (მ)	P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>		
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I. შავი ზღვისპირეთის სამხრეთი ნაწილი	1.	ბათუმი	10	0.19	0.34	0.47	0.34	0.56	0.71
	2.	ფოთი	3	0.21	0.38	0.51	0.37	0.60	0.75
	3.	ჩაქვი	30	0.23	0.4	0.54	0.38	0.62	0.76
<i>საშუალო</i>				0.21	0.37	0.51	0.36	0.59	0.74
II. შავი ზღვისპირეთის ჩრდილოეთი ნაწილი	1.	ანაკლია	3	0.16	0.29	0.4	0.25	0.43	0.57
	2.	თორსა	10	0.18	0.33	0.46	0.26	0.45	0.59
<i>საშუალო</i>				0.17	0.26	0.43	0.25	0.44	0.58
III. დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობის ნაწილი თავისი მთისწინეთებით	1.	ლანჩხუთი	20	0.16	0.3	0.41	0.26	0.45	0.59
	2.	ქუთაისი	114	0.21	0.38	0.51	0.36	0.6	0.74
	3.	ზუგდიდი	177	0.24	0.43	0.56	0.33	0.55	0.7
	4.	ჩოხატაური	150	0.17	0.31	0.42	0.3	0.51	0.66
	5.	მარტვილი	170	0.11	0.21	0.29	0.22	0.39	0.52
<i>საშუალო</i>				0.18	0.33	0.44	0.29	0.5	0.64
IV. იმერეთის მასივი ღიხის ქედის დასავლეთი ფერდობებით	1.	საქარა	148	0.17	0.31	0.42	0.29	0.5	0.64
	2.	საჩხერე	415	0.15	0.28	0.39	0.25	0.44	0.58
	3.	წიფა	673	0.16	0.3	0.41	0.26	0.45	0.59
	4.	საირმე	910	0.17	0.31	0.42	0.29	0.49	0.64
<i>საშუალო</i>				0.16	0.3	0.41	0.27	0.47	0.61
V. ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობები მთისწინეთებით	1.	თბილისი	470	0.21	0.38	0.51	0.32	0.54	0.69
	2.	ბოლნისი	534	0.25	0.43	0.57	0.36	0.6	0.74
	3.	მუხრანი	550	0.27	0.46	0.61	0.44	0.69	0.83
	4.	გორი	588	0.21	0.38	0.51	0.36	0.58	0.73
	5.	საშური	690	0.25	0.44	0.58	0.37	0.61	0.75
	6.	საგარეჯო	802	0.23	0.4	0.54	0.31	0.52	0.67
	7.	ცხინვალი	862	0.18	0.33	0.46	0.28	0.48	0.63
	8.	დუშეთი	922	0.26	0.46	0.6	0.41	0.65	0.79
	9.	თიანეთი	1099	0.23	0.41	0.55	0.38	0.62	0.76
	10.	მთა-საბურეთი	1242	0.17	0.31	0.42	0.25	0.43	0.57
<i>საშუალო</i>				0.23	0.4	0.54	0.35	0.57	0.72
VI. ალაზნის ვედი	1.	ლაგოდეხი	362	0.26	0.45	0.59	0.36	0.59	0.74
	2.	გურჯაანი	410	0.24	0.42	0.56	0.34	0.56	0.71

მთისწინეთები	3.	ყვარელი	443	0.23	0.4	0.54	0.33	0.55	0.7
	4.	ახმეტა	567	0.21	0.38	0.51	0.32	0.53	0.68
	5.	თელავი	568	0.28	0.48	0.63	0.39	0.62	0.72
<i>საშუალო</i>				0.24	0.43	0.57	0.35	0.57	0.71
VII. იორის ზეგანი მოსაზღვრე სტეპებით	1.	გარდაბანი	300	0.19	0.34	0.47	0.31	0.52	0.67
	2.	შირაქი	555	0.19	0.35	0.48	0.29	0.49	0.64
	3.	დედოფლისწყარო	800	0.23	0.4	0.54	0.32	0.53	0.68
<i>საშუალო</i>				0.2	0.36	0.5	0.31	0.51	0.66
IX. დასავლეთ კავკასიონის შიდა ნაწილი	1.	ცაგერი	474	0.25	0.43	0.57	0.35	0.58	0.73
	2.	ამბროლაური	544	0.25	0.44	0.58	0.46	0.71	0.85
	3.	ლენტეხი	760	0.15	0.28	0.39	0.24	0.43	0.56
	4.	ონი	788	0.19	0.35	0.48	0.38	0.61	0.76
	5.	შოვი	1507	0.21	0.38	0.51	0.32	0.54	0.69
	6.	მამისონის უღ.	2854	0.19	0.34	0.47	0.27	0.47	0.61
<i>საშუალო</i>				0.21	0.37	0.5	0.34	0.56	0.7

კლიმატური ზონა	№	სადგური	H (მ)	P <sub>1</sub>			P <sub>2</sub>		
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X. აღმოსავლეთ კავკასიონის წინა და შუამთიანეთი	1.	ფასანაური	1070	0.24	0.42	0.56	0.39	0.62	0.77
	<i>საშუალო</i>				0.24	0.42	0.56	0.39	0.62
XI. აღმოსავლეთ კავკასიონის მაღალმთიანეთი	1.	ბარისახო	1325	0.19	0.35	0.48	0.35	0.58	0.73
	2.	გუდაური	2194	0.27	0.47	0.61	0.39	0.62	0.77
	3.	ჯვრის უღ.	2395	0.21	0.37	0.5	0.32	0.54	0.69
<i>საშუალო</i>				0.22	0.4	0.53	0.35	0.58	0.73
XII. კავკასიონის ჩრდილო ფერდობები	1.	სტეფანწმინდა	1744	0.14	0.26	0.36	0.21	0.37	0.5
	2.	ომალო	1880	0.21	0.38	0.51	0.33	0.55	0.7
<i>საშუალო</i>				0.18	0.32	0.44	0.28	0.46	0.6
XIII. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის დასავლეთი ნაწილი	1.	ქედა	256	0.12	0.23	0.32	0.21	0.38	0.51
	2.	ხულო	923	0.22	0.39	0.53	0.39	0.63	0.78
	3.	ბახმარო	1926	0.21	0.38	0.51	0.33	0.56	0.7
	4.	გოდერძის უღ.	2025	0.21	0.37	0.5	0.32	0.54	0.69
<i>საშუალო</i>				0.19	0.35	0.47	0.31	0.53	0.67
XIV. მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთი ფერდობები	1.	ბორჯომი	789	0.23	0.4	0.54	0.33	0.56	0.7
	2.	თეთრი-წყარო	1140	0.29	0.5	0.64	0.37	0.61	0.75
	3.	მანგლისი	1194	0.32	0.54	0.69	0.4	0.64	0.79
	4.	აბასოუმანი	1265	0.29	0.49	0.64	0.4	0.64	0.79
	5.	ბაკურიანი	1665	0.3	0.51	0.66	0.43	0.7	0.81
	6.	ზეკარის უღ.	2180	0.24	0.42	0.56	0.33	0.55	0.7
	7.	ცხრა-წყარო	2466	0.23	0.41	0.55	0.32	0.54	0.69
<i>საშუალო</i>				0.27	0.47	0.61	0.37	0.61	0.75
XV. სამხრეთ	1.	ახალციხე	982	0.32	0.53	0.68	0.42	0.67	0.81

საქართველოს მთიანეთის	2.	ასპინძა	1098	0.27	0.46	0.61	0.36	0.58	0.73
	3.	წალკა	1457	0.2	0.36	0.49	0.3	0.5	0.65
სამხრეთი ნაწილი	4.	ახალქალაქი	1716	0.31	0.52	0.67	0.44	0.69	0.83
	5.	კარწახი	1863	0.29	0.5	0.64	0.48	0.73	0.86
	6.	ფარავანი	2100	0.31	0.52	0.67	0.43	0.68	0.82
<i>საშუალო</i>				0.28	0.48	0.63	0.41	0.64	0.78

ცხრილ 7.1-ში მეტეოსადგურები დაჯგუფებულია კლიმატური ზონების მიხედვით [3]. დარაიონება ხდებოდა რეგიონების ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებების, ატმოსფერული პროცესების, გაბატონებული ცირკულაციების, რადიაციული თბოგადაცემის და რადიაციული ბალანსის მდგენელების გადახრების, ძირითადი კლიმატური ელემენტების რეჟიმის გათვალისწინებით.

დასავლეთ საქართველოში 6 კლიმატური ზონის მონაცემებია გამოყენებული. შავი ზღვისპირეთი ორ ნაწილად არის გაყოფილი (I და II ზონები), სამხრეთი და ჩრდილოეთი. როგორც ჩანს ცხრილიდან, ელჭექის ხდომილების ალბათობა სამხრეთ ნაწილში მეტია. სადგურიდან 50, 100 და 150კმ-ის რადიუსის ფართობზე ე.დ.რ-ის საშუალო რიცხვისას ალბათობა ( $P_1$ ) იცვლება 0.21-დან 0.51-მდე, მაქსიმალური ე.დ.რ-ისას – ( $P_2$ ) იცვლება 0.36-დან 0.74-მდე. სადგურებს შორის შედარებით დიდი ალბათობა არის ჩაქვის მიდამოებში. ზღვისპირეთის ჩრდილო ნაწილში  $P_1$  იცვლება 0.17÷0.43 ინტერვალში და  $P_2$  - 0.25÷0.58-ში. ამგვარად, ელჭექის წარმოქმნის ალბათობა  $P_1$  სამხრეთ სანაპირო ნაწილში ფაქტიურად უტოლდება ჩრდილო ნაწილის  $P_2$ .

დასავლეთ საქართველოს შიდა დაბლობის და იმერეთის მასივის რეგიონებში (III და IV ზონები) ე.დ.რ-ის საშუალო მნიშვნელობისათვის  $P_1$  შესაბამისი ფართობების საზღვრებში ზოგადად იცვლება 0.15-დან 0.45-მდე და მაქსიმალური ე.დ.რ-ისას ალბათობა  $P_2$  იღებს მნიშვნელობებს 0.27-დან 0.65-მდე. ელჭექის წარმოქმნის მაქსიმალური ალბათობით გამოირჩევა ქუთაისი და ზუგდიდი, სადაც  $P_1$  იღებს მნიშვნელობებს 0.25-დან 0.4-მდე

და  $P_2$  – 0.4-დან 0.75-მდე. აღსანიშნავია, რომ ელჭექის ხდომილების ალბათობა ზღვიდან კონტინენტის შიდა ნაწილისკენ მცირდება. დასავლეთ საქართველოს კავკასიონის შიდა ფერდობებზე (IX კლიმატური ზონა) ელჭექის განვითარების ალბათობა საკმაოდ დიდია. ე.დ.რ.-ის საშუალო მნიშვნელობისას  $P_1$  საშუალოდ ზონისათვის იცვლება  $0.20 \pm 0.50$  ინტერვალის ფარგლებში და  $P_2$  კი  $0.35 \pm 0.70$  ინტერვალში. განსაკუთრებით დიდია ალბათობა ამბროლაურის, ცაგერის მიდამოებში, რომლებიც [4]-ის თანახმად ე.წ. ელჭექების ადგილობრივ კერებს წარმოადგენს. ელჭექის წარმოქმნის მინიმალური ალბათობით გამოირჩევა ლენტეხის მიდამოები. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის დასავლეთ ნაწილში (XIII კლიმატური ზონა) ელჭექური პროცესების განვითარების ალბათობა ისეთივეა, როგორც წინა განხილულ რეგიონში. შედარებით მცირე ალბათობით გამოირჩევა ქედის მიდამოები  $P_1$  იცვლება 0.12-დან 0.30-მდე და  $P_2$  -0.20-დან 0.50-მდე.

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გამოყოფილია 8 კლიმატური ზონა. ზემო და ქვემო ქართლის ვაკე-დაბლობები თავისი მთისწინეთებით (V კლიმატური ზონა) წარმოდგენილია 10 მეტეოსადგურით. ელჭექის წარმოქმნის ალბათობა ე.დ.რ.—ის საშუალო სეზონური მნიშვნელობით  $P_1$  ზოგადად ზონაში იცვლება 0.23-დან 0.54-მდე და მაქსიმალურისას –  $P_2$   $0.35 \pm 0.75$  ინტერვალში. ალბათობის შედარებით დიდი მნიშვნელობა ვლინდება მუხრანის, დუშეთის, ხაშურის, ბოლნისის მიდამოებში. განსაკუთრებით, ე.დ.რ.-ის მაქსიმუმისას და 150კმ-ან ფართობში ალბათობა აღწევს 0.80. ალაზნის ველზე (VI კლიმატური ზონა) ელჭექის ხდომილების ალბათობა ე.დ.რ.-ის საშუალო მნიშვნელობისას და 50,100 და 150კმ-ან რადიუსის ფართობზე შესაბამისად ტოლია 0.24, 0.43 და 0.57, მაქსიმალური ე.დ.რ.-ისას კი 0.35, 0.57 და 0.71.  $P_1$  და  $P_2$  –ის ყველაზე დიდი მნიშვნელობები მიღებულია თელავის და ლაგოდეხის მიდამოებისათვის.  $P_1$  იცვლება  $0.30 \pm 0.50$  ინტერვალში და  $P_2$  კი  $0.40 \pm 0.70$ . ალაზნის ველს აღწევენ, როგორც თრიალეთის ქედზე წარმოქმნილი

ელექტეები, ასევე ცივ გომბორის ქედზეც. ორივე, [4]-ის თანახმად ადგილობრივი ელექტეების კერაა. იორის ზეგანზე და მოსახლურე სტეპეზე ელექტური აქტივობა წინა რეგიონთან შედარებით მცირეა.  $P_1$  იცვლება 0.20-დან 0.50-მდე და  $P_2$  - 0.31-დან 0.66-მდე. აღმოსავლეთ საქართველოს კავკასიონის წინა, შუამთიანეთში და მაღალმთიანეთში ელექტის წარმოქმნის ალბათობა თითქმის ერთნაირია. შედარებით მაღალი ალბათობით გამოირჩევა ფასანაურის და გუდაურის მიდამოები. გუდაურის ქედიც ადგილობრივი ელექტეების კერას წარმოადგენს. კავკასიონის ჩრდილო ფერდობები წარმოდგენილია მხოლოდ ორი მეტეოსადგურით, რომლის მონაცემები არსებითად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. სტეფანწმინდის მიდამოებში ელექტის განვითარების ალბათობა ნაკლებია ვიდრე ომალოში. ფაქტიურად სტეფანწმინდისთვის  $P_2$  უტოლდება ონალოს  $P_1$ -ის მნიშვნელობას. მესხეთის და თრიალეთის ქედების სამხრეთ ფერდობებზე განლაგებულია XIV კლიმატური ზონა, რომელსაც საკმაოდ ინტენსიური ელექტური აქტივობა ახასიათებს. როგორც ზემოთ აღინიშნა, ელექტური პროცესები ძირითადად თრიალეთის ქედზე წარმოიქმნება. ალბათობის გამოსათვლელად 7 მეტეოსადგურის მონაცემებია გამოყენებული. მონაცემთა რიგები არანაკლებ 60წლიან დაკვირვების პერიოდს შეიცავენ. ელექტეების განვითარების ალბათობა სხვა ზონებთან შედარებით საკმაოდ მაღალია, ე.დ.რ.-ის საშუალო მნიშვნელობისთვის შესაბამისი ფართობების მიმართ 0.27-დან 0.61-მდე იცვლება და მაქსიმალური ე.დ.რ.-სას კი - 0.37-დან 0.75-მდე. განსაკუთრებით დიდია ალბათობა მანგლისის, ბაკურიანის, თეთრი-წყაროს, აბასთუმნის მიდამოებში. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის სამხრეთი ნაწილი არ გამოირჩევა ელექტური პროცესების წარმოქმნის ხელსაყრელ პირობებით, მაგრამ ეს რეგიონი საქართველოში ყველაზე ელექტესაშიმ ადგილს წარმოადგენს. ელექტის გაჩენის ალბათობა ე.დ.რ.-ის საშუალო მნიშვნელობისას მოქცეულია  $0.28 \pm 0.48$  და ე.დ.რ.-ის მაქსიმალური მნიშვნელობისას -  $0.41 \pm 0.78$  ინტერვალში. შედარებით უსაფრთხო მხოლოდ წალკის მიდამოებია.

ამგვარად, მივიღეთ ელქექური პროცესების ალბათობის განაწილება საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე. აღსანიშნავია, რომ სადგურებიდან დაშორებისას ელქექის ხდომილება 1.5 - 2-ჯერ იზრდება. ასევე აღსანიშნავია, რომ ელქექური პროცესების განვითარების ალბათობა აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე მეტია დასავლეთთან შედარებით.

ალბათობის გამოთვლის გამოყენებული მეთოდის შესამოწმებლად მისი (7.1)-ით მიღებული მნიშვნელობები შედარებულ იქნა ცალკეული სადგურების ალბათობებთან, გამოთვლილებს შემდეგი ფორმულით:

$$P' = \frac{\bar{x}}{k} \quad (7.2)$$

სადაც  $\bar{x}$  წლის თბილი პერიოდის (III-Xთვეები) ელქექიან დღეთა საშუალო მრავალწლიური (1936-2006წწ.) რიცხვია, k – სეზონის დღეთა რიცხვი.

მიღებული შედეგები საკმაოდ კარგ თანხვედრაშია ერთმანეთთან. ამგვარად ელქექის ხდომილებების ალბათობის გამოთვლა  $r_0$ -ზე გაცილებით მეტ ფართობებზე იძლევა ელქექური პროცესების განვითარების პროგნოზის შესაძლებლობას.

### ლიტერატურა

1. Степаненко В.Д., Гальперин С.М. Радиотехнические методы исследования гроз. Ленинград, Гидрометеоиздат. 1983.
2. Лещенко Г.П., Махоткин Л.Г. Изменение числа дней с грозой в зависимости от площади охватываемого района. Тр. ГГО, вып 401. 1980,
3. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. Ленинград, Гидрометеоиздат. 1972



4. Климат и климатические ресурсы Грузии. Тр.ЗакНИГМИ, вып. 44(50), Ленинград, Гидрометеиздат. 1971
5. Орвилл Р.Э. Удивительные факты о молнии. Америка, № 258. 1978
6. Berring E., Few A., Benbrook I. The Global Electric Circuit., Physics Today, SPSS SCIENSE, Chicago, October, 1998.
7. Гуния С.У. Грозовые процессы в условиях Закавказья. Ленинград, Гидрометеиздат, 196.,
8. ჩლაიძე თ., ამირანაშვილი ვ., ტატიშვილი მ. ფრონტალური ელექტრის შესაძლო გავლენა გულ-სისხლძარღვთა სისტემის პათოლოგიით გამოწვეულ ლეტალიობაზე სამეცნიერო მოხსენებათა კრებული მიძღვნილი თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი. თბილისი “მეცნიერება”. 1997
9. Wikipedia URL: [www/Wikipedia.org](http://www/Wikipedia.org)
10. Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П., Амиранашвили А.Г. Исследованию пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии.– сборник статей «Вопросы физики облаков», Облака, осадки и грозовое электричество ГГО им. Воейкова С.-Петербург, Гидрометеиздат. 2004

## თავი 8. ელვის ზემოქმედება სხვადასხვა შენობა- ნაგებობებზე

სამშენებლო პრაქტიკაში კლიმატის გავლენის გათვალისწინება ხდება ამა თუ იმ ობიექტის როგორც დაგეგმარების, ისე მშენებლობის სტადიაში. კლიმატის ზემოქმედების შესწავლის საფუძველზე მიმდინარეობს სამშენებლო ობიექტების არქიტექტურულ-გეგმარებითი ღონისძიებების გადაწყვეტა, რადგან მასზეა დამოკიდებული ობიექტის საექსპლუატაციო დონე; ადამიანის ცხოვრების, მუშაობის და დასვენების კომფორტული პირობები. სამშენებლო კლიმატოლოგიის ამოცანაა უზრუნველყოს მშენებლები შერჩეული რაიონის კლიმატური მონაცემებით, რათა შეძლონ კლიმატის დადებითი მხარეების გამოყენება და უარყოფითი ზემოქმედებისგან დასაცავად შესაბამისი ზომების მიღება. კლიმატის გავლენის სწორი გათვალისწინება ხდება იმ კლიმატური მახასიათებლების ხარისხით, რომლებსაც მხედველობაში იღებენ სამშენებლო ობიექტების დაგეგმარებისას და ცვლილებები შეაქვთ დაპროექტებისათვის საჭირო გაანგარიშებებში.

კლიმატური პარამეტრების გათვალისწინება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მშენებლობაში მსუბუქი კონსტრუქციების გამოყენებისას, რადგან ისინი უფრო მგრძობიარე არიან კლიმატის ცვლილებისადმი. ჰაერის ტენიანობისა და ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება, ელჭექები, თავსხმა წვიმებისა და ძლიერი ქარების ზემოქმედება დიდ ზიანს აყენებს სამშენებლო ობიექტებს, რაც იწვევს მათი საექსპლუატაციო ვადის შემცირებას. გამოყენებითი კლიმატოლოგიის მთელი რიგი პრაქტიკული ამოცანების გადასაწყვეტად საჭიროა მეტეოროლოგიური ელემენტების დროში ცვლილების, წლიური და დღიური სვლის ცოდნა, ასევე მკაცრი ამინდის სისშირისა და ხანგრძლივობის, ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილების ხანგრძლივობის და სხვათა ცოდნა..

ელვა უფრო ხშირად ეცემა მაღალ შენობებს. დაბლობზე ელვის დარტყმა, უმეტეს შემთხვევაში, ხდება ცალკე მდებარე შენობა-ნაგებობებზე, კომპლექსებზე,

საკვამლებზე და სხვაგან. მთიან ადგილებში ზოდჯერ ზიანდება დაბალი შენობებიც, თუ ისინი განლაგებულია ცალკეულ მაღლობებზე ან მთის წვერზე. ნებისმიერი სახის მშენებლობის დროს აუცილებელია ელვადამცავობის უზრუნველყოფა. ყველა დასაცავი ობიექტისათვის უნდა დადგინდეს ელვადამცავი საშუალებების მოწყობის აუცილებლობა და თუ ეს დადგინდა, მაშინ უნდა აირჩეს ელვადამცავობის დონე.

სამეცნიერო დაკვირვებებით დადგენილია, რომ ელვის განმუხტვის რაოდენობას და ობიექტების სიმაღლეს შორის დაახლოებით კვადრატული დამოკიდებულება არსებობს [1].

შენობაზე ელვის პირდაპირი დაცემის შემთხვევაში დენი გადის ობიექტის გამტარ კონსტრუქციებში, რაც იწვევს მათ გაცხელებას და შედეგად შეიძლება გაჩნდეს ხანძარი. ამიტომ ხშირია კონსტრუქციების დნობა, თუმცა გამტარების თერმული დაზიანება მაინც შედარებით იშვიათია. ელვის ელექტროდინამიკური ზემოქმედებაც იშვიათია, რაც არანაკლებ საშიშია. ამ დროს შეიძლება დაზიანდეს ხელსაწყოები და შეიქმნას ავარიული სიტუაცია. ბევრად უფრო საშიში და სახიფათოა ელექტროშოკიდრავლიკური ზემოქმედება.

თანამედროვე ტექნოლოგიები ფართოდ იყენებს კომპოზიციურ მასალებს. მათ შემადგენლობაში გარდა პლასტიკისა შედის ლითონის ძალიან თხელი ფენა (როგორც გარე, ასევე შუა ნაწილში), არმატურა წვრილი მესერის სახით, მინიატიურული გამტარები, რომლებიც დიელექტრიკულ კედელთან მონოლითს ქმნის. ასეთ მასალაში ელვის დენის გავლისას ლითონის ელემენტები ორთქლდება და ჩნდება მუხტგამტარი არხები, რომლებიც ადნობენ პლასტიკს, რის შედეგადაც გამოიყოფა საშიში აირი და წარმოიქმნება დარტყმითი ტალღა, რომელიც შლის კომპოზიციურ კედელს. გასაგებია, რომ კომპოზიციურ მასალებს დიდი მომავალი აქვს, მაგრამ საჭიროა მათი ელვასთან მშვიდობიანი თანაარსებობის უზრუნველყოფაც.

ელვის პირდაპირი დაცემის შედეგად გაჩენილი ჭარბი ძაბვა ძალიან საშიშია მაღალი ძაბვის

ელექტროგადამცემი ხაზებისა და ელექტრონული ხელსაწყოებისათვის. თანამედროვე ტექნიკისათვის ასევე საკმაოდ გავრცელებული და საშიშია ელვის ინდუცირებული ჭარბი ძაბვის დისტანციური ზემოქმედება, რასაც საფუძვლად უდევს ელექტრომაგნიტური ინდუქციის ეფექტი. დენი ელვის არხში და დაზიანებული ობიექტის ლითონკონსტრუქციებში წარმოქმნის ცვლად მაგნიტურ ველს, რომელიც ნებისმიერ კონტურში აღძრავს ელექტრომამოძრავებელ ძალას.

ელვის ზემოქმედების ერთ-ერთი სახეობაა ელექტროსტატიკური ინდუქცია, რომელიც აღძრავს მუხტს ნებისმიერ დამიწებულ გამტარში ან ლითონის საგანზე. მართალია, ეს ზემოქმედება ხანმოკლეა, მაგრამ, თუ მის სიახლოვეს აღმოჩნდება ადვილად აალებადი აირი, ხანძარი გარდაუვალია.

ელვის დაცემისას შეიძლება მოხდეს ე. წ. მაღალი ძაბვის შემოჭრა. ეს ეხება შენობა-ნაგებობების მიწისზედა და მიწისქვეშა კომუნიკაციებს. მათი მეშვეობით ობიექტში შეაღწევს დამიწების პოტენციალისგან განსხვავებული დამატებითი პოტენციალი და ეს შესაძლებელია მაშინ, როცა კომუნიკაციის დენსადენი ეხება ან ახლო გადის იმ ობიექტის დამიწებასთან, რომელშიც გავიდა ელვის დენი.

ეს შეიძლება იყოს ბუნებრივი დამიწება, რომელიც მიწაში წარმოიქმნება ელვის დაცემის მომენტში გრუნტის იონიზაციის გამო. ელვით აღძრული პოტენციალით შესაძლო გაჩენილი ნაპერკლის გამოსარიცხად (განსაკუთრებით ფეთქებადსაშიშ შენობებში) კომუნიკაციებს შესვლის წერტილში შენობის დამიწებას უერთებენ. თუ შემოჭრილი პოტენციალი დიდია, შეიძლება მოხდეს განმუხტვა კომუნიკაციებსა და ახლომდებარე ლითონკონსტრუქციებს შორის და მაშინ ავარია გარდაუვალია. აღსანიშნავია, რომ ელვას შეუძლია მიწისქვეშა კომუნიკაციების დაზიანებაც. ეს ხდება მაშინ, როცა ელვის დენი სრიალებს გრუნტის ზედაპირზე [1].

არსებული მონაცემების თანახმად [2,3] ელვისგა დაცვის თვალსაზრისით ობიექტები იყოფა: ჩვეულებრივ, სპეციალურ შეზღუდული საშიშროების, სპეციალურ (რომელიც საშიშროებას წარმოადგენს ახლო მდებარე

შენობა- ნაგებობებისათვის) და ეკოლოგიისათვის საშიშ ობიექტებად.

მიწაზე განლაგებულ ობიექტებზე ელვის პირდაპირი დაცემისას და ღრუბელთშორისი განმუხტვებისას ზემოთ ჩამოთვლილ ობიექტებზე შესაძლოა განვითარდეს შემდეგი ნეგატიური ზემოქმედებები:

- ჩვეულებრივ ობიექტებზე (რომლებშიც შედის სამრეწველო საწარმოები მათი დანიშნულების მიხედვით) შესაძლოა მოხდეს როგორც მცირე დაზიანებები, ასევე პროდუქციის დიდი დანაკარგი;
- გაზრდილი საშიშროების სპეციალური ობიექტებზე (რომლებშიც შედის ელექტროსადგურები და ხანძარსაშიშო საწარმოები) ელვის დაცემა იწვევს კომუნალური მომსახურების, კომუნიკაციების დაზიანებას და ხანძარსაშიშროებას წარმოადგენს ახლომდებარე ობიექტებისათვის;
- სპეციალურ ობიექტებზე (რომლებიც საშიშროებას წარმოადგენენ ახლოს მდებარე ობიექტებისათვის ნავთობგადამამუშავებელი საწარმოები, საწვავსამართი სადგურები, ფოიერვერკების და პეტარდების საწარმოები და სხვ.), ელვის დაცემა იწვევს ხანძრებს და აფეთქებებს, როგორც ობიექტზე, ასე მათ სიხლოვეში.
- ეკოლოგიისათვის საშიშ სპეციალურ ობიექტებზე (ატომური და ელექტრო სადგურები, ქიმიური ქარხნები, ბიოქიმიური ფაბრიკები და ბაქტერიოლოგიური ლაბორატორიები) ელვის დაცემა იწვევს ხანძრებს, დანადგარების ნგრევა-დაზიანებას, რაც დაკავშირებულია ტექნოლოგიური პროცესების მოშლასთან, ელექტრომაგნიტური დანადგარების, ელექტრონული მართვის და რეგულირების მოწყობილობების

დაზიანებასთან, რასაც დიდი მატერიალური ზარალი მოაქვს.

ეს ნეგატიური მოვლენები წარმოიქმნება ელვის როგორც პირდაპირი, ისე ღრუბელთშორისი განმუხტვებით, როდესაც ჩნდება ჭარბი პოტენციალი.

ამრიგად, ნებისმიერი სამრეწველო ობიექტის დაპროექტების, მშენებლობის და ექსპლუატაციის დროს აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ელვადამცავი საშუალებები, როგორც ელვის პირდაპირი, ისე არაპირდაპირი დაცემის შემთხვევაში.

მიღებულია დაცვის სხვადასხვა დონე, რომელიც განისაზღვრება ობიექტის მნიშვნელობით და ელვით მიყენებული ზარალით. მაგალითად, ჩვეულებრივი სამრეწველო საწარმოები დაცვის თვალსაზრისით იყოფა I, II, III და IV კატეგორიებად [2,3]. მათი დაცვის საიმედოობა შესაბამისად უნდა იყოს არანაკლებ 0.98; 0.95; 0.90 და 0.80. მრეწველობის სპეციალური ობიექტებისათვის კი – 0.9–0.999 ფარგლებში.

დაზიანების რისკი ყოველი შენობა-ნაგებობისათვის განისაზღვრება ელვის პირდაპირი დაცემის ალბათობით და მიყენებული ზარალით. ელვის პირდაპირი განმუხტვების საშუალოწლიური სიხშირე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით [4]:

$$N_d = N_g * A_1 * 10^{-6} \quad (8.1)$$

სადაც  $N_g$  – დედამიწის ზედაპირის  $1\text{კმ}^2$  –ზე განმუხტვების საშუალოწლიური რიცხვია განსახილველ რეგიონში,  $A_1$  – შენობა-ნაგებობის ექვივალენტური ფართობი ( $\text{მ}^2$ ).  
[5] ნაშრომის თანახმად:

$$N_g = 0.04 * T_d^{1.25} \quad (8.2)$$

სადაც  $T_d$  – ელქექიან დღეთა საშუალოწლიური რიცხვია განსახილველ რეგიონში. აღსანიშნავია, რომ  $T_d$  –

კლიმატური პარამეტრი, ელჭექური აქტივობის ძირითადი მახასიათებელია. ელჭექიან დღეთა რიცხვსა და დედამიწაზე განმუხტვებს შორის არსებობს კარგი კორელაციური კავშირი, რაც მისი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა მაშინ, როდესაც ინსტრუმენტალური გაზომვები არ არსებობს.

შენობის ექვივალენტური ფართობი წარმოადგენს მიწის ნაკვეთის ისეთ ფართობს, რომელზეც მოდის ელვის განმუხტვების იგივე რაოდენობა, რაც განსახილველ ობიექტზე [4]. ახლომდებარე ობიექტები არსებითად მოქმედებს  $A_1$  –ს მნიშვნელობაზე, თუ ისინი განლაგებულია  $3(h+h_s)$  ნაკლებ მანძილზე, სადაც  $h$  მოცემული შენობის სიმაღლეა,  $h_s$  – ახლომდგომი შენობის სიმაღლე. ამ შემთხვევაში  $A_1$  – ფართობის საზღვრის მნიშვნელობა განსახილველ შენობას უახლოვდება  $X_s$  მანძილზე.

$$X_s = [d+3(h_s-h)]/2 \quad (8.3)$$

სადაც  $d$  მანძილია განსახილველ შენობასა და ახლომდებარე ობიექტს შორის. ყველა შემთხვევაში  $A_1$  –ის მნიშვნელობა არ შეიძლება იყოს ნაკლები ვიდრე განსახილველი შენობა-ნაგებობის დედამიწის ზედაპირზე პროექციის ფართობი.

მჭიდროდ განლაგებულ შენობა-ნაგებობებისათვის (ანძები, კოშკები, საკვამლეები) ელვის მოსალოდნელი დაცემის რაოდენობა  $1\text{კმ}^2$ -ზე გამოითვლება შემდეგი ფორმულით [4]:

$$N_d = 9\pi \cdot h^2 \cdot N_g \cdot 10^{-6} \quad (8.4)$$

მართკუთხა ფორმის შენობა-ნაგებობებისათვის კი შემდეგი ფორმულით:

$$N_d = [(S+6h) \cdot (L+6h) - 7.7h^2] \cdot N_g \cdot 10^{-6} \quad (8.5)$$

სადაც  $S, L, h$  შენობის სიგრძე, სიგანე და სიმაღლეა მეტრებში.

რთული კონფიგურაციის შენობებისათვის  $S$  და  $L$  მნიშვნელობები შემოსახული მართკუთხედის სიგრძე და სიგანე იქნება.

ქვემოთ მოცემულ ცხრილებში მოყვანილია აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ელექტიან დღეთა საშუალოწლიური რიცხვი და (5) ფორმულით გამოთვლილი განმუხტვების რაოდენობის საშუალო და მაქსიმალური მნიშვნელობები, გაანგარიშებული  $1კმ^2$  ფართზე.

აღსანიშნავია, რომ ელვადცვის უზრუნველსაყოფად არსებითია განმუხტვების მაქსიმალური მნიშვნელობების ცოდნა.

ცხრილების შესადგენად გამოყენებულია 33 მეტეოსადგურის 70 წლიანი საშუალო დაკვირვებების მონაცემები [6,7].

**ცხრილი 8.1: დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ელექტიან დღეთა  $T$  და ელვის განმუხტვების საშუალოწლიური რიცხვი  $N$  ( $1კმ^2$  ფართზე)**

	№	მეტეოსადგური	სიმაღლე ზ.დ. (მ)	ელექტიან დღეთა რიცხვი		განმუხტვების რაოდენობა ( $1კმ^2$ -ზე)		M
				$\bar{T}$	$T_{max}$	$\bar{N}$	$N_{max}$	



დასავლეთ საქართველო	1	ანაკლია	3	25	42	2	4	საშ. 4 მაქ ს. - 9
	2	ფოთი	4	39	56	4	6	
	3	ბათუმი	10	41	69	4	8	
	4	ლანჩხუთი	20	28	46	3	5	
	5	ჩაქვი	30	51	80	6	10	
	6	ქუთაისი	114	37	69	4	8	
	7	ზუგდიდი	117	41	59	4	7	
	8	ჯვარი	280	32	65	3	7	
	9	ცაგერი	474	39	82	4	10	
	10	ამბროლაური	544	41	93	4	12	
	11	საირმე	910	25	46	2	5	
	12	ხულო	923	41	75	4	9	
	13	ონი	988	30	70	3	8	
	14	შოვი	1507	40	58	4	6	
	15	ბახმარო	1925	28	50	3	5	

როგორც ცხრილი 8.1-დან ჩანს, დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე განმუხტვების მაქსიმალური რაოდენობა მოდის ჩაქვის, ხულოს, ცაგერის და ამბროლაურის მიდამოებში, სადაც 9-12 განმუხტვაა 1კმ<sup>2</sup>-ზე. ხშირად მეორდება საშუალოდ 4 განმუხტვა, მაქსიმალური კი - 9 განმუხტვაა.

აღმოსავლეთ საქართველოში (ცხრილი 2) 18 განხილული სადგურიდან ცხრაზე მოდის განმუხტვების მაქსიმალური რაოდენობა 9-დან 12-მდე. ეს რეგიონში ძალიან დიდ ელვასაშიშროებაზე მიუთითებს, რაც რეგიონის რელიეფის გავლენით შეიძლება იყოს გამოწვეული. ელჭექი განსაკუთრებით საშიშია მთაში. ცნობილია, რომ მთის თხემები და მწვერვალები იზიდავენ და აგროვებენ ელვის მუხტს. მთის ფერდობზე ნებისმიერი ამოხნეკილობა წარმოადგენს ელვის დაცემის ადგილს. აღსანიშნავია, რომ ელვის დენი ძალიან საშიშია და ნაკლებადაა შესწავლილი. როცა ელვა ხვდება მთის შვერილში, წარმოქმნილი დენი ეძებს უმცირესი წინააღობის გზას და გადადის კლდეების ზედაპირზე, ჩადის ნაპრალებში, მცირე ღრმულებში და კლდეების კალთებში.

**ცხრილი 8.2: აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე ელჭექიან დღეთა T და ელვის განმუხტვების საშუალოწლიური რიცხვი N(1კმ<sup>2</sup> ფართზე)**

	№	მეტეოსადგური	სიმაღლე ზ.დ. (მ)	ელექტიანი დღეთა რიცხვი		განმუხტვების რაოდენობა (1კმ <sup>2</sup> -ზე)		M
				$\bar{T}$	$T_{max}$	$\bar{N}$	$N_{max}$	
აღმოსავლეთ საქართველო	16	ლაგოდეხი	362	44	65	5	7	საშ. 6 მაქს. 10
	17	თბილისი	403	34	48	3	5	
	18	ყვარელი	443	40	59	4	7	
	19	ბოლნისი	534	49	69	5	8	
	20	მუხრანი	550	46	87	5	11	
	21	თელავი	568	49	69	5	8	
	22	გორი	588	35	53	3	6	
	23	ბორჯომი	789	35	61	3	7	
	24	ღუშეთი	922	44	77	5	9	
	25	ახალციხე	982	55	81	6	10	
	26	თიანეთი	1099	44	71	5	8	
	27	თეთრი-წყარო	1140	54	71	6	8	
	28	მანგლისი	1194	56	76	6	9	
	29	აბასთუმანი	1265	51	76	6	9	
	30	ბაკურიანი	1665	52	83	6	10	
	31	ახალქალაქი	1716	54	86	6	11	
	32	ფარავანი	2100	55	84	6	10	
	33	გუდაური	2194	49	73	5	9	

საერთაშორისო ელექტროტექნიკური კომისიის (IEC) სტანდარტების თანახმად დასაცავი ნაგებობის შეფასება ხდება მისი მომავალში გამოყენების თვალსაზრისით [8,9]. საჭიროა დადგინდეს ობიექტის ზომები, კლასი, ადგილმდებარეობა და ასევე მოცემული რეგიონის ელექტიური აქტივობა. ეს მონაცემები საფუძვლად ედება შემდეგ შეფასებებს:

- ელვის პირდაპირი დარტყმის საშუალოწლიური სიხშირე,  $N_d$ ;
- განსახილველი შენობისათვის საშიში შედეგების მომტანი ელვის განმუხტვების სიხშირე,  $N_c$ .

$N_c$ -ს მნიშვნელობა დგინდება საერთაშორისო პრაქტიკაში მიღებული სახელმწიფო სტანდარტებით, რომელიც ითვალისწინებს ადგილობრივი ხელისუფლების ორგანოებით კულტურული, სოციალური და მატერიალური ფასეულობებზე მიყენებულ ზარალს.  $N_c$ -ს უფრო ხისტი

მნიშვნელობა შესაძლოა დაადგინოს თვით მომხმარებელმაც.

ამ ორი სიდიდის შედარებით დგინდება ელვადამცავი საშუალებების მოწყობის აუცილებლობა და მათი ეფექტურობა (საიმედოობა) E.

თუ  $N_d < N_c$  მაშინ ელვადამცავი საშუალებების დაყენება არ არის აუცილებელი.

თუ  $N_d > N_c$ , მაშინ დგინდება ელვადამცავი საშუალების ეფექტურობა, რომელიც უნდა აყმაყოფილებდეს ტოლობას:

$$E = 1 - N_c/N_d$$

(8.6)

E-ს მნიშვნელობის მიხედვით დგინდება ელვადამცავი საშუალების ღონე.

ელვადამცავი სისტემის დაყენებისას უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად გათვალისწინებულ უნდა იქნეს:

- მაღალი პოტენციალის შემოჭრის და ბიჯისებური დაბვისგან დასაცავი ზომები;
- ხანძრის გავრცელების შეჩერების ზომები;
- დანადგარების მგრძობიარე ელემენტებზე ინდუცირებული დაბვის შემოქმედების შეზღუდვა.

ჩატერებელი კვლევა შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი შენობა-ნაგებობის ელვადამცავი საშუალებების შერჩევის დროს.

### *ლიტერატურა*

1, Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащита – Москва, Физматлит, 2001.

- 2, Халилов Ф.Х., Хохлов В.И., Лехмус А.И. Ещё раз о молниезащите зданий, сооружений и промышленных зданий. – СтройПРОФиль 7(45), С.Петербург, 2005.
- 3, Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. – изд. «ДЕАН», С.Петербург. 2005.
- 4, Верёвкин В.Н., Смелков Г.И., Черкасов В.Н. Электростатическая искробезопасность и молниезащита. – Москва, МИЭЭ.2006.
- 5, Колоколов В.П., Павлова Г.П. – Соотношения между некоторыми грозowymi параметрами. – Труды ГГО, вып. 277, 1972.
- 6, საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო ათწლეულების ელექტ-სეტყვური პროცესების აქტივობის ვარიაციების გამოკვლევა. სტუ. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. დასკვნითი ანგარიში 32130321/8 – თბილისი. 2010.
7. Амиранашвили А.Г., Бериташвили Б.Ш., Мкурналидзе И.П. Исследование пространственно-временных изменений числа дней с грозой на территории Грузии. Вопросы физики облаков (Облака, осадки и атмосферное электричество), сборник статей – Гидрометиздат, С.Петербург. 2004.

## თავი 9. კონვექციურ ღრუბლებში ნალექწარმომქმედი პროცესების გამოკვლევა

თანამედროვე გეომეტრიებისთვის აქტუალურია ნალექების წარმოქმნის და გადანაწილების წარმომქმედი ფაქტორების შესწავლა. ნალექები წარმოადგენს კლიმატის მაფორმირებელ ერთ-ერთი მნიშვნელოვან კომპონენტს. ნალექების შესწავლა იმითაც არის მნიშვნელოვანი, რომ ის წარმოადგენს კლიმატის ცვლილების ინდიკატორს. ტემპერატურასთან ერთად ნალექებზე მიმდინარეობს ორსაუკუნოვანი ინსტრუმენტული დაკვირვებები, ამდენად არსებობს მათი დამუშავების მრავალსპექტიანი შესაძლებლობა. ერთ-ერთი მათგანია ნალექების მაფორმირებელი ძირითადი მიკროფიზიკური პროცესების შესწავლა. ამ პროცესების აღმწერი განტოლებათა სისტემები იხსნება რიცხვითი მეთოდებით ან ანალიზურად. ქვემოთ მოყვანილია კოაგულაციის კინეტიკის ინტეგრირებული ფორმული განტოლებათა სისტემის ანალიზური ამოხსნებით მიღებული შედეგები.

განვიხილოთ ღრუბლის ნაწილაკთა დისპერსული გარემო, შემდგარი გადაციებული წვეთების და სფერული ფორმის ყინულის კრისტალებისგან, სადაც მიმდინარეობს კოაგულაციის პროცესი. უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში წვეთების დაჯახება კრისტალებთან იწვევს დიდი ზომის კრისტალების წარმოქმნას. თუ ასეთ გარემოში ხდება ნაწილაკების, როგორც წვეთების ასევე კრისტალების დამატებითი ჩადინება ანუ არსებობს დამატებით ნაწილაკთა წყაროები, მაშინ კოაგულაციის კინეტიკის განტოლებათა სისტემას სივრცით-არაერთგვაროვანი კოშმის ტიპის ამოცანისთვის ექნება შემდეგი სახე:

$$\frac{\partial n_1(V,t)}{\partial t} = -n_1(V,t) \int_0^\infty \sigma_{11}(V,U) n_1(U,t) dU - n_1(V,t) \int_0^\infty \sigma_{12}(V,U) n_2(U,t) dU + \quad (9.1)$$

$$+ \frac{1}{2} \int_0^V \sigma_{11}(V-U,U) n_1(V-U,t) n_1(U,t) dU + \frac{M}{1-LN_2(0)t} n_1(V,t)$$

$$\frac{\partial n_2(V,t)}{\partial t} = -n_2(V,t) \int_0^\infty \sigma_{21}(V,U) n_1(U,t) dU + \int_0^V \sigma_{21}(V-U,U) n_2(V-U,t) n_1(U,t) dU + \quad (9.2)$$

$$+ LN_2(t) n_2(V,t)$$

შემდეგი საწყისი პირობებით:  $n_1(V,t)=n_1(V,0)$   $n_2(V,t)=n_2(V,0)$  როცა  $t=0$ , სადაც  $n_1(V,0)$ ,  $n_2(V,0)$  ცნობილი ფუნქციებია.

ბოლო წევრები (9.1, 9.2) განტოლებათა სისტემაში წარმოადგენენ ეგრეთ წოდებულ ნაწილაკთა წყაროებს.  $M, L$  მუდმივი სიდიდეებია, რომლებიც არეგულირებენ სისტემაში ნაწილაკების შესვლას ან გამოსვლას.

თუ საწყისი განაწილების ფუნქციას ექნება სახე:

$$n_i(V,t) = \frac{4N_i^3(0)}{w_i^2(0)} V \exp\left(-\frac{2N_i(0)}{w_i(0)} V\right), i = 1, 2$$

$$(9.3)$$

მაშინ ლაპლასის ინტეგრალური გარდაქმნების გამოყენებით ვიპოვით ნაწილაკთა განაწილების ფუნქციებს [1].

ნაწილაკების დამატება დისპერსულ გარემოში მნიშვნელოვნად ცვლის სპექტრის განვითარებას. წყაროების პარამეტრების დასახასიათებლად გამოვიყენებთ პირველი და მეორე რიგის მომენტებს: კონცენტრაციას კრისტალებისთვის  $N_2$  და წყლიანობას წვეთებისთვის  $W_1$ . კოაგულაციის პროცესისთვის დამახასიათებელი დრო შეესაბამება 15-20წთ, როცა ეს პროცესი პრაქტიკულად დამთავრებულია და წარმოქმნილია სეტყვის მარცვლები ღრუბელში. მაშინ თუ დროის ამ მომენტისთვის შევაფარდებთ კონცენტრაციებს და წყლიანობებს წყაროების გათვალისწინებით და მათ გარეშე, მივიღებთ წყაროების მარეგულირებელ ორ პარამეტრს:

$$N = \frac{N_2(t_0)}{N_2(0)} = \frac{1}{1-LN_2(0)t_0}$$

$$(9.4)$$

$$N' = \frac{W_1(t_0)}{W_1(0)} = \frac{(1 - LN_2(0)t_0)^K}{\exp(-\sigma_{12}N_2(0)t_0)}, \quad (9.5)$$

სადაც  $t_0$  შეესაბამება დრუბელში სექციის წარმოქმნის დროს.  $N_2(0), W_1(0)$  წარმოადგენენ კრისტალების კონცენტრაციას და წყლიანობას დროის საწყის მომენტში, როცა წყაროების მოქმედება ჯერ კიდევ არ ვლინდება.  $N, N'$  უჩვენებენ დროის ფიქსირებული მომენტისთვის როგორ შეიცვალა (გაიზარდა ან შემცირდა) წყლიანობა და კრისტალების კონცენტრაცია საწყის მომენტთან შედარებით, ანუ იმ მნიშვნელობებთან შედარებით, რომელიც მათ ექნებოდათ წყაროების არ არსებობის შემთხვევაში. თუ ამ გამოსახულებებს განვიხილავთ, როგორც განტოლებებს წყაროების პარამეტრების  $L, M$  მიმართ, მაშინ მივიღებთ შემდეგ გამოსახულებებს:

$$L = \frac{N-1}{NN_2(0)t_0} \quad (9.6)$$

$$M = \sigma_{12}N_2(0) + \frac{N-1}{N_0 \ln N} (\ln N' - \sigma_{12}N_2(0)t_0)$$

თხევადი და მყარი ნალექების წარმოქმნის ეფექტურობის გამოკვლევისთვის, პირობითად შემოვიღოთ მსხვილი წვეთების და კრისტალების მინიმალური მოცულობები (რადიუსები)  $V_1(R_1)$  და  $V_2(R_2)$ . ამოცანის საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით და ანალიზური ამოხსნების გამოყენებით, მივიღებთ დიდი ზომის ნაწილაკების კონცენტრაციებს, წყლიანობას და ყინულოვნებას [2].

ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის დასახასიათებლად შემოვიღოთ შემდეგი კოეფიციენტები:

$$\begin{aligned}
 K_1 &= \frac{W'_1(V_1,t)}{W_1(t)+W_2(t)} & K_3 &= \frac{W'_1(V_1,t)+W'_2(V_2,t)}{W_1(t)+W_2(t)} \\
 K_2 &= \frac{W'_2(V_2,t)}{W_1(t)+W_2(t)} & K_{32} &= \frac{W'_1(V_1)+W'_{22}(V'_2,t)}{W_1(t)+W_2(t)} \\
 K_{22} &= \frac{W_{22}(V'_2)}{W_1(t)+W_2(t)} & K_4 &= K_1 + K_{22} - K_2
 \end{aligned}
 \tag{9.7}$$

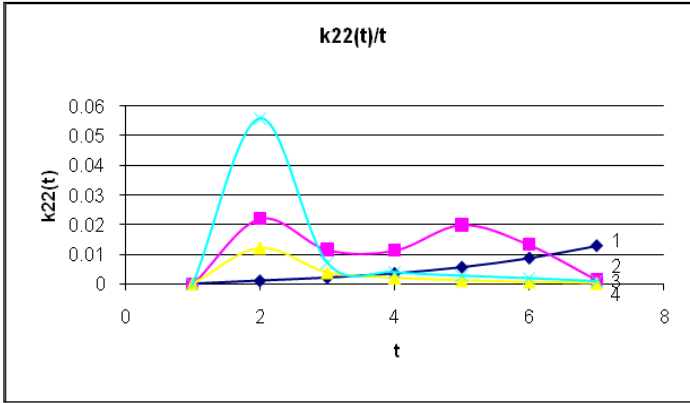
$K_1$  აღწერს წვიმის წარმოქმნის ეფექტურობას;  $K_2$ - კრისტალების (სეტყვის) წარმოქმნის ეფექტურობას;  $K_{22}$ - კრისტალების (სეტყვის) და ხორხოშედას წარმოქმნის ეფექტურობას;  $K_3$ -წვიმის და სეტყვის წარმოქმნის ეფექტურობას;  $K_{32}$ -წვიმის, სეტყვის და ხორხოშედას წარმოქმნის ეფექტურობას;  $K_4$ -თხევადი ნალექის (წვიმა, ხორხოშედა) წარმოქმნის ეფექტურობა

**ცხრილი 9. 1. ამოცანის საწყისი მონაცემები**

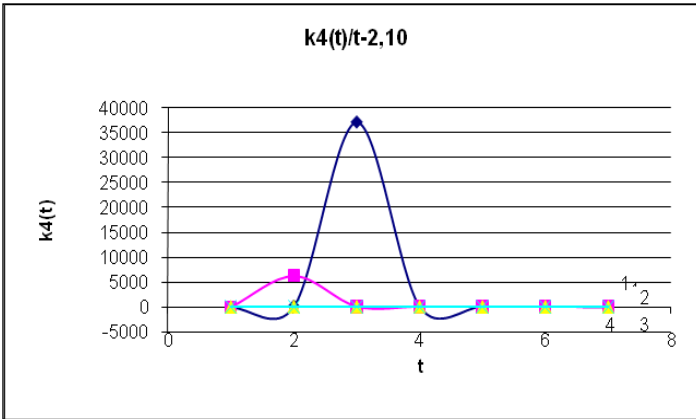
$N_1(0) \text{ მ}^{-3}$	$W_1(0) \text{ გ/მ}^3$	$N_2(0) \text{ მ}^{-3}$	$W_2(0) \text{ გ/მ}^3$
$2.939 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$2.09 \cdot 10^{-12}$
$2.99 \cdot 10^{-1}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$	$2.01 \cdot 10^{-12}$
$3.4 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2.62 \cdot 10^{-11}$
$1.19 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$2.83 \cdot 10^{-10}$

ძირითადად განხილულია სამი შემთხვევა წყაროების სხვადასხვა სიმძლავრისთვის: 1)  $n=2, n=2$ ; 2)  $n=10, n=2$ ; 3)  $n=2, n=10$ . რიცხვითი ექსპერიმენტის შედეგებიდან მოყვანილია ამ და ზოგიერთი სხვა შემთხვევის გრაფიკები (ნახ. 9.1-9.4).

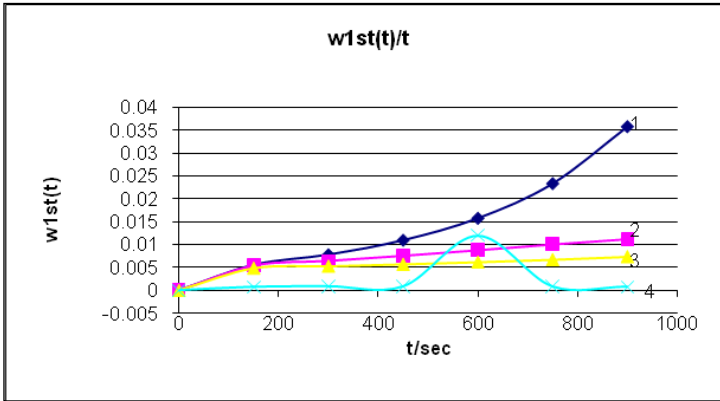




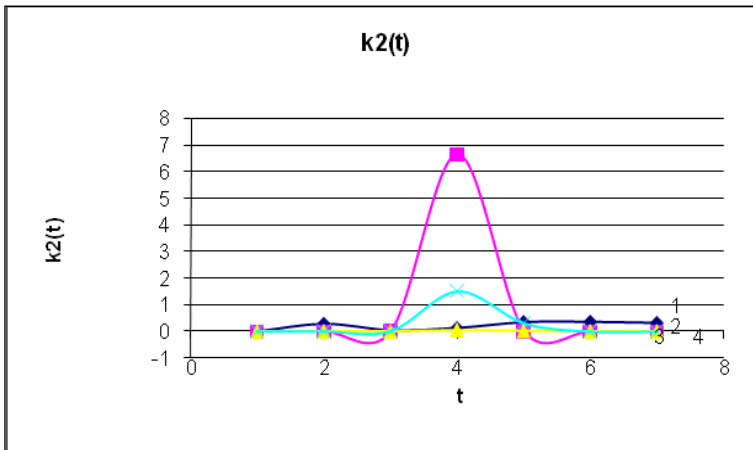
ნახ.9.1. ხორხოშელას წარმოქმნის ეფექტურობა 4 საწყისი პირობისთვის, როცა  $n=2, n'=2$



ნახ. 9.2. თხევადი ნალექის წარმოქმნის ეფექტურობა 4 საწყისი პირობისთვის, როცა  $n=2, n'=10$



ნახ.9.3. წყლიანობის ( $W_1'(v,t)$ ) დროში განვითარება, როცა  $n=2, n'=10$



ნახ.9.4. სეტყვის წარმოქმნის ეფექტურობა, 4 საწყისი პირობისთვის, როცა  $n=10, n'=3$

განხილული მონაცემებიდან დგინდება, რომ 1) შემთხვევისთვის კრისტალების კონცენტრაციის კრიტიკული მნიშვნელობაა  $5 \cdot 10^{-5} \text{მ}^{-3}$ , ხორხოშელას კონცენტრაცია ამ

შემთხვევისთვის ყველა საწყისი პირობისთვის იზრდება, ხოლო წვეთების კონცენტრაციის შემცირება ხდება როცა საწყისი წყლიანობა არის  $2 \cdot 10^{-5} \text{ გ/მ}^3$ . 2) შემთხვევისთვის კრისტალების კრიტიკული კონცენტრაციაა  $6 \cdot 10^{-5} \text{ მ}^{-3}$ , ხორხოშელასთვის კი -  $2 \cdot 10^{-5} \text{ მ}^{-3}$ , წვეთების კონცენტრაციისთვის, როცა საწყისი წყლიანობა არის  $10^{-6} \text{ გ/მ}^3$ , კრიტიკული აღმოჩნდა  $5 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^{-3}$  მნიშვნელობის კრისტალების კონცენტრაცია. 3) შემთხვევისთვის კრისტალებისთვის კრიტიკული აღმოჩნდა საწყისი კონცენტრაციების შემდეგი მნიშვნელობები:  $5 \cdot 10^{-4}$  და  $6 \cdot 10^{-5} \text{ მ}^{-3}$ . ხორხოშელასთვის კრიტიკული აღმოჩნდა საწყისი კონცენტრაციის შემდეგი მნიშვნელობა- $5 \cdot 10^{-4} \text{ მ}^{-3}$ . წვეთებისთვის, როცა საწყისი წყლიანობა იყო  $5 \cdot 10^{-5} \text{ გ}^{-3}$  და კრისტალების საწყისი კონცენტრაციას ჰქონდა  $2 \cdot 10^{-5} \text{ მ}^{-3}$  მნიშვნელობა შემცირდა.

მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ სისტემაში არსებული წყალი განსაზღვრული პროპორციით გადანაწილდება დიდი ზომის წვეთებზე და ყინულის კრისტალებზე, რაც დამოკიდებულია საწყის პირობებზე. წვეთების წყაროს მოქმედებით იზრდება როგორც თხევადი ნაღების რაოდენობაც და ასევე სეტყვისაც. ხოლო კრისტალების წყაროს მოქმედება ზრდის უპირატესად სეტყვის რაოდენობას.

არსებობს  $N_2(0)$  ისეთი კრიტიკული მნიშვნელობა, რომ მასზე ნაკლები მნიშვნელობისთვის ყინულის კრისტალები იზრდებიან საშიშ ზომებამდე და დიდი მნიშვნელობისთვის მცირდებიან. წვეთების სხვადასხვა სიმძლავრის წყაროს მოქმედება იწვევს ამ კრიტიკული მნიშვნელობის გაზრდას, ხოლო კრისტალების წყარო ამცირებს. სხვადასხვა საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით კრისტალების სპექტრი ორმოდალურია, რაც შეიძლება აიხსნას მათი ზრდით გადაციებული დიდი წვეთების საშუალებით. წვეთების წყაროს სიძლიერის გაზრდა ხელს უწყობს წვიმის მომატებას და ასევე დიდი ზომის კრისტალების წარმოქმნას და ხორხოშელას მატებას. წვეთების სპექტრიც ზოგიერთი პირობისთვის ასევე

ორმოდალურია. კვლევის მიღებული შედეგების გამოყენება შესაძლებელია ნალექთა ხელოვნური რეგულირებისათვის.

ანალიზური ამოხსნების საშუალებით დადგინდა, რომ არსებობს  $N_2(O)$  ისეთი კრიტიკული მნიშვნელობა, რომ მასზე ნაკლები მნიშვნელობისთვის ყინულის კრისტალები იზრდებიან საშიშ ზომებამდე და დიდი მნიშვნელობისთვის მცირდებიან. წვეთების სხვადასხვა სიმძლავრის წყაროს მოქმედება იწვევს ამ კრიტიკული მნიშვნელობის გაზრდას, ხოლო კრისტალების წყარო ამცირებს. სხვადასხვა საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით კრისტალების სპექტრი ორმოდალურია, რაც შეიძლება აიხსნას მათი ზრდით გადაციებული დიდი წვეთების საშუალებით. წვეთების წყაროს სიძლიერის გაზრდა ხელს უწყობს წვიმის მომატებას და ასევე დიდი ზომის კრისტალების წარმოქმნას და ხორხოშელას მატებას.

ამოცანის საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით სისტემაში არსებული წყალიანობა გარკვეული რაოდენობით გადანაწილდება კრისტალებზე და წვეთებზე. წვეთების წყაროს მოქმედებით იზრდება როგორც თხევადი ნალექის რაოდენობაც და ასევე სეტყვისაც. ხოლო კრისტალების წყაროს მოქმედება ზრდის უპირატესად სეტყვის რაოდენობას.

ყოველი სიმძლავრის წყაროსთვის არსებობს კრისტალების საწყისი კონცენტრაციის ისეთი მნიშვნელობა, როცა სეტყვის რაოდენობა მაქსიმალურია და შესაბამისად წვიმის მინიმალური. ზოგიერთი საწყისი პირობისთვის არსებობს წვეთების და კრისტალების კონცენტრაციის ისეთი კრიტიკული მნიშვნელობა, რომ მასზე ნაკლები მნიშვნელობისთვის ყინულის კრისტალები იზრდებიან საშიშ ზომებამდე და დიდი მნიშვნელობისთვის მცირდებიან. წვეთების სხვადასხვა სიმძლავრის წყაროს მოქმედება იწვევს ამ კრიტიკული მნიშვნელობის გაზრდას, ხოლო კრისტალების წყარო კი ამცირებს. სხვადასხვა საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით კრისტალების სპექტრი ორმოდალურია, რაც შეიძლება აიხსნას მათი ზრდით გადაციებული დიდი წვეთების საშუალებით. წვეთების წყაროს სიძლიერის გაზრდა ხელს უწყობს წვიმის მომატებას, დიდი ზომის კრისტალების წარმოქმნას

და ხორხოშელას მატებას. წვეთების სპექტრიც ზოგიერთი პირობისთვის ასევე ორმოდალურია. წყაროების მოქმედების შემთხვევაში ყინულოვნება ყოველთვის მატულობს. საწყის პირობებზე დამოკიდებულებით ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის კოეფიციენტებიც სხვადასხვანაირად ვითარდება. სეტყვის მარცვლების ზრდისთვის უფრო მნიშვნელოვანია წვეთების წყარო, ვიდრე კრისტალებისა.

## ლიტერატურა

1. Бегалишвили Н.А., Енукашвили И.М Интегральные уравнения кинетической теории коагуляции в смешанных атмосферных облаках. Труды ЗакНИГидромет.И. Вып.36(42). 1971
2. ბეგალიშვილი ნ., ტატიშვილი მ. ორკომპონენტიანი დისპერსული გარემოსთვის კოაგულაციის კინეტიკის გამოკვლევა ნაწილაკთა წყაროების გათვალისწინებით. თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორიის 150 წლისთავისადმი მიზღვნილი შრომათა კრებული. თბილისი „მეცნიერება“, 1997.
3. ტატიშვილი მ. ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის გამოკვლევა კოაგულაციის კინეტიკის განტოლებათა სისტემის ანალიზური ამოხსნების საშუალებით, ნაწილაკთა წყაროების გათვალისწინებით. ჰმი-ს შრომები №114. 2008

**თავი 10. კონვექციური ღრუბლის ერთნახევარგან-  
ზომილებიანი  
ოპერატიული მოდელით ნალექწარმოქმნის  
ეფექტურობის გამოკვლევა**

კონვექციური ღრუბლის წარმოქმნა და განვითარება განპირობებულია მიკრო და მაკროფიზიკური პროცესებით და მათი ურთიერთქმედებით, ხოლო ნალექების ფორმირება და გამოყოფა-აღმავალი და დაღმავალი, ნაკადებით, რომლებიც არეგულირებენ ამ პროცესს. თავის მხრივ ნალექის ნაწილაკებიც ზრდის პროცესში მოქმედებენ ჰაერის ნაკადებზე, რითაც ცვლიან ღრუბლის დინამიკას. ღრუბლის დინამიკის შეცვლა კი იწვევს ღრუბლის მიკროსტრუქტურის ცვლილებას. ღრუბლის თერმოდინამიკის აღწერისთვის გამოყენებულია განტოლებები, რომლებიც საფუძვლად დაედო ოგურა-ტაკახაშის მოდელს [1,2], ხოლო ნალექების წარმოქმნის და გამოყოფისთვის პარამეტრიზებული სქემები [3,4,5]. საწყის მონაცემებად გამოყენებულია რეალური რადიოზონდის მონაცემები. ღრუბლის დინამიკის აღწერისთვის დაშვებულია, რომ მას აქვს ცილინდრის ფორმა, დროში უცვლელი რადიუსით.

ღრუბელში ტენი იმყოფება შემდეგ მდგომარეობებში: წყლის ორთქლი, ღრუბლის წყალი, წვიმის წყალი და ყინულის კრისტალები. ჩართულია შემდეგი მიკროფიზიკური პროცესები: კონდენსაცია, აგტოკონვერსია (ღრუბლის წყლის გადასვლა წვიმის წყალში), კრისტალიზაცია, კოაგულაცია, სუბლიმაცია, აორთქლება და დნობა. ჩათვლილია, რომ უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში ღრუბლის ტენი იმყოფება გადაციებულ მდგომარეობაში. ღრუბლის წვეთები გადაიტანება ჰაერთან ერთად, ხოლო წვიმის წვეთების და ყინულის კრისტალების ვარდნის სიჩქარე დამოკიდებულია ნალექის წყლიანობასა და

ყინულოვნებაზე და სიდიდით ჰაერის ვერტიკალური ნაკადის საშუალო სიჩქარის სადარია. ამრიგად ეს არის ღრუბლის მარტივი, ერთნახევარგანზომილებიანი არასტაციონარული მოდელი, რომელშიც ღერძი მიმართულია ზევით და თან გათვალისწინებულია ღრუბლის გვერდით საზღვრებზე ჰაერის შერევა.

მოდელი შეიცავს შემდეგ განტოლებებს:  
 უწყვეტობის განტოლება

$$\frac{2}{a} \tilde{U}_a + \frac{1}{\rho_{a0}} \frac{\partial}{\partial z} (\rho_{a0} \bar{W}) = 0 \quad (10.1)$$

ვერტიკალური სიჩქარის განტოლება

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -W \frac{\partial W}{\partial z} - \frac{2\alpha^2}{a} W|W| + \frac{2}{a} (W - \tilde{W}_a) \tilde{U}_a + g \frac{T_v - T_{v0}}{T_{v0}} - g(\mathcal{Q}_c - \mathcal{Q}_r - \mathcal{Q}_i) \quad (10.2)$$

(10.2) განტოლების მარჯვენა მხარის პირველი წევრი აღწერს ვერტიკალურ ადვექციას, მეორე-ღრუბლის გვერდით საზღვრებზე ჰაერის ტურბულენტურ შერევას, მესამე-დინამიური ჩათრევა, რომელიც აკმაყოფილებს ღრუბელსა და გარემოს შორის უწყვეტობის პირობას, მეოთხე-ამომგდები ძალა, მეხუთე-ნალექის ნაწილაკების ვარდნით გამოწვეული წინააღმდეგობის ძალა.  $\mathcal{Q}_c, \mathcal{Q}_r, \mathcal{Q}_i$ -შესაბამისად  $\mathcal{I}_g$ . ჰაერში ღრუბლის, წვიმის და ყინულის მასაა გრამებში. ამ განტოლებაში შემავალი  $\tilde{U}_a$  სიდიდე განისაზღვრება უწყვეტობის განტოლებიდან, შემდეგი სასაზღვრო პირობით: თუ  $z=0$  მაშინ  $W=0$ .

აღსანიშნავია, რომ ღრუბლის სხვადასხვა ერთგანზომილებიან მოდელებში [6,7], ღრუბელსა და გარემოს შორის დინამიური ურთიერთქმედება წარმოდგენილია ჩათრევის წევრით, რომელიც რადიუსის უკუპროპორციულია. მოცემულ მოდელში შეტაცება აღწერილია მე-2 და მე-3 წევრებით, რომლებიც წარმოადგენენ ღრუბლის გვერდით საზღვრებზე ჰაერის ნაკადის ჰორიზონტალურ შერევას (ტურბულენტობის შედეგად) და ასევე გვერდით საზღვრებზე სისტემატურ შედინება-გამოდინებას, ამიტომ მოცემული მოდელი

შეიძლება შუალედურ-ერთნახევარგანზომილებიანად ჩაითვალოს, რადგან ორივე წვერი, რომელიც შეტაცებას აღწერს რადიუსის უკუპროპორციულია.

მსგავსი ერთ-განზომილებიანი პროგნოზული მოდელი შექმნილია გროვა-საწვიმარი ღრუბლის პარამეტრიზაციული სქემით. მოდელში შედის არაჰიდროსტატიკური წნევა, შეტაცება, ღრუბლის მიკროფიზიკა, ვერტიკალური და გვედითი ტურბულენტობა და მათი ურთიერთქმედება. არაჰიდროსტატიკური წნევის ჩართვამ შეიძლება შეასუსტოს ვერტიკალური სიჩქარე, დაეხმაროს ღრუბლის სწრაფ განვითარებას, დიდხანს ამყოფოს ღრუბელი მომწიფების სტადიაში, გაზარდოს ღრუბლის გადაციებული ნაწილი და თითქმის გააორმაგოს ნალექის რაოდენობა. წნევის ცვლილება გამოწვეულია შეტივტივებული და დინამიური წნევით. ამ მოდელის შედეგები შედარებულია ოგურა-ტაკახაშის და ამინდის კვლევის და პროგნოზის (WRF) მოდელის შედეგებთან. რადგან განხილულ მოდელში უფრო დეტალურადაა ღრუბლის მიკროფიზიკა განხილული, წარმოქმნის უფრო ძლიერი ვერტიკალური სიჩქარის მაქსიმუმს ვიდრე ოგურა-ტაკახაშის მოდელი. უფრო მეტიც, მოდელი უფრო წარმოაჩენს კონვექციური ღრუბლის მთავარ მახასიათებლებს ვიდრე WRF მოდელი, როცა არ არის გარემომცველი ქარის წანაცვლება [8].

თერმოდინამიკის განტოლებას აქვს შემდეგი სახე:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -w \left( \frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma_0 \right) + \frac{2\alpha^2}{a} |w| (T_0 - T) + \frac{2}{a} \bar{u}_a (T - \bar{T}_a) + \left[ \frac{L_e}{C_p} (P_1 - P_6 - P_7 - P_9) + \frac{L_s}{C_p} (P_4 - P_8) + \frac{L_f}{C_p} (P_3 - P_5) \right] \quad (10.3)$$

სადაც  $\Gamma_0$  ტემპერატურის მშრალადიებატური გრადიენტი,  $L_e$ -აორთქლების (595კალ/გ),  $L_s$ -სუბლიმაციის (680კალ/გ)  $L_f$ -დნობის (80კალ/გ)-ფარული სითბოებია,  $C_p$ -ჰაერის სითბოტევადობა (0.24კალ/გ\*გრად), განტოლებაში შემავალი  $T$  არის ღრუბლის განიკვეთის მიმართ გასაშუალოებული ტემპერატურა  $T = \bar{T}$  და თუ ღრუბლის ტემპერატურა უფრო მაღალია ვიდრე გარემოსი, ამიტომ  $T > T_0$  და განტოლების მარჯვენა



მხარეში მეორე წევრი იქნება უარყოფითი. ეს ნიშნავს, რომ ღრუბლის ტემპერატურა გარემოსთან ტურბულენტური შერევით დაიწევს. ღრუბელში შედარებით ცივი ჰაერის შესვლა, მის ტემპერატურას დაადაბლებს და განტოლების მესამე წევრი იქნება უარყოფითი,  $\tilde{U}_a < 0, \tilde{T}_a = T_0$  ამიტომ  $T - \tilde{T}_a > 0$  ხოლო გარემოში ღრუბლიდან ჰაერის გასვლა კი არ შეცვლის მის ტემპერატურას. თუ  $\tilde{U}_a > 0$ , ხდება ღრუბლიდან ჰაერის გასვლა გარემოში, მაშინ  $\tilde{T}_a = T$  და მესამე წევრი 0-ის ტოლია.

უწყვეტობის განტოლებებს წყლის ორთქლის, ღრუბლის წყლის, წვიმის წყლის და ყინულის კრისტალების გადატანისთვის აქვთ შემდეგი სახე.

წყლის ორთქლის გადატანის განტოლება:

$$\frac{\partial Q_v}{\partial t} = -W \frac{\partial Q_v}{\partial z} + \frac{2\alpha^2}{a} |W| (Q_{v0} - Q_v) + \frac{2}{a} \tilde{U}_a (Q_v - \tilde{Q}_{va}) - P_1 + P_6 + P_7 + P_8 - P_4 + P_9 \quad (10.4)$$

ღრუბლის წყლის გადატანის განტოლება:

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} = -W \frac{\partial Q_c}{\partial z} + \frac{2\alpha^2}{a} |W| (Q_{c0} - Q_c) + \frac{2}{a} \tilde{U}_a (Q_c - \tilde{Q}_{ca}) + P_1 - P_2 - P_6 \quad (10.5)$$

თხევადი ნალექის გადატანის განტოლება:

$$\frac{\partial Q_r}{\partial t} = -(W - V_w) \frac{\partial Q_r}{\partial z} + \frac{Q_r}{\rho_a} \frac{\partial(\rho_a V_w)}{\partial z} + \frac{2\alpha^2}{a} |W| (Q_{r0} - Q_r) + \frac{2}{a} \tilde{U}_a (Q_r - \tilde{Q}_{ra}) + P_2 - P_3 - P_7 + P_5 \quad (10.6)$$

სადაც  $V_w = 3.12 * 10^3 (\rho_a Q_{ra})^{0.125}$  (სმ/წმ) არის თხევადი ნალექის წვეთების ვარდნის საშუალო სიჩქარე.

მყარი ნალექის გადატანის განტოლება:

$$\frac{\partial Q_i}{\partial t} = -(W - V_i) \frac{\partial Q_i}{\partial z} + \frac{Q_i}{\rho_a} \frac{\partial(V_i \rho_a)}{\partial z} + \frac{2\alpha^2}{a} |W| (Q_{i0} - Q_i) + \frac{2}{a} \tilde{U}_a (Q_i - Q_{ia}) + P_3 + P_4 - P_5 - P_8 - P_9 \quad (10.7)$$

სადაც  $V_i = 3.12 * 10^3 (\rho_a Q_i)^{0.125} f_0$  (სმ/წმ) არის მყარი ნალექის ნაწილაკების ვარდნის საშუალო სიჩქარე.  $f_0 = 0.75$ -ვენტილაციის კოეფიციენტი. თუ ჩავთვლით, რომ უარყოფით

ტემპერატურაზე, ყინულის კრისტალები თოვლის ფიფქის სახით წარმოსდგება, მაშინ გამოიყენება [6,7]

გამოსახულება:  $V_i = 5.92 * 10^2 (\rho_a Q_i)^{0.11}$  სმ/წმ.

განტოლებაში შემავალი Pi ცვლადები განსაზღვრავენ შემდეგი პროცესების სიჩქარეს (1/წმ) და მათი მნიშვნელობებისთვის გამოიყენებულია შემდეგი გამოსახულებები:

P1-წყლის ორთქლის კონდენსაცია. ჩათვლილია, რომ იგი მყისიერად ხდება.

P2-ავტოკონვერსიის შედეგად ღრუბლის წყლის გადასვლა წვიმის წყალში.

$$P_2 = K_1(Q_c - \frac{b}{\rho_a}), K_1 = 0, Q_c \leq \frac{b}{\rho_a}, K_1 = 10^{-3} 1/\text{წმ}, \text{ როცა } Q_c \geq \frac{b}{\rho_a} \text{ სადაც } b = 10^{-6} \text{ გრ/სმ}^2$$

P3-წვიმის წყლის კრისტალიზაციის სიჩქარე.

P4-წყლის ორთქლის სუბლიმაცია კრისტალებზე. ამ პროცესს ადგილი აქვს მაშინ, როცა ტემპერატურა გაყინვის ტემპერატურაზე მეტია და წყლის ორთქლის გაჯერება მეტია წყლის ორთქლის ყინულზე გაჯერებაზე. იგი დამოკიდებულია კრისტალის ფორმაზეც. ჩათვლილია, რომ კრისტალებს სფეროს ფორმა აქვთ და მარშალ-პალმერის განაწილებას ემორჩილებიან. მისთვის მიღებულია გამოსახულება:

$$P_4 = \frac{1}{\rho_a} \frac{(\frac{Q_V}{Q_R} - 1)(\rho_a Q_i)^{0.525} f_0^{-0.42}}{7 * 10^5 + \frac{0.4 * 10^7}{L_{i6}}}$$

P5-ყინულის კრისტალების დნობა.

P6-ღრუბლის წყლის აორთქლება:

$$P_6 = -\frac{1}{\rho_a} \frac{(\frac{Q_V}{Q_{VS}} - 1)(\rho_a Q_c)^{0.525}}{5.4 * 10^5 + \frac{0.4 * 10^7}{L_{WS}}}$$

P7-წვიმის წყლის აორთქლება:

$$P_7 = -\frac{1}{\rho_a} \frac{(\frac{Q_V}{Q_{VS}} - 1)(\rho_a Q_R)^{0.525}}{5.4 * 10^5 + \frac{0.4 * 10^7}{L_{WS}}}$$

P8-ყინულის კრისტალების აორთქლება:

$$P_8 = -\frac{1}{\rho_a} \frac{(\frac{\partial v}{\partial t_s} - 1)(\rho_a Q_i)^{0.525} f_0^{-0.42}}{7.10^5 + \frac{0.41 \cdot 10^7}{L_{is}}}$$

P<sub>9</sub>-დნობადი კრისტალების აორთქლება:

$$P_9 = -\frac{1}{\rho_a} \frac{(\frac{\partial v}{\partial t_s} - 1)(\rho_a Q_i)^{0.525} f_0^{-0.42}}{5.4 \cdot 10^5 + \frac{0.41 \cdot 10^7}{L_{ws}}}$$

გამოსახულებებში შემდეგი სიდიდეები აღნიშნავენ: Q<sub>is</sub>, l<sub>is</sub>-  
 წყლის ორთქლის გამაჯერებელი კუთრი წყლიანობა და  
 წყლის ორთქლის გამაჯერებელი დრეკადობაა ყინულის  
 ზედაპირის მიმართ. Q<sub>vs</sub>, l<sub>ws</sub>-წყლის ორთქლის  
 გამაჯერებელი კუთრი წყლიანობა და წყლის ორთქლის  
 გამაჯერებელი დრეკადობაა წყლის ზედაპირის მიმართ.  
 მათთვის გამოყენებულია შემდეგი გამოსახულებები:

$$Q_{vs} = 3.8 p^{-1} 10^{7.5} \frac{(T-273)}{T-36}$$

$$Q_{is} = 3.8 p^{-1} 10^{9.5} \frac{(T-273)}{T-8}$$

სადაც p- ატმოსფერული წნევაა.

თუ შემოვიტანთ ცვლადს, რომელიც განსაზღვრავს წყლის  
 საერთო შემცველობას (ტენშემცველობას) დრუბელში  
 Q=Q<sub>v</sub>+Q<sub>c</sub>+Q<sub>r</sub>+Q<sub>i</sub>, მაშინ ამ სიდიდეების და უწყვეტობის  
 განტოლებების გამოყენებით მივიღებთ საერთო  
 ტენშემცველობის განტოლებას:

$$\rho_{a0} \frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho_{a0} Q W)}{\partial z} + \frac{\partial(\rho_{a0} v_w Q_r + \rho_{a0} v_i Q_i)}{\partial z} - \frac{2}{a} \rho_{a0} \tilde{M}_a \tilde{Q}_a + \frac{2\alpha^2}{a} \rho_{a0} |W| (Q_0 - Q) \quad (10.8)$$

ყველა ცვლადისთვის სრულდება შემდეგი საწყისი და  
 სასაზღვრო პირობები:

როცა z=0 (დედამიწის ზედაპირი) და z=H (ტროპოსფეროს  
 ზედა საზღვარი) W=Q<sub>c</sub>=Q<sub>r</sub>=Q<sub>i</sub>=0.

მოდელისთვის მნიშვნელოვანია კრისტალიზაციის და  
 დნობის პარამეტრიზაციის დაზუსტებული სქემა,  
 რომელსაც აქვს შემდეგი სახე

$$P_3 = 20\pi^2 B_1 n_{10} \frac{\rho_1}{\rho} [\exp(A_1(T_0 - T) - 1)] \lambda_1^{-7} + \frac{m_{20} \Gamma(3.5)}{4\lambda_2^{3.5}} \left(\frac{4g\rho_2}{3C_D\rho}\right)^{0.5} + \frac{\pi^2 \rho_1}{\rho} n_{10} n_{20} |V_2 - V_1| \left(\frac{5}{\lambda_1^6 \lambda_2} + \frac{1.33}{\lambda_1^6 \lambda_2^2} + \frac{0.22}{\lambda_1^6 \lambda_2^3}\right) + \beta(q_{1n} - q_{2n}) \quad (10.9)$$

როცა  $T > T_0$ , მაშინ ადგილი აქვს ყინულის კრისტალების დნობას. ეს პროცესი განპირობებულია როგორც ჰაერიდან მიღებული სითბოს რაოდენობით, ასევე კონდენსაციით, ღრუბლის და წვიმის წყლის აკრეციით, წყლის ორთქლის სუბლიმაციისას გამოყოფილი სითბოს რაოდენობით.

განტოლებებში გამოყენებულია შემდეგი აღნიშვნები:  $L_1$ -დნობის კუთრი სითბო,  $C$ -წყლის კუთრი სითბოტევადობა,  $\lambda$ -ჰაერის სითბოგამტარობის კოეფიციენტი,  $D$ -დიფუზიის კოეფიციენტი,  $L$ -ორთქლადქცევის კუთრი სითბო,  $Re$ -რეინოლდსის რიცხვი.

დნობის სიჩქარის აღბათობა იქნება:

$$P_5 = -\frac{2m_{20}}{\rho L_1} [1.6\lambda_2^{-2} + 0.3\Gamma(2.75)\lambda_2^{-2.75} \nu^{-0.5} \left(\frac{4g\rho_2}{3C_D\rho}\right)] [\lambda(T - T_0) + LD(\rho_v - \rho_{vs})] - \frac{C(T - T_0)}{L_1} (P_{3,1} + P_{3,2}) \quad (10.10)$$

როგორც ჩანს  $P_5$ -უარყოფითია, ამიტომ აკლდება ყინულოვნებას და ემატება წყლიანობას.

მიღებულ კრისტალიზაციის და დნობის პროცესების პარამეტრიზაციის გამოსახულებებში გათვალისწინებულია ამ პროცესების ტემპერატურაზე დამოკიდებულება, რაც უკეთეს შედეგს იძლევა. ღრუბლის წყლის კონდენსაციის ან აორთქლების სიჩქარის გამოთვლა ხდება არაპირდაპირი გზით. კონდენსაცია მყისიერად ხდება, როგორც კი სივრცის რაიმე ნაწილში ფარდობითი სინოტივე გადააჭარბებს 100%-ს. კონდენსირებული წყლის რაოდენობა ემატება ღრუბლის წყალს. ხოლო თუ ღრუბლის წყალი მოხვდება არეში, სადაც სინოტივე ნაჯერობაზე მეტია, მაშინ მოხდება ამ წყლის აორთქლება გაჯერებამდე. თუ ღრუბლის წყლის რაოდენობა საკმარისი არ იქნება გაჯერებისთვის, მაშინ აორთქლდება წვიმის წყალი.

მიღებული ფორმულები გამოყენებული იქნა რიცხვითი ექსპერიმენტების ჩატარებისას. მიღებული შედეგები კარგად თანხვდება დაკვირვების მონაცემებს.

ერთნახევარგანზომილებიანი ოპერატიული მოდელით ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის გამოკვლევისთვის გამოვიყენებთ მოდელით მიღებული ნალექის შეფარდებას დრუბლის ფუძიდან შესული წყლის ორთქლის სრულ რაოდენობასთან:

$$A = \frac{Q_p}{Q_c} 100\% \quad (10.11)$$

სადაც  $Q_p$ -მოსული ნალექის რაოდენობა, ხოლო  $Q_c$  - დრუბელში კონდენსირებული წყლის ორთქლია.

თუ ავჯამავთ კონდენსირებული წყლის რაოდენობას დრუბლის სიმაღლის მიხედვით, მივიღებთ დრუბელში კონდენსირებული წყლის საერთო რაოდენობას. აქ მნიშვნელოვანია ერთი მომენტი: რადგან გამოყენებულია სივრცით-დროითი ბადაე, ეს იქნება არსებული წყლის რაოდენობა დროის ფიქსირებული მომენტისთვის. ასევე იქნება ნალექებისთვისაც. მაშინ მივიღებთ მარგი ქმედების კოეფიციენტის დროზე დამოკიდებულებას, ხოლო დროის განსაზღვრული მომენტისთვის ეს იქნება მქკ-ს მყისიერი მნიშვნელობა:

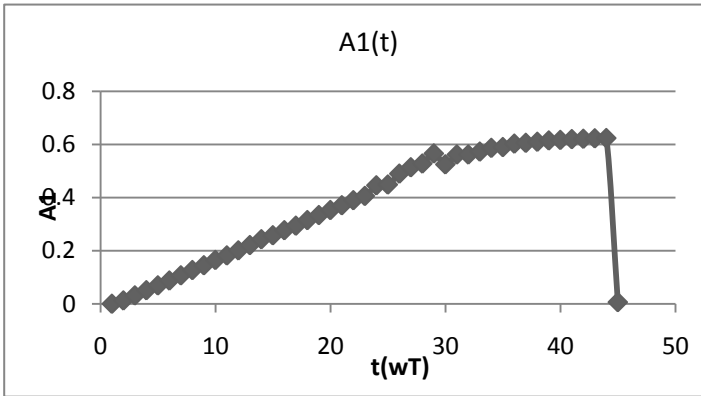
$$A(t) = \frac{Q_p(t)}{\sum_i Q_c(t)} 100\% \quad (10.12)$$

სადაც  $n$  არის ბიჯების რაოდენობა დრუბლის სიმაღლის მიხედვით, ხოლო დროში აისახება დრუბლის სიცოცხლის ხანგრძლივობა.

ასეთნაირად განსაზღვრული მქკ-ს მნიშვნელობების დასადგენად გამოყენებულია ატმოსფეროს რეალური სტრატოფიკაციის შემთხვევები სხვადასხვა სიმძლავრის დრუბლისათვის.

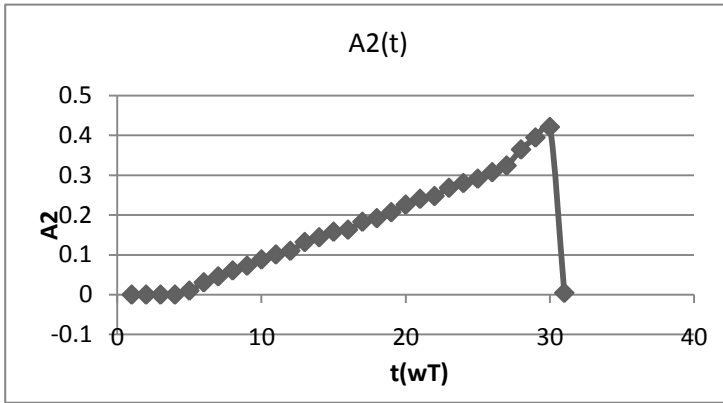
პირველ შემთხვევაში დრუბლის სიმაღლე შეადგენდა 13კმ, რადიუსი-3კმ, ტურბულენტობის კოეფიციენტი =0.1. დედამიწის ზედაპირზე სითბური იმპულსის გადაცემა მოხდა დრუბლის განვითარების დაწყებისას. სივრცითი ბიჯი შეადგენდა 250მ, ხოლო დროითი 60წმ. დრუბლის სიცოცხლის ხანგრძლივობა 45წთ-ია. (10.12)-ის მიხედვით განსაზღვრულმა კოეფიციენტის მაქსიმალურმა მნიშვნელობამ 62% შეადგინა. მისი დროზე

დამოკიდებულება გამოსახულია გრაფიკ 10.1-ზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს, ეს დამოკიდებულება წრფივია, 0-ვანი მნიშვნელობიდან იწყება, თანდათან იზრდება, აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას და მკვეთრად მცირდება მინიმალურ მნიშვნელობამდე, რაც პროცესის დასრულებას აღნიშნავს.



**ნახ. 10.1** დრუბლის ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის კოეფიციენტის დროზე დამოკიდებულება პირველ შემთხვევაში

მეორე შემთხვევაში დრუბლის სიმაღლე იყო 10.5კმ, რადიუსი-3კმ, ტემპერატურა დელამიწის ზედაპირზე-19<sup>0</sup>C. ფარდობითი ტენიანობა შეადგენდა 50%-ს. სივრცითი ბიჯი შეადგენდა 250მ-ს, ხოლო დროითი 60წმ-ს. დრუბლის სიციცხლის ხანგრძლივობა 30წთ. ანალოგიურად დათვლილი ეფექტურობის კოეფიციენტის მაქსიმალური მნიშვნელობა 42%-ია. მისი დროზე დამოკიდებულებაც მოცემულია ნახ 10.2-ზე. როგორც გრაფიკიდან ჩანს ეს დამოკიდებულებაც წრფივია. იგი იწყება 0-ვანი მნიშვნელობიდან და შედარებით ნელა ვითარდება. აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას და შემდეგ მკვეთრად მცირდება მინიმალურ მნიშვნელობამდე, რაც შესაბამისად პროცესის დასრულებას აღნიშნავს.



**ნახ.10.2. ღრუბლის ნაღებქარმოქმნის ეფექტურობის კოეფიციენტის დროზე დამოკიდებულება მეორე შემთხვევაში**

განხილულ შემთხვევებში კოეფიციენტის განსაზღვრაში მონაწილეობს ღრუბელში კონდენსირებული წყლის ორთქლი და მოსული ნაღების რაოდენობა, ამიტომ მისი მნიშვნელობები ამ სიდიდეებითაა განპირობებული. შეიძლება დავადგინოთ, რომ ისინიც დროზე წრფივადაა დამოკიდებული. კოეფიციენტის მნიშვნელობები დამოკიდებულია როგორც ღრუბლის სიმძლავრეზე, ასევე გარემოს მდგომარეობაზეც.

მაკრისტალიზებული რეაგენტით ზემოქმედების მოდელირება შემდეგნაირად ხდება: დროის რაღაც განსაზღვრულ მომენტში ღრუბლის გადაცივებულ ნაწილში ( $-6 \div -11^{\circ}\text{C}$ ) შეგვაქვს გარკვეული რაოდენობის მაკრისტალბული რეაგენტი; დიფუზიის გამარტივებული განტოლების ანალიზური ამოხსნით ვიგებთ დროის  $\Delta t$  შუალედში პასიური რეაგენტის მიერ დაკავებულ მოცულობას, სადაც უნდა გაიყინოს განსაზღვრული რაოდენობის ღრუბლის და წვიმის წყალი. ვითვლით კრისტალბზე წყლის ორთქლის სუბლიმაციისას გამოყოფილ სითბოს რაოდენობას. ჩათვლილია, რომ ეს

სითბო მთლიანად გადაეცემა განსახილველი არის ჰაერს და ათბობს  $\Delta T^{\circ}$ -ით. ამით იქმნება დამატებითი აღმაავალი დენები, რომლებიც გამოიწვევენ ღრუბლის სიმძლავრის გაზრდას, ე.ი. ღრუბლის მიკროფიზიკის ცვლილება იწვევს მისი დინამიკის ცვლილებას. ატმოსფეროს განურჩეველი წონასწორობისას ( $\gamma=\gamma_b$ ) აღმაავალი დენის სიჩქარის და ღრუბლის სიმძლავრის ზრდის მაქსიმუმი ითვლება

$$\Delta\omega_{\max} = \frac{uv}{a^3\rho} \sqrt{\frac{\lambda\theta}{\pi c_p \rho}}, \quad (10.13)$$

$$\Delta h = \sqrt{\frac{\lambda\theta}{\pi c_p \rho s^2 a^2}}, \quad (10.14)$$

სადაც  $v$  არის ტურბულენტობის კინემატიკური კოეფიციენტი,  $a$ -რადიუსი,  $\lambda$ -კონვექციის პარამეტრი,  $Q$ -რეაგენტის მიერ დაკავებულ  $V$  მოცულობაში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა,  $S$ -ზემოქმედების ხანგრძლივობის შებრუნებული პარამეტრი  $S = \sqrt{\lambda(\gamma_a - \gamma)}$ .

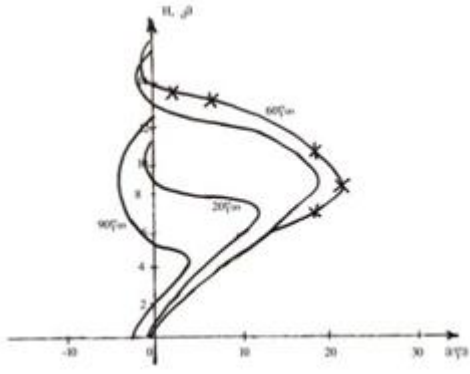
ერთჯერადი ზემოქმედებისას მათი მნიშვნელობები  $W_{\max} \approx 1\text{მ/წმ}$  და  $\Delta h \approx 600\text{მ}$ . ეს მნიშვნელობები მცირეა თუმცა მრავალჯერადი ზემოქმედებისას ღრუბლის მოცულობის ნაზრდმა შეიძლება მიაღწიოს რამოდენიმე კილომეტრს და მასში კონდენსირებული წყალი უზრუნველყოფს დამატებითი ნალექის წარმოქმნას. ზემოქმედების მოდელირება ტარდება ღრუბლის განვითარების სხვადასხვა სტადიაში. მიღებული შედეგები უჩვენებენ, რომ უკეთესი შედეგები მიიღება განვითარების სტადიისთვის.

პირველ შემთხვევაში მე-10წთ-ზე  $-6 \div -10^{\circ}\text{C}$  გადაცივებულ ნაწილში მოვახდინეთ 6-ჯერადი ზემოქმედება. გამოთვლილი  $\omega_{\max}$  და  $\Delta h$  არის  $1.8\text{მ/წმ}$  და  $1.3\text{კმ}$ . ზემოქმედების შედეგად ეფექტურობის კოეფიციენტი გაიზარდა 17.6%-ით.

მეორე შემთხვევაში ზემოქმედების შედეგად ღრუბლის მ.ქ.კ. გაიზარდა 22%-ით.



ზემოქმედების შედეგად დინამიკას და ნალექის დროში ცვლილებას ერთნაირი სახე აქვს: საწყის მომენტში ხდება ნალექის ინტენსივობის შემცირება ბუნებრივთან შედარებით. ეს ფიზიკურად ასე აიხსნება: მაკრიოსტალელები რეაგენტით ზემოქმედებისას ხდება დამატებითი სითბური ენერჯიის გამოყოფა და იზრდება აღმავეალი დენის სიჩქარე, რაც იწვევს ნალექის წყლის ზევით გადატანას და ინტენსივობის შემცირებას. ინტენსივობის დროში ცვლილებას აქვს იმპულსური ხასიათი, თუმცა მაინც გამოიყოფა ორი მაქსიმუმი, რომლებიც ზემოქმედების შემთხვევაში დროში გადაწეულა.



**ნახ. 10.3** აღმავეალი ნაკადის სიჩქარის განაწილება სიმალის მიხედვით დროის სხვადასხვა მომენტებში (X-ზემოქმედების შემდეგ) [7].

სხვადასხვა სიმძლავრის დრუბელზე ზემოქმედების მოდელირებამ აჩვენა, რომ სუსტი დრუბლის ნალექის პროცენტული ნამატი დიდია. თუმცა უფრო ხელსაყრელია ზემოქმედების ჩატარება კონვექციურ დრუბელზე. ექსპერიმენტებით დადგინდა, რომ ყოველი დრუბლისათვის არსებობს რეაგენტის ექსტრემალური რაოდენობა, რომლისთვისაც ზემოქმედებით მიღებული დამატებითი ნალექის რაოდენობა მაქსიმალურია. რეაგენტის რაოდენობა დამოკიდებულია დრუბლის სიმძლავრეზე და დინამიკაზე.

ნალექების გაზრდისათვის საჭიროა ზემოქმედება წარმოებდეს განვითარების სტადიაში. რეაგენტი უნდა შევიტანოთ (-6÷-11°C) ტემპერატურის ინტერვალში 5წთ ინტერვალთ.

საქართველოში სექტემბერთან ბრძოლის წარმოებულ სამუშაოთა მოკლე მიმოხილვა მოცემულია ნაშრომში 9]. მსგავსი კვლევები ისევ აქტუალურია და ტარდება მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა მკვლევარების მიერ. ქვევით წარმოდგენილია ზოგიერთი მათგანი.

[10] ნაშრომში გროვა-საწვიმარი ღრუბლის ნალექწარმოქმნის ეფექტურობა გამოკვლეულია ახალი ლაგრანჟის ნაწილაკის გამოყენებით ფართო-მასშტაბიანი ტურბულენტობის მოდელირებისათვის. ეს მიდგომა ითვალისწინებს ნაწილაკის ტრასირებას, რომელიც წყლის ინდივიდუალურ მოლეკულას წარმოადგენს. ამით შესაძლებელია ნაწილაკის სამივე აგრეგატულ მდგომარეობაში (ორთქლი, წყალი, ყინული) გადასვლის შესწავლა. წყლის მოლეკულის ტრასირებით ფიზიკურ და მიკროფიზიკურ მასშტაბებში, შესაძლებელია ნალექწარმოქმნის ეფექტურობის, როგორც სიმაღლის გამოკვლევა. გროვა-საწვიმარი ღრუბლის ტურბულენტობის მოდელირებამ აჩვენა, რომ ღრუბლები ორთქლის დაახლოებით 10% გარდაქმნის თხევად ნალექად. ღრუბელში შესული მთელი ორთქლის დაახლოებით ორი მესამედი გარდაიქმნება ზედაპირულ ნალექად.

[11]-ში მოყვანილმა რიცხვითმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ მარილით ზემოქმედების ეფექტურობა დამოკიდებულია ატმოსფეროს მდგომარეობაზე, რომელშიც ყალიბდება კონვექციური ღრუბელი. ასევე, გამოვლინდა, რომ უფრო ხელსაყრელია პოლიდისპერსული მარილის გამოყენება თბილი ღრუბლიდან დამატებითი ნალექის მიღებისთვის. საშუალო სიმძლავრის ღრუბლიდან, რომელიც ჩვეულებრივ პირობებში არ იძლევა ნალექს, ჰიგროსკოპული ზემოქმედებისას დამატებით ნალექს გამოყოფს.

[12]-ში გამოკვლეულია კონვექციური და გლობალური კლიმატური მოდელირებით (GCM)

სიმუდირებული დრუბლის საფარის წარმოქმნა კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. შემოდებული ახალი ცვლადი – კონვექციური ნალექწარმოქმნის ეფექტურობა, წარმოდგენილია, როგორც პარამეტრიზებული კონვექციის ინტეგრალური მახასიათებელი, რაც მნიშვნელოვანია GCM –ით მოდელირებული დრუბლებისთვის. ექსპერიმენტით გამოვლინდა, რომ კონვექციური ნალექწარმოქმნის ეფექტურობა იზრდება შეშფოთებულ გარემოში, ამიტომ მყარი და თხევადი ფრაქცია მცირდება დაბალი და საშუალო განვითარების დრუბლებში უფრო სწრაფად, ვიდრე მაღალი განვითარების დრუბლებში. ეს ასიმეტრიულობა მქდავდება დრუბლის რადიაციულ ბალანსში რაც ცვლის კონვექციური ნალექწარმოქმნის ეფექტურობას. შედეგებით დგინდება, რომ კუმულუსის სქემებში, რომელშიც გამოყენებულია კონდენსაციის ფრაქციული ცვლადი ნაკლებად მგრძობიარეა კლიმატის ცვლილებაზე, ვიდრე სქემა, რომელიც იყენებს ნალექწარმოქმნის ზღვრულ ნორმას.

ერთნახევარგანზომილებიანი ოპერატიული მოდელით მიღებული შედეგებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ გამოყენებული მოდელით შეფასებული კოეფიციენტი დამოკიდებული აღმოჩნდა როგორც დრუბლის სიმძლავრეზე და გარემოს მდგომარეობაზე, ასევე მის გამოთვლებში მონაწილე სიდიდეებზე და მიკროფიზიკურ პროცესებზე, მათ ურთიერთგადასვლაზე. ამ სიდიდეების შეცვლა მის მაქსიმალურ მნიშვნელობას თითქმის არ ცვლის, თუმცა მისი დროში მსვლელობა კი შეცვალა. ასევე მნიშვნელოვანია ის მეთოდები, რომლითაც ხდება დრუბლის პარამეტრების დადგენა. ამიტომ მიკროფიზიკის უფრო დეტალურად განხილვა და მისი შექმნისდაგვარად პირდაპირი გზით ჩართვა აუცილებელი ხდება. როგორც აღნიშნული იყო ამ პარაგრაფის დასაწყისში, კოეფიციენტის მნიშვნელობა შეიძლება გაზრდილი იყოს წყლის ორთქლის რაოდენობის გადამეტებულად შეფასების გამო. მის დასადგენად კი იყენებენ აღმაველ ნაკადებს, რომელთა საშუალებითაც ხდება კონდენსირებული წყლის ორთქლის განსაზღვრა. უშუალოდ დრუბელში კონდენსირებული წყლის ორთქლი კი უფრო დაზუსტებული

სიდიდეა. მისი გამოყენებით მიღებული მნიშვნელობა ბუნებრივთან უფრო ახლოსაა.

გროვა-საწვიმარ ღრუბელში მიკროფიზიკური პროცესების დაჩქარება მიზანშეწონილია, სანამ ღრუბელი გადავა სტაციონალურ მდგომარეობაში. ღრუბლის განვითარების პროცესში მაკრისტალელები რეაგენტით ზემოქმედების დროს გამოყოფილი სითბური ენერგია გაზრდის ღრუბლის მოცულობას და შესაბამისად კონდენსირებული წყლის რაოდენობას, რითაც ღრუბლის მკკ მიუახლოვდება მაქსიმალურ მნიშვნელობას. თანაც ნაღვექწარმოქმნის პროცესის დაჩქარება გამოიწვევს ღრუბლის პერიფერიული ნაწილიდან აორთქლებული წყლის შემცირებას და შესაბამისად ღრუბლის მკკ-ს გაზრდას.

წვრილი წვეთების ზრდის სინქარე დამოკიდებული აღმოჩნდა გადაჯერებაზე, ხოლო მსხვილისა - ტემპერატურაზე.

მიღებული შედეგები მნიშვნელოვანია და საჭიროა გათვალისწინებულ იყოს სეტყასაწინააღმდეგო სამუშაოების ჩატარებისას, რათა გაიზარდოს მათი ეფექტურობა.

### ლიტერატურა

1. Lester Alfonso, Martinez Daniel, Perez Carlos. Numerical simulations of tropical convective clouds over Cuba using one-dimensional and time-dependent cloud model. 12-th International Conf. On Clouds and Precipitation Proceedings. Switzerland, 1996.
2. Ogura J., Takahashi T. Numerical simulation of the life cycle of a thunderstorm cell. Mon. Weath. Rev. V.99, N12, 1971.
3. ბეგალიშვილი ნ., რობიტაშვილი გ., შაქარაშვილი ვ. კონვექციური ღრუბლის ოპერატიული რიცხვითი მოდელი ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტ.100. 1997
4. რობიტაშვილი თ., ტატიშვილი მ. ღრუბელში მიმდინარე მიკროფიზიკური პროცესების პარამეტრიზაცია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტ.104. 2001
5. Shu-Hua Chen, Wen-Yih Sun. A one-dimensional time dependent cloud model. Journal of the Meteorological Society of Japan. Vol.80, N1, 2002.

6. The investigation of precipitation efficiency of convective cloud. Bulletin of Georgian Academy of Sciences Vol.172, N2. 2005
7. ბეგალიშვილი ნ., რობიტაშვილი გ., ტატიშვილი მ. კონვექციურ დრუბლებში ბუნებრივი და ხელოვნური ნალექწარმოქმნის გამოკვლევა ოპერატიული თერმოჰიდროდინამიკური მოდელის საფუძველზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. 2010. ტ. 114.
8. Shu-Hua CHEN, Wen-Yih SUNA. One-dimensional Time Dependent Cloud Model. Journal of the Meteorological Society of Japan, 2002. Vol. 80, No. 1.  
თერმოჰიდროდინამიკური მოდელის საფუძველზე
9. ცინცაძე თ., ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., სალუქვაძე მ. საქართველოში სეტყვასთან და ზვავებთან ბრძოლის სამუშაოთა განახლების საკითხისათვის. სტუ ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი. 2013. თბილისი.
10. WOLFGANG LANGHANS. Lagrangian Investigation of the Precipitation Efficiency of Convective Clouds. 2015 American Meteorological Society. DOI: 10.1175/JAS-D-14-0159.1
11. Belyaeva M.V., Drofa A.S., Ivanov V.N., Ridwan, Kudsy M., Haryanto U., Goenawan R.D. Efficiency of Precipitation Enhancement from Convective Clouds at Salt Powder Modification Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, Volume 49, Issue 2. 2013
12. MING ZHAO. An Investigation of the Connections among Convection, Clouds, and Climate Sensitivity in a Global Climate Model. 2014. American Meteorological Society. DOI: 10.1175/JCLI-D-13-00145.1

**The monograph is dedicated to the memory of our colleague  
and friend Ramaz Meskhia**

**M. Tatishvili, L. Kartvelishvili, I. Mkurnalidze,  
R. Meskhia**

**Dynamics and statistical distribution of hail-  
thunderstorm processes in Georgia  
against the global climate change background**

Publishing “Mtsignobari”

Tbilisi  
2018

UDC 556. 576.582

The monograph **“Dynamics and statistical distribution of hail-thunderstorm processes in Georgia against the global climate change background”** has been created based on the planed project of the Institute of Hydrometeorology of Georgian Technical University **Hail-thunderstorm processes variation over Georgian territory”** and M.Tatishvili’s dissertation work **“Investigation of the precipitation efficiency of convective cloud”**. Using statistical analysis spatial-temporal distribution of hail-thunderstone processes have been investigated against the global climate change background. Also monograph contains mathematical modeling of precipitation formation processes.

The monograph is intended for specialists and students involved in meteorology and climatology.

Editor

Dr. of Geogr. Sciences

**Bakur Beritashvili**

Reviewers:

Dr. of Phys.-Math. Sciences

**Zurab Khvedelidze**

Dr. of Phys.-Math. Sciences

**Avtandil Amiranashvil**

ISBN -978-9941-473-72-2

<b>Content</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>5</b>
<b>Chapter 1. Research methodology</b> .....	<b>6</b>
1.1 Used data to carry out reseach .....	6
1.2. Physical-geographic description of research territory .....	11
<b>Chapter2. Spatial-temporal distribution of hail days over Georgian territory</b> .....	<b>16</b>
2.1 Statistical parameters of hail days .....	17
2.2 Strong hail in Eastern and Western parts of Georgia .....	25
<b>Chapter 3. Spatial-temporal distribution of thunderstorm days in Georgia</b> .....	<b>30</b>
3.1 Aero-synoptical processes of thunderstorm forming processes in Georgia.....	30
3.2. Statistical parameters of thunderstorm days.....	31
3.3. Thunderstorm in Western and Eastern Georgia.....	38
<b>Chapter 4. Identification of possible variations of hail and thunderstorm days over Georgian territory</b> .....	<b>40</b>
4.1. Investigation of hail and thunderstorm days variations .....	40
<b>Chapter 5. Thunderstorm activity in mountain crossings of Georgia</b> .....	<b>50</b>
<b>Chapter 6. Investigation of thunderstone activity of the Georgian section of Baku-Tbilisi-Ceyhan pipeline adjacent territory</b> .....	<b>53</b>
<b>Chapter 7. Thunderstorm occurrence probability over Georgian territory</b> .....	<b>60</b>
<b>Chapter 8. Lightning impact on various buildings</b> .....	<b>65</b>
<b>Chapter 9. Investigation of precipitation forming processes in convective clouds</b> .....	<b>71</b>
<b>Chpter 10. Investigation of precipitation efficiency in terms of one and half dimensional operation model of convective cloud</b> .....	<b>76</b>



## **Resume**

Current climate change increased the frequency and intensity of extreme weather and climate events. Since extreme events have high societal impact through their effect on agriculture, economy, human health and even the security of the country, investigating and predicting extreme events is profoundly important for the regional stability. Risks resulting from natural hazards are closely related to sustainable development of the society concerned. Global trends show an increasing damage from natural hazards and thus increasing losses from occurred disasters. Such upward trends in intensity and frequency of natural disasters are observed worldwide and are also discussed on the national level.

Georgia is prone to natural hazards, the risk resulting from meteorological hazards such as hail and thunderstorm are significant. Also geo-hazards: earthquakes, landslides and hydrologic hazard as flash-floods are considerably high, as the events during the last decades have shown. The entire country is within the category of medium and high risk. The natural disasters in Georgia have to be considered as a standing negative factor for the development process of the country. Importance of aroused problems stimulates the active investigation of natural hazards inducing disasters.

In presented Monograph two meteorological phenomena: hail and thunderstorm are investigated using observation data and mathematical modeling. Firstly, discuss those phenomena.

Hail is most common within continental interiors of the mid-latitudes, as hail formation is considerably more likely when the freezing level is below the altitude of 3,400 m. Movement of dry air into strong thunderstorms over continents can increase the frequency of hail by promoting evaporational cooling which lowers the freezing level of thunderstorm clouds giving hail a larger volume to grow in.

Unlike ice pellets, hailstones are layered and can be irregular and clumped together. Hail is composed of transparent ice or alternating layers of transparent ice at least 1 millimeter thick, which are deposited upon the hailstone as it travels through the cloud, suspended aloft by air with strong upward motion until its weight overcomes the updraft and falls to the ground. Hail begins as water droplets. As the droplets rise and the temperature goes below freezing,

they become supercooled water and will freeze on contact with condensation nuclei. A cross-section through a large hailstone shows an onion-like structure. This means the hailstone is made of thick and translucent layers, alternating with layers that are thin, white and opaque. Former theory suggested that hailstones were subjected to multiple descents and ascents, falling into a zone of humidity and refreezing as they were uplifted. As the hailstone ascends it passes into areas of the cloud where the concentration of humidity and supercooled water droplets varies. The hailstone's growth rate changes depending on the variation in humidity and supercooled water droplets that it encounters. The accretion rate of these water droplets is another factor in the hailstone's growth. When the hailstone moves into an area with a high concentration of water droplets, it captures the latter and acquires a translucent layer.

The hailstone's speed depends on its position in the cloud's updraft and mass. This determines the varying thicknesses of the layers of the hailstone. The accretion rate of supercooled water droplets onto the hailstone depends on the relative velocities between these water droplets and the hailstone itself. As the hailstone grows it releases latent heat, which keeps its exterior in a liquid phase. Because it undergoes 'wet growth', the outer layer is sticky, so the single hailstone may grow by collision with other smaller hailstones, forming a larger entity with an irregular shape. Hail can also undergo 'dry growth' in which the latent heat release through freezing is not enough to keep the outer layer in a liquid state. Hail forming in this manner appears opaque due to small air bubbles that become trapped in the stone during rapid freezing. These bubbles coalesce and escape during the 'wet growth' mode, and the hailstone is clearer. The mode of growth for a hailstone can change throughout its development, and this can result in distinct layers in a hailstone's cross-section.

The hailstone will keep rising in the thunderstorm until its mass can no longer be supported by the updraft. This may take at least 30 minutes based on the force of the updrafts in the hail-producing thunderstorm, whose top is usually greater than 10 km high. It then falls toward the ground while continuing to grow, based on the same processes, until it leaves the cloud. It will later begin to melt as it passes into air above freezing temperature. Stones larger than 2 cm are usually considered large enough to cause damage. Various countries have

different thresholds according to local sensitivity to hail; for instance grape growing areas could be adversely impacted by smaller hailstones. Hail can cause serious damage, notably vehicles, aircraft, various structures, livestock, and most commonly, agriculture crops. Wheat, corn, soybeans, and grapes are the most sensitive crops to hail damage. Hail is one of the most significant thunderstorm hazards to aircraft. When hail stones exceed 13 millimeters in diameter, planes can be seriously damaged.

Thunderstorm is a storm characterized by the presence of lightning and its acoustic effect on the Earth's atmosphere, known as thunder. Thunderstorms occur in cumulonimbus clouds. They are usually accompanied by strong winds, heavy rain, and sometimes snow, sleet, hail, or, in contrast, no precipitation at all. Thunderstorms may line up in a series or become a rainband, known as a squall line. Strong or severe thunderstorms include some of the most dangerous weather phenomena, including large hail, strong winds, and tornadoes. Some of the most persistent severe thunderstorms, known as supercells, rotate as do cyclones. While most thunderstorms move with the mean wind flow through the layer of the troposphere that they occupy, vertical wind shear sometimes causes a deviation in their course at a right angle to the wind shear direction.

Thunderstorms result from the rapid upward movement of warm, moist air, sometimes along the front. As the warm, moist air moves upward, it cools, condenses, and forms a cumulonimbus cloud that can reach heights of over 20 kilometers. As the rising air reaches its dew point temperature, water vapor condenses into water droplets or ice, reducing pressure locally within the thunderstorm cell. As the droplets fall, they collide with other droplets and become larger. The falling droplets create a downdraft as it pulls cold air with it, and this cold air spreads out at the Earth's surface, occasionally causing strong winds that are commonly associated with thunderstorms.

Thunderstorms can form and develop in any geographic location but most frequently within the mid-latitude, where warm, moist air from tropical latitudes collides with cooler air from polar latitudes. Thunderstorms are responsible for the development and formation of many severe weather phenomena. Thunderstorms, and the phenomena that occur along with them, pose great hazards. Damage that results from thunderstorms is mainly inflicted by downburst winds,

large hailstones, and flash flooding caused by heavy precipitation. Past civilizations held various myths concerning thunderstorms and their development as late as the 18th century. Beyond the Earth's atmosphere, thunderstorms have also been observed on the planets Jupiter, Saturn, Neptune and Venus.

Any thunderstorm that produces hail that reaches the ground is known as a hailstorm. Thunderclouds that are capable of producing hailstones are often seen obtaining green coloration. Hail is more common along mountain ranges because mountains force horizontal winds upwards (known as orographic lifting), thereby intensifying the updrafts within thunderstorms and making hail more likely. One of the more common regions for large hail is across mountainous northern India, China, Croatia also experiences significant hailstorms. In North America, hail is most common in the area where Colorado, Nebraska, and Wyoming meet, known as "Hail Alley." Hail in this region occurs between the months of March and October during the afternoon and evening hours, with the bulk of the occurrences from May through September. Cheyenne, Wyoming is North America's most hail-prone city with an average of nine to ten hailstorms per season. In South America, areas prone to hail are Brazil, Colombia. Caucasus mountainous region also experiences dangerous hail and thunderstorms and thus the investigation of those processes are especially critical for Georgia as one of most vulnerable country.

The composition of the Monograph is as following:

In **Introduction**, the hail and thunderstorm processes observation and investigation history has been reviewed.

In **Chapter 1 "Research methodology"**, the observation methods and existed theories on the formation and development of hail and thunderstorm processes and climatic zones of Georgia have been discussed.

In **Chapter 2 "Spatial-temporal distribution of hail days over Georgian territory** , using observation data statistical analysis has been performed and calculated following parameters: maximal and minimal values, standard deviations, hail day modal values, asymmetry, excess and variation members. Strong hail in East and West parts of Georgia has been also discussed.

In **Chapter 3 "Spatial-temporal distribution of thunderstorm days in Georgia"**, based on the thunderstorm

observation data statistical analysis has been performed and calculated following parameters: maximal and minimal values, standard deviations, thunderstorm day modal values, asymmetry, excess and variation members, also the aero-synoptical processes promoting thunderstorm formation and thunderstorm in Western and Eastern Georgia have been discussed.

**In Chapter 4 “Identification of possible variations of hail and thunderstorm days”**, using the trend method hail and thunderstorm day trends were grouped by climatic zones. Constructed GIS maps give possibility to identify risk zones.

**In Chapter 5 “Thunderstorm activity in mountain crossings of Georgia”**, the statistical parameters of thunderstorm annual day number over seven mountain crossings of Georgia have been investigated.

**In Chapter 6 “Investigation of thunderstone activity of the Georgian section of Baku-Tbilisi-Ceyhan pipeline adjacent territory”**, the mean and maximal values of main statistical characteristics of thunderstorm activity on the Georgian section of Baku-Tbilisi-Ceyhan pipeline adjacent territory have been resulted. Applicable tables and plots are presented. The presented research has practical significance while caring out lightning protection activities.

**In Chapter 7 “Thunderstorm occurrence probability over Georgian territory”**, the thunderstorm occurrence probability has been calculated using Poisson distribution over Georgian territory in presented article. The multiyear (1936-2006) thunderstorm day mean and maximal seasonal (III-X months) values of 59 meteorological station have been used. The probabilities were calculated for each station on 50, 100 and 150km. radius areas. The calculated results are presented in table including meteorological stations grouped by climatic zones. The thunderstorm occurrence probability calculated on areas more than thunderstorm fixing ones ( $r_0$ ) gives possibility for forecasting thunderstorm processes development. The obtained resulted may be used in various industrial sectors as well as for creation and verification of regional and global climatic models.

In **Chapter 8 “Lightning impact on various buildings”**, the consideration of climatic parameters in construction is especially important regarding the application of light structures that are more sensitive to climate change. To solve a number of applied climatology issues investigation of meteorological parameters variation has to be needed, as object exploitation level is depended on it. The lightning impact on building object has been studied in presented article, also lightning protection measure application and safety recommendations have been given.

In **Chapter 9 “Investigation of precipitation forming processes in convective clouds”**, the formation of liquid and solid precipitation growth processes in convective cloud using analytical solutions of kinetic model of coagulation considering cloud particle sources for different initial conditions has been investigated. The initial critical values of ice crystals have been identified for a range of spectra of cloud particles. In case of initial concentrations less than critical ones the formation and growth of “dangerous” size hail particles and decreasing of liquid precipitation have been detected. When concentrations were above critical values the “dangerous” size hail particles have been reduced and rain amount increased accordingly.

In **Chapter 10 “Investigation of precipitation efficiency in terms of one and half dimensional operation model of convective cloud”**, the natural and artificial precipitation formation processes have been investigated using one and half dimensional operative hydrodynamical model of convective cloud applying two real and one hypothetic radiosonde data. Microphysical processes are presented by parameterization schemes. The modification modeling has been carried out on the different stages of cloud growth by insertion of crystallizing reagent. It has been ascertained that for every cloud there exist the definite moment in its growth and optimal quantity of reagent, when additional precipitation increase is maximal. The mentioned amount of reagent depends on the features of growth dynamics and clouds maximal capability. In the result of modification changes were occurred in cloud microphysics, causing intensification of its dynamics. On such conditions clouds life time and the amount of precipitations have been increased.



**მარიკა ტატიშვილი** - ფიზ.-მათ. აკადემიური დოქტორი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ამინდის პროგნოზირების, ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების მოდელირების განყოფილების გამგე. გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში და 2 მონოგრაფია.



**ლიანა ქართველიშვილი** – გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი. გარემოს ეროვნული სააგენტოს ზოგადი და გამოყენებითი კლიმატოლოგიის განყოფილების უფროსი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის კლიმატოლოგიის განყოფილების მთავარი მეცნიერ თანამშრომელი. გამოქვეყნებული აქვს 90 სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში, 5 მონოგრაფია და 4 სახელმძღვანელო ტურიზმსა და კლიმატოლოგიაში



**ირინე მკურნალიძე** - საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ამინდის პროგნოზირების, ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების მოდელირების განყოფილების მეცნიერ თანამშრომელი. გამოქვეყნებული აქვს 60-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში



**რამაზ მესხია (1950-2016)** – ტექნიკის აკადემიური დოქტორი. გარემოს ეროვნული სააგენტოს სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების აღრიცხვისა და ანალიზის განყოფილების უფროსი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ჰიდროლოგიური პროგნოზების და წყლის რეზერვების განყოფილების უფროსი მეცნიერ თანამშრომელი. გამოქვეყნებული აქვს 70-მდე სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის მაღალრეიტინგულ ჟურნალებში და 3 მონოგრაფია.