

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი
შრომები ტომი № 105

TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE
OF HYDROMETEOROLOGY IN
GEORGIAN VOL.№105

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ ГРУЗИИ
ТОМ № 105



აგრომეტეოროლოგიის პრობლემები

Problems of Agrometeorology

Проблемы Агрометеорологии

თბილისი – TBILISI – ТБИЛИСИ

2002

გ. მელაძე

აგრომეტეოროლოგიისა და ფერმერულ მეურნეობათა ძირითადი ასპექტები

საქართველოს მოსახლეობის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით უზრუნველყოფის საქმეში სხვადასხვა სახის ფერმერულმა მეურნეობებმა დიდი წვლილი უნდა შეიტანონ. ამისათვის მათ საწარმოო საშუალებების გამოყენებისათვის გარკვეული ტერიტორია აქვთ, რომლის მასშტაბები ჩვენს პირობებში ზოგიერთი რეგიონის ოროგრაფიული ხასიათის მიხედვით შეიძლება შეადგენდეს 10-12 და მეტ ექტარ ფართობებს. ფერმერული მეურნეობის სიდიდე, მაგალითად ამერიკაში საშუალოდ 190 ექტარია და მრავალდარგოვანია, სადაც აწარმოებენ 200-ზე მეტ სხვადასხვა სახის საქონელს, რომლებიც შეადგენენ სასაქონლო პროდუქტების მსოფლიო მოცულობის 26 პროცენტს, აქედან 11 პროცენტი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მსოფლიო მოცულობისაა.

ამერიკაში ფერმერები ფლობენ საკუთარ და იჯარით აღებულ მიწას. საგულისხმოა, რომ აიოვას შტატში 50% საკუთარ მიწას ამუშავებს ფერმერი, ხოლო დანარჩენ 50%-ს – იჯარით გაეცემულს. ამერიკელი მეცნიერი, პროფესორი ტ.რ. ეჯესი [1] აღნიშნავს, რომ ჩვეულებრივი ფერმერი საქმიანობას მიწის ყიდვით არ იწყებს. იგი პირველად იღებს მიწას იჯარით დაქირავებულ მუშაკად შრომით და სურვილის მიხედვით შეუძლია შემდეგ გამოისყიდოს ეს მიწა. ამასთან იჯარის დროს ნაკლებია რისკი.

ფერმერი უნდა იყოს მცოდნე, გამოცდილი და უნარიანი, წინააღმდეგ შემთხვევაში საკუთარ მიწაზე შეიძლება მალე გაკოტრდეს და სხვამ შეიძინოს იგი. მან მეურნეობის რენტაბელობისათვის პრაქტიკულად უნდა გამოავლინოს და მაქსიმალურად გამოიყენოს მეურნეობის ტერიტორიის ნიადაგურ-კლიმატური პირობები. ფერმერისათვის პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს მიწას, კლიმატისა და წყლის რესურსების ზემოქმედების შეფასებას, რადგან მათ შეიძლება ზეგავლენა მოახდინონ ფერმერული მეურნეობის შემოსავალზე, ხარჯებზე და მოგებაზე. აღნიშნული რესურსები განსაზღვრავენ სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოყვანის შესაძლებლობას, მოტმედებენ პროდუქციის გამოსავლიანობაზე და აქედან-შემოსავლიანობაზე, განაპირობებენ მემინდერეობაში ტექნოლოგიურ და ორგანიზაციულ მეთოდებსა და ხერხებს, ზამთრის ყინვებისაგან და საერთოდ წაყინვებისაგან დაცვას. ეს ღონისძიებები იწვევს დამატებით ხარჯებს, რასაც გათვალისწინება სჭირდება. ასევე ფერმერი უნდა აფასებდეს ადგილობრივ აგროკლიმატურ პირობებს მეურნეობის უკეთესი მაჩვენებლებისათვის. ეს აუცილებელია იმისათვის, რომ შეარჩიოს ისეთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, რომლებიც წარმატებით განვითარდება მოცემულ ნიადაგურ-კლიმატურ პირობებში. ტ.რ. ეჯესის წერს, რომ ნიადაგის თავისებურებათა გავლენა ფერმერულ მეურნეობაში ორგანიზაციულ ღონისძიებათა და რესურსების გამოყენებაზე იცვლება კლიმატური ფაქტორის (ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები, ქარი, ტენიანობა და სხვა) ზემოქმედებით. მაშასადამე, კლიმატური ფაქტორების გავლენა უმეტესად განსაზღვრავს სას.-სამ. კულტურების პროდუქტიულობას. ამიტომ ფერმერმა უნდა გამოიყენოს კლიმატური მონაცემები (ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები, ყინვები, ქარები და ა.შ.), რომლებიც დაეხმარება კულტურების შერჩევაში, მიწათმოქმედების დაგეგმვაში, წარმოების განსაზღვრაში, სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების კალენდარულ ვადების შედგენაში და სხვა. ამა თუ იმ რაიონისათვის აღნიშნული კლიმატური მასალების მოძიება შესაძლოა საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის, ჰიდრომეტეოროლოგიურ ეროვნულ ცენტრში. გარდა ამისა, ყოველდღიურ ინფორმაციას იძლევა აღნიშნული ორგანიზაცია, მეტეოროლოგიურ და აგრომეტეოროლოგიურ პროგნოზების შესახებ. ფერმერები, მაგალითად, ამერიკაში ამინდისა და კლიმატის შესახებ საჯაროდ გამოქვეყნებულ ინფორმაციებს იღებენ ამინდის ბიუროს ქსელიდან, რომელიც მოიცავს ხუთი ათასზე მეტ მეტეოროლოგიურ პუნქტს, რომლებსაც მოხალისეები ემსახურებიან 200 სადგურს, ამ უკანასკნელში პროფესიონალი მეტეოროლოგები მუშაობენ. აღნიშნულ ობიექტების ხელსაწყოებით აღჭურვას სახელმწიფო უზრუნველყოფს. მიღებული კლიმატური მასალების მნიშვნელობიდან განსაკუთრებით საჩურადებოა საშუალო მნიშვნელობები ტემპერატურის, ნალექების, წაყინვების და სხვა, რადგან ამ ფაქტორებით შეიძლება რაიონის ტერიტორიის ან კონკრეტული ფერმის კლიმატური პირობების გაგება. ფერმერულ მეურნეობას საშუალო კლიმატური მაჩვენებლები, თუ არ ახასიათებს, მაშინ გაანალიზების საფუძველზე, უნდა დავეყრდნოთ განმეორადობას, რომელითაც განისაზღვრება ამა თუ იმ გადახრების ალბათობა პროცენტებში.

ფერმერული მეურნეობის მფლობელები ყოველთვის უნდა ითვალისწინებდნენ ამინდისა და კლიმატურ პირობებს, რადგან ხელსაყრელი კლიმატური პირობები ნებისმიერი ნიადაგის ცვლად ფაქტორებთან კომბინაციაში გარდაუვალია მაღალი და ხარისხიანი მოსავლიანობის მისაღებად. მაშასადამე, ამ უკანასკნელისათვის მარტო მიწა არ წარმოადგენს ერთადერთ ფაქტორს, კლიმატური პირობებიც მუდმივია.

ფერმერისათვის ყველა კლიმატური მაჩვენებლები მნიშვნელოვანია. მას უნდა გააჩნდეს მონაცემები ტემპერატურის, ნალექების შესახებ, ასევე წაყინვების დადგომის თარიღების, უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობის და ა.შ. ცხადია, აღნიშნული ფაქტორები იცვლებიან დროში და სივრცეში ფერმის ადგილმდებარეობის, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების და პირუტყვის ჭიშების შესაბამისად. ფერმერმა ამ ფაქტორების მნიშვნელობა მაქსიმალურად უნდა გაითვალისწინოს, შეუძლია გამოიყენოს საშუალო

მაჩვენებლები წაყინვების თარიღებისა და უყინვო პერიოდების ხანგრძლივობის განმეორებაობის შესახებ, რომლებიც უჩვენებენ, თუ როგორ შეუხამოს ამ მაჩვენებლებს სხვადასხვა სახის კულტურები. მისთვის ზემოთაღნიშნული მაჩვენებლები ერთგვარი სახელმძღვანელოა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ტექნოლოგიისა, მეურნეობის გაძლიერებისა და მეთოდების საკითხებში. ფერმერმა უნდა განსაზღვროს, თუ რამდენად შეამცირებს წაყინვები პროდუქციის საერთო მოცულობას და რა სპეციალურ რესურსებს მოითხოვს იგი, აგრეთვე რა მეთოდების გამოყენება იქნება საჭირო, მაგალითად, წაყინვებისაგან ხეხილოვანი კულტურების დასაცავად.

ამა თუ იმ რაიონში ან ტერიტორიაზე განლაგებული ფერმერული მეურნეობები ერთმანეთისაგან განსხვავდება სხვადასხვა აგროკლიმატური პირობებით. ამიტომ გამოყოფენ მარცვლელი კულტურების (ხორბლის, სიმინდის, ქერის) ხეხილის, ვაზის, ჩაის, ციტრუსების ტექნიკური და ბოსტნეული კულტურების ზონებს. თვითეული ზონის კლიმატური თავისებურება ხელს უწყობს აქ განვითარებულ კულტურების ზრდა-განვითარებას და მოსავლიანობას, რაც ფერმერულ მეურნეობებს რენტაბელურად აქცევს მემოსავლიანობის თვალსაზრისით.

უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარის სიცოცხლეზე უშუალო გავლენას ახდენს მზის სხიური ენერჯია. მისი უშუალო მოქმედებით მცენარეებში მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერებების დაგროვება. ასე, მაგალითად, [2], სიმინდი ორგანული ნივთიერების შექმნაზე იყენებს მთლიანად შემოსული მზის ენერჯიის 2,3%, ჭარხალი 2,2%, საზაფხულო ხორბალი და შვრია 3,3%, ჭვავი 2,6%, კარტოფილი 3,0%. არ უნდა დავივიწყოთ, რომ მზის ენერჯიის უკეთ შემოსვლა ფერმერული მეურნეობის ტერიტორიაზე დამოკიდებულია მათ განლაგებაზე. კერძოდ, სამხრეთის ფერდობები მზის სხივებს მეტად იღებს, ვიდრე ველი ან ჩრდილოეთის ფერდობები. განსხვავება სითბური რეჟიმის მიხედვით სამხრეთსა და ჩრდილოეთ ფერდობებს შორის შუადღის სთებში (14-16 საათი) შეიძლება 4-5^o, ხოლო დღის სხვა საათებში 0,5-1,5^o. აქედან გამომდინარე, სითბოსა და სინათლის მოყვარული მცენარეები უნდა განვალაგოთ სამხრეთ ფერდობებზე, ხოლო ჩრდილოეთ ფერდობზე ტენისა და სითბოს ნაკლებად მომთხოვნი. გარდა ამისა, სამხრეთ ექსპოზიციებზე ნიადაგი შეიძლება ადრე ^{დავამუშაოთ} და ადრე მივიღოთ მოსავალი. მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე, მცენარეების განლაგებას ჩრდილოეთიდან-სამხრეთისაკენ. ასეთ მდგომარეობაში შეიძლება შაქრის ჭარხლის მთელი მოსავლის 210%-მდე გაზრდა, ქერის 9%-მდე, კარტოფილის 6%-მდე, ხოლო შვრიის 20%-მდე. გარდა ამისა, მზის სინათლის ინტენსიობა გავლენას ახდენს მოსავლის ხარისხიანობაზე. მცენარეთა ნაყოფები უფრო ტკბილი და მდიდარია სასარგებლო ვიტამინებით, კარტოფილი იძლევა დიდი რაოდენობით კრახმალს, ვიდრე ჩრდილში. მზის სხიური ენერჯიის ინტენსიობის დადებითი შედეგები მაშინ არის მცენარისათვის სასარგებლო, როცა ნიადაგი უზრუნველყოფილია ოპტიმალური ტენიანობით, წინააღმდეგ შემთხვევაში შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს. მაგალითად, მზის სხივების მოქმედების შედეგად მცენარეების ფოთლების ტემპერატურამ, შეიძლება მიაღწიოს 10% და მეტსაც. ჩაის, ჩაის, ციტრუსების, დაფნის [3], ხოლო მარცვლელი კულტურებისამ 4-5^o, ჩრდილში ეს განსხვავება 1-2^o-ია. დაკვირვებებიდან [2] დადგინდა, რომ აერის ტემპერატურის 30^o დროს 15 სმ დიამეტრის მქონე გოგრის ნაყოფის ზედაპირიდან 5 სმ-ის სიღრმეში ტემპერატურამ შეადგინა 35^o, ხოლო უმზეო მხარემ 25^o.

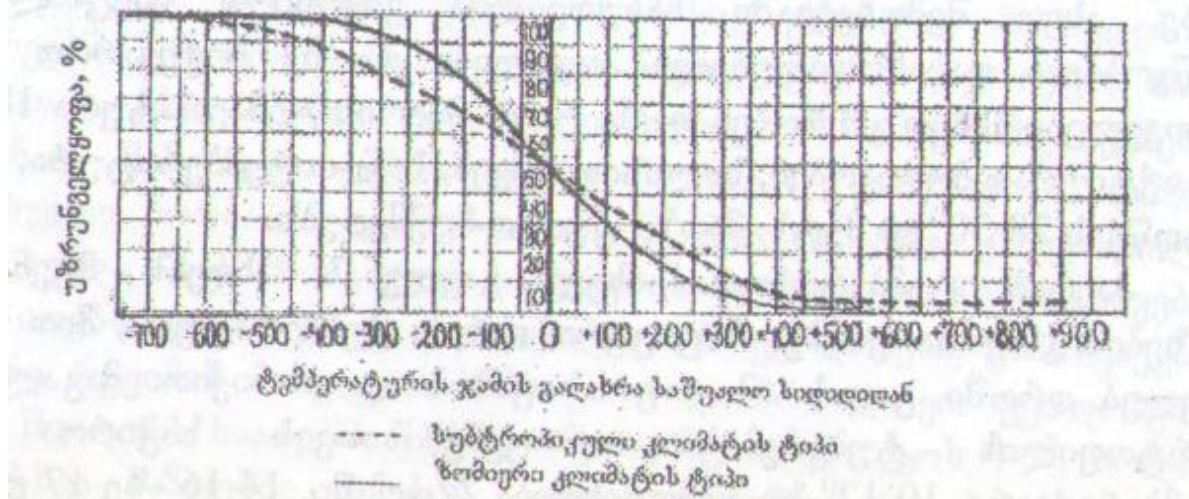
ზაფხულში მზის რადიაციის შედეგად გამოწვეული სითბოსა და სინათლის სიჭარბე, განსაკუთრებით შუადღის საათებში, სამოვრებზე ცხოველების ხანგრძლივად ყოფნისას იწვევს მათი ორგანიზმის გადახურებას, რაც გამოიხატება მოთენთილობაში, უქვეითდებათ ჭამის მადა, თავს ანებებენ ბალახის ძოვას, უხშირდებათ სუნთქვა (100-120-მდე წუთში), ეძებენ ჩრდილს, ცდილობენ შეაფარონ თავი ერთმანეთს და ა.შ. აღნიშნული გარემოება მკვეთრად მოქმედებს მათ პროდუქტიულობაზე, ასეთ შემთხვევაში სასურველია ვიქონიოთ სპეციალურად მოწყობილი დასაჩრდილებელი ადგილები და იქ მოვუყაროთ თავი. ცხოველები მხნედ გრძნობენ თავს, როცა აერის ტემპერატურა 18-22^o-ია, აქტიურად მოძრაობენ, ხალისით ძოვენ, ხოლო ტემპერატურა, როცა მიაღწევს 28-30^o და მეტს, მათზე ცუდად მოქმედებს.

ჰაერის ტემპერატურა, ასევე გავლენას ახდენს მცენარეთა ფაზების განვითარებაზე. რაც უფრო დიდია ტემპერატურა, მით უფრო ნაკლებ დროში გადის ამა თუ იმ ფაზას და პირიქით. მაგალითად, კარტოფილის ტუბერების აღმოცენებისათვის საჭიროა 7-8^o ტემპერატურა, 10-12^o-ზე აღმოცენდება 22დღეში, 14-16^o-ზე 17 დღეში, ხოლო 20-22^o-ზე 12 დღეში. საშემოდგომო ხორბალი აღმოცენდება, როცა აერის საშუალო ტემპერატურა 12-14^o-ია, დაბუჩქება იწყება 10-12^o-ზე და წყდება 2-4^o-ზე. გამოზამთრების შემდეგ თავთავის ღეროს ამოღება მიმდინარეობს 11-12^o-ზე, ხოლო დათავთავება და ყვავილობა იწყება 15-17^o-ზე.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებისათვის აერის დღეღამური საშუალო ტემპერატურის მაჩვენებელთა საჭიროების გარდა მცენარე ცალკეული ფაზების განვითარებისათვის მოითხოვს სითბოს გარკვეულ რაოდენობას, რომელიც გამოიხატება აერის აქტიური ტემპერატურათა ჯამებით. მცენარეები ფაზებს შორის და საერთოდ განვითარების ციკლის დასრულებისათვის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამების მოთხოვნილების მიხედვით, მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. ეს

განსხვავება მარცვლეულ კულტურებს შორის შეიძლება შეადგენდეს 1300⁰ – დან 2800⁰-მდე, ბოსტნეული კულტურებისათვის 1200⁰-დან 2300⁰-მდე, ვაზის ჯიშებს შორის 2500⁰-დან 3500⁰-მდე.

საჭირო ტემპერატურათა ჯამების ნაკლებობის შემთხვევაში მოსალოდნელია, ამა თუ იმ კულტურის მოსავლის მკვეთრად შემცირება. ამიტომ უნდა ვიცოდეთ რამდენჯერ იქნება საჭირო ტემპერატურის ჯამით უზრუნველყოფის მრუდი (ნახ. 1) [4]. ნახაზის აბსცისთა ღერძზე მოცემულია ტემპერატურათა ჯამის საშუალო სიდიდეები (0 დან მარცხნივ და მარჯვნივ), ხოლო ორდინატის ღერძზე ტემპერატურათა უზრუნველყოფა პროცენტებში. უზრუნველყოფის მრუდები ახასიათებენ სუბტროპიკული და ზომიერი კლიმატის ზონებს, რომლებითაც შეიძლება განვსაზღვროთ სითბოთი უზრუნველყოფა სავეგეტაციო პერიოდში. მარცვლეული, ბოსტნეული, ტექნიკური, ჩაის, ვაზის, ხეხილოვანი კულტურებისათვის, მხოლოდ უნდა ვიცოდეთ მოცემული რაიონისათვის მრავალწლიური საშუალო ჯამი 10⁰-ის ზევით.



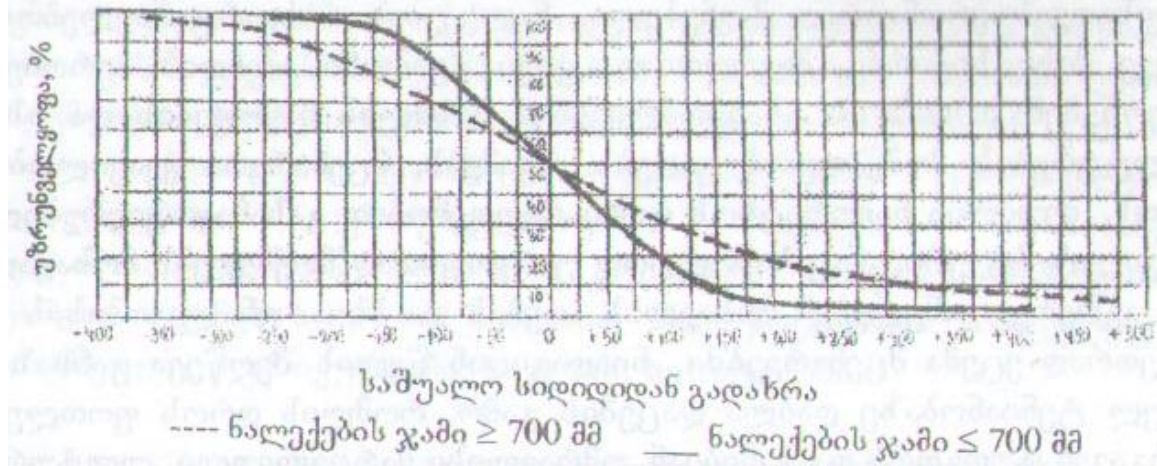
მაგალითისათვის ავიღოთ დმანისის რაიონი და ვნახოთ, თუ რამდენჯერ მომწიფდება ვაზის საგვიანო ჯიში. აღნიშნულ რაიონში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 3400⁰-ია, ხოლო მოცემული ვაზის ჯიშის დამწიფებისათვის საჭიროა 3500⁰. მაშასადამე ტემპერატურის ჯამებს შორის სხვაობა შეადგენს +100. ნახაზის აბსცისის ღერძიდან, სადაც მოცემულია ტემპერატურათა სხვაობა +100 ავღმართავთ ორდინატის პარალელურს, რომელიც ზომიერი კლიმატის ტიპის მრუდთან (დმანისი მიეკუთვნება ზომიერი კლიმატის ზონას) გადაკვეთის წერტილში გვაძლევს ტემპერატურის ჯამის უზრუნველყოფის 30%-ს. მაშასადამე, მოცემული ვაზის ჯიში ნორმალურად მწიფდება ყოველ 10 წელიწადში 3-ჯერ. ასევე შეიძლება განვსაზღვროთ სითბოს უზრუნველყოფა სხვა კულტურებისათვისაც.

ფერმერულ მეურნეობისათვის სითბოს რეჟიმთან ერთად უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფერულ ნალექებს, განსაკუთრებით სავეგეტაციო პერიოდში; მოსული ნალექები, რომელიც ჩაიწონება ნიადაგში, საჭიროა მცენარეებისათვის მათი სიცოცხლის მთელი პერიოდის განმავლობაში-თესლის აღმოცენებიდან ზრდის შეწყვეტამდე. უნდა გვახსოვდეს, რომ მცენარეების სიცოცხლისათვის ერთნაირად მავნებელია ნალექების როგორც ნაკლებობა, ასევე მისი სიჭარბე. მაგალითად, ცივი წვიმიანი ამინდები აფერხებენ ზრდას და ახანგრძლივებს ხეხილის ნაყოფების და სხვა კულტურების მომწიფების ვადებს. წვიმებს, მცენარეთა ყვავილობის დროს შეუძლია ჩამორეცხოს დიდი რაოდენობით გასანაყოფიერებელი ყვავილის მტვერი, რაც საბოლოოდ უარყოფითად მოქმედებს მოსავალზე; ამნელებს მოსავლის აღებას და სხვა. უნალექობისას კი მკვეთრად ეცემა მცენარეებში ნიადაგიდან წყლის შეღწევა განსაზღვრულ ტენიანობაზე დაბლა დაცემის გამო, რომლის დროს ფოთლები კარგავენ ტურგორს და ჭკნებიან. უმრავლეს მარცვლეული კულტურისათვის ნიადაგის ორტიმალურ ტენიანობას წარმოადგენს სრული ტენტევადობის 60%.

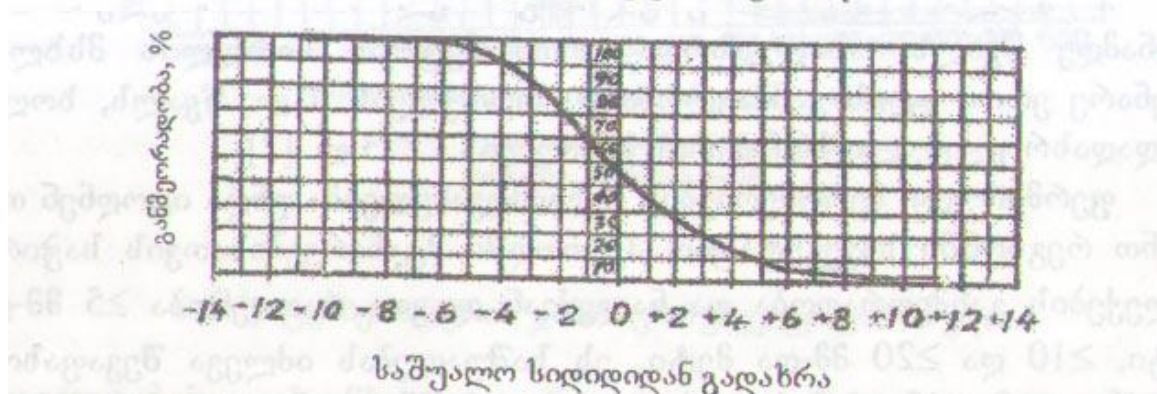
მცენარეების მიერ ნიადაგიდან წყლის ხარჯვა დამოკიდებულია მათი ამორთქლებელი ზედაპირის ფართობზე. მაგალითად, ერთი ექტარი ხორბლის ნათესი ზაფხულის განმავლობაში აორთქლებს 300 ტონამდე წყალს, ახალგაზრდა ერთი მეტრის სიმაღლის მსხლის მცენარე ერთი დღის განმავლობაში აორთქლებს 6 ლ. წყალს, ხოლო ზრდასრულებული 16 მეტრის სიმაღლის 273 ლ. [2]. აღნიშნული მონაცემები გასათვალისწინებელია მოსავლიანობისა და მისი შენარჩუნების თვალსაზრისით.

ფერმერული მეურნეობების ხელმძღვანელებმა უნდა იცოდნენ თავიანთ რეგიონში სავეგეტაციო პერიოდში მცენარეებისათვის საჭირო ნალექების განმეორება და ნალექიან დღეთა რაოდენობა ≥ 5 მმ-ზე მეტი, ≥ 10 და ≥ 20 მმ-ზე მეტი. ეს საშუალებას იძლევა შევავსოთ მოცემული მეურნეობების ტერიტორია აღნიშნული სიდიდეების მიხედვით და საჭიროების შემთხვევაში გავატაროთ სათანადო აგროტექნიკური ღონისძიებები მცენარეების ტენით უზრუნველყოფისათვის. აღნიშნულ საკითხთან დაკავშირებით ჩვენს მიერ მრავალწლიური მეტეოროლოგიური მასალების დამუშავების საფუძველზე შედგენილი სავეგეტაციო

პერიოდში ნალექების ჯამების და ≥ 20 მმ და მეტი ნალექიან დღეთა რიცხვის განმეორებათა მრუდები პროცენტებში, რომლებიც შეგვიძლია განვსაზღვროთ პირველ ნახაზზე მოცემული წესის მიხედვით. ე.ი. თუ რამდენჯერ განმეორდება ჩვენთვის საინტერესო სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის საჭირო ნალექების რაოდენობა და ≥ 20 მმ და მეტი ნალექიან დღეთა რიცხვი ყოველ 10 და მეტ წელიწადში (ნახ. 2.3). ამავე დროს განსაზღვრისათვის უნდა ვიცოდეთ მოცემული რაიონისათვის ნალექების საშუალო ჯამი და ≥ 20 მმ და მეტი ნალექიან დღეთა რიცხვი 10° -იან ტემპერატურის პერიოდში.



ნახ.2 ნალექების უზრუნველყოფის მრუდები 10° -ზე მეტი ტემპერატურის პერიოდში



ნახ.3 20 მმ და მეტი ნალექიან დღეთა რაოდენობის უზრუნველყოფის მრუდი 10.0° -ზე მეტი ტემპერატურის პერიოდში

სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის წაყინვები ერთერთ სახიფათო მეტეოროლოგიურ ელემენტს წარმოადგენს. მისი გავლენა მეტად საგრძნობია ახალგაზრდა ფოთლების გაშლის, ყვავილობის, ნასკვების და ნაყოფების მომწიფების პერიოდში, რომელთა დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია წაყინვების ინტენსიურობასა და მისი მოქმედების ხანგრძლივობაზე.

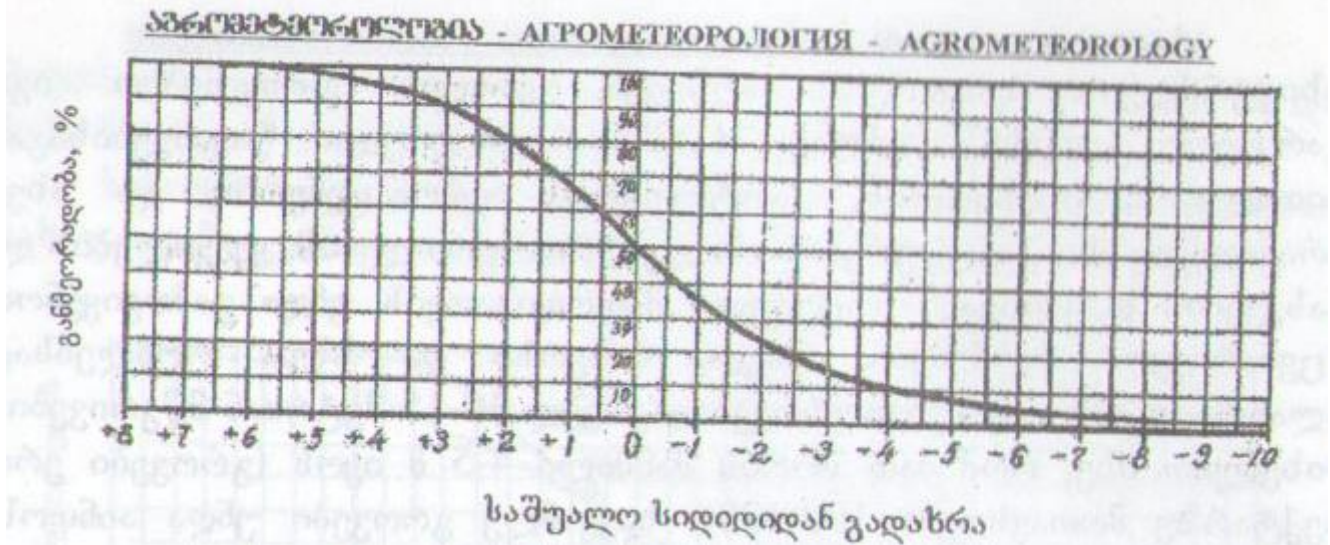
მცენარეთა წაყინვებისაგან დასაცავად არსებობს სხვადასხვა სახის მეთოდები: სხივფრქვევის შემცირება, ნამის წერტილის აწევა (ნიადაგის მორწყვით), პერის გათბობა (სათბურებით), აერის ცივი და თბილი ფენების ერთმანეთში შერევა (მძლავრი ვენტილატორების გამოყენებით) და სხვა. მაგალითად, ნიადაგიდან და მცენარეებიდან სხივფრქვევის შემცირებას აღწევენ კვამლის გამოყენებით. იგი გარკვეულ ეფექტს იძლევა ($1-2^{\circ}$) რადიაციული წაყინვებისაგან ჩითილების, ბალჩეულის, კარტოფილის აღმოცენების და სხვა მრავალწლიანი კულტურების ახალგაზრდა ფოთლების, ყვავილების და ნასკვების დასაცავად. მოცემული მეთოდისათვის უნდა გამოვიყენოთ მცენარეული ნარჩენები, ნამჯა, ნახერხი და სხვა. პლანტაციებში ალაგებებ გროვებად ყოველ 10-15 მეტრიან მწკრივების მიხედვით, ისე რომ მათ შორის მანძილი 4-5 იყოს (გროვები ერთ ექტარზე მოთავსდება 100-200). საკვამლე გროვები უნდა აინთოს, როცა აერის ტემპერატურა $2-1^{\circ}$ -მდე დაიწევს და კვამლის გამოყოფა უნდა გაგრძელდეს მზის ამოსვლის შემდეგ ერთი საათის განმავლობაში მაინც.

წაყინვების გარდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს ზოგჯერ ძლიერ აზიანებს ზამთრის ყინვები. ამიტომ სასურველია ვიცოდეთ ხშირად ეცემა თუ არა აერის ტემპერატურა მოცემული კულტურების

დამაზიანებელ (კრიტიკულ) ყინვებზე დაბლა, რასაც ამა თუ იმ ფერმერული მეურნეობის კულტურათა წარმოების რენტაბელობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს. აღნიშნულთან დაკავშირებით მოგვყავს ჩვენს მიერ აგებული აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურების განმეორადობის მრუდი (ნახ.4), რომლის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს ჩვენთვის საინტერესო კულტურებისათვის დამღუპველი კრიტიკული ტემპერატურების განმეორადობა ყოველ ათ და მეტ წელიწადში, მხოლოდ საჭიროა ვიცოდეთ მოცემული რაიონის მრავალწლიური, აერის საშუალო აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა, ასევე მცენარის კრიტიკული ტემპერატურა (განმეორადობას გავიგებთ ნახ.1-ის მაგალითის მიხედვით).

სოფლის მეურნეობის ოპერატიული მომსახურების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფორმას წარმოადგენს სხვადასხვა სახის აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზები. ჩვენ შევვებებით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ძირითადი ფაზათა დადგომის ვადებისა და მოსავლის პროგნოზის მეთოდებს.

აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზები ხელს შეუწყობს ფერმერულ მეურნეობებს მაქსიმალურად გამოიყენონ ხელსაყრელი ამინდის პირობები, ასევე ასევე დაიცვან მცენარეები ამინდის არახელსაყრელი მოვლენებისაგან, აგრეთვე წინასწარ მოემზადონ და თავის დროზე აიღონ მოსავალი და საიმედოთ დააბინაონ.



ნახ.4. ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმის განმეორადობის მრუდი

აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზები არ მოითხოვს რთულ გაანგარიშებებს და ფერმერმა თავიანთი დაკვირვებების მიხედვით ზოგიერთი მათგანი შეიძლება შეადგინონ მეურნეობებში.

მოგვყავს შ.ი. ცერცვაძის მიერ ვაზისა და ხეხილოვანი კულტურების ვადების პროგნოზისათვის შედგენილი ფორმულები:

- $D = 20.IV + 3,33(5-t)$ მსხლისთვის
- $D = 20.IV + 4,0(6-t)$ ვაშლისთვის
- $D = D_1 + 30$ ატმისა და ვაზისთვის
- $D = D_1 + 27$ გარგლისთვის

ფორმულაში D – მოსალოდნელი ყვავილობის თარიღებია, t – მარტის თვის საშუალო ტემპერატურა, D_1 – საშუალო დღეღამური ტემპერატურა 5° -ზე (ატმისა და გარგლის) და 15° -ზე (ვაზისთვის) გადასვლის თარიღებია.

პროგნოზის შედგენის ტექნიკა. ვთქვათ, გორის რაიონში გვინტერესებს ვაშლის ყვავილობის დადგომის თარიღი. ამისათვის საჭიროა ვიცოდეთ მარტის თვის ტემპერატურა. დავუშვათ, აღინიშნა $4,0^{\circ}$. ჩავსვათ ამ მნიშვნელობას შესაბამის ფორმულაში და მივიღებთ – 28 აპრილს. ასევე განისაზღვრება სათანადო მნიშვნელობები სხვა კულტურების ყვავილობის დაწყების თარიღები.

ვაზის სიმწიფის საპროგნოზო მეთოდი დამუშავებულია თ.ი.თურმანიძისა და ბიძინიშვილის მიერ:

- $y = -0,87 \cdot x + 157$ კახეთისათვის
- $y = -1,03 \cdot x + 1546$ ქარელისათვის
- $y = -1,38 \cdot x + 219$ დასავლეთ საქართველოსათვის

ფორმულაში y – მოსალოდნელი სიმწიფის დაწყების თარიღია, x – დღეთა რაოდენობა 20 მარტდან კვირტების გაშლამდე კახეთისათვის, 20 თებერვლიდან-დასავლეთ საქართველოსათვის, ხოლო 1 აპრილიდან- ქარელისათვის. მაგალითად შევადგინოთ პროგნოზი გურჯაანის რაიონისათვის. დავუშვათ, ამ რაიონში ვაზის კვირტების გახსნა ავლნიშნეთ 25 აპრილს, ე.ი. დღეთა რაოდენობა იქნება 36. ჩავსვათ სათანადო განტოლებაში კახეთისათვის და გავიგებთ ვაზის კვირტების გახსნიდან სიმწიფის დაწყებამდე

დღეთა რაოდენობას- 125, რომელსაც გადავთვლით კვირტების გახსნის თარიღიდან (25.IV) და მოსალოდნელი სიმწიფის თარიღი იქნება 28 აგვისტო.

მოგვყავს მანდარინის ყვავილობისა და სიმწიფის პროგნოზის განტოლებები (გ.მელაძე), აგრეთვე ლიმონის, ფორთოხლისა და სუბტროპიკული ხურმის (გ.მელაძე, ა.სნობოვი).

ყვავილობის თარიღების პროგნოზისათვის გამოიყენება განტოლებები:

$$\begin{aligned} y &= -0,54 \cdot n + 77 && \text{მანდარინისათვის (უნშიუ)} \\ y &= -0,72 \cdot n + 94 && \text{ლიმონისათვის} \\ y &= -0,81 \cdot n + 101 && \text{ფორთოხლისათვის} \\ y &= -0,62 \cdot n + 86 && \text{სუბტროპიკული ხურმისათვის} \end{aligned}$$

განტოლებებში y – მოსალოდნელი ყვავილობის თარიღია, n – დღეთა რაოდენობა 1-თებერვლიდან კვირტების გახსნის თარიღამდე.

სიმწიფის თარიღების პროგნოზისათვის გამოიყენება:

$$\begin{aligned} y &= -0,68 \cdot n + 200 && \text{მანდარინისათვის (უნშიუ)} \\ y &= -0,73 \cdot n + 245 && \text{ლიმონისათვის} \\ y &= -0,81 \cdot n + 257 && \text{ფორთოხლისათვის} \\ y &= -0,83 \cdot n + 205 && \text{სუბტროპიკული ხურმისათვის} \end{aligned}$$

განტოლებებში y – მოსალოდნელი ყვავილობის თარიღია, n – დღეთა რაოდენობა 1 აპრილიდან მანდარინის და სუბტროპიკული ხურმის ყვავილობის თარიღამდე, ხოლო ლიმონისა და ფორთოხლისათვის 1 მარტიდან .

ყვავილობისა და სიმწიფისათვის საპროგნოზო თარიღები განისაზღვრება ვაზის სიმწიფის პროგნოზის მაგალითის მიხედვით.

ფერმერული მეურნეობებისათვის ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის პროგნოზების მეთოდებს. მოგვყავს საშემოდგომო ხორბლის მოსავლის პროგნოზის განტოლება (შ.ცერცვაძე, გ.მელაძე) $y=0,8b_1+0,02b_2+0,12b_3+6,41$, სადაც y – საპროგნოზო მოსავალია ცენტნერებში ჰა-ზე, x_1 – ნიმადაგში პროდუქტიული ტენის მარაგი, x_2 – ნალექების რაოდენობა მარტი-აპრილში, x_3 – 5მმ და მეტი ნალექიან დღეთა რაოდენობა (III-IV).

მეურნეობებს ასევე შეუძლიათ გამოიყენონ ღარველამის მიერ შემუშავებული მანდარინის მოსავლის პროგნოზის მეთოდი.

$$U_t = -0,77y_{t-1} + 2,42t - 0,263D = 48,6 ,$$

სადაც U_t – მოსალოდნელი მოსავალია, y_{t-1} – გასული წლის მოსავალი, t – დრო (საწყისი პერიოდი 1958 წლიდან მოცემულ წლამდე) D – დღეთა რაოდენობა 1 მარტიდან გაზაფხულზე საშუალო დღელამური ტემპერატურის 10° -ზე გადასვლის თარიღამდე. გარდა ამისა, შეიძლება გამოყენებული იქნას ვაზის, ჩაის სიმინდის, კარტოფილის, მზესუმზირას, თამბაქოს მოსავლის აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზების მეთოდები, რომლებიც შემუშავებულია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის, იდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის აგრომეტეოროლოგიისა და მათემატიკური მოდელების ლაბორატორიაში.

ზემოთ განხილული აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორებისა და მეთოდების მიზნობრივად და მაქსიმალურად გამოყენება სხვადასხვა სახის ფერმერული მეურნეობათა რენტაბელობის ძირითადი საფუძველია.

ლიტერატურა – References- Литература

1. ტ.რ.ჭეჯესი ფერმერული მეურნეობის ორგანიზაცია. სარედაქციო კოლეგია. ს.რუხაძე, ო.ვაშაკიძე, პ.კოლუაშვილი, ვ.მჭედლიშვილი. ს.ს.»ფარავანი», თბილისი, 1997, 317გვ.
2. Максимов С.А. Метеорология и сельское хозяйство. Гидрометиздат, Л., 1952, 94с.
3. გ.გ.მელაძე. სუბტროპიკული ტექნიკური კულტურების აგროკლიმატური პირობები. «საბჭოთა საქართველო», თბილისი, 1971, 156გვ.
4. გ.გ.მელაძე, ე.ბ.გოგლიძე. აგრომეტეოროლოგია. «განათლება», თბილისი, 1991, 374გვ.

უაკ 630:551.58

გ მელაძე აგრომეტეოროლოგიისა და ფერმერულ მეურნეობათა ძირითადი ასპექტებ

განხილულია აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორების მნიშვნელობა და მეთოდები ფერმერული მეურნეობებისათვის. ხაზგასმულია, რომ ფერმერები სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისა და მეცხოველეობის განვითარებისათვის უნდა ითვალისწინებდნენ ამინდისა და კლიმატის მნიშვნელობას, შედგენილია ტემპერატურის და ატმოსფერული ნალექების ჯამების უზრუნველყოფის მრუდები, წარმოდგენილია მცენარისათვის დამაზიანებელი - კრიტიკული ტემპერატურების განმეორადობა.

მოცემულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ძირითადი ფაზების დადგომისა და მოსვლის აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზების შედგენისათვის სათანადო განტოლებები.

UDC 630:551.58

G.Meladze

On the agrometeorological provision of farmers.

Basic aspects of agricultural meteorology and farming are considered, and the role of agrometeorological factors is substantiated. It is indicated that farmers should consider the importance of weather and climate in their activity. Curves of provision of temperature and atmospheric precipitation totals are drawn up and recurrence of critical temperatures for a given plant is presented.

Appropriate equations for the agrometeorological forecasts of the main phases of agricultural crops and for making harvest are presented.

УДК 630:551.58

Г.Г.Меладзе

К агрометеорологическому обслуживанию

фермерских хозяйств

Рассмотрены основные агрометеорологические аспекты деятельности различных видов фермерских хозяйств. Обоснована роль агрометеорологических факторов.

Подчеркнуто, что для развития с/х культур и животноводства фермеры должны учитывать погодные и климатические особенности.

Составлены кривые обеспеченности сумм температур выше 10^0 и атмосферных осадков.

Представлены повторяемости критических температур, повреждающих с/х культуры.

Даны соответствующие уравнения для составления агрометеорологических прогнозов наступления основных фаз и урожая с.-х. культур.

დ. არგელაძე, რ.არგელაძე

ციტრუსოვანი კულტურების გარემო პირობების მიმართ მოწყვლადობის რაოდენობრივი წარმოდგენის მეთოდი და მოსავლის დანაკარგების ეკონომიკური შეფასება კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით

ყოფილ საბჭოთა კავშირის ქვეყნებს შორის ყაქართველო ერთადერთი ქვეყანაა ციტრუსოვანი კულტურების სამრეწველო წარმოებისათვის. შავიზღვისპირა ზოლი ციტრუსების ძირითად რაიონს წარმოადგენს. ამ ტერიტორიაზე მნიშვნელოვან ფართობზე განლაგებული მანდარინი, ლიმონი და ფორთოხალი.სამრეწველო მნიშვნელობის მხრივ განსაკუთრებული ადგილი მანდარინს უჭირავს. ეს კულტურა გამოირჩევა დიდი შემგუებლობით გარემო პირობების მიმართ. ამის გამო იგი სხვა ციტრუსოვნებს შორის ყველაზე უფრო ჩრდილოეთით ვრცელდება.

ციტრუსოვანი კულტურების განვითარების საქმეში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს არა სუბტროპიკულ რაიონების საერთო კლიმატურ მახვენებლებს, არამედ ცალკეული შედარებით დაცული მასივებისა და ნაკვეთების მიკროკლიმატურ პირობებს. ამ ადგილებში დამღუპველი ტემპერატურების განმეორადობა იმდენად იშვიათია, რომ სამეურნეო თვალსაზრისით, დროის ამ შუალედებში, ციტრუსოვანი კულტურების წარმოება სავსებით გამართლებულია.

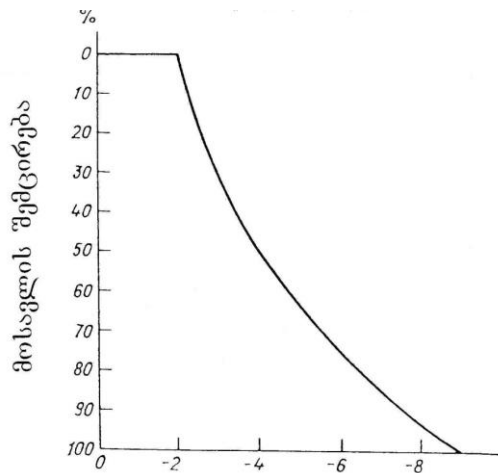
საქართველო მუდამ დარჩება ვაზის, ჩაისა და ციტრუსოვანი კულტურების ქვეყნად. აქედან გამომდინარე, ციტრუსების ზრდა – განვითარება და მოსავლის ფორმირების კანონზომიერებების შესწავლა და მათი წარმოების გაზრდა სოფლის მეურნეობის სპეციალისტებისათვის ერთერთი მნიშვნელოვანი ამოცანაა.

წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებული მიდგომა რეალიზებულია ფორთოხლის კულტურის მონაცემებზე. იგი წარმატებით გამოდგება მანდარინისა და ლიმონისათვის.

ფორთოხლის პროდუქტიულობა მრავალი ფაქტორითაა განპირობებული. ამ კულტურის მოსავლის ფორმირებაში განსაკუთრებული წვლილი შეაქვს ჯიშობრივ თავისებურებებს, ასაკს, ნიადაგობრივ-კლიმატურ პირობებსა და აგროტექნიკას. ჩვენი ინტერესებიდან გამომდინარე, უპირველეს ყოვლისა, განვიხილოთ კლიმატის ეფექტი. მითუმეტეს, რომ ჯიშობრივი თავისებურებები, მოთხოვნილობა ნიადაგების მიმართ და საჭირო აგროტექნიკა საკმაოდ კარგადაა შესწავლილი [1, 2, 3].

საქართველოს ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნების შორის ყველაზე უფრო ჩრდილოეთით მდებარე სუბტროპიკული ზონაა, და აქედან გამომდინარე, მისი კლიმატი არაა ოპტიმალური ციტრუსოვანი კულტურებისათვის. ამ კულტურებს განსაკუთრებით უჭირთ ზამთარში, რადგან ,აერის მინიმალური ტემპერატურა ამ დროს საკმაოდ დაბლა ჩამოდის და უარყოფითად მოქმედებს მომავალ მოსავალზე, ზოგჯერ, ,აერის აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურა იმდენად დაბლა ეცემა, რომ მთლიანად ანადგურებს მომავალი წლის მოსავალს. უფრო მეტიც, იშვიათად, მაგრამ მაინც, ნარგავი იმდენად ზიანდება, რომ მომდევნო 2-3 წლის მანძილზე არ იძლევიან მოსავალს [4, 5].

ნახ.1-ზე წარმოდგენილია ფორთოხლის მოსავლიანობის დამოკიდებულება ზამთრის მინიმალურ ტემპერატურაზე. [6].



ნახ.1. ფორთოხლის მაქსიმალურად შესაძლებელი მოსავლის დამოკიდებულება ზამთრის მინიმალურ ტემპერატურაზე

ჩვენ მოსავლიანობის დამოკიდებულება ზამთრის მინიმალურ ტემპერატურაზე გამოვსახეთ 1-ის ნაწილებში და მოვახდინეთ გრაფიკის აპროქსიმაცია პარაბოლით $\mu(t_{\min}) = a(t_{\min})^2 + b(t_{\min}) + c$, სადა $\mu(t_{\min})$ არის მოსავლის შემცირება, როგორც ზამთრის მინიმალური ტემპერატურის t_{\min} -ის ფუნქცია; a , b და c –

კოეფიციენტებია, რომლებიც ადვილად განისაზღვრება (მაგალითად, უმცირეს კვადრატთა მეთოდით). აპროქსიმაციის შემდეგ $\mu(t_{\text{min}})$ ფუნქცია ასე ჩაიწერება:

$$\mu(t_{\text{min}}) = \begin{cases} 0, & \text{შუა } t_{\text{min}} \geq -2 \\ -0.319t_{\text{min}} - 0.017t_{\text{min}}^2 - 0.53, & \text{შუა } -9 \leq t_{\text{min}} < -2 \\ 1, & \text{შუა } t < -9 \end{cases} \quad (1)$$

თუ N_{max} –ით აღნიშნავთ ფორთოხლის რაოდენობას, ხოლო $N_{\text{ოკ}}$ -ით ნაჩოფების ზამთრის მინიმალური ტემპერატურის ეფექტის გათვალისწინების შემდეგ რეალურად მოსალოდნელ რაოდენობას, მაშინ $\mu(t_{\text{min}})$ ფუნქციის გამოყენებით შეიძლება დავწეროთ

$$N_{\text{ოკ}} = [1 - \mu(t_{\text{min}})] N_{\text{max}} \quad (2)$$

(2) ფორმულიდან ცხადია, რომ როცა მოსავლის დანაკარგს ადგილი არა აქვს [$t_{\text{min}} \geq -2^{\circ}\text{F}$ და $\mu(t_{\text{min}}) = 0$], მაშინ $[1 - \mu(t_{\text{min}})] = 1$. როცა $t_{\text{min}} \geq -9^{\circ}\text{F}$, მაშინ $\mu(t_{\text{min}}) = 1$ [დანაკარგი (D) 100%-ს შეადგენს ე.ი. მოსავალს ვერ ვღებულობთ] და $[1 - \mu(t_{\text{min}})] = 0$. დანარჩენ შემთხვევებში (t_{min} -ის -2 დან -9°F –მდე ცვლილებისას) $[1 - \mu(t_{\text{min}})]$ 0-დან 1-მდე ინტერვალში იცვლება. ცალკეული n ($n = 1, 2, \dots$) წლისათვის მოსალოდნელი რეალური მოსავალი

$$N_{\text{ოკ}}(n) = N_{\text{max}}(n) [1 - \mu(t_{\text{min}})] \quad (3)$$

და, აქედან გამომდინარე, თნ პერიოდის განმავლობაში მიღებული ჯამური მოსავალი იქნება

$$N_{\text{ოკ}}(T) = \sum_{n=1}^T N_{\text{max}} [1 - \mu(t_{\text{min}}, n)]. \quad (4)$$

თუ ჩვენთვის ცნობილია ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების განაწილების კანონი და P_i გამოხატავს t_{min} -ის i ქვეჯგუფში (გარკვეულ ინტერვალში) მოხვედრის ალბათობას, მაშინ ნამრავლი $P_i \mu(t_{\text{min}}, i)$ გვიჩვენებს i -ურ ქვეჯგუფში მოხვედრილ წლებში მოსავლის საშუალო დანაკარგის სიდიდეს. ეს იქნება ალბათობა მოსავლის გარკვეული სიდიდის დაკარგვისა. $\mu(t_{\text{min}})$ ფუნქციის ბუნებიდან გამომდინარე $K_i = P_i [1 - \mu(t_{\text{min}}, i)]$ კი პირიქით, გვიჩვენებს იმის ალბათობას, თუ მოსავლის რა ნაწილი გადაურჩება ზამთრის $t_{\text{min}, i}$ ტემპერატურას.

თუ $N_{\text{ბა},i}$ ($i = 1, 2, \dots$) i –ქვეჯგუფში მოხვედრილ წლებში ნაყოფების მაქსიმალურად შესაძლებელი რაოდენობის საშუალო მნიშვნელობებია, ხოლო m_i აღნიშნავს i ქვეჯგუფში მოხვედრილი წლების რაოდენობას, მაშინ n წლის მანძილზე მიღებული ნაყოფების რეალური ჯამური მოსავალი ასე გამოითვლება:

$$\hat{N}_{\Sigma}^n = n \sum_{i=1}^v m_i K_i \bar{N}_{\text{max},i}, \quad (5)$$

სადაც v მინიმალური ტემპერატურის განაწილებაში ქვეჯგუფების რაოდენობაა. რადგან

$$\bar{N}_{\text{max}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^v m_i \bar{N}_{\text{max},i} \quad i\text{-ურ ქვეჯგუფში მაქსიმალურად შესაძლებელი მოსავლის საშუალო მნიშვნელობაა,}$$

ამიტომ (5) ასე გადაიწერება

$$\hat{N}_{\Sigma}^n = n \bar{N}_{\text{max}} \sum_{i=1}^v K_i. \quad (6)$$

დანაკარგების არარსებობის შემთხვევაში n წლის განაწილებაში შესაძლებელია $N_{\Sigma}^n = n \bar{N}_{\text{max}}$ მაქსიმალური მოსავალი მივიღოთ. თუ დანაკარგების არსებობის შემთხვევაში მიღებულ მოსავალს შევადარებთ მაქსიმალურად შესაძლებელი მოსავლის რაოდენობასთან, მივიღებთ

$$\eta = \frac{\hat{N}_{\Sigma}^n}{N_{\Sigma}^n} = \sum_{i=1}^v K_i, \quad (7)$$

სადაც η –რეალური და მაქსიმალური შესაძლებელი მოსავლების შეფარდებაა და გამოხატავს, თუ რა ნაწილს შეადგენს n წლის მანძილზე რეალურად მიღებული მოსავლის მაქსიმალურად შესაძლებელი მოსავლისას.

მოვახდინოთ შემუშავებული სქემის პრაქტიკული რეალიზაცია. ჩაბვის პირობებში ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების (1898-1992 წლები) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სულ 4 წელი იყო ისეთი, როცა აერის მინიმალური ტემპერატურა 0°C -ზე ქვემოთ არ ჩამოსულა. 26 შემთხვევაში t_{min} ნულზე ნაკლები იყო, მაგრამ -2°C -ს არ გასცილებია, ე.ი. სულ 30 შემთხვევაში ფორთოხლის მოსავალი არ შემცირებულა ზამთრის მინიმალური ტემპერატურის გამო. 25 შემთხვევაში t_{min} -2 -სა და -4°C -ს შორის მერყეობდა და მოსავლის

დანაკარგმა დაახლოებით 30% შეადგინა. სულ ერთი შემთხვევა იყო ისეთი, როცა t_{\min} -მა -9°C -ს მიაღწია და მოსავალი თითქმის მთლიანად გაანადგურა.

ზამთრის აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურის განაწილება კანონის ცოდნა ალბათური პროგნოზირების საშუალებას იძლევა: ჯერ ერთი t_{\min} -ის გარკვეულ ინტერვალში მოხვედრის ალბათობა გვეცოდინება და, რაც მთავარია, ამ სიდიდის $\mu(t_{\min})$ ფუნქციასთან დაკავშირებით შევძლებთ მოსავლის დანაკარგის ალბათური პროგნოზის შედგენას.

ცხრ.-1-ში თავმოყრილია ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების განაწილების მახასიათებლები ჩაქვის პირობებში (1898-1992).

ცხრილი 1

i	t_{\min} -ის ინტერვალები	m_i	$\bar{t}_{\min,i}$	P_i
1	$t_{\min} \geq 0$	4	0.4	0.048
2	$-2 \leq t_{\min} < 0$	26	-1	0.309
3	$-4 \leq t_{\min} < -2$	25	-3	0.298
4	$-6 \leq t_{\min} < -4$	15	-5	0.178
5	$-8 \leq t_{\min} < -6$	13	-7	0.155
6	$t_{\min} < -8$	1	-9	0.012
Σ	-	84	-	

რადგან 1 და 2 ქვეჯგუფის მინიმალური ტემპერატურები -2°C -მდეა და არ ამცირებენ მოსალოდნელ მოსავალს, გავერთიანოთ ისინი ერთ ქვეჯგუფში და გამოვთვალოთ ზემოთ აღწერილი სქემით გათვალისწინებული სიდიდეები. ცხრ.2-ში წარმოდგენილია ახლადმიღებული განაწილების მახასიათებლები და შესაბამისი K_i - მნიშვნელობები.

ცხრილი 2

i	t_{\min} -ის ინტერვალები	$\mu(t_{\min,i})$	$1 - \mu(t_{\min,i})$	P_i	$K_i = P_i [1 - \mu(t_{\min,i})]$
1	$t_{\min} \geq -2$	0	1	0.357	0.357
2	$-4 \leq t_{\min} < -2$	0.274	0.726	0.298	0.216
3	$-6 \leq t_{\min} < -4$	0.640	0.360	0.178	0.064
4	$-8 \leq t_{\min} < -6$	0.870	0.130	0.155	0.020
5	$t_{\min} < -8$	0.964	0.036	0.012	0.0004
Σ	-	-	-	1	0.6574

როგორც ცხრილიდან ჩანს $\eta = \sum_{i=1}^5 K_i = 0.6574$, რაც იმას ნიშნავს, რომ განხილულ პერიოდში

მაქსიმალურად შესაძლებელი მოსავლის მხოლოდ 0.6574 ნაწილი მივიღეთ და ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების მიზეზით მოსავლის დანაკარგმა $(1-\eta)100 = 34.3\%$ შეადგინა.

ვნახოთ, როგორ განაწილდა დანაკარგები პერიოდების მიხედვით ცხრ.3-ში წარმოდგენილია გამოთვლების შედეგები.

ცხრილი 3

i	t_{\min} -ის ინტერვალები	I პერიოდი 1898-1960			II პერიოდი 1961-1992		
		$1 - \mu(t_{\min,i})$	P_i	K_i	$1 - \mu(t_{\min,i})$	P_i	K_i
1	$t_{\min} \geq -2$	0	0.306	0.306	1	0.406	0.406
2	$-4 \leq t_{\min} < -2$	0.726	0.306	0.222	0.726	0.281	0.204
3	$-6 \leq t_{\min} < -4$	0.360	0.204	0.073	0.360	0.125	0.045
4	$-8 \leq t_{\min} < -6$	0.130	0.163	0.021	0.130	0.188	0.025
5	$t_{\min} < -8$	0.036	0.021	0.0008	0.036	0	0
Σ	-		1	0.6228	-	1	0.68

როგორც ცხრილიდან ჩანს, ჩაქვის პირობებში 1960 წლამდე ზამთრის ყინვების წყალობით მისაღები მოსავლის $(1-\eta_1) 100 = 37.7\%$ დაიკარგა, მაშინ როდესაც მე-2 პერიოდში დანაკარგმა ჯამური $(1-\eta_{II}) 100 = 32.0\%$ შეადგინა. ეს იმათაა გამოწვეული, რომ მე-II პერიოდში, I პერიოდთან შედარებით ზამთრის მინიმალური

ტემპერატურების განაწილება შეიცვალა: გაიზარდა შედარებით მაღალი მინიმალური ტემპერატურების შემთხვევათა რიცხვი და შემცირდა ძალაზე დაბალი ტ_{მინ}-ის რაოდენობა.

აღსანიშნავია ის, რომ ზემოთ წარმოდგენილი სქემა საშუალებას იძლევა უშუალოდ ფულის ერთეულებში შევავსოთ მოსავლის დანაკარგებით გამოწვეული ეკონომიური ზარალი. ამისათვის ზამთრის აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურების გავლენით დაკარგული მოსავლის წონა პირდაპირ შეგვიძლია გავამრავლოთ ერთეულოვანი წონის ღირებულებას.

შემუშავებული იქნა, ძირითადად, ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების ეფექტს წარმოაჩენს, აბსოლუტური მინიმალური ტემპერატურის დინამიკა კი ნაკლებად ემორჩილება ადამიანის ჩარევას. მიუხედავად ამისა, საკმაოდ ბევრი ხერხი იქნა შემოთავაზებული მცენარეების ყინვებისა და წაყინვებისაგან დასაცავად [7, 8]. სამწუხაროდ, შემუშავებული პრაქტიკული რეკომენდაციების აბსოლუტურ უმრავლესობას არ გააჩნია ეკონომიური დასაბუთება ან უმნიშვნელო ეფექტი აქვს. აქედან გამომდინარე, ძალაზე ძნელია ციტრუსოვანი კულტურების ზამთრის ყინვების მიმართ მოწყვლადობის უარყოფითი ეფექტის შერბილების (შემცირების) სტრატეგიის შემუშავება. ერთადერთი, რაც თავიდანვე შეიძლება ითქვას, ის არის, რომ შედარებით ნაკლებ დანაკარგებს ექნება ადგილი იმ შემთხვევაში, თუ შევძლებთ ციტრუსოვანი კულტურების უფრო ყინვაგამძლე ჯიშების შერჩევასა და გამოყვანას.

ზამთრის მინიმალური ტემპერატურები, ძირითადად, განაპირობებს ხეზე წარმოქმნილ ნაყოფების რაოდენობას. რაც შეეხება სავეგეტაციო პერიოდის ამინდის პირობებს, ისინი უშუალოდ მოქმედებენ უკვე მოსხმულ ნაყოფების სიდიდეზე (საერთო მოსავალი, რა თქმა უნდა, დამოკიდებულია როგორც ნაყოფების რაოდენობაზე, ასევე მის წონაზე (მოცულობაზე)). აქედან გამომდინარე, ამინდის პირობების გავლენა უფრო კარგად უნდა გამოჩნდეს ნაყოფის საშუალო მოცულობის (წონის) დინამიკასთან უშუალო კავშირში.

აღმოჩნდა, რომ რაც უფრო მეტია ,აერის ტემპერატურების (10⁰°-ზე მეტი) ჯამი ნაყოფის გაზომვის მომენტამდე, მით მეტია ნაყოფის მოცულობა. კორელაციური ანალიზის შედეგები თავმოყრილია ცხრ. 4-ში (ანალიზისას გამოყენებულ შემთხვევათა რაოდენობა N=106).

ცხრილი 4. კორელაციური კოეფიციენტების მატრიცა

ელემენტი	ΣV	Σt	ΣΠ
ΣV	1	0.96	0.71
Σt	0.96	1	0.86
ΣΠ	0.71	0.86	1

ΣV – ნაყოფის გაზომვის მომენტამდე დაგროვილი საშუალო მოცემულობა, Σტ- 10⁰C-ზე მეტი ტემპერატურების ჯამი, ხოლო ΣΠ – გაზომვის მომენტამდე დაგროვილი ნალექების ჯამი.

Σt- სა და ΣΠ-ს სქემაში შეყვანის შემთხვევაში რეგრესიულმა განტოლებამ ასეთი სახე მიიღო:

$$R = 0.98, \quad \Sigma V = 0.049 \Sigma t > 10^{\circ}C - 0.033 \Sigma \Pi - 65.3 \quad (8)$$

$$S = 5.5$$

განტოლება (8) წრფივია (ჩვენს მასალაში არ გვქონდა ძალაზე დიდი ტემპერატურების ჯამისა და ძალაზე მცირე ნალექების შემთხვევები, რის გამოც არ მოხერხდა არაწრფივი მოდელის შემუშავება) და უჩვენებს, რომ რაც მეტია ტემპერატურების ჯამი, იმთ უფრო დიდი იქნება ნაყოფის მოცულობა. ნალექების შემთხვევაში კი პირიქით – რაც უფრო ნაკლებია მისი ჯამი, მით უფრო დიდი მოცულობის გაიზრდება ნაყოფი.

როგორც ცხრ.4-დან ჩანს Σტ-სა და ΣΠ-ს შორის საკმაოდ დიდი კორელაციაა (რ = 0.86) და თუ (8)-დან გამოვრიცხავთ ნალექების ჯამს, შედარებით ნაკლებ ინფორმაციას დაკარგავთ. ამ შემთხვევაში ფორმულა კიდევ უფრო მარტივი გახდება:

$$r = 0.96, \quad \Sigma V = 0.036 \Sigma \tau > 10^{\circ}C - 55.6 \quad (9)$$

$$\bar{\Pi} = 8.4$$

10⁰°-ზე მეტი ტემპერატურების ჯამი შეიძლება გამოვთვალოთ გაზაფხულზევე, როცა ,აერის ტემპერატურა 10⁰-ზე გადადის [9]. ჩაქვისათვის ამ შემთხვევაში პროგნოსტიკურ ფორმულას ასეთი სახე ექნება:

$$\Sigma \tau > 10^{\circ}C = -13.5 \theta + 4628, \quad (10)$$

სადაც θ - არის დღეების რაოდენობა 1 მარტიდან ,აერის ტემპერატურის 10⁰°-ზე გადასვლის თარიღამდე. თუ (10) გამოსახულებას ჩავსვავთ (9)-ში, მივიღებთ საშუალო ნაყოფის საპროგნოზო მოცულობას წლის ბოლოსათვის

$$\Sigma V = -0.486 \theta + 111 \quad (11)$$

დავუბრუნდეთ ფორმულა (8). ამ ფორმულაში Σt -სა და $\Sigma \Pi$ -ს საშუალო მნიშვნელობებს თუ ჩავსვავთ, მივიღებთ ნაყოფის საშუალო მოცულობას 99.2 სმ³.

როგორც კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის რუკებიდან ჩანს, ჩაქვის პირობებში სავეგეტაციო პერიოდში ხდება ტემპერატურის მატება (0.5⁰-მდე) და ნალექების კლება (5%). თუ გავითვალისწინებთ კლიმატის ელემენტების უკვე დაფიქსირებულ ცვლილებას, მაშინ ფორმულა (8) მოგვცემს ფორთოხლის ნაყოფის მოსალოდნელ საშუალო მოცულობას $\Sigma V = 105.9$ სმ³. მაშასადამე, ფორთოხლის ნაყოფის მოცულობა კლიმატის ელემენტების მოსალოდნელი ცვლილების ხარჯზე გაიზრდება 6.7 სმ³-ით, რაც ახლანდელ (ფაქტიურ) საშუალო მოცულობას 6.7%-ს შეადგენს.

ამრიგად, შემუშავებული სქემა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გარემო პირობების მიმართ მოწყვლადობის რაოდენობრივი წარმოდგენის საშუალებას იძლევა; მისი დახმარებით ხერხდება კლიმატის ცვლილებებით გამოწვეული დადებითი თუ უარყოფითი ეფექტის ეკონომიური შეფასება. თუ საქართველოს სუბტროპიკების ცალკეულ პუნქტებში ზამთრის მინიმალური ტემპერატურების განაწილებას შევისწავლით, ადვილად მოვახერხებთ ციტრუსოვანი კულტურების დარაიონებას რუკების დაზუსტებას უშუალოდ მოსავლიანობის დანაკარგების მიხედვით, რაც უდაოდ წინ გადადგმული ნაბიჯი იქნება მოწყვლადობის უარყოფითი ეფექტის შერბილების (შემცირების) სტრატეგიის შემუშავების საქმეში. გარდა ამისა, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოების პროცესის ოპტიმიზაცია (კულტურების ოპტიმალური განლაგება) საშუალებას მოგვცემს უკეთ გამოვიყენოთ მცენარის გარემო პირობებთან შეგუების (ადაპტაციის) უნარი.

ლიტერატურა – References- Литература

1. Алавидзе Г.А. Цитрусовые совхозы Грузии. Тбилиси, Сабчота Сакартвело, 1960, 126с.
2. Надарая Г.Б. Научные основы получения высоких и устойчивых урожаев цитрусовых. Тбилиси, Ганатлеба, 1966.
3. Цкитишвили Д.И. Агрорправила по цитрусовым культурам. Тб., 1951
4. Меладзе Г.Г. Труды ЗаКНИГМИ, 1969, вып. 33(39), с. 134-139.
5. Церцвадзе Ш.И. Труды ЗаКНИГМИ, 1969, вып. 33(39), с. 103-114.
6. Арвеладзе Г.А. Ле тхань Куак. Труды ЗаКНИГМИ, Гидрометеиздат, Л., 1982, с. 96-101.
7. Руднев Г.В. Агрометеорология. Гидрометеиздат, Л., 1964, 277 с.
8. Берлянд М.Е., Красиков П.Н. Предсказание заморозков и борьба с ними. Гидрометеиздат, Л., 1960.
9. Давитая Ф.Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. М., Гидрометеиздат, 1964, 131 с.

შაკ 634.3:631.165

ციტრუსოვანი კულტურების გარემო პირობების მიმართ მოწყვლადობის რაოდენობრივი შეფასება კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით. /დ.არველაძე, რ.არველაძე/ჰმი-ს შრომათა კრებული - 2002, -ტ.105, -გვ.17-27, -ქართ; რეზ: ქართ, რუს, ინგ.

აგებულია მრავალწლიანი კულტურების პროდიქტიულობის რაოდენობრივი სქემა. შემუშავებული მოდელი საშუალებას გვაძლევს გამოვითვალოთ ცივი და თბილი პერიოდების კლიმატურ პირობებზე დამოკიდებული მოსავალი. შესაძლებელია შევაფასოთ კლიმატის ცვლილების დადებითი და უარყოფითი ეფექტები. საქართველოს სუბტროპიკების ცალკეული პუნქტების ზამთრის ჰაერის მინიმალური ტემპერატურების განაწილების კანონის საფუძველზე შეიძლება უშუალოდ მოსავლის დანაკარგების მიხედვით დავაზუსტოთ ციტრუსოვანი კულტურების დარაიონების რუკა.

G.Arveladze, R.Arveladze.

Method of quantitative presentation of the vulnerability of citrus crops to the environmental conditions and economic assessment of harvest losses in connection with climate change

The paper presents a quantitative scheme of the productivity of orange for perennial crops. Built up probabilistic model permits to calculate expected harvest depending on climatic conditions of cold and warm periods of the year, as well as to assess positive and negative effects of climate change. On the basis of the law of distribution of winter minimal air temperatures in separate points of subtropical regions of Georgia, it is possible to specify maps of division into districts of citrus crops directly according to harvest loss and therefore to decrease negative effect of their vulnerability to winter and summer climatic conditions. In addition, optimization of the process of production of agricultural crops (optimal distribution of crops) will give us possibility for better use of biological peculiarities of plants – to adapt to environmental changes.

Г.А.Арвеладзе, Р.Г.Арвеладзе

Метод количественного представления уязвимости цитрусовых культур к условиям внешней среды и экономическая оценка потерь урожая в связи с изменением климата

В статье, на примере культуры апельсина, построена количественная схема продуктивности многолетних культур. Разработанная вероятностная модель позволяет рассчитать ожидаемый урожай в зависимости от климатических условий холодного и теплого периодов года. С ее помощью можно оценить положительный и отрицательный эффект изменения климата. На основе закона распределения зимних минимальных температур воздуха в отдельных пунктах субтропиков Грузии, можно уточнить карты районирования цитрусовых непосредственно по потерям урожая и этим самым смягчить (уменьшить) отрицательный эффект их уязвимости к зимним и летним климатическим условиям. Кроме этого оптимизация процесса производства с.х. культур (оптимальное распределение культур) даст нам возможность лучше использовать биологическую особенность растений – адаптацию к изменениям условий среды.

დ. არველაძე, მ.მელაძე

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის მოწყვლადობის ეფექტის ეკონომიური შეფასება და მისი შერბილების (შესუსტების) სტრატეგია ჩაის კულტურის მაგალითზე

ჩაი სპლანტაციის მოსავლიანობაზე უაღრესად დიდ გავლენას ახდენს ამ კულტურის ბიოლოგიური თავისებურებანი ყლორტწარმოქმნის პროცესის ტალღური ბუნება და ბუჩქის ასაკი. ეს ფაქტორები იმდენად ცვლიან მოსავლიანობის დინამიკას (სავეგეტაციო პერიოდში და წლების მიხედვით), რომ ძალზე მწელი ხდება მოსავლიანობაზე კლიმატური ფაქტორების გავლენის რაოდენობრივი შეფასება [1,2,3].

მას შემდეგ, რაც მოხერხდა ჩაის ბუჩქის ყლორტწარმოქმნის პროცესის ძირითადი კანონზომიერებების შესწავლა და რაოდენობრივი წარმოდგენა აგროტექნიკის გათვალისწინებით [2], შესაძლებელი გახდა “სუფთა” სახით წარმოდგენილიყო ჩაის ფოთლის მოსავლის დამოკიდებულება კლიმატურ პირობებზე.

მოსავლის კრეფების მიხედვით გასაშუალებულ მონაცემებს (ანასეულის, ჩაქვისა ად ზუგდიდის პირობებში) შევუპირისპირეთ ტემპერატურისა და ნალექების საშუალოდეკადური მნიშვნელობები კრეფამდე ერთი თვის განმავლობაში. მოსავლის მონაცემები წინასწარ “გავათავისუფლეთ” ასაკისა და ბიოაგროტექნიკური ფაქტორების გავლენისაგან და გამოვთვალეთ კრეფების მიხედვით გასაშუალებული სიდიდეები.

შემუშავებული სქემის მიხედვით [3], მოსავლის ასაკის ეფექტისაგან თავისუფალი მონაცემები $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ შევავარდოთ ყლორტწარმოქმნის პროცესის მათემატიკური მოდელით გამოთვლილ N_1, N_2, \dots, N_n სიდიდეებთან (N_1, N_2, \dots არის ჩაის დუყების პროცენტული რაოდენობა კრეფის თარიღების მიხედვით) და მივიღეთ $\theta_1=d_1/N_1, \theta_2=d_2/N_2, \dots, \theta_n=d_n/N_n$ მნიშვნელობები (კრეფების მიხედვით), რომლებიც თავისუფალია ბიოლოგიური და აგროტექნიკური ფაქტორების გავლენისაგან. მათში, ძირითადად, კლიმატის ეფექტია აკუმულირებული და საშუალება გვძლევს რაოდენობრივად შევაფასოთ მოსავლიანობაზე კლიმატის ცალკეული ელემენტების გავლენა.

ჩაის კულტურის მოსავლიანობის კლიმატის ელემენტების მიმართ მოწყვლადობის მოდელის შემუშავების მიზნით, $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ შევუპირისპირეთ ტემპერატურისა T_1, T_2, \dots, T_n და ნალექების R_1, R_2, \dots, R_n შესაბამის მნიშვნელობებს. θ_i -ური კრეფის მოსავლის θ_i -ის კავშირი θ_i -ის R_i -თან წარმოვადგინეთ შემდეგი სახის რეგრესიული მოდელით

$$\theta_i = \exp[c_1(a_1T_i + a_2T_i^2) + c_2(b_1R_i + b_2R_i^2) + c_0], \quad (1)$$

სადაც $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, c_0$ კოეფიციენტებია, რომელთა განსაზღვრა მოხდა უმცირეს კვადრატთა მეთოდით.

მოცემულ შემთხვევაში კოეფიციენტების მნიშვნელობებია $a_1=0.0974; a_2=0.000064; b_1=0.08034; b_2=-0.00074; c_1=0.6275; c_2=0.4224; c_0=-0.1838$.

კორელაციის კოეფიციენტი ამ მოდელით გამოთვლილია და ფაქტიურ მოსავლებს შორის $r = 0.95$.

აღიოჩენილია, რომ აერის საშუალოდეკადური ტემპერატურის გაზრდისას იზრდება შესაბამისი კრეფის მოსავალი. დასავლეთ საქართველოს პირობებში არ აღინიშნება საშუალოდეკადური ტემპერატურის ისეთი მნიშვნელობები, რომლებიც გამოიწვევენ მოსავლის შემცირებას. მოსავლის ნალექებთან კავშირიც არაწრფივია, მაგრამ მისი ჭარბი რაოდენობა, რა თქმა უნდა, ამცირებს მოსავალს.

ჩაის მოსავლიანობის გარემო პირობების მიმართ მოწყვლადობის ჩვენს მიერ შემუშავებულ მოდელში შემავალი სიდიდეები საშუალო მნიშვნელობები განსაზღვრული იქნა ფაქტიური მონაცემების მიხედვით. მხედველობაში მივიღეთ რა კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის მონაცემები კლიმატის ელემენტების მოსალოდნელ ცვლილებასთან დაკავშირებით, გამოვთვალეთ ტემპერატურისა და ნალექების 2050 წლისათვის მოსალოდნელი მნიშვნელობებიც. ცხრილში 1 თავმოყრილია ჩაქვის, ანასეულის და ზუგდიდის პირობებისათვის მიღებული შედეგები

ცხრილი 1

კრეფის ნომერი i	ჩაქვი				ანასეული				ზუგდიდი			
	T _i		R _i		T _i		R _i		T _i		R _i	
	ფაქტ	2050 წ	ფაქტ	2050 წ	ფაქტ	2050 წ	ფაქტ	2050 წ	ფაქტ	2050 წ	ფაქტ	2050 წ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14.3	14.6	2.9	28	14.5	14.5	24	23	15.6	15.8	34	37
2	15.7	16.0	36	34	16.2	16.2	23	22	17.1	17.3	33	36
3	17.0	17.3	38	36	17.6	17.6	27	26	18.2	18.4	36	40
4	18.3	18.6	48	46	18.7	18.7	33	31	19.0	19.2	41	45

5	19.6	19.9	54	51	19.6	19.6	38	36	19.8	20.0	45	50
6	20.5	20.8	60	57	20.4	20.4	41	38	20.8	21.0	49	54
7	21.3	21.6	60	57	21.0	21.0	43	41	21.7	21.9	52	57
8	22.2	22.5	63	60	21.6	21.6	44	42	22.5	22.7	54	59
9	22.3	22.6	80	76	22.0	22.0	46	44	22.9	23.1	52	57
10	22.5	22.8	87	83	22.1	22.1	48	46	23.0	23.2	49	54
11	22.6	22.9	94	89	21.8	21.8	52	49	22.5	22.7	48	53
12	21.6	21.9	85	81	21.0	21.0	59	56	21.7	21.9	51	56
13	20.7	21.0	91	86	20.1	20.1	68	64	20.5	20.7	57	63
14	19.7	20.0	104	99	19.0	19.0	73	69	19.3	19.5	57	63
15	18.7	19.0	103	98	18.0	18.0	72	68	18.0	18.2	52	57
16	17.3	17.6	105	100	17.0	17.0	67	64	16.7	16.9	44	48

ცხრილი 1, უპირველეს ყოვლისა, იმითაა საინტერესო, რომ იქ წარმოდგენილია ჩაის მოსავლიანობის კლიმატური რესურსები ტენით უზრუნველყოფის ერთმანეთისაგან განსხვავებულ ზონებში [4]. კლიმატის ელემენტების ფაქტიური მონაცემებით თუ ვიმსჯელებთ, მოდელით გამოთვლილი საშუალოწლიური მოსავალი ყველაზე მეტია ზუგდიდის პირობებში; თუ ჩაქვში მიღებულ წლიურ მოსავალს (კრეფების ჯამი) ჩავთვლით 100%-ად, მაშინ ანასეულისა და ზუგდიდის პირობებში მიღებული სიდიდეები, შესაბამისად, 115.8 და 126.0%-ს შეადგენენ. ეს შედეგი, ძირითადად, თანხმობაშია ჩვენს მიერ ადრე ჩატარებული კვლევის შედეგებთან. როცა საქართველოს მეჩაიეობის რაიონები მრავალწლიანი სტატისტიკური მონაცემების (1960-1985 წლები) ანალიზის საფუძველზე დავალაგეთ საშუალო მოსავლიანობის მიხედვით, აღმოჩნდა, რომ ოზურგეთის, ბათუმის და ზუგდიდის რაიონები შედარებით მაღალმოსავლიანი რაიონებია და მოსავლიანობის რიგითი ნომრების მიხედვით მე-5, მე-6 და მე-8 ადგილებზე იმყოფებიან 26 რაიონს შორის. ჩაის საშუალორაიონული მოსავლიანობა გამოხატავს ამ რაიონის ნიადაგობრივ-კლიმატურ პოტენციალისა და აგროტექნიკის დონეს, ჩვენს მიერ შემუშავებული მოდელი კი მხოლოდ კლიმატურ პირობებს ითვალისწინებს. როგორც ჩანს, სწორედ ამით აიხსნება ის გარემოება, რომ კლიმატური პირობების მიხედვით ზუგდიდის რაიონმა წინა პლანზე წამოიწია, მაშინ როდესაც საერთო ნიადაგობრივ-კლიმატური და აგროტექნიკური დონის მაჩვენებლებით იგი ოზურგეთისა და ბათუმის რაიონებს ოდნავ ჩამორჩებოდა.

საინტერესოა, როგორ შეიცვლება ჩაის საშუალოწლიური მოსავლიანობა კლიმატის ელემენტების მოსალოდნელ ცვლილებასთან დაკავშირებით. თუ ფაქტიურ მოსავლიანობას 100%-ად მივიღებთ, მაშინ კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ეფექტი (მოსავლიანობის მატება ან კლება) %-ში გამოისახება (ცხრილი 2).

ცხრილი 2

კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ეფექტი ჩაის მოსავლიანობაში

პუნქტი	ფაქტიური წლიური მოსავლიანობა %	საშუალო-წლიური მოსავლიანობა %	მოსალოდნელი წლიური მოსავლიანობა %	საშუალო-წლიური მოსავლიანობა %	სხვაობა Δ %
ჩაქვი	100	105.8	105.8	105.8	5.8
ანასეული	100	99.3	99.3	99.3	-0.7
ზუგდიდი	100	102.2	102.2	102.2	2.2

როგორც ცხრილი 2-დან ჩანს, კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების შედეგად, ძირითადად, გაიზარდება მოსავლიანობა. მხოლოდ ანასეულის პირობებში აქვს ადგილი უმნიშვნელო კლებას (-0.7%).

ბუნებრივია, დღის წესრიგში დგება ამოცანა კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული უარყოფითი ეფექტის შერბილების (შემცირების) შესახებ ანუ კლიმატის ცალკეულ ელემენტებზე ზემოქმედებით (ან მცენარის გარემო პირობებისადმი შემგუებლობის, ადაპტაციის უნარის გამოყენებით) როგორ ვუზრუნველყოთ მცენარის მაქსიმალური პროდუქტიულობა.

ტემპერატურული რეჟიმის შეცვლა დიდი სირთულეებთანაა დაკავშირებული და დღევანდელ პირობებში არაა ეკონომიურად გამართლებული. კლიმატის ერთადერთი ელემენტი, რომლის რეგულირება ნაკლები დანახარჯებითაა შესაძლებელი და მნიშვნელოვან ეკონომიურ ეფექტს იძლევა, ესაა ნალექები.

ჩვენს ხელთარსებული მონაცემების ანალიზის შედეგად ცხადი გახდა, რომ დეკადური ტემპერატურის (თ) გარკვეულ ინტერვალში ცვლილებისას იცვლება მაქსიმალური მოსავლის მისაღებად საჭირო ნალექების ოპტიმალური რაოდენობა (L_{opt}),- დეკადური ტემპერატურის 15-დან 23⁰ჩ-მდე გაზრდისას

დეკადური ნალექების ოპტიმალური რაოდენობა დაახლოებით 50-დან 60 მმ-მდე იზრდება. მათ შორის წრფივი კავშირი ასეთია

$$R_{opt} = 1.5T + 26.5 \quad (2)$$

ჩვენს მიერ შემუშავებულ მოდელში ნალექების ოპტიმალური რაოდენობა განსაზღვრულია დეკადური ტემპერატურების საშუალო მნიშვნელობებისთვის და შეადგენს დაახლოებით 55 მმ-ს დეკადაში (165 მმ თვეში).

ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ ჩაქვის პირობებში პირველი ხუთი კრეფაა ისეთი, როცა ნალექების ფაქტიური და მისალოდნელი რაოდენობა ჩამორჩება ოპტიმალურს. დანარჩენ შემთხვევაში ნალექები, პირიქით, ჭარბია. ანასეულში პირველი – თერთმეტი კრეფა არაა უზრუნველყოფელი ოპტიმალური რაოდენობის ნალექებით, ზუგდიდში კი – ცხრა კრეფა.

ცხრილი 3-დან ამოწერილია დეკადური ნალექების ოპტიმალურ რაოდენობამდე შესავსებად საჭირო სიდიდეები (მმ) კრეფების მიხედვით.

ცხრილი 3

კრეფის ნომერი	ნალექების დეფიციტი ($D = \overline{R_{\phi}} - R_{opt}$)		
	ჩაქვი	ანასეული	ზუგდიდი
1	-27	-32	-18
2	-21	-33	-19
3	-19	-29	-15
4	-9	-24	-10
5	-4	-19	-5
6	+2	-17	-1
7	+2	-14	+2
8	+5	-13	+4
9	+21	-11	+2
10	+28	-9	-1
11	+34	-6	-2
12	+26	+1	+1
13	+31	+9	+8
14	+44	+14	+8
15	+43	+13	+2
16	+45	+9	-6

თუ ნალექების ოპტიმალური მნიშვნელობებით გამოთვლილ მოსავალს ნალექების მოსალოდნელი მნიშვნელობებით გამოთვლილს შევადარებთ, შევამჩნევთ გარკვეულ მატებას. ჩაქვში, მაგალითად, ნალექების რეგულირებით გამოწვეულმა ნამატმა პირველი-ხუთი კრეფის განმავლობაში 8.8% შეადგინა. ანასეულის პირობებში მოსავლის მატება კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია და 11 კრეფის შემდეგ 11.44%-ია. ზუგდიდში ნამატმა 4.1% შეადგინა (9 კრეფა) ან ნამატების წვლილი წლიურ მოსავალში შედარებით ნაკლებია, მაგრამ არაუმნიშვნელო – ჩაქვში, ანასეულსა და ზუგდიდში, შესაბამისად 2.6; 7.8 და 1.6%-ს შეადგენს.

დამატებითი მოსავალი უშუალოდ ადამიანის ჩარევითაა განპირობებული. მოწყვლადობის უარყოფითი ეფექტის შერბილების პოლიტიკის გატარებით მოხერხდა ჩაის კულტურის გარემო პირობებისადმი მოთხოვნილების უკეთ დაკმაყოფილება, რის წყალობითაც მივიღეთ დამატებითი მოსავალი, რამაც, საშუალოდ, წლიური მოსავლის 4% შეადგინა. საშუალოწლიური მოსავალი, ამ შემთხვევაში, კლიმატის ცვლილების შედეგად მიღებულ მნიშვნელობებითაა გამოთვლილი. თუ საშუალოწლიურ მოსავლად ჩავთვლით მოსავალს, რომელიც კლიმატის ელემენტების ფაქტიური(საშუალო) მნიშვნელობებითაა გამოთვლილი, მაშინ შერბილების პოლიტიკის გატარებით მიღებულ ყოველწლიური ნამატი ჩაქვში, ანასეულსა და ზუგდიდში იქნება 2.27; 7.74 და 1.64% - შესაბამისად.

ცხრილ 4-ში წარმოდგენილია კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებათა და შერბილების პოლიტიკის გატარებით გამოწვეული ეფექტი ჩაის მოსავლიანობაში.

ცხრილი 4

პუნქტი	ფაქტიური საშუალოწლიური მოსავლიანობა (%)	კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ეფექტი (Δ, %)	შერბილების პოლიტიკის ეფექტი (Δ 2%)	ჯამური ეფექტი (Δ=Δ1+Δ2)
ჩაქვი	100	5.8	2.27	8.07
ანასეული	100	-0.7	7.74	7.04
ზუგდიდი	100	2.2	1.64	3.84

როგორც ცხრილიდან ჩანს, კლიმატის ცვლილებისა და შერბილების პოლიტიკის (ამ შემთხვევაში აგროტექნიკის ოპტიმიზაცია) ერთობლივი დადებითი ეფექტი საკმაოდ სოლიდური შეიძლება აღმოჩნდეს. ეკონომიური მოგების შეფასება უშუალოდ შეიძლება ლარებში.

თუ ჩანს საშუალო მოსავლიანობა (ფაქტიური) θ (t/a)-ს ტოლია და პლანტაციები გაშენებულია შექტარზე, მაშინ ჯამური მოსავალი $\Sigma\theta = \theta \cdot S$. ფაქტიური ჯამური მოსავლის ღირებულება იქნება $\theta \cdot S \cdot P$, სადაც P 1 ტ. ჩანს ფოთლის ღირებულებაა ლარებში.

როგორც ცხრილი 4-დან ჩანს მოსავლის კლიმატის ცვლილებითა და შერბილების სტრატეგიის გატარებით გამოწვეული დანაკარგები ან მოგება Δ -ს ტოლია, ამიტომ ჯამური ეფექტის ღირებულება $\Sigma P(\Delta)$ ასე გამოისახება

$$\Sigma P(\Delta) = \Delta \theta \cdot S \cdot P \quad (3)$$

(3) ადვილი გამოსათვლელია და, რაც მთავარია, მოგების ან წაგების უშუალოდ დარებში შეფასების საშუალებას იძლევა.

ლიტერატურა – Литература – References

1. Арвеладзе Г.А. Труды ИЭМ, 1973, вып.3(40), с.119-129.
2. Арвеладзе Г.А. Труды ЗакНИГМИ, 1986, вып.79(86), М., Гидрометеоиздат, с.12-35.
3. Арвеладзе Г.А. Труды ИЭМ, 1970, вып.18, с.58-69.
4. Джапаридзе Г.М. «Сообщения АН Груз. ССР», 1955, № 3. с. 37-41.

უკ 582.823:631.165

მოსავლიანობის კლიმატის მიმართ მოწყვლადობის ეფექტის შეფასება და მისი შერბილების (შესუსტების) სტრატეგია ჩანს კულტურის მაგალითზე./დ. არველაძე, მ.მელაძე/ ,პმი-ს შრომების კრებული – 2002 – ტ. 105, გვ.28-35, ქართ; რეზ: რუს.. ინგ.

ჩანს მოსავლის ფორმირების მათემატიკური მოდელის გამოყენებით შეიძლება შეფასდეს კლიმატური ფაქტორების მოსალოდნელი ცვლილების ეფექტი. შეცვლილი ტემპერატურების მიხედვით გამოითვლება დეკადური ნალექების ოპტიმალური რაოდენობა და, ამ საფუძველზე, განისაზღვრება მოსავალი, რომელიც მიიღება დამატებითი ნალექების გამოყენების შედეგად.

Economic assessment of vulnerability of the yield of agricultural crops and strategy of its mitigation on the case of tea crop.

The paper considers a semi-empirical mathematical model of tea yield formation and the effect of expected change of climatic factors has been assessed with it.

Considering changed temperatures optimal amounts of decade precipitation in this case are being calculated and on this basis, the yield, obtained as a result of using additional precipitation, has been specified.

Both separate effects of climate change and optimization of agricultural technologies (regulation of precipitation) and the economic profit, obtained as a result of their joint impact have been estimated quantitatively

Экономическая оценка эффекта уязвимости урожайности с.-х. культур и стратегия его смягчения (ослабления) на примере культуры чая

В статье разработана полуэмпирическая математическая модель формирования урожая чая. С использованием этой модели оценивается эффект ожидаемого изменения климатических факторов. С учетом измененных температур рассчитываются оптимальные в этом случае количества декадных осадков и, на этой основе, определяется урожай, полученный в результате использования дополнительных осадков. Количественно оцениваются не только отдельные эффекты изменения климата и оптимизации агротехники (урегулирования осадков), но и экономическая прибыль, полученная в результате их совместного влияния.

აუკ 632.11:635:23.03

გ.მელაძე, ც.ჟორჟიკაშვილი

ჰაერის ექსტრემალური ტემპერატურების გავლენა მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე

მაღალმთიან რეგიონებში კულტურულ მცენარეებზე მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურების ზემოქმედება, როგორც დროში, ასევე სივრცეში მკვეთრად ცვალებადობს. ტემპერატურის ასეთი ცვალებადობის გამოკვლევას მაღალმთიან პირობებში დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

ჩვენი მიზანია დავადგინოთ ბიოკლიმატური მაჩვენებლის ექსტრემალური ტემპერატურის (მინ, მაქ) მიხედვით, თუ რომელ ცვლად ფუნქციას აქვს უპირატესობა, ვერტიკალური ზონალურობის პირობებში; მაგალითად, ბოსტნეული და ტექნიკური კულტურების ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის, საჭიროა მთელი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში სითბური ნამატის მიღება.

ჩვენს მიერ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონების მიხედვით გამოთვლილი იქნა t_{max} , t_{min} და აიგო $T_{min}=f(t_{max})$, კორელაციური დამოკიდებულებების გრაფიკები, საიდანაც გამოიკვეთა კანონზომიერება, რომლის თანახმად ვერტიკალურ ჭრილში მთის ლანდშაფტები და რელიეფის ფორმა გავლენას ახდენს t_{max} და t_{min} ცვალებადობაზე. აქედან გამომდინარე, ტექნიკური და ბოსტნეული კულტურების თესვის ვადები ვერტიკალური ზონალურობის მიხედვით იცვლება. კერძოდ, ვაკის ლანდშაფტების ზონაში 300 მ-მდე, როდესაც ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა 11° -ია, მინიმალური 4° -ია. აგრეთვე ნიადაგის საშუალო დღეღამური ტემპერატურა $6,0^{\circ}$ - $8,0^{\circ}$ -ია [1], იქმნება მცენარის თესვის ოპტიმალური პირობა ყველა რეგიონისათვის. ჩვენი დაკვირვების მიხედვით ექსტრემალური ტემპერატურების გადახრა საშუალო ჰაერის ტემპერატურიდან $\pm 3,7^{\circ}$ -ია; დაბალმთიან ზონაში 400-500 მ-მდე, მაქსიმალური $9,0^{\circ}$ - $20,1^{\circ}$ -ია, მინიმალური $1,1^{\circ}$ -დან 8° -მდე. ამიტომ ტექნიკური და ბოსტნეული კულტურების თესვა მიმდინარეობს მარტის და აპრილის დასაწყისში, საშუალო ჰაერის ტემპერატურის $7,7^{\circ}$ დროს; მაღალმთიან რეგიონში კი, 1000-2000 მ-ზე ზევით, მაქსიმალურია $15,4^{\circ}$, მინიმალური $5,8^{\circ}$ -ი; სავეგეტაციო პერიოდი იწყება მაისის ბოლოსა და ივნისის დასაწყისში, როდესაც საშუალო ტემპერატურა 5.0 - 10° -ია.

მცენარეულ საფარისა და ნიადაგის ვერტიკალური ზონალურობა განაპირობებს კულტურული მცენარეების სიმაღლეებზე გარვცელებას. მაგალითად, სითბოსმოყვარული მცენარეები ძირითადად ვრცელდება 500 მ-მდე, ნაკლებად სითბოსმოყვარული 500-1000 მ-მდე, სიცივის ამტანი კი 1000-2000 მ-ზე ზევით. მცენარის დარგვა-დათესვის თარიღიც, მათი განაწილების კანონზომიერებებს ექვემდებარება.

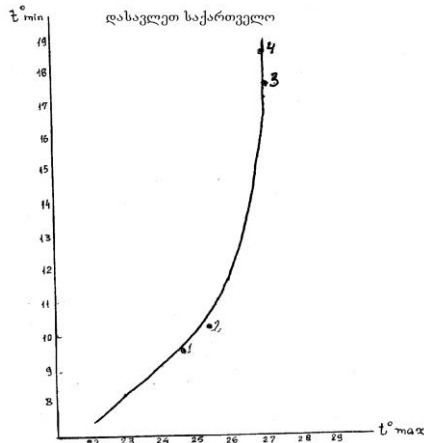
სითბოსმოყვარული მცენარეების დაბალი დადებითი ტემპერატურისადმი მდგრადობა არაერთგვაროვანია. ბუნებრივია, რომ სითბოსმოყვარული მცენარეები ზიანდება, რაც უფრო დაბალია ტემპერატურა და ხანგრძლივია აცივების პროცესი.

სიმაღლის ზრდასთან ერთად ბიოკლიმატური მაჩვენებლებიც იცვლება, სავეგეტაციო პერიოდი მცირდება, ამიტომ მთის ლანდშაფტების ჰუმიდური და არიდული, მაღალი მთის მდელოსა და ზოგიერთი კულტურული მცენარეები ვერ ასწრებენ ზოგჯერ ზრდის პროცესის დასრულებას და ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას.

სიცივის გამძლეობის მიხედვით ერთი და იგივე სახეობის კულტურებისათვის გვაქვს საადრეო და საგვიანო ბიომები, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია და ყურადსაღებია მათი გავრცელება მთიანი ლანდშაფტების პირობებში. მაღალმთიან ზონაში ბოსტნეული და ტექნიკური კულტურების გაღვივება და აღმოცენება ხდება ნიადაგის 7° -დან 10° -მდე ტემპერატურის დროს. მაგალითად, კარტოფილის იაროვიზაცია ნორმალურად მიმდინარეობს 14° -ის დროს, მაგრამ უფრო მაღალ ტემპერატურაზე იგი გადაგვარებას განიცდის. მცენარეზე ასევე მავნე გავლენას ახდენს 6° -ზე ნაკლები ტემპერატურა, ვინაიდან ამ დროს არ წარმოებს ღვივის ზრდა და მამასადამე, არც სტადიური ცვლილებები მიმდინარეობს.

დასავლეთ საქართველოს გორაკ-ბორცვიანი და ვაკის მთის რთული ჩაკეტილი რელიეფის პირობებში (ნახ. 1) ზაფხულში საშუალო t_{max} 9° -დან 11° -მდე (300-1600 მ), ხოლო t_{min} $27,0^{\circ}$ - $24,6^{\circ}$ -მდე მერყეობს. At ადგილის სიმაღლის ცვლილებისას მატულობს და აღწევს 16° -ს. აღმოსავლეთ საქართველოში კარგად არის გამოხატული ვერტიკალური ზონალურობა (ნახ. 2), რომელიც იწყება ვაკე გორაკ-ბორცვიანი, სტეპური და ნახევარუდაბნოების ლანდშაფტური ზონით (400 მ), სადაც t_{max} საშუალო 25 - 28° -ია, ხოლო t_{min} - 15° -მდე.

ზაფხულში (400-1500 მ) საშუალო მაქსიმალური ტემპერატურა მერყეობს 30 - 24° , ხოლო 1500-2000 მ 24 - 16° შორის, 2000-2500 მ სიმაღლეზე კი 16 - 12° -ია. აღმოსავლეთ საქართველოს შიდა და ქვემო ქართლის, სამხრეთ მთიანეთის რეგიონებში მკვეთრად გამოხატული კონტინენტალური კლიმატია, რომელიც გამოიხატება დღეღამური ტემპერატურის მაღალი ამპლიტუდებით 28° -მდე.



1. მესტია, 2. ბეზო, 3.ჯვარი, 4. ზუგდიდი

ნახ.1. მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურების დამოკიდებულება

1.გორი, 2.კასპი, 3.მუხრანი, 4.ბორჯომი, 5.ცემი, 6.ლიბასნი, 7.აბასთუმანი, 8.ბაკურიანი, 9.არაზინდო, 10.ტაბაწყური, 11.თბილისი, 12.ცხრაწყარო, 13.ახიელი, 14.ახალციხე, 15.ახალქალაქი, 16.ფარავანი

ნახ.2. დამოკიდებულება მაქსიმალურ და მინიმალურ ტემპერატურებს შორის

მიღებული დამოკიდებულებების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ საშუალო ტემპერატურიდან t_{max} და t_{min} -ის ნამატი $\pm 3,0-6,0^{\circ}$ -ს აღწევს. თუ ამ სიდიდეებს გადავიანგარიშებთ დღის და ღამის ხანგრძლივობაზე, მივიღებთ თბილი (დღის) და ცივი (ღამის) პერიოდისათვის საშუალო ნამატ ენერგიას. სითბოს მოყვარული მცენარეებიდან შეიძლება შეირჩეს შედარებით სიცივის გამძლე ადაპტაციის მაღალუნარიანი ბიშები, რომელთა უფრო მაღალ ვერტიკალურ სარტყელში გადაადგილებისას დიდი გამოყენებითი მნიშვნელობა ექნებათ. დაბალ ზონაში (300-1200 მ) ადრეული ბიშის კარტოფილი და ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურები ითესება აპრილში, ხოლო საშუალომთიან (1300-2000 და მეტი) რეგიონებში მაისის ბოლოს და ივნისის დასაწყისში, ყვავილობის პერიოდი ძირითადად დგება შუა ივნისში და გრძელდება ივლისამდე, ხოლო მაღალმთიან რეგიონებში შეიძლება აგვისტოს შუა რიცხვებამდეც.

ზოგიერთ ქვეყნებში კარტოფილი მოყავთ 4000 მ-მდეც [2, 3, 4, 5]. საქართველოში კი იგი არ გვხვდება 2500 მ-ს ზევით. რაც აიხსნება იმით, რომ ეს მცენარე ილუპება ისეთ ადგილებში, სადაც მინიმალური ტემპერატურა -2° , -5° -ია, ან მაქსიმალური $30-35^{\circ}$ -ი.

ცივ პერიოდში რადიაციულ-ადექციური გადაცივებისას, მინიმალურ ტემპერატურებს შორის სხვაობამ, რელიეფის სხვადასხვა ფორმის ზეგავლენით შეიძლება მიაღწიოს $8-12^{\circ}$ -ს და 2-3-მერ მეტი იყოს, ვიდრე ზონალური ცვლილების დროს. მთიან რეგიონებში, ცივ პერიოდში რელიეფის ფორმის გაუთვალისწინებლობამ და მცენარეების არასწორად გაადგილებამ შეიძლება ძლიერ დააზიანოს დიდ ფართობზე ნარგავები.

სითბოსმოყვარული მცენარეების კვდომის ფიზიოლოგია დაბალი დადებითი ტემპერატურისას ნაკლებადაა გამოკვლეული. როგორც ჩანს, ირითადი მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ ასეთ მცენარეებში ხანგრძლივი აცივებისას დგება ნივთიერებათა ცვლის დარღვევის პროცესი, რასაც მოყვება ზრდის შეჩერება, გაყვითლება, გახმობა და სხვა დამლუპველი შედეგები. ამავე დროს დიდ გავლენას ახდენს ჰაერის სინოტივე და ატმოსფერული სიმშრალე.

ჰაერის მაღალმა ტემპერატურამ $30-40^{\circ}$ და მეტი, მშრალ პერიოდში გვალვიანობამ სოფლის მეურნეობას შეიძლება მიაყენოს დიდი ზარალი. მაღალი ტემპერატურების დადგომა თითქმის ყველგან ჩვენს ტერიტორიაზე დაკავშირებულია ანტიციკლონური ამინდის დადგომასთან და განპირობებულია სამხრეთ რაიონებიდან მშრალი კონტინენტური ჰაერის შემოსვლით. მაღალი ტემპერატურები და ამპლიტუდები დამახასიათებელია დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე სტეპური, ქვემო ქართლის და გარე კახეთის ნახევრადუდაბნოების და მთიანი ლანდშაფტების რელიეფის უარყოფითი ფორმებისათვის.

ზემოაღნიშნული შედეგები გვიჩვენებს, რომ რელიეფის ფორმის ზეგავლენით, ადგილის სიმაღლის ცვლილებისას თერმული ანომალური მაჩვენებლის მიერ გამოწვეულ ნამატ ენერგიას შეუძლია ან დადებითად, ან უარყოფითად იმოქმედოს მცენარეებზე. ამიტომ ექსტრემალური ტემპერატურების ზემოქმედების მავნე შედეგების თავიდან ასაცილებლად საჭიროა ჩატარდეს შემარბილებელი ღონისძიებები. კერძოდ შერჩეულ იქნას რელიეფის ფორმები (ექსპოზიცია და ფერდობის დახრილობა), ხოლო არიდული ზონების ნიადაგი უზრუნველყოფილ იქნას ტენით.

ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Меладзе Г.Г. зависимость урожая картофеля от высоты растения и осадков. Тр. ЗакНИГМИ, вып, 76(88), 1982.
2. Бадришвили Г.Ш. Получении двух урожаев картофеля в год в низменной зоне Западной Грузии. Тр. Аджаметской опытной станции, Т. У, 1951.
3. Ларх А.Г. О картофеле. М., Сельхозгиз, 1960.
4. Столипин Н.П. Агроклиматическое обоснование размещения картофеля на территории Грузинской и Азербайджанской ССР и календарные сроки посадки. Тр. ЗакНИГМИ, вып, 33(39), 1969.
5. Жоржикашвили Ц.Д. Изменчивость температуры растений в высокогорьях Грузии за летний период. Тезисы докладов. Тбилиси «Месниереба», 1979.
6. Меладзе Г.Г. зависимость урожая картофеля от высоты растения и осадков. Тр. ЗакНИГМИ, вып, 76(88), 1982.

აუკ 632.11:635:23.03

გ.მელაძე, ც.ჯორჯიკაშვილი

ჰაერის ექსტრემალური ტემპერატურების გავლენა მცენარეთა ზრდა-განვითარებაზე

საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებისათვის გამოთვლილ იქნა t_{\max} და t_{\min} და აიგო $T_{\min} = f(t_{\max})$. კორელაციური დამოკიდებულების გრაფიკები, საიდანაც გამოიკვეთა კანონზომიერება, რომლის თანახმად ვერტიკალურ ჭრილში მთის ლანდშაფტები და რელიეფის ფორმა გავლენას ახდენს t_{\max} და t_{\min} ცვალებადობაზე. აქედან გამომდინარე ტექნიკური და ბოსტნეული კულტურების თესვის ვადები ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით იცვლება.

UDC 632.11:635:23.03

G.Meladze. T.Zhorzhikashvili

**The Impact of Air Temperature Extremes on
the Growth of Plants**

The maximum and minimum temperatures are calculated and t_{\max} and t_{\min} correlation curves are built up for various regions of Georgia. Their estimations allow regulating terms sowing and select the areas under crops according to vertical zonality both for technocal and other annual agricultural crops.

УДК 632.11:635:23.03

Г.Г.Меладзе, Ц.Д.Жоржикашвили

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ

Для отдельных регионов Грузии рассчитан t_{\max} и t_{\min} и составлен график корреляционной зависимости $T_{\min}=f(T_{\max})$, откуда выявилась закономерность, согласно которой в вертикальном разрезе горные ландшафты и формы рельефа оказывают влияние на изменчивость t_{\max} и t_{\min} . Следовательно сроки посадки технических и овощных культур меняются согласно вертикальной зональности.

უკ 632.11:63

გ.მელაძე, ც.ჟორჯიკაშვილი

წყაინვები და მათი გავლენა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე

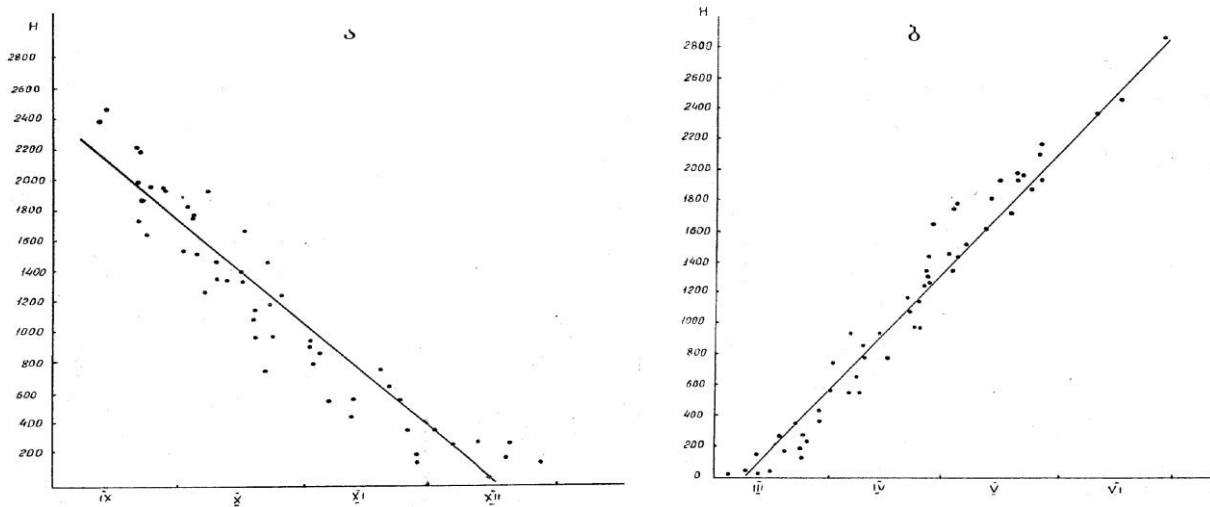
წყაინვები სახიფათო მეტეოროლოგიურ ელემენტს განეკუთვნება, რომელიც მოსალოდნელია ჰაერის ტემპერატურის ნული გრადუსის დაბლა დაწვევას დადებითი დღელამური ტემპერატურის ფონზე. რაც უნდა ხანმოკლე იყოს წყაინვათა ზემოქმედების პერიოდი, იგი მაინც უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე.

მცენარეული საფარის, კერძოდ კი ტექნიკური, ბოსტნეული და მარცვლეული კულტურების ზრდა-განვითარება სხვადასხვა ფაზაში განიცდის დაბალი ტემპერატურების მავნე ზემოქმედებას. ცივ პერიოდში შედარებით სტაბილურ ყინვიან ამინდს ადვილად იტანს მრავალწლიანი მცენარეები, ხოლო ერთწლიანები სავეგეტაციო პერიოდის დასაწყისში და დამთავრებისას დაბალი ტემპერატურებისადმი ძლიერ მგრძობიარენი არიან და შეიძლება დაზიანდნენ ან დაიღუპონ [1,2,3].

წყაინვები საქართველოში დიდ საზღვრებში ცვალებადობს, ამიტომ კულტურული მცენარეების დაზიანება წლის თითქმის ყველა სეზონშია მოსალოდნელი.

გაზაფხულისა და შემოდგომის წყაინვების დადგომის თარიღებსა და ადგილის სიმაღლეს შორის კავშირის დასადგენად შევადგინეთ კორელაციური დამოკიდებულება 2 ცვლად ფუნქციას შორის $Z=f(H)$ სადაც გამოყენებულია 90-მდე მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები.

პირველი და უკანასკნელი წყაინვები თითქმის მთლიანად დამოკიდებულია რელიეფის ფორმებზე, ხოლო ადგილის სიმაღლესთან მისი ცვალებადობა გამოიხატება დამოკიდებულების მჭიდრო კავშირით (ნახ.1), დამოკიდებულება წარმოდგენილია ორი სწორხაზოვნით. ერთი აღწერს შემოდგომას (ა), ხოლო მეორე გაზაფხულის (ბ) წყაინვების კავშირს ადგილის სიმაღლესთან.



ნახ.1 პირველი (ა) და უკანასკნელი (ბ) წყაინვების სიმაღლესთან დამოკიდებულება

საქართველოს მთიან რეგიონებში ტექნიკური, ბოსტნულის, მარცვლეული კულტურების და ბაღჩეულის გავრცელების არეალი მაღალ დიაპაზონში მერყეობს. დადგენილია, რომ ადგილის სიმაღლის ცვლილების მიხედვით იცვლება წყაინვების ხანგრძლივობა და სიძლიერე.

ხანგრძლივმა ყოველდღიურმა წყაინვამ $-1, -3^0$ (1-დან 14 დღემდე) შეიძლება ისე არ დააზიანოს მცენარე, როგორც ძლიერმა $(-4,-5)$ და ხანმოკლემ (1_2 საათის განმავლობაში).

პირველი და უკანასკნელი წყაინვების მასალების ანალიზის თანახმად (ცხრილი 1) ირკვევა, რომ წყაინვები მნიშვნელოვან ფარგლებში მერყეობენ. ვერტიკალური გრადიენტები თვალნათლივ გვიჩვენებს წყაინვების მოსალოდნელ ალბათობას ნაადრევ და ნაგვიანებ პერიოდში. გაზაფხულის წყაინვები გადადის სეზონს იქით, და ამის გამო გაზაფხულის წყაინვების დადგომის საშუალო თარიღი გადაინაცვლებს მაისის უკანასკნელ და ივნისის პირველ რიცხვში, ხოლო ყველაზე

ნაგვიანები თარიღი მთიან რეგიონებში მოდის შუა ივლისში. როგორც ცხრილი 1 გვიჩვენებს, საშუალოდან ნაადრევი და ნაგვიანები თარიღის დადგომა დიდ ფარგლებში მერყეობს: შემოდგომა, გაზაფხულზე $\sigma=5_{-15}$; $\sigma=10_{-20}$, ხოლო იშვიათად $\sigma=20_{-25}$ დღე.

ცხრილი 1 პირველი და უკანასკნელი წაყინვები (დღეები)

უკანასკნელი წაყინვები			პირველი წაყინვები		
საშუალო	ნაადრევი	ნაგვიანევი	საშუალო	ნაადრევი	ნაგვიანევი
04.03	24.01	02.04	01.01	24.11	08.03
08.03	26.01	01.04	07.01	25.11	26.02
18.03	01.03	16.04	26.11	15.10	21.12
27.03	02.03	24.04	11.11	09.10	28.11
31.03	28.03	23.04	19.11	09.10	29.12
06.04	15.03	03.05	03.11	26.09	05.12
21.04	26.05	18.10	18.09	24.09	13.11
25.04	31.03	27.05	25.10	25.09	29.11
06.05	11.04	28.05	05.10	18.09	25.10
04.05	10.04	29.05	12.10	17.09	11.11
19.05	22.04	19.06	21.09	22.07	29.10
25.05			21.09		
09.06			11.09		
15.06			13.09		
27.06			05.09		
უყინვო დღეთა ხანგრძლივობა					
საშუალო	უმცირესი		უდიდესი		
302	233		404		
304	253		395		
242	194		276		
228	182		260		
232	187		284		
203	161		251		
179	149		322		
182	149		211		
151	112		180		
160	118		208		
124	75		174		

შემოდგომის წაყინვა იმითაა საშიში, რომ შეიძლება დადგეს ზამთრის მოსვლამდე დიდი ხნით ადრე, როცა სოფლის მეურნეობის ბევრი კულტურა იმყოფება ჯერ კიდევ ვეგეტაციის სტადიაში.

შემოდგომის პირველი წაყინვის დადგომის ყველაზე ნაადრევი თარიღი მაღალმთიან რეგიონებში აღინიშნება აგვისტოს ბოლო დეკადაში და სექტემბრის დასაწყისში. დასავლეთ საქართველოს გორაკ-ბორცვიან ზონაში გაზაფხულის უკანასკნელი წაყინვების ნაადრევი თარიღი დგება თებერვლის დასაწყისში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს, შიდა ქართლის და გარე კახეთის რაიონებში: თბილისი, ალაზანი, გარდაბანი კი 18,25/II, 6/III, დაკვირვებისას შეიმჩნევა, რომ ზღვის დონიდან 1000 მ-მდე დასავლეთ საქართველოში მოსალოდნელი წაყინვები უფრო ადრე დგება, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოში. 1000 მ-ზე ზევით კი პირიქით, შემოდგომის წაყინვები აღმოსავლეთ საქართველოში უფრო ადრე დგება, ვიდრე დასავლეთ საქართველოში. ადგილის სიმაღლის ცვლილებისას მთიან (1000_1300 მ) და მაღალმთიან რეგიონებში (2500 მ). გაზაფხულის

წყინვების თარიღი შესაბამისად გადაიწევს უფრო ზაფხულისაკენ. საშუალო კვადრატული გადახრ გაზაფხულზე, როგორც წესი შეადგენს 5-დან 15 დღეს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში აღწევს 20_22 დღეს. ცთომილება შეადგენს (გაზაფხულზე) 1-დან 3_4 დღეს. ძირითადად ასეთ საზღვრებში მერყეობს შემოდგომის წყინვების დადგომის თარიღებიც.

ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კვლევამ დაადასტურა, რომ კავშირები $Z=f(H)$ და $H=f(Z)$ თითქმის სწორხაზობრივ ხასიათს ინარჩუნებს. ამ გრაფიკებით გამოანგარიშებული იქნა წყინვების დადგომის თარიღების გასათვლელი განტოლებები _ გაზაფხულისთვის:

$$H=27.01x-281.0 \quad (1)$$

$$x=0.037H-10.4 \quad (2)$$

შემოდგომისთვის:

$$H=-22.467x+2426.13 \quad (3)$$

$$x=-0.0445H + 108 \quad (4)$$

სადაც H _ არის სიმაღლე ზღვის დონიდან: x _ წყინვების თარიღი.

ამ განტოლებებით შეიძლება განვსაზღვროთ როდის და რომელ სიმაღლეზეა მოსალოდნელი წყინვები. თუ ვიცით ერთ_ერთი მონაცემი, შესაბამისი განტოლებით შეიძლება საპირისპიროს გაგება.

წყინვების დადგომის თარიღსა და ადგილის სიმაღლეს შორის კავშირმა დაგვანახვა როგორ იგვიანებს წყინვის დადგომის ვადა და მცირდება მისი ხანგრძლივობა.

ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Под ред. Г.Г.Сванидзе, Я.А.Цуцкиридзе. Л., Гидрометеоиздат, 1980.
2. Гольцберг И.А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. Л., Гидрометеоиздат, 1981.
3. Жоржикашвили Ц.Д. Термический режим растений в горных регионах Грузии. Тезисы докладов. Тбилиси «Мецниереба», 1982.

უკ 632.11:63

გ.მელაძე, ც.ჯორჯიკაშვილი

წყინვები და მათი გავლენა სასოფლო_სამეურნეო კულტურებზე

გაზაფხულის და შემოდგომის წყინვების დადგომის თარიღებსა და ადგილის სიმაღლეს შორის დადგენილია მჭიდრო კორელაციური კავშირი. მიღებულია განტოლებები, რომელთა საფუძველზე გამოანგარიშებულია წყინვების დადგომის თარიღები გაზაფხულისა და შემოდგომისათვის.

UDC 632.11:63

G.Meladze, C.Zhorzhikashvili

Frosts and their impact on crops

Correlation has been established between the terms of spring and autumn frosts and the altitude. Equations are obtained for the determination of starting terms of spring and autumn frosts.

УДК 632.11:63

Г.Г.Меладзе, Ц.Д.Жоржикашвили

Заморозки и их влияние на сельскохозяйственные культуры

Между датами наступления весенних и осенних заморозков и высотой местности установлена тесная корреляционная связь. Получены уравнения для расчета дат наступления весенних и осенних заморозков.

გ.გ.მელაძე, ნ.ს.გუდავაძე, ი.ს.სანიკიძე

საქართველოს სხვადასხვა აგროეკოლოგიურ რეგიონებში აქტინიდიის ზრდა-განვითარების ძირითადი შედეგები

აქტინიდია (კვივი) ხელოვანი კულტურაა, რომელიც ამჟამად მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში გავრცელებული, სადაც მისთვის ხელსაყრელი აგროკლიმატური პირობებია. გვარი აქტინიდია (*Actinidia Linde*) აერთიანებს მრავალ სახეობას, რომლებიც აღმოსავლეთ ჩინეთში იზრდებიან ველურად. მათ შორის სახეობა მსხვილნაყოფა ჩინუსადაც მისთვის რი აქტინიდიაც (*A.Chinensis*). ეს უკანასკნელი კულტურაში პირველად შეიყვანეს ავსტრალიელმა ფერმერებმა ახალ ზელანდიასა და ავსტრალიის სუბტროპიკულ და ტროპიკულ რაიონებში, რომელიც აქ ატარებს კვივის სახელწოდებას, ამ ქვეყნის (ახალი ზელანდია) მეტად პოპულარული ფრინველის კვივ-კვივისთან მსგავსების გამო.

ჩინელები უძველესი დროიდან იყენებდნენ აქტინიდიის ნაყოფის წვენს პროფილაქტიკური და სხვადასხვა დაავადებების საწინააღმდეგოდ. მის წვენს გააჩნია კიბოს წინააღმდეგ პროფილაქტიკური საშუალებაც. წვენი შეიცავს ადამიანისათვის სამკურნალო ვიტამინებს და დიდი რაოდენობით სასარგებლო მინერალურ მარილებს. ნაყოფი გამოიყენება ნედლი სახით, ასევე სალათების, წვენების, მურაბების დასამზადებლად, გარდა ამისა ნაყოფისაგან აესტრაგირებენ ბუნებრივ არომატულ ნივთიერებებს, რომლებიც გამოიყენება კვებისა და საპარფიუმერო მრეწველობაში. აქტინიდიის პოპულარობაზე მეტყველებს ის ფაქტი, რომ უკანასკნელ წლებში მისი მოხმარება ერთ სულ მოსახლეზე მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში შეადგენს 100 გრამიდან 2800 გრამამდე, ხოლო წარმოება აღწევს 700 ათას ტონამდე. აქტინიდიის ყველაზე დიდი მწარმოებელი და ექსპორტიორია ახალი ზელანდია, სადაც ფართობი შეადგენს 15 ათას ჰექტარზე მეტს, ევროპის ქვეყნებიდან იტალია და საფრანგეთი [1].

აქტინიდია საქართველოს ტენიან სუბტროპიკულ ზონაში ახალი შემოტანილი კულტურაა. ამიტომ იგი ჯერჯერობით მეცნიერულად ღრმად შესწავლილი და საწარმოო მასშტაბით ფართოდ გავრცელებული არ არის.

სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოები ამ კულტურის შესწავლის მიზნით ჩვენთან ძირითადად დაიწყო 1980 წლიდან, ჩაის, სუბტროპიკულ კულტურათა და ჩაის მრეწველობის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანების სელექციის განყოფილებაში სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტორის შ. კ. გოლიაძის ხელმძღვანელობით [2] და ამავე გაერთიანების ჩაქვის ფილიალში სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა კანდიდატის ვ.ვ.კუტუბიძის მიერ.

ჩვენი კვლევის მიზანს შეადგენს საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის აგრო-ეკოლოგიურ პირობებში აქტინიდიის მცენარის ზრდა-განვითარების შესწავლა მისი არეალის გაფართოების მიზნით. აქედან გამომდინარე აქტინიდიის გამოცდა ტარდება ზემოთ აღნიშნული დაწესებულების გეოგრაფიულ ნაკვეთებზე, რომლებიც განლაგებულია საქართველოს სხვადასხვა კლიმატური და ნიადაგური პირობების მქონე რაიონებში [3].

აღნიშნული საცდელი ნაკვეთები ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით: (ცხრილი 1).

ცხრილი 1. აქტინიდიის კულტურის საცდელი გეონაკვეთების მაჩვენებლები

გაშენების წელი	კვებისარე (მ-ში)	ჰაერის საშუალო ტემპერატურა	ნალექების წლიური ჯამი (მმ-ში)	საშუალო ფარდობითი ტენიანობა (%-ში)	სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ-ში)
ჩაქვი (ქობულეთის რაიონი)					
1980	4x6	14,1	2600	78	15
მევრი (თერჯოლის რაიონი)					
1991	4x5	13,9	1190	73	350
გურგენიანი (ლაგოდეხის რაიონი)					
1991	4x5	12,6	1000	72	450
ანასეული (ოზურგეთის რაიონი)					
1994	4x6	13,6	2100	76	150

მოცემულ საცდელ ნაკვეთებზე აგროტექნიკური სამუშაოები ტარდებოდა აქტინიდიის კულტურის დროებითი (დღეისათვის მოქმედი) ინსტრუქციის მიხედვით. ამავე ნაკვეთებზე დაკვირვებები წარმოებდა, აგრეთვე ძირითადი მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე (ჰაერის თვის საშუალო, აბსოლუტური მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურები), განისაზღვრა ჰაერის აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 10° ზევით, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა სავეგეტაციო პერიოდში და წლის განმავლობაში, აგრეთვე

ტარდებოდა მცენარეებზე ფენოლოგიური დაკვირვებები და ბიომეტრიული გაზომვები, ასევე განისაზღვრა მოსავლის სტრუქტურა.

1998 წლის სავეგეტაციო პერიოდში საცდელ გეონაკვეთებზე ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურამ ძვერში მიაღწია 38,0°, სხვა ნაკვეთებზე კი აღმოჩნდა (34-35°), აქტიურ ტემპერატურათა ჯამმა ძვერის საცდელ ნაკვეთზე შეადგინა 4600°, გურგენიანის 4100°, ჩაქვის და ანასეულის 4490° და 4480° შესაბამისად.

აქტინიდია ტენის მოყვარული მცენარეა და მისი ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის სავეგეტაციო პერიოდში საჭიროა დაახლოებით 600-800მმ. ნალექი. მოცემულ პერიოდში სხვადასხვა აგროკლიმატური რაიონების გეონაკვეთებზე მოსული ნალექების რაოდენობამ ყველაზე მცირე (280მმ.) შეადგინა განსაკუთრებით გურგენიანის გეონაკვეთზე, რაც მოცემული კულტურისათვის ოპტიმუმზე დაბალი აღმოჩნდა.

მოგვყავს აქტინიდიის კულტურაზე ფენოლოგიურ დაკვირვებათა და ბიომეტრიული გაზომვების მონაცემები (ცხრილი 2). ცხრილში მოყვანილი მასალებიდან ჩანს, რომ 1997-1998 წლების ზამთარში არცერთ გეონაკვეთზე აქტინიდიის მცენარე არ დაზიანებულა. საცდელი ნაკვეთების მიხედვით ფენოფაზების მსვლელობაში დიდი სხვაობა არ შეინიშნება. თუმცა გაანალიზებისას შეიძლება აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი ფაზა, მაგალითად, ზრდისა და ყვავილობის ფენოფაზების დასაწყისი ძვერში შედარებით უფრო ნაადრევია, ვიდრე სხვა გეონაკვეთებზე, რაც განპირობებულია თერჯოლის რაიონში გაზაფხულის ადრე დადგომით.

ბიომეტრიული გაზომვების მასალების ანალიზმა გვიჩვენა, რომ სავეგეტაციო პერიოდში საცდელი მცენარეების საშუალო ნაზარდმა სიგრძეში შეადგინა 2,3-4,5 მ. ყველაზე დიდი ნაზარდი მოგვცა ჩაქვისა და ანასეულის საცდელ ნაკვეთებზე არსებულმა მცენარეებმა (5,4 და 4,0მ.) შესაბამისად, გურგენიანის მონაკვეთზე კი 2-ჯერ ნაკლები (2,3მ. სიგრძის), რაც ძირითადად უნდა აიხსნას ამ გეონაკვეთზე 1998 წელს მოსული ნალექების ნაკლები რაოდენობით (280მმ. სავეგეტაციო პერიოდში).

ცხრილი 2. სხვადასხვა გეოგრაფიული საცდელი ნაკვეთების პირობებში აქტინიდიის კულტურის ზრდა-განვითარებაზე დაკვირვებათა მონაცემები (1998წ.)

ფენოლოგიური ფაზები	ძვერი (თერჯოლის რაიონი)	გურგენიანი (ლაგოდეხის რაიონი)	ჩაქვი (ქობულეთის რაიონი)	ანასეული (ოზურგეთის რაიონი)
კვირტების დაბერვა	10. III	15. III	3. III	6. III
კვირტების გახსნა	17. III	20. III	14. III	15. III
I ფოთლების გაშლა	22. III	7. IV	3. IV	5. IV
I ზრდის დაწყება	27. III	14. IV	10. IV	12. IV
ყვავილობის დაწყება	13. V	26. V	18. V	25. V
ყვავილობის დამთავრება	30. V	7. VI	30. V	5. VI
I ზრდის დასასრული	14. VII	20. VII	10. VII	15. VII
II ზრდის დაწყება	10. VIII	16. VIII	8. VIII	12. VIII
II ზრდის დასასრული	20. X	26. X	16. X	22. X
ნაყოფების სიმწიფის დაწყება	25. X	30. X	20. X	25. X
ნაყოფების რაოდენობა კვ.	6,5	3,5	12	5,0
ფოთლების ჩამოცვენა	10. XI	16. XI	10. XI	10. XI
წლიური ნაზარდი (მ-ში)	3,2	2,3	5,4	4,0
ყინვებისაგან დაზიანების ხარისხი	0	0	0	0

საერთოდ, უნდა აღინიშნოს, რომ სხვადასხვა გეოგრაფიულ საცდელ ნაკვეთებზე 1998 წლის სავეგეტაციო პერიოდში აქტინიდიის მცენარეებმა ძირითადად დამაკმაყოფილებლად გაიარა თავისი განვითარების ყველა ფაზა, გამონაკლისია მხოლოდ გურგენიანის გეონაკვეთზე მიღებული შედეგები.

ზემოთ აღნიშნული, ჩვენს მიერ ჩატარებული დაკვირვებათა მასალების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის აგროეკოლოგიური პირობები სავსებით უზრუნველყოფს აქტინიდიის, ამ ახალი კულტურის ნორმალურ ზრდა-განვითარებას, მსხმოიარობას და ნაყოფების დროულად მომწიფებას.

ლიტერატურა – References - Литература

1. გ.ი. ჩხაიძე. სუბტროპიკული კულტურები (წიგნი სამ ნაწილად), თბილისი, 1996წ.
2. შ.კ. გოლიაძე. აქტინიდია ანასეულში. სუბტროპიკული კულტურები, N5, 1998წ.
3. ა.შ. ჭანუყვაძე, ი.ს. სანიკიძე, გ.გ. რამიშვილი. აქტინიდიის ყინვაგამძლეობის საკითხისათვის. სუბტროპიკული კულტურები, N5, N1989წ.

გ.გ.მელაძე, ნ.ს.გუდავაძე, ი.ს.სანიკიძე

საქართველოს სხვადასხვა აგროეკოლოგიურ რეგიონებში აქტინიდიის ზრდა-განვითარების ძირითადი შედეგები

მოცემულია საქართველოს სხვადასხვა აგროეკოლოგიურ რეგიონებში განლაგებულ გეოგრაფიულ ნაკვეთებზე აგრომეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა შედეგები. კერძოდ აქტინიდიის მცენარის ფენოლოგიურ ფაზათა განვითარების ვადები, ბიომეტრიული გაზომვების მოხედვით ნაზარდები, მოსავლის სტრუქტურა და დადგენილია ამ კულტურის წარმოების შესაძლებლობა.

Meladze G.G., Gudavadze N.S., Sanikidze I.S.

Basic results of growth and development of Actinidia in various agroecological regions of Georgia.

With the of Actinidia expansion area, tests are conducted on the sites of the Department of Agroecology and Agrometeorology of the Scientific – Industrial Enterprise of Tea, Subtropical Groves and Tea Production which are Located in different soil and climatic conditions of Gorgia. Tests are being conducted in Dzevera-Terjola district, Gurgeniani-Lagodekhi district, Chakvi – Kobuleti district and Anaseuli- Ozurgeti district.

Meteorological observations were carried out on experimental sites: there were defined mean annual air temperature, absolute minimal and maximum air temperatures sums of active temperatures above 10⁰ and precipitation amount. In connection with agrometeorological factors, phenophases of growth and development and structure of Actinidia crop were studied.

Obtained results permit to declare that local agrometeorological conditions on various sites provide normal growth and development of this valuable crop, fruit formation and timely ripening.

Г.Г.Меладзе., Н.С.Гудавадзе., И.С.Саникидзе

Основные результаты роста и развития актинидии в различных агроэкологических регионах Грузии

С целью расширения ареала культуры актинидии опыты проводятся на геоучастках отдела агроэкология-агrometeorологии научно-производственного объединения чая: субтропических культур и чайной промышленности, которые расположены на различных почвенно-климатических условиях Грузии. Именно опыты ведутся в Дзевера (Терджолский район), в Гургеньяни (Лагодехский район), в Чакви (Кобулетский район) и в Анасеули (Озургетский район)

На опытных участках были проведены метеорологические наблюдения – среднемесячная температура воздуха, абсолютная минимальная и максимальная температура воздуха, определены сумма активных температур выше 10⁰ и количество осадков. В связи с агrometeorологическими факторами изучались фенофазы, роста-развития и структуры урожая культуры актинидии.

Полученные результаты позволяют сказать, что местные агроэкологические условия на различных геоучастках обеспечивает нормальный рост и развитие этой ценной культуры, плодоношение и в своевременное созревание плодов.

უკ 551.524.525

კ.თავართქილაძე

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურული რეჟიმი საქართველოში

მეტეოროლოგიური ქსელის ერთ-ერთ ძირითად ამოცანას გარემოს თერმული მდგომარეობის განსაზღვრა შეადგენს. ამ მიზნით, დაკვირვების სპეციალურ პუნქტებში სისტემატურად იზომება ნიადაგის სიღრმეების, ზედაპირის და მიწისპირა, აერის ტემპერატურები. აღსანიშნავია, რომ მსოფლიოს მეტეოროლოგიურ ქსელში აღნიშნული ტემპერატურებიდან ყველაზე უხეშად ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა იზომება. ამის მიზეზია ჯერ ერთი ის, რომ მეტეოროლოგიურ სადგურებზე ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა იზომება მოშიშვლებულ ზედაპირებზე, ასეთი ზედაპირები კი ბუნებაში ძალიან მცირეა. ხოლო შემდეგ, ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა, ძირითადად, მსოფლიოს მეტეოროლოგიურ ქსელში, საქართველოში კი დაკვირვების ყველა პუნქტში, იზომებოდა და იზომება ვერცხლისწყლიანი ან სპირტიანი თერმომეტრებით. რამოდენიმე მიკრონის თერმული სიმქისის ზედაპირული ფენის ტემპერატურის განსაზღვრა საკმაოდ დიდი ზომების მქონე რეზერვუარიანი თერმომეტრებით, რა თქმა უნდა, უხეშ შედეგებს მოგვცემს.

პრაქტიკული საჭიროების მიხედვით ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცოდნა საჭიროა იმ ბუნებრივ პირობებში, რომელშიც ზედაპირი ფაქტიურად იმყოფება. საქართველოს ტერიტორიაზე ლანდშაფტის მრავალფეროვნება თითქმის გამორიცხავს მთელი წლის განმავლობაში მოშიშვლებულ ზედაპირებს. ატმოსფერული ოკეანის ფსკერის ანუ ქვეფენილი ზედაპირების თერმულ მდგომარეობას ნიადაგის სტრუქტურასთან ერთად განსაზღვრავს ის მცენარეული საფარი თუ საგნები, რომლებიც ამა თუ იმ ზედაპირის განუყოფელ ნაწილს შეადგენენ [1]. ასეთი ზედაპირების ტემპერატურების სრულყოფილი განსაზღვრა მხოლოდ რადიაციული მეთოდებითაა შესაძლებელი და მას, ჯერჯერობით, მეტეოროლოგიური თანამგზავრებიდან ქვეფენილი ზედაპირების საკმაოდ დიდი ფართობის გასაშუალებელი ტემპერატურის განსაზღვრავად იყენებენ.

რაც შეეხება ვერცხლისწყლიანი ან სპირტიანი თერმომეტრებით ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის განსაზღვრის სიზუსტეს, არსებული ლიტერატურული წყაროების მიხედვით, გაზომვის ცდომილება $\pm 1^{\circ}\text{K}$ -ის ფარგლებშია. საქართველოში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ თერმომეტრები შედარებით სწორად განსაზღვრავენ ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას ღამით. დღისით კი, განსაკუთრებით მოწმენდილი ცის პირობებში, ცდომილებამ შეიძლება რამდენიმე გრადუსს მიაღწიოს [2].

მიუხედავად იმისა, რომ ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა მეტეოროლოგიურ ქსელში საკმაოდ უხეშად იზომებოდა, ინტერესი არსებული დაკვირვების მასალების გამოყენებით რეჟიმული მდგომარეობის შესწავლისადმი დიდი იყო. რიგ სამეცნიერო შრომებში გადმოცემული გამოკვლევებით მიღებული შედეგები [3-7 და სხვ.], ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის განსაზღვრის ცდომილების ფარგლებში ქვეფენილი ზედაპირების თერმული რეჟიმის შესწავლის საშუალებას იძლეოდა. მიღებული შედეგები კი გამოყენებას პოულობდა სოფლის მეურნეობისა და მრეწველობის სხვადასხვა სფეროებში.

ამრიგად, არსებული ლიტერატურული წყაროების მიხედვით, საქართველოს ტერიტორიაზე ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ფაქტიური მონაცემებით განსაზღვრულია ქვეფენილი ზედაპირების თერმული რეჟიმის დამახასიათებელი ზოგიერთი პარამეტრი. რადგან გაზომვის სიზუსტეზე სისტემატური, სტანდარტული ცდომილებების გავლენა არაა შემჩნეული, მიღებული პარამეტრების ჭეშმარიტება ბევრადაა დამოკიდებული სტატისტიკური რიგების სწორად დამუშავების შედეგებზე.

ფაქტიურად, ეს პარამეტრები ცალკეული რეგიონებისთვის მიღებულია დაკვირვების სხვადასხვა ხანგრძლივობის მქონე მონაცემებით, მაგრამ, მათი ერთნაირ პერიოდზე მიყვანა, მეთოდებითაა შესრულებული. მასასადამე, არსებული ლიტერატურული წყაროები ამა თუ იმ რეგიონის ქვეფენილი ზედაპირების თერმულ რეჟიმზე მიახლოებით წარმოდგენებს იძლევიან, მაგრამ ისინი თერმული ველის ასაგებად ნაკლებად საიმედონი არიან.

გავითვალისწინეთ რა აღნიშნული მდგომარეობა, ამ ნაშრომის ავტორმა და დ.მუმლაძემ მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდების გამოყენებით შევეცადეთ შეგვერჩია დაკვირვების პუნქტები დაკვირვების ერთნაირი პერიოდებით, ჩავვეტარებია მათი ობიექტური ანალიზი, მოგვეზადებია ფაქტიურ მონაცემთა ერთგვაროვანი ბაზა. ამ ბაზის გამოყენებით აგვეგო ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურული ველი საქართველოს ტერიტორიაზე და დაგვედგინა მისი ცვლილების კანონზომიერება კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის პირობებში. შერჩეული იქნა დაკვირვების სამოცამდე პუნქტი 1948-1990 წლების მონაცემებით. ობიექტური ანალიზი, ერთგვაროვნების შემოწმება და გამოტოვებული პერიოდების აღდგენა განხორციელდა მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ, ორთოგონალურ მდგენელებად დაშლის მეთოდით [8], აგებული იქნა ქვეფენილი ზედაპირის თერმული ველის და მისი ცვლილების რუკები. წინამდებარე ნაშრომში მოცემულია ზოგიერთი

შედეგი და კანონზომიერება. მიგვაჩნია, რომ ზემოხსენებული ნაშრომის შევსებასთან ერთად მათ დამოუკიდებელი მნიშვნელობაც შეიძლება გააჩნდეთ.

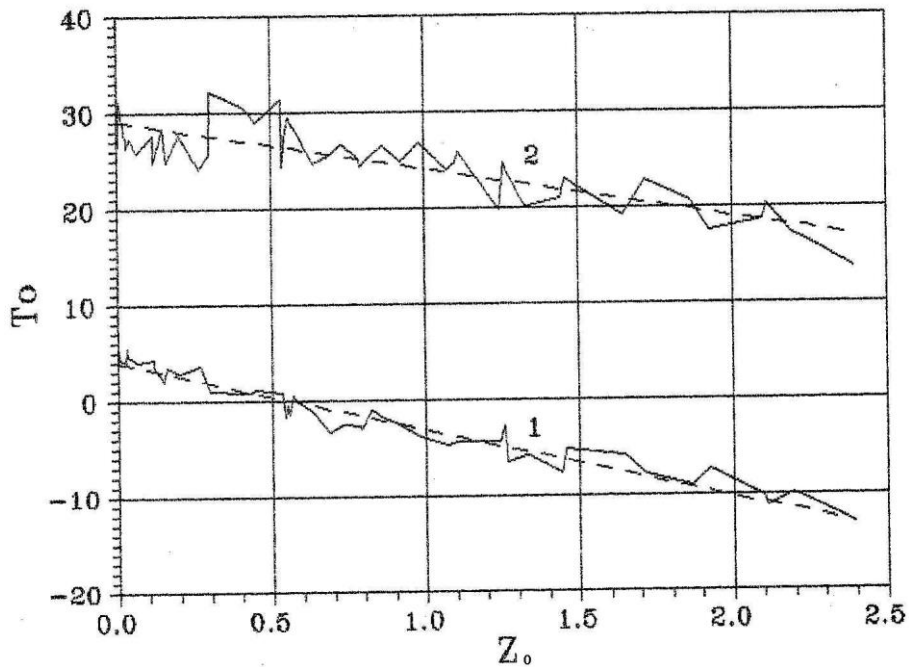
ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან სიმაღლის მიხედვით. როგორც ცნობილია, ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურული ველი ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის ზრდასთან ერთად შემცირებას განიცდის, მაგრამ საქართველოს ტერიტორიაზე თითქმის დაუდგენელია ამ ცვლილების ანალიზური სახე და მისი ვარიაციები ტერიტორიისა და დროის მიხედვით. შევეცადეთ რა დაგვედგინა აღნიშნული კანონზომიერების ანალიზური სახე და მისი სეზონური ცვალებადობა, გამოვიყენეთ 1948-1990 წლების სრული მონაცემების საშუალო თვიური მნიშვნელობები. კონკრეტული მაგალითი ნიადაგის ზედაპირის საშუალო თვიური ტემპერატურის ცვლილებისა დაკვირვების პუნქტის სიმაღლის მიხედვით, იანვრისა და ივლისისათვის, მოცემულია ნახ. 1-ზე. მიუხედავად იმისა, რომ აქ გაერთიანებულია ერთი და იგივე სიმაღლის სრულიად

სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში მყოფი დაკვირვების პუნქტები, საკმაოდ მკვეთრად გამოკვეთილი სიმაღლის მიხედვით შემცირების წრფივი სახე და შესაბამისი მცირე ვარიაციები. ეს საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე, მიუხედავად სხვადასხვა კლიმატური პირობებისა, ქვეფენილი ზედაპირების ტემპერატურული ველის ცვლილება სიმაღლის მიხედვით ერთნაირად ხდება და შედარებით მნიშვნელოვან ცვალებადობას იგი მხოლოდ სეზონების მიხედვით განიცდის.

თუ ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილებას წარმოვადგენთ წრფივი სახით, ე.ი.

$$T_0 = A + BZ_0 \quad (1)$$

სადაც T_0 და Z_0 შესაბამისად ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა და ადგილმდებარეობის სიმაღლეა ზღვის დონიდან, ხოლო A და B ემპირიული კოეფიციენტებია, მათში A და B -ს განსაზღვრა შეიძლება უმცირეს კვადრატთა მეთოდით ცალკეული თვეების მიხედვით.



ნახ.1. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით და ამ ცვლილების წრფივი აპროქსიმაცია (წყვეტილი ხაზი) საქართველოში იანვრის (1) და ივლისის (2) თვეებისთვის.

აღნიშნული გზით განსაზღვრული კოეფიციენტები, როცა ძი ადებულია კმ-ში, მოცემულია ცხრილ 1-ში. თუ შიდაწლიურ ცვლილებას წარმოვადგენთ დღეების მიხედვით და საწყისად ავიღებთ 1 იანვარს, მაშინ ცხრილის სტრიქონი "დღეთა რიცხვი დაწყებული 1 იანვრიდან" მიუთითებს დღეღამის რაოდენობას 1 იანვრიდან, რომელსაც შეესაბამება გამოთვლით მიღებული მნიშვნელობა. ცხრილში მოცემულია აგრეთვე საშუალო კვადრატული გადახრები, რომლებითაც შეიძლება განისაზღვროს ცდომილებები ფაქტიურ მონაცემებთან შედარებით.

ცხრილი 1. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურასა და ზღვის დონიდან სიმაღლეს შორის წრფივი კავშირის ემპირიული კოეფიციენტები

თვე	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
დღეთა რიცხვი დაწყებული 1 იანვრიდან	15	45	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
A °C	4.0	5.4	9.8	16.7	22.6	26.8	29.2	28.3	23.1	16.2	10.2	5.6
B °C / კმ	7.0	7.1	7.1	6.7	6.3	5.8	4.9	5.0	5.2	5.4	6.0	6.5
σ °C	0.7	0.1	1.2	4.3	2.8	1.5	1.9	1.6	1.2	0.9	1.4	0.3
σ %	47	47	26	39	16	7	8	7	6	8	26	64
T ₀ °C	-1.5	-0.2	4.2	11.4	17.6	22.2	25.3	24.4	19.1	11.9	5.4	0.5
A °C - T ₀	5.5	5.6	5.6	5.3	5.0	4.6	3.8	3.9	4.0	4.3	4.8	5.1

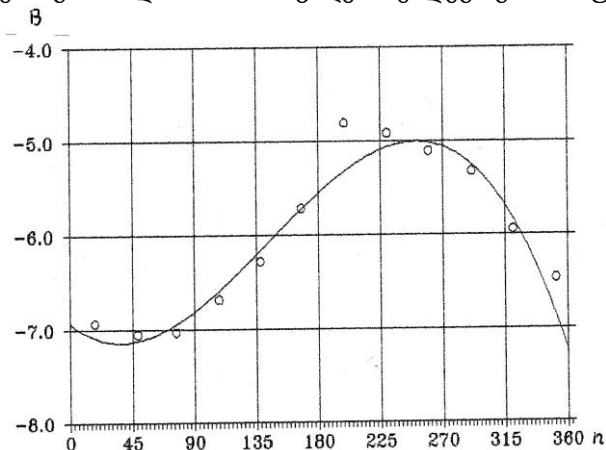
ცდომილებები ცხრილში ნაჩვენებია როგორც აბსოლუტური მნიშვნელობებით, ისე პროცენტებში. მიუხედავად იმისა, რომ წლის ცივი პერიოდისთვის აბსოლუტური ცდომილებები საკმაოდ მცირე და სტაბილურია, ფარდობითი ცდომილებები შედარებით დიდ რიცხვებს გვაძლევს. ეს გამოწვეულია მხოლოდ იმით, რომ ტემპერატურის მნიშვნელობები ამ პერიოდში საკმაოდ მცირეა და ნულთან ახლოსაა. ეს კი ფარდობითი ცდომილების დიაპაზონს საგრძნობლად ზრდის.

განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს აპრილის თვის საოცრად მაღალი დისპერსია ანუ ე.წ. „აპრილის ფენომენი“, რომელიც პირველად შემჩნეული იქნა მიწისპირა, აერის ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელის აგებისას [9]. კლიმატის თანამედროვე გლობალური დათბობის პერიოდში, საქართველოში ადგილი აქვს აცივებასაც (ძირითადად, დასავლეთ საქართველოში). მიწისპირა, აერის ტემპერატურის საშუალო წლიური ცვლილების დიაპაზონი საქართველოში ასი წლის მანძილზე 0.5-0.7 °K-ის ფარგლებში მერყეობს. გამონაკლისს წარმოადგენს აპრილის თვე, როცა საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე მხოლოდ მკვეთრი დათბობის პროცესი აღინიშნება და დათბობის ინტენსიურობა ასი წლის მანძილზე 1°K-ს აჭარბებს. ამ ფაქტის მიზეზი ჯერჯერობით აუხსნელია, მაგრამ ეჭვგარეშეა, რომ იგი დაკავშირებულია იმ კომპლექსური ფაქტორების ტენდენციურ ცვლილებასთან, რომლებიც ქვეფენილი ზედაპირების ეფემერულ გარდაქმნებს იწვევენ. ამის ნათელ დადასტურებას აპრილის თვის საშუალო კვადრატული გადახრის ანომალური გაზრდა იძლევა.

ემპირიული კოეფიციენტის A-ს ცვლილება თვეების მიხედვით, ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის შიდაწლიური ცვლილების მსგავსია. ცხრილის ბოლო ორ სტრიქონში მოცემულია ყველა გამოყენებული დაკვირვების პუნქტის მიხედვით განსაზღვრული ნიადაგის ზედაპირის საშუალო თვიური ტემპერატურა და სხვაობა ამ ტემპერატურასა და კოეფიციენტ A-ს მნიშვნელობებს შორის. როგორც ცხრილიდან ჩანს, სხვაობა დაახლოებით ხუთი გრადუსის ფარგლებშია და თვეების მიხედვით იგი მცირე ცვლილებას განიცდის.

პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია კოეფიციენტი B და მისი შიდაწლიური ცვლილება. იგი განსაზღვრავს ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის შემცირების სიდიდეს სიმაღლის ერთი ერთეულით ზრდის შემთხვევაში (ჩვენს შემთხვევაში კმ-ბი).

B კოეფიციენტის შიდაწლიურ ცვლილებას ნახ.2-ზე წარმოდგენილი სახე აქვს (აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია დღეების რაოდენობა დაწყებული 1 იანვრიდან). მოვახდინეთ რა მოცემული დისკრეტული წერტილების აპროქსიმაცია, მესამე რიგის პოლინომით, მივიღეთ შემდეგი გამოსახულება:



ნახ.2. B კოეფიციენტის შიდაწლიური ცვლილება

$$B = 6.94 - 1.18 \cdot 10^{-2}n + 1.87 \cdot 10^{-4}n^2 - 4.33 \cdot 10^{-7}n^3, \quad (2)$$

სადაც n - დღეთა რიცხვია დაწყებული 1 იანვრიდან. მიღებული განტოლებით ნახ. 2-ზე დატანილია მრუდი, რომელიც საკმაოდ კარგად ასახავს B -ს ფაქტიურ შიდაწლიურ ცვლილებას.

მიღებული (1) და (2) ფორმულების პრაქტიკული გამოყენების დიაპაზონი, მიგვაჩნია, რომ საკმაოდ დიდი შეიძლება იყოს, ამიტომ დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი სიზუსტის შეფასებას. მოვიყვანოთ მაგალითი, რომელიც გვიჩვენებს მისი პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობას და წარმოდგენას მოგვეცემს განსაზღვრის სიზუსტეზე. ძნელი არაა იმაში დარწმუნება, რომ ქვემოთ მოყვანილი მაგალითი უნდა იყოს ერთ-ერთი ყველაზე უხეში მოსალოდნელი შედეგებით, რომელიც აღნიშნული ფორმულის გამოყენებით შეიძლება იქნას მიღებული.

ვთქვათ, დაკვირვების პუნქტისთვის ცნობილია მხოლოდ ერთი რომელიმე თვის ნიადაგის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა. (1) და (2) ფორმულებით რა სიზუსტით შეიძლება დანარჩენი 11 თვის და, შესაბამისად, საშუალო წლიური ტემპერატურის განსაზღვრა? ე.ი. თუ მოცემულია რომელიმე ი-ური თვის, ანუ 1 იანვრიდან გარკვეული დღეთა რიცხვით დაშორებული პერიოდისთვის საშუალო თვიური ტემპერატურა, რა სიზუსტით შეიძლება განისაზღვროს ტემპერატურები დანარჩენი თვეებისათვის. (1) ფორმულა ამ შემთხვევაში მიიღებს სახეს:

$$\begin{aligned} T_{oi} &= A_i - B_i Z_0 \\ T_{ok} &= A_k - B_k Z_0 \\ k &= 1, 2, \dots, 11 \end{aligned} \quad (3)$$

მე-(3)-ე ფორმულებიდან საძიებელი ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურისთვის მივიღებთ გამოსახულებას:

$$T_{ok} = T_{oi} + (A_k - A_i) - (B_k - B_i) \cdot Z_0 \quad (4)$$

თუ (4) ფორმულაში ჩავსვამთ შესაბამისად B_0 -ს და B_3 -ს (2) ფორმულიდან და ვისარგებლებთ ცხრილი 1-ის მონაცემებით, T_{03} -ს განსაზღვრა შესაძლებელი გახდება.

მიღებული ფორმულების გამოყენებით განვიხილოთ პრაქტიკული მაგალითები სხვადასხვა კლიატური პირობების მქონე დაკვირვების პუნქტების – ფოთის, ფასანაურის და რადიონოვკის 43 წლის (1948-90 წწ) მონაცემების გამოყენებით. პირველ მაგალითში დავუშვათ, რომ ცნობილია ყველა წლის მხოლოდ ივლისის თვის, ხოლო მეორეში – ოქტომბრის თვის მონაცემები. ამ მონაცემებით და (2) და (4) ფორმულებით გამოთვლილი ყველა წლის დარჩენილი 11 თვის ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურები და მათ მიხედვით განსაზღვრული საშუალო მრავალწლიური სიდიდეები შედარებულია ფაქტიურ მნიშვნელობებთან და შედეგები მოცემულია მე-2-ე ცხრილში.

ცხრილი 2. ნიადაგის ზედაპირის გამოთვლილი ტემპერატურების შედარება ფაქტიურთან, როცა გამოთვლებისას გამოყენებულია ერთი რომელიმე თვის მონაცემები

დაკვირვების პუნქტი	გამოყენებულია ივლისის თვის მონაცემები			გამოყენებულია ოქტომბრის თვის მონაცემები		
	σ °F	σ %	მაქსიმ. გადახრა %-ში	σ °F	σ %	მაქსიმ. გადახრა %-ში
ფოთი	1.26	6.6	18.0	1.43	6.8	24.3
ფასანაური	1.67	13.7	39.9	1.72	14.3	43.0
რადიონოვკა	1.96	41.4	105.0	2.49	52.2	150.0

აღსანიშნავია, რომ ფოთისა და ფასანაურის შემთხვევაში საშუალო კვადრატული გადახრა ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის გამოთვლილ და ფაქტიურ სიდიდეებს შორის 2 °F-ს არ აღწევს. მხოლოდ რადიონოვკის შემთხვევაში, იგი ოქტომბერში იზრდება 2.5 °F-მდე. იმ პირობებში, როცა ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის გაზომვის საშუალო ცდომილება ± 1 °F-ის ფარგლებშია, მიგვაჩნია, რომ გამოთვლილი მნიშვნელობები საკმაოდ ახლოსაა ფაქტიურთან.

ამრიგად, მიღებული ფორმულები (1) და (2) საქართველოს ნებისმიერ კლიმატურ ზონაში ნიადაგის ზედაპირის თერმული რეჟიმის მიახლოებითი შეფასების და უწყვეტი თერმული ველის აგების საშუალებას გვაძლევს.

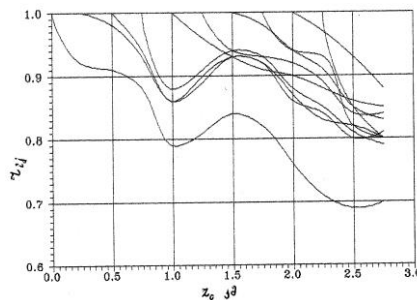
უკანასკნელ წლებში, როგორც თერმული რეჟიმის შესწავლისას, ასევე მეტეოროლოგიური მეცნიერების სრულიად განსხვავებულ დარგებში, დიდ გამოყენებას პოულობს მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდი, რომელიც მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ მდგენელებად დაშლასთანაა დაკავშირებული. მეტეოროლოგიაში იგი პირველად ნ.ბაგროვმა გამოიყენა [10]. შემდეგში მისი საფუძვლები თეორიულად დაამუშავა ა.ობუხოვმა [8], რამაც შესაძლებელი გახადა მეტეოროლოგიაში მისი ფართო მასშტაბით გამოყენება.

აღნიშნული მეთოდი განსაკუთრებით კარგ შედეგებს იძლევა მაშინ, როცა პარამეტრებსა თუ პროცესებს შორის მაღალი კორელაციური კავშირებია. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის მრავალწლიური ვარიაციების შესწავლამ გვიჩვენა, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე, მიუხედავად კლიმატური პირობებისა, საშუალო თვიური ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურების ცვლილებებს შორის ძალიან მაღალი კორელაციური კავშირებია. ეს საშუალებას იძლევა, აღნიშნული მეთოდის გამოყენებით, დავამყაროთ საკმაოდ ზუსტი ანალიზური კავშირები ცალკეული დაკვირვების პუნქტების ფაქტიურ მონაცემებს შორის.

შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ მდგენელებად დაშლისათვის საჭიროა დაკვირვების პუნქტებს შორის კოვარიაციული და კორელაციური მატრიცების აგება. აგებული მატრიცების გამოყენება რომ შესაძლებელი იყოს საქართველოს ნებისმიერი ტერიტორიისთვის და არა მხოლოდ დისკრეტული დაკვირვების პუნქტისთვის, მატრიცები ავაგეთ ზღვის დონიდან ყოველი 250 მ სიმაღლისათვის.

ცხრილ 3-ში, ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის ყოველი 250 მეტრისთვის, 0 – 2750 მ-ის დიაპაზონში, მოცემულია ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურების საშუალო თვიური მნიშვნელობათა კოვარიაციის და კორელაციის კოეფიციენტები საქართველოს ტერიტორიისთვის, ხოლო მე ნახაზზე ასახულია სიმაღლის მიხედვით კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება. როგორც სურათიდან ჩანს, ეს ცვლილება მკვეთრადაა განსხვავებული 0-დან 1000 მ-მდე, 1000-დან 2000 მ-მდე და 2000 მ ზემოთ განლაგებული ტერიტორიებისთვის. კერძოდ, 1000 მ-მდე ზედაპირის ტემპერატურების ცვლილების კორელაციური კავშირი ერთმანეთთან, ტერიტორიების სიმაღლეთა შორის სხვაობის გაზრდის შედეგად, მონოტონურ კლებას განიცდის. 1000-დან 1500 მ-მდე კლება ზრდაში გადადის, ხოლო 1500-2000 მ-ის დიაპაზონში კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება კვლავ მონოტონური კლებით ხასიათდება. ასეთივე კლებაა 2000 მ ზევით არსებული ტერიტორიებისთვის იმ განსხვავებით, რომ კორელაციის კოეფიციენტების შემცირება სიმაღლეთა შორის სხვაობის გაზრდით მკვეთრად ინტენსიური ხდება.

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურებს შორის აღწერილი კავშირის თავისებურებებს მრავალი ფაქტორი განაპირობებს. ამ ფაქტორების ანალიზი ამჟამად ჩვენი ამოცანის ფარგლებს სცილდება. ვახდენთ რა მხოლოდ ფაქტის კონსტატირებას, მიგვაჩნია, რომ აღნიშნულ კანონზომიერებას ყველა მთაგორიანი რეგიონებისთვის უნდა, ქონდეს ადგილი.



ნახ. 3. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურებს შორის კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლის მიხედვით

მე-3 ცხრილში მოცემული მატრიცების პრაქტიკული გამოყენება საქართველოს ტერიტორიაზე ფართო მასშტაბითაა შესაძლებელი. მოვიყვანოთ მისი პრაქტიკული გამოყენების ერთი მაგალითი: განვსაზღვროთ ნიადაგის ზედაპირის საშუალო წლიური ტემპერატურები 1948-1990 წლებში, თუ ცნობილია შესაბამისი ტემპერატურები საქართველოს ტერიტორიის რომელიმე კლიმატურ ზონაში. განსაზღვრის დროს გამოვიყენებთ ყველაზე უხემ მიახლოებას, კერძოდ, როცა გამოთვლებისას გამოყენებულია მხოლოდ ერთი რომელიმე ზონის ტემპერატურის მონაცემები. რა თქმა უნდა, სიზუსტე მნიშვნელოვნად გაიზრდება, თუ ფაქტიური მონაცემების მქონე ზონების რაოდენობას გავზრდით.

ცხრილი 3. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის კოვარიაციული (ა) და კორელაციური (ბ) მატრიცები ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სიმაღლეების მიხედვით

(ა)

სიმაღლე ზ. დ. კმ-ში	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
0	0.52	0.48	0.42	0.46	0.49	0.54	0.58	0.58	0.56	0.40	0.37	0.37
0.25		0.52	0.52	0.49	0.53	0.59	0.65	0.65	0.58	0.47	0.44	0.42
0.50			0.55	0.51	0.55	0.62	0.67	0.67	0.59	0.49	0.44	0.44
0.75				0.53	0.55	0.61	0.66	0.66	0.59	0.49	0.44	0.42
1.00					0.74	0.76	0.77	0.76	0.71	0.60	0.55	0.53
1.25						0.85	0.84	0.84	0.78	0.65	0.58	0.56
1.50							0.93	0.92	0.84	0.69	0.61	0.58
1.75								0.95	0.85	0.71	0.50	0.57
2.00									0.85	0.70	0.64	0.59
2.25										0.62	0.50	0.46
2.50											0.56	0.47
2.75												0.53

(ბ)

სიმაღლე ზ. დ. კმ-ში	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75
0	1	0.92	0.91	0.88	0.79	0.81	0.84	0.82	0.76	0.71	0.69	0.70
0.25		1	0.98	0.93	0.86	0.89	0.93	0.92	0.87	0.83	0.82	0.80
0.50			1	0.94	0.86	0.90	0.93	0.92	0.86	0.84	0.80	0.81
0.75				1	0.88	0.91	0.94	0.93	0.88	0.85	0.81	0.79
1.00					1	0.96	0.93	0.91	0.90	0.88	0.86	0.85
1.25						1	0.94	0.93	0.92	0.89	0.84	0.84
1.50							1	0.98	0.94	0.91	0.85	0.83
1.75								1	0.94	0.93	0.82	0.80
2.00									1	0.97	0.93	0.88
2.25										1	0.85	0.80
2.50											1	0.86
2.75												1

თუ საძიებელი და მოცემული ნიადაგის ზედაპირის საშუალო წლიური ტემპერატურების მრავალწლიურ საშუალო სიდიდეებს შესაბამისად აღვნიშნავთ \bar{T}_{01} და \bar{T}_{02} -ით, მაშინ

$$T_{01} = \bar{T}_{01} + \frac{R_{12}}{R_{22}} (T_{02} - \bar{T}_{02}) \quad (5)$$

სადაც R_{12} კოვარიაციის კოეფიციენტია აღნიშნულ სიმაღლეებს შორის, ხოლო R_{22} აღნიშნული ზონის დისპერსიაა. \bar{T}_{01} და \bar{T}_{02} მნიშვნელობების განსაზღვრა ნებისმიერი სიმაღლისა და ნებისმიერი თვისთვის (3) და (4) ფორმულებით შეიძლება.

ნიადაგის ზედაპირის საშუალო წლიური ტემპერატურების მნიშვნელობები 1948-1990 წლებში გამოთვლილია იგივე დაკვირვების პუნქტებისთვის, რომლებიც მე-2-ე ცხრილშია მოცემული. წინა მაგალითში საძიებელი ტემპერატურის განსაზღვრას (აღდგენას) დაკვირვების პუნქტის ერთ-ერთი რომელიმე თვის მონაცემებით ვატარებდით. ამჯერად თითოეული დაკვირვების პუნქტის ფაქტიური მონაცემების გამოყენებით აღდგენილია სხვა, სრულიად განსხვავებულ პირობებში მყოფი დაკვირვების პუნქტის სავარაუდო ტემპერატურები. განხილულია იგივე სამი პუნქტი (იხ. ცხრილი 2), თითოეული მაგალითი ფაქტიურად სამი დამოუკიდებელი მაგალითისგან შედგება, განსხვავებულ კლიმატურ რეჟიმში მყოფი პუნქტების გამოყენებით. კერძოდ, ფოთისთვის აღებულია ჩაქვის, მთა-საბუეთის და გაგრის ქედის ფაქტიური მონაცემები. ფასანაურისთვის გამოთვლები ჩატარებულია სამტრედიის, აბსათუმნის და წალკის ფაქტიური მონაცემებით, ხოლო რადიონოვკისთვის აღებულია საქარის, ახალციხის და ეგრემოვკის ფაქტიური მონაცემები.

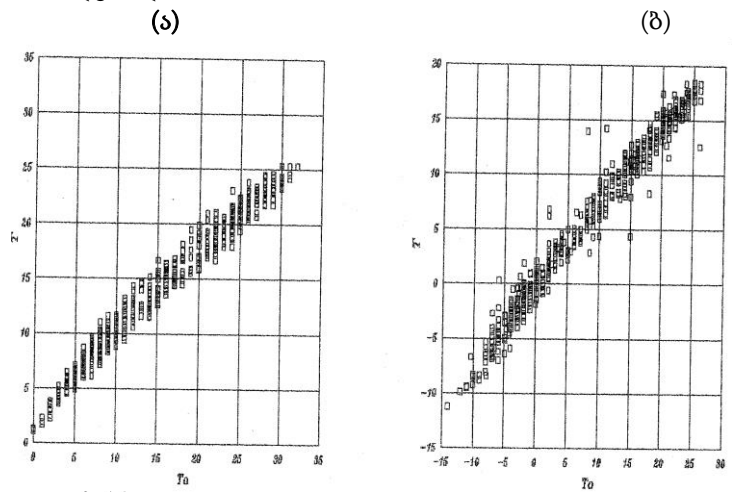
აღნიშნული სამი დაკვირვების პუნქტის (ფოთი, ფასანაური, რადიონოვკა) გამოთვლილ და ფაქტიურ მონაცემებს შორის განსაზღვრულია საშუალო კვადრატული გადახრები აბსოლუტურ ერთეულებში,

ფარდობით ერთეულებში და 43 წლის მანძილზე მათ შორის მაქსიმალური ფარდობითი გადახრები. გამოთვლების შედეგები მოცემულია ცხრილ 4-ში. როგორც მე-4-ე ცხრილიდან ჩანს, მიუხედავად იმისა, რომ გამოთვლებისას უმეტესად გამოყენებულია სრულიად განსხვავებულ პირობებში მყოფი დაკვირვების პუნქტების ფაქტიური მონაცემები, აღდგენილი სიდიდეები საკმაოდ კარგად ასახავს ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ფაქტიურ ცვლილებას 1948-1990 წლებში.

ცხრილი 4. ნიადაგის ზედაპირის გამოთვლილი ტემპერატურების შედარება ფაქტიურთან, როცა გამოთვლები ჩატარებულია შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ მდგენელებად დაშლის მეთოდით

დაკვირვების პუნქტი		σ °K	σ %	მაქსიმალური გადახრა %
გამოსათვლელი	გამოყენებული			
ფოთი	ჩაქვი	0.72	3.8	8.9
	მთა-საბუეთი	1.41	8.1	13.5
	გაგრის ქედი	0.81	4.1	9.6
ფასანაური	სამტრედია	0.61	5.0	9.6
	აბასთუმანი	0.70	6.2	13.3
	წალკა	0.92	8.2	24.3
რადიონოვკა	საქარა	1.09	20.8	49.9
	ახალციხე	0.63	12.4	40.7
	ეფრემოვკა	0.54	12.3	50.0

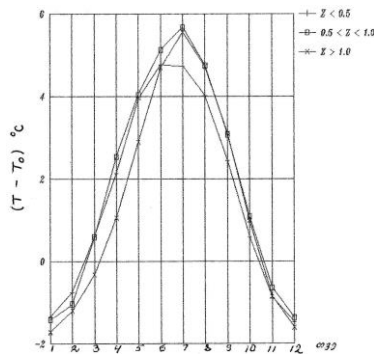
კავშირი ნიადაგის ზედაპირისა და აერის ტემპერატურებს შორის, ნიადაგის ზედაპირისა და აერის ტემპერატურების ჩამოყალიბებაში ძირითადი როლი მზის სხივურ ენერგიას ეკუთვნის, მაგრამ პროცესი, რომელიც სხივური ენერგიის სითბურ ენერგიად გარდაქმნას განაპირობებს, ნიადაგის და აერის შემთხვევაში განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის სიდიდეს მოკლე და გრძელტალღიანი რადიაციული ნაკადების შთანთქმის (არეკვლის) უნარიანობა ანუ ზედაპირის ალბედო განსაზღვრავს, ხოლო მიწისპირა აერის ტემპერატურის ფორმირებაში ქვეფენილი ზედაპირის მიერ დიფუზიით გადაცემული სითბოს რაოდენობასთან ერთად დიდი მნიშვნელობა აერის ტენშემცველობას გააჩნია. ეს უკანასკნელი შთანთქმავს რა განსაკუთრებით ინტენსიურად გრძელტალღიან გამოსხივებას, აერის ტემპერატურის ჩამოყალიბებაში მას მნიშვნელოვანი როლი მიუძღვის. ამიტომ, კავშირი ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურებს შორის უშუალოდ დაკვირვების მომენტში მდგრადი და ცალსახა არ შეიძლება იყოს. ამაში დარწმუნება ადვილია თუ შევადარებთ ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურების ვარიაციებს დაკვირვების ვადების მიხედვით. მაგრამ, თუ განვიხილავთ კავშირს აღნიშნული ტემპერატურების საშუალო თვიურ მონაცემებს შორის, იგი მდგრადი და ცალსახაა. ამას ადასტურებს დაკვირვების ყველა პუნქტის მრავალწლიური მონაცემები, რომელთაგან საილუსტრაციოდ ნახ.4-ზე მოცემულია კავშირი სენაკისა და წალკის ნიადაგის ზედაპირისა და აერის ტემპერატურებს შორის. აღნიშნული ნახაზი, რომელზედაც დატანილია 1948-1990 წლების ყოველთვიური მონაცემები, თვალნათლივ ადასტურებს ნიადაგის ზედაპირისა და აერის ტემპერატურების საშუალო თვიურ მონაცემებს შორის მჭიდრო კავშირს და ამ კავშირის მდგრადობას.



ნახ.4 კავშირი ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურას შორის სენაკისა (ა) და წალკისთვის (ბ)

ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურებს შორის რაოდენობრივი კავშირის დასადგენად მრავალწლიური მონაცემები დავყავით სამ ჯგუფად ზედაპირის ზღვის დონიდან სიმაღლის მიხედვით. პირველ ჯგუფში გავერთიანეთ დაკვირვების იმ პუნქტთა მონაცემები, რომლებიც განლაგებული არიან ზღვის დონიდან 0-დან 500 მ-მდე. მეორე ჯგუფში გაერთიანდა 500-დან 1000 მ-მდე განლაგებული დაკვირვების პუნქტთა მონაცემები, ხოლო მესამე ჯგუფი შეადგინა იმ პუნქტების მონაცემებმა, რომლებიც 1000 მ-ზე მაღლა მდებარეობენ

ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურათა შორის სხვაობის შიდაწლიური ცვალებადობა საქართველოს ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან 500 მ-მდე, 500-დან 1000 მ-მდე და 1000 მ-ის ზევით მოცემულია ნახ. 5-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს სხვაობა ნიადაგის ზედაპირისა და აერის ტემპერატურებს შორის საქართველოს ტერიტორიაზე დადებითია მარტიდან ოქტომბრის ჩათვლით. ზღვის დონიდან 1000 მ-მდე განლაგებული ზედაპირებისათვის ეს სხვაობა უარყოფითიდან დადებითში გადადის თებერვლის შუა რიცხვებში. 1000 მ-ზე ზევით განლაგებული ზედაპირებისთვის გადასვლის თარიღი გადაინაცვლებს მარტის პირველ დეკადაში. აღნიშნული სხვაობის ნიშნის შეცვლა ანუ დადებითიდან უარყოფითში გადასვლა სამივე ჯგუფისათვის ოქტომბრის შუა რიცხვებში ხდება. რაც შეეხება სხვაობის სიდიდეს, იგი ნაკლებადაა დამოკიდებული ზედაპირების სიმაღლეზე ზღვის დონიდან და მისი ძირითადი ცვლილება სეზონების მიხედვით ხდება. ზამთრის თვეებში ეს სხვაობა მერყეობს 0-დან -1.8 °C-მდე. ხოლო დანარჩენ სეზონებში ეს სხვაობა, იწყება რა 0°C-დან, მაქსიმუმს ივლისის თვეში აღწევს და იგი 5-დან 6°C-ის ფარგლებშია.



ნახ.5. ნიადაგის ზედაპირისა და მიწისპირა აერის ტემპერატურათა შორის სხვაობის შიდაწლიური ცვალებადობა საქართველოს ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან 500 მ-მდე, 500-დან 1000 მ-მდე და 1000 მ ზევით ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურები და მათი დადგომის თარიღის ალბათობები. მიწისპირა აერის, ნიადაგის ზედაპირის და სიღრმეების ტემპერატურების ვარიაციებს, განსაკუთრებით იმ პერიოდებში, როცა აღნიშნული ტემპერატურები უარყოფით მნიშვნელობებს ღებულობენ, დიდი მნიშვნელობა აქვს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებისა და პროდუქტიულობისთვის. დაკვირვების მასალები, რომლებიც წინამდებარე ნაშრომს უდევს საფუძვლად, ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურული რეჟიმის შესწავლის საშუალებას იძლევა.

ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურების განაწილების და მისი დროის მიხედვით ცვლილების შესასწავლად, მონაცემები სხვადასხვა სიმაღლეების მიხედვით დავაჯგუფეთ სამ პერიოდად (1948-1961, 1962-1975, 1976-1990 წწ). ცხრილ 5-ში სხვადასხვა სიმაღლეებისათვის მოცემულია აღნიშნული სამი პერიოდის მიხედვით გასაშუალებული დღეთა რიცხვი წელიწადში უარყოფითი ტემპერატურებით და შესაბამისი საშუალო კვადრატული გადახრები.

ცხრილი 5. დღეთა რიცხვი ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურებით წლის განმავლობაში და მისი ცვლილება 1948-1990 წლებში

		სიმაღლე ზღვის დონიდან						
		0-0.2	0.2-0.5	0.5-0.8	0.8-1.2	1.2-1.8	1.8-2.1	2.1-2.4
დღეთა რიცხვი როცა $t < 0$ °C	1948-1961	0.8	10.8	40.4	65.0	103.5	142.5	170.0
	1962-1975	0.9	11.0	42.9	68.1	101.5	143.5	171.7
	1976-1990	0.8	7.8	41.4	66.7	103.5	147.1	174.9
საშუალო კვადრატული გადახრა (დღე/წელი)	1948-1961	4.9	17.7	28.7	28.2	24.8	21.1	21.5
	1962-1975	16.1	15.9	23.2	24.2	27.5	20.3	22.0
	1976-1990	14.1	14.8	26.7	21.7	27.8	20.6	22.2

ცხრილის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ დღეთა რაოდენობა ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურებით, ზღვის დონიდან სიმაღლის ზრდის მიხედვით, დაწყებული 0.2 კმ-დან, წრფივად იზრდება. პრაქტიკულად სამივე პერიოდისთვის ცვლილების კანონზომიერება ერთნაირია და იგი შემდეგი გამოსახულებით შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი:

$$N = 80 z^{-12}, \quad z > 0.2 \text{ km.} \quad (6)$$

სადაც N დღეთა რიცხვია ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი საშუალო დღელამური ტემპერატურებით, ხოლო z- სიმაღლეა ზღვის დონიდან კმ-ში.

როგორც აღვნიშნეთ, ფორმულა (6) საკმაოდ ზუსტად ასახავს საქართველოს ტერიტორიაზე დღეთა რაოდენობას ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი საშუალო დღელამური ტემპერატურებით 0.2 კმ-ს ზევით განლაგებული ზედაპირებისთვის.

ზღვის დონიდან 0-0.2 კმ განლაგებული ზედაპირებისთვის უარყოფითი ტემპერატურებიანი დღეთა რაოდენობა არაწრფივ სახეს ღებულობს. კერძოდ

$$N = 65 z^{1.16}. \quad (7)$$

საერთოდ, ფორმულა (7) (6)-თან შედარებით ნაკლებად ზუსტია, მაგრამ გამოხატავს N-ის ცვლილებას სიმაღლის მიხედვით ნებისმიერი სიმაღლისთვის.

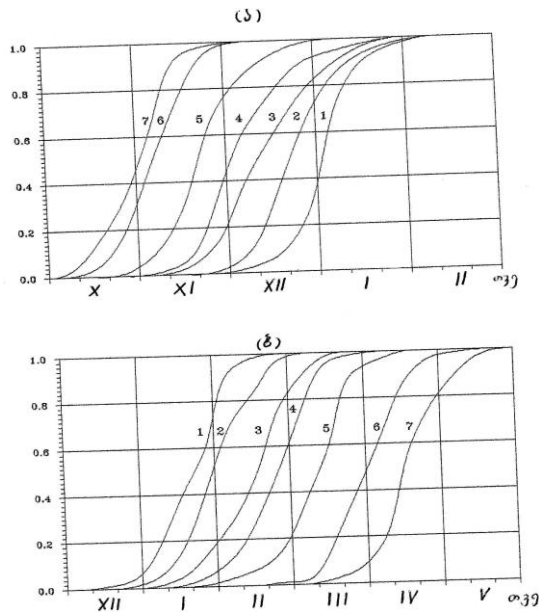
ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურების ხანგრძლივობასთან ერთად დიდი მნიშვნელობა აქვს მისი დაწყებისა და დამთავრების თარიღების დადგენას.

არსებული მასალებით, დაკვირვების ყველა პუნქტისთვის, ათდღიანი პერიოდების (დეკადების) სიზუსტით განვსაზღვრეთ დადებითიდან უარყოფითში და პირიქით, უარყოფითიდან დადებითში გადასვლის ყოველწლიური თარიღები. ამან საშუალება მოგვცა ამა თუ იმ დაკვირვების პუნქტისთვის დაგვედგინა ნიადაგის ზედაპირის საშუალო დღელამური ტემპერატურის დადებითიდან უარყოფითში და პირიქით გადასვლის უაღბათესი თარიღები. ეს თარიღები ახლოს იყო ერთმანეთთან ზღვის დონიდან თანაბარ სიმაღლეებზე მდებარე პუნქტებისთვის, რის გამოც ისინი გავაერთიანეთ და მიღებული შედეგები წარმოდგენილია ცხრილ 6-ში. ცხრილის ზოგიერთ სვეტში მოცემულია თარიღების ორი ჯგუფი. პირველი განსაზღვრავს დადებითიდან უარყოფითში. ხოლო მეორე უარყოფითიდან დადებითში გადასვლის ალბათობას.

ცხრილი 6. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის 0°-ზე გადასვლის თარიღების ალბათობები საქართველოს ტერიტორიის სხვადასხვა სიმაღლეებზე ზღვის დონიდან

თვე	დეკადა	სიმაღლე ზღვის დონიდან კმ-ში													
		0-0.2		0.2-0.5		0.5-0.8		0.8-1.2		1.2-1.8		1.8-2.1		2.1-2.4	
X	1													0.01	
X	2											0.03		0.11	
X	3									0.01		0.14		0.19	
XI	1							0.01		0.09		0.34		0.36	
XI	2					0.03		0.05		0.21		0.29		0.28	
XI	3			0.01		0.10		0.24		0.37		0.17		0.04	
XII	1	0.02		0.07		0.25		0.31		0.17		0.03		0.01	
XII	2	0.05	0.01	0.24		0.21		0.17		0.09					
XII	3	0.19	0.03	0.34	0.01	0.19		0.13		0.05					
I	1	0.46	0.13	0.19	0.02	0.08	0.01	0.04		0.01					
I	2	0.19	0.23	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.01						
I	3	0.09	0.21	0.05	0.36	0.05	0.13	0.02	0.04		0.01				
II	1		0.33	0.07	0.14	0.02	0.10		0.09		0.03				
II	2		0.05		0.23	0.01	0.24		0.18		0.04				
II	3		0.01		0.17		0.24		0.19		0.07		0.01		
III	1				0.03		0.15		0.27		0.21		0.01		
III	2						0.08		0.18		0.25		0.14		0.02
III	3						0.01		0.03		0.30		0.23		0.04

IV	1								0.01		0.06		0.26		0.13
IV	2										0.03		0.23		0.37
IV	3												0.09		0.21
V	1												0.02		0.10
V	2												0.01		0.11
V	3														0.02



ნახ.6 ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის დადებითიდან უარყოფითში (ა) და უარყოფითიდან დადებითში (ბ) გადასვლის თარიღის ალბათობები საქართველოს ტერიტორიაზე ზღვის დონიდან ადგილმდებარეობის სხვადასხვა სიმაღლეებისთვის (1- 0.1 კმ, 2- 0.25 კმ, 3-0.65 კმ, 4- 1 კმ, 5-1.5 კმ, 6-1.95კმ, 7-2.25 კმ).

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ალბათობების განაწილება სხვადასხვა სიმაღლეებზე განსხვავდება ერთმანეთისაგან. გვხვდება როგორც ნორმალური, ასევე ასიმეტრიული და ხშირად ორმოდიანი განაწილებაც. ეს სრულიად ბუნებრივია, თუ გავითვალისწინებთ საქართველოს რთულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებს და ატმოსფერული პროცესების მრავალფეროვნებას.

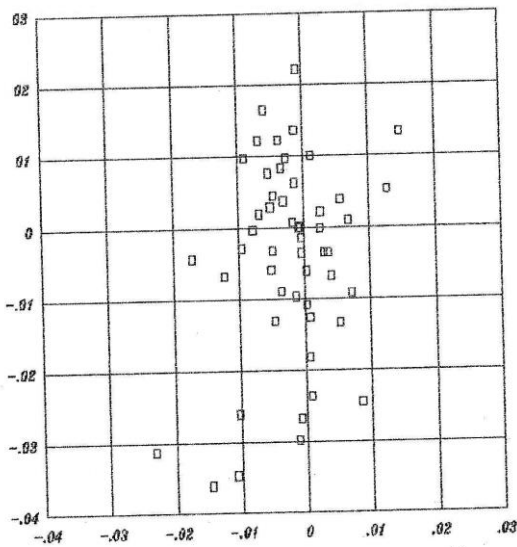
ცხრილის მონაცემების მიხედვით ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის 0⁰ჩ-ზე გადასვლის თარიღების ფაქტიური ალბათობები, სხვადასხვა სიმაღლეებისთვის, ტემპერატურის დადებითი მნიშვნელობიდან უარყოფითში გადასვლის შემთხვევისთვის და პირიქით წარმოდგენილია სურათებზე 6(ა) და (ბ). აბსცისთა ღერძზე გადაზომილია პერიოდი ოქტომბრიდან მაისის ჩათვლით ათდღიანი მონაკვეთით. ორდინატზე -0⁰ჩ-ზე გადასვლის ალბათობები. მრუდები აგებულია მე-6 ცხრილში მოცემული სიმაღლეების დიაპაზონთა შუა წერტილებისთვის. მაგალითად, ზღვის დონიდან 0-0.2 კმ-ზე მდებარე ზედაპირებისთვის დადებითიდან უარყოფითში გადასვლის ალბათობები დეკემბრის პირველი დეკადიდან იანვრის მესამე დეკადამდე გრძელდება. გადასვლის უალბათესი პერიოდია იანვრის 3-6 რიცხვში (შესაბამისი ალბათობა 0.5-ის ტოლია).

ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიაზე ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის 0⁰ჩ-ზე გადასვლის თარიღის დადგენა ზღვის დონიდან 2.4 კმ-მდე განლაგებული ზედაპირებისთვის საკმაოდ ზუსტად შეიძლება განისაზღვროს. (ა) და (ბ)-ზე წარმოდგენილი მრუდებით, რომელთაც 1948-1990 წლების ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურაზე ფაქტიური დაკვირვების სრული მონაცემები უდევს საფუძვლად.

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება ავის ცვლილების ფონზე, ავის გლობალური დათბობის ფონზე საქართველოს ავის ცვლილება გამორჩეული თავისებურებებით მიმდინარეობს. ძირითადად, აღმოსავლეთ საქართველოში დათბობის და დასავლეთ საქართველოში აცივების პირობებში გამოკვეთილია დათბობის ზონაში აცივების და აცივების ზონაში დათბობის მცირე ზოლები. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ იგი ყოველთვის არ შეესაბამება აერის ტემპერატურის ცვლილების საერთო ტენდენციას.

,აერისა და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურების ცვლილებათა შორის კავშირზე გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა ნახ.7, სადაც წარმოდგენილია მათი საშუალო წლიური ცვლილებები 1948-1990 წლებში საქართველოს 50 დაკვირვების პუნქტის სრული მონაცემების მიხედვით. ცვლილება თითოეული დაკვირვების პუნქტისთვის დადგენილია 43-წლიანი პერიოდის ტემპერატურის ცვლილების წრფივი აპროქსიმაციით [9]. დაკვირვების 18 პუნქტზე, რაც საერთო შემთხვევის 36%-ს შეადგენს ,აერის ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის შემცირებასაც აქვს ადგილი. დაკვირვების 6 პუნქტზე (12%) დათბობა ერთდროულად მიმდინარეობს. 14 პუნქტზე (28%) ,აერის ტემპერატურის შემცირების პროცესის პარალელურად ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ზრდა ხდება და 12 პუნქტზე (24%) პირიქით, ,აერის ტემპერატურის ზრდას ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის შემცირება შეესაბამება.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, აღნიშნული ტემპერატურების ცვლილებებს შორის თითქმის არაა კავშირი, მაგრამ ეს ასე არ არის. ცვლილების მიმართულებას და სიდიდეს, მონაცემთა თანმიმდევრობის წრფივი აპროქსიმაციის შემთხვევაში, განტოლების საკუთხო კოეფიციენტი განსაზღვრავს, რომელიც, როგორც წესი, ნულთან ახლოსაა როგორც დადებითი ისე უარყოფითი მნიშვნელობის დროს. მართლაც, როგორც ნახ.7 გვიჩვენებს, 43 წლის ხანგრძლივობის მონაცემების მიხედვით, საქართველოს ტერიტორიაზე მიწისპირა ,აერის ტემპერატურის ცვლილების სიდიდე -0.02 °C/წელი-დან $+0.015$ °C/წელი-მდე შუალედში მერყეობს. ხოლო ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების დიაპაზონი -0.036 °C/წელი-დან $+0.022$ °C/წელი-ს ფარგლებშია. ნულთან ახლოს მყოფი სიდიდის ნიშნის შეცვლა ვარიაციების მცირე ცვლილებითაც შეიძლება მოხდეს, ანუ, სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, 43 წლის მონაცემები კლიმატის ცვლილების ან კლიმატის განმსაზღვრელი ცალკეული პარამეტრის ცვლილების დასადგენად ნაკლებად საიმედოა. ალბათ, ამისთვის დაახლოებით ასწლიანი მონაცემები მაინცაა აუცილებელი. მიუხედავად ამისა, თუ ცვლილებები გამოხატულია მკვეთრად, ანუ ცვლილებების მაქსიმალური მნიშვნელობების შემთხვევაში გარკვეული, ჭეშმარიტებასთან ახლოს მდგომი კანონზომიერებების დადგენა მაინც შესაძლებელია.

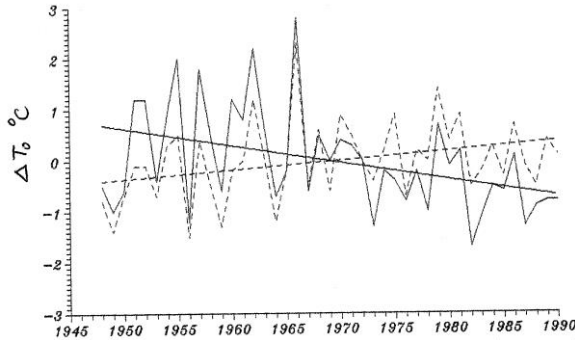


ნახ. 7. კავშირი ნიადაგის ზედაპირისა (თ) და ,აერის (თ) საშუალო წლიური ტემპერატურების ცვლილებებს შორის საქართველოს დაკვირვების პუნქტების 1948-1990 წლების მონაცემების მიხედვით

განხილული პერიოდისთვის შევარჩიეთ სამ-სამი პუნქტი, სადაც მიწისპირა ,აერის ტემპერატურის ცვლილება სხვებთან შედარებით მკვეთრად იყო გამოხატული. ასეთი ძლიერი აცივების პუნქტები 1948-1990 წლებში აღმოჩნდა ონი, ბახმარო და ტყიბული, ხოლო დათბობის მიხედვით – სამტრედია, ბათუმი და შირაქი. აღნიშნული პუნქტების ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურათა ცვლილებები აცივებისა და დათბობის პროცესის მიხედვით გავაერთიანეთ და ნახ.8-ზე წარმოდგენილია მათი საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვლილებები და ამ ცვლილებათა წრფივი აპროქსიმაციები. როგორც სურათიდან ჩანს, მიწისპირა ტემპერატურის შედარებით მკვეთრი კლებისა და ზრდის პროცესი, ნიადაგის ზედაპირის შესაბამისად, მნიშვნელოვანი აცივებისა და დათბობის პროცესით ხასიათდება

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების შიდაწლიური პროცესი. ნახ.9-ზე მოცემულია ზემოთ აღნიშნული სამ-სამი დაკვირვების პუნქტების მიხედვით გასაშუალებული მონაცემებით აგებული ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილებები თვეების მიხედვით. ცვლილება წარმოდგენილია როგორც მონაცემთა წრფივი აპროქსიმაციით, ასევე საბოლოო და საწყის პერიოდებს შორის ტემპერატურათა სხვაობით. საბოლოო პერიოდის ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა

წარმოადგენს საშუალო თვიური მონაცემების გასაშუალებულ მნიშვნელობებს 1976-1990 წლებში. ხოლო, საწყისი პერიოდი მოიცავს 1948-1962 წწ პერიოდს. როგორც ნახაზიდან ჩანს, წრფივი აპროქსიმაციათა და ტემპერატურათა სხვაობით მიღებული მნიშვნელობები თითქმის არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. აცივების ზონაში ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირება ყველაზე ინტენსიურად მაისში ხდება, ხოლო ყველაზე სუსტად მარტში და სექტემბერში. აღსანიშნავია, რომ დათბობის ზონაში იანვარსა და ნოემბერში ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა აცივების პროცესით ხასიათდება. დანარჩენ თვეებში ტემპერატურის ცვლილება ზრდის მიმართულებითაა, მაქსიმუმით აპრილსა და სექტემბერში.

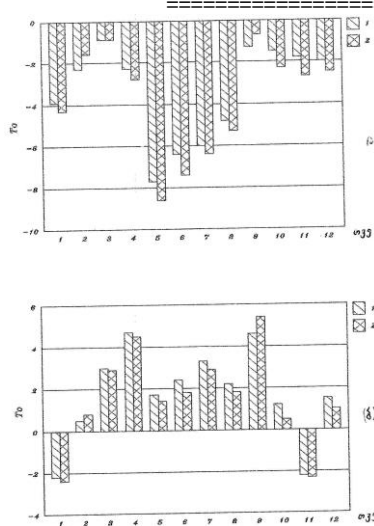


ნახ.8. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება 1948-1990 წლებში ყველაზე ძლიერი აცივების (ონი, ბახმარო, ტყიბული) და დათბობის (სამტრედია, ბათუმი, შირაქი) ზონაში

როგორც მოსალოდნელია, ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ვარიაციებზე გარკვეული გავლენა უნდა ქონდეს მოდრულულობას და ქარს. ამის შესამოწმებლად განვსაზღვრეთ კორელაციური კავშირები ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას, ღრუბლიანობის განმსაზღვრელ ძირითად პარამეტრებსა და ქარის ვარიაციებს შორის.

ცხრილი 7. კორელაციური მატრიცა ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას, ღრუბლიანობის პარამეტრებს და ქარის სიჩქარეს შორის აცივების (ონი, ბახმარო, ტყიბული) და დათბობის (სამტრედია, ბათუმი, შირაქი) ზონაში

		To, °C	Go, ბალ ო	Gn, ბალ ო	Go1, %	Go2, %	Gn1, %	Gn2, %	V, მ/წმ
საშუალო		11.4	5.99	4.75	21.1	51.1	45.4	40.9	1.27
საშ. კვად. გად.		1.25	0.36	0.72	12.3	3.82	9.14	6.42	0.85
აცივების ზონა	To	1	-0.27	-0.50	-0.50	-0.24	0.50	-0.46	0.48
	Go		1	0.39	-0.10	0.89	-0.30	0.45	-0.09
	Gn			1	0.54	0.26	-0.96	0.95	-0.63
	Go1				1	-0.30	-0.69	0.28	-0.85
	Go2					1	-0.10	0.43	0.11
	Gn1						1	-0.81	0.73
	Gn2							1	-0.43
	V								1
საშუალო		15.0	6.3	4.6	27.4	52.5	45.5	37.8	2.25
საშ. კვად. გად.		1.22	0.49	0.54	4.6	7.0	6.2	7.3	0.94
დათბობის ზონა	To	1	0.37	0.26	-0.06	0.46	-0.04	0.40	0.31
	Go		1	0.58	-0.73	0.93	-0.39	0.60	0.22
	Gn			1	-0.49	0.49	-0.83	0.82	0.27
	Go1				1	-0.44	0.63	-0.25	-0.13
	Go2					1	-0.17	0.66	0.19
	Gn1						1	-0.39	-0.32
	Gn2							1	0.10
	V								1



ნახ.9. ნიადაგის ზედაპირის საშუალო თვიური ტემპერატურების ცვლილება აცივების (ა) და დათბობის (ბ) ზონებში წრფივი აპროქსიმაციით (1) და საწყისი და ბოლო პერიოდების ტემპერატურათა სხვაობით (2)

ზემოთ აღნიშნული სამ-სამი დაკვირვების პუნქტების საშუალო წლიური მონაცემების მიხედვით ავსებთ კორელაციური მატრიცები აცივებისა და დათბობის ზონებისათვის (შემთხვევათა რიცხვა შეადგინა 129). ღრუბლიანობის დასახასიათებლად გამოვიყენეთ საერთო (G_0) და ქვედა იარუსის (G_n) მოდრულულობის საშუალო წლიური მონაცემები და მოწმენდილი და მოდრულული ცის ალბათობები საერთო (G_{01}, G_{02}) და ქვედა იარუსის (G_{n1}, G_{n2}) მოდრულულობის მიხედვით. მოწმენდილი ცის ალბათობაში ვგულისხმობთ ცის თაღის მდგომარეობას, როცა ათბალიან სისტემაში მოდრულულობა ორ ბალს არ აღემატება, ხოლო მოდრულული ცის ქვეშ იგულისხმება რვიდან ათ ბალამდე მოდრულულობა. ქარი დავახასიათებთ მხოლოდ საშუალო წლიური სიჩქარის მიხედვით (V მ/წმ). ცხრილ 7-ში მოცემულია კორელაციური კავშირები აღნიშნულ პარამეტრებს შორის, აგრეთვე მათი საშუალო მნიშვნელობები და საშუალო კვადრატული გადახრები აცივებისა და დათბობის მიხედვით.

ცხრილი 7-ის მონაცემები გამოხატავს რა ქარისა და ღრუბლიანობის კავშირს ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურასთან, ზოგიერთ საინტერესო ინფორმაციას იძლევა. მაგალითად, დათბობის ზონაში როგორც საერთო, ისე ქვედა იარუსის მოდრულულობის შემთხვევაში, კავშირი მოდრულულობასა და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას შორის დადებითია, ხოლო აცივების ზონაში პირიქით – უარყოფითი. ე.ი. ღრუბლიანობის გაზრდით დათბობის ზონაში ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა იზრდება, აცივების ზონაში კი კლებულობს. რამდენად სტაბილურია ეს შედეგი და რა იწვევს მას, იგი სპეციალურ შესწავლას მოითხოვს. რაც შეეხება კავშირს ქარის სიჩქარესა და ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურას შორის აცივებისა და დათბობის ზონაში, იგი დადებითია და უფრო მკვეთრადაა გამოხატული ქარის დაბალი სიჩქარეების დროს.

ლიტერატურა-References-Литература

1. Кондратьев К.Я. Глобальный климат. Санкт-Петербург, «Наука», 1992.
2. Таварткиладзе К.А. Термоэлектрический самописец температуры почвы. Тр. ТбилНИГМИ, вып.7, 1960.
3. მ.კორმახია. საქართველოს ავა. თბილისი, საქ.მეცნ.აკად.გამომც., 1961.
4. Гавашели Ш.Г. Температура почвы на Колхидской низменности. Тр. ЗакНИГМИ, вып.28(34), 1956.
5. Гавашели Ш.Г. Температурный режим почвы в Тбилиси. Сборн. трудов ТГМО, вып.1, 1960.
6. დ.მუმლაძე. საქართველოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილება. თბილისი, "მეცნიერება", 1991.
7. Климат Тбилиси. Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 1992.
8. Обухов А.М. О статистических ортогональных разложениях эмпирических функций. Изв. АН СССР, сер.Геофизика, №1, 1960.
9. კ.თავართქილაძე, ე.ელიზბარაშვილი, დ.მუმლაძე, ჯ.ვაჩნაძე. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. თბილისი, ბაკურ სულაკაურის გამომცემლობა, 1999.
10. Багров Н.А. Аналитическое представление последовательности метеорологических полей посредством естественных ортогональных составляющих. Тр. ЦИР, вып.74, 1959.

უკ551.524.525

კ.თავართქილაძე

ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურული რეჟიმი საქართველოში

დადგენილია ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის განაწილების კანონზომიერებანი ზღვის დონიდან დაკვირვების პუნქტის სიმაღლის ცვლილების მიხედვით, შესწავლილია კავშირი ნიადაგის ზედაპირისა და

მიწისპირა ატმოსფეროს ტემპერატურებს შორის, განსაზღვრულია ნიადაგის ზედაპირის უარყოფითი ტემპერატურების დაწყებისა და დამთავრების უალბათესი თარიღები და შესწავლილია ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე.

UDC551.524.525
Tavartkiladze K.A.

Temperature regime of the soil surface of Georgia

Regularities of soil surface temperature distribution according to the altitude above the sea level are determined, connection between soil surface temperature and the temperature of surface layer of the atmosphere is studied, probabilistic data of starting and ending of soil surface negative temperatures are specified and the change of soil surface temperature on the background of global climate change is investigated, as well.

УДК 551.524.525
Таварткиладзе К.А.

Температурный режим поверхности почвы в Грузии

С использованием среднемесячных данных около 60 пунктов наблюдения за 1948-1990 гг. изучен температурный режим поверхности почвы на территории Грузии. Установлены закономерности распределения температуры поверхности почвы с изменением высоты местности над ур.м., изучена связь между температурами поверхности почвы и приземного слоя атмосферы, определены вероятностные даты наступления и окончания отрицательных температур поверхности почвы и изучено изменение температуры поверхности почвы на фоне глобального изменения климат

უკ 551.589

ე.ელიზბარაშვილი, ნ.სულხანიშვილი

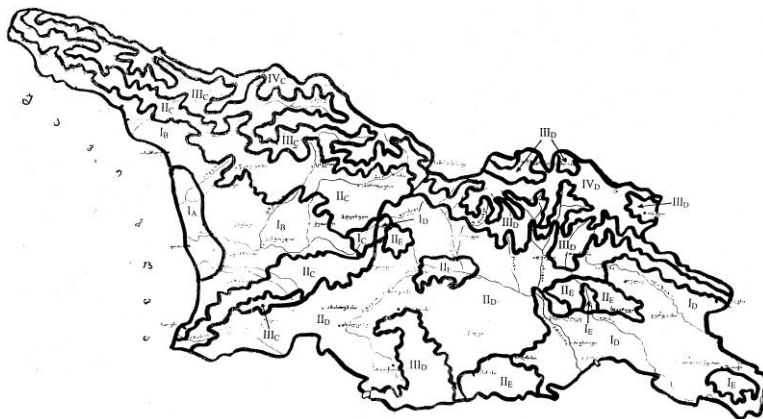
საქართველოს ნიადაგების კლიმატური დარაიონება

საკითხის დასმა ნიადაგის კლიმატის შესახებ პირველად გვხვდება ცნობილი აგრონომების, ნიადაგმცოდნეების და გეოგრაფების ნაშრომებში [1-8]. ისინი აღნიშნავენ, რომ ნიადაგის ჰავა წარმოადგენს ფიზიკურ-გეოგრაფიული გარემოს მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს, რომელიც უშუალო გავლენას ახდენს სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაზე, მცენარეთა ზრდაზე, მოსავლიანობაზე, საველე სამუშაოების ჩატარებაზე.

ნიადაგის კლიმატის დახასიათების და დარაიონების სხვადასხვა კლასიფიკაცია ცნობილია, რომელთა შორის ყველაზე სრულყოფილი ა.შულგინის [9] კლასიფიკაციაა. მას საფუძვლად უდევს ნიადაგების თერმული და დატენიანების რეჟიმები.

საქართველოს ნიადაგების კლიმატურ დარაიონებას, რომელიც აღნიშნული კლასიფიკაციის შესაბამისად ჩატარდა, საფუძვლად დაედო კლიმატური ცნობარების მონაცემები [10,11], აგრეთვე ჰიდრომეტეოროლოგიური დეპარტამენტის მასალები 1990 წლამდე 60-ზე მეტი მეტეოროლოგიური სადგურისათვის და თანავეტორებთან ერთად ჩვენი ადრეული გამოკვლევების შედეგები [12,13].

ნახ. 1-ის თანახმად საქართველოს ტერიტორიაზე გამოყოფილია 12 ნიადაგ-კლიმატური რაიონი; ცხელი ნიადაგები ძლიერი გაწყლიერებით (IA), ცხელი ნიადაგები ზომიერი გაწყლიერებით (IB), ცხელი ნიადაგები სუსტი გაწყლიერებით (IC), ცხელი ნიადაგები კაპილარული დატენიანებით (ID), ცხელი ნიადაგები სრული გაზაფხულის დასველებით (IE), მეტად თბილი ნიადაგები სუსტი გაწყლიერებით (IIC), მეტად თბილი ნიადაგები კაპილარული დატენიანებით (IID), მეტად თბილი ნიადაგები სრული გაზაფხულის დასველებით (IIE), თბილი ნიადაგები სუსტი გაწყლიერებით (IIIC), თბილი ნიადაგები კაპილარული დატენიანებით (IIID), ზომიერი და ცივი ნიადაგები სუსტი გაწყლიერებით (IVIC) და ზომიერი და ცივი ნიადაგები კაპილარული დატენიანებით (IVID).



ნახ.1. საქართველოს ნიადაგ-კლიმატური დარაიონება (აღნიშნები იხილეთ ტექსტში)

თითოეული მათგანი ხასიათდება სითბოსა და ტენის შესაბამისი რეჟიმებით. ჩამოთვლილი ნიადაგების კლიმატური რაიონების ძირითადი მახასიათებლები წარმოდგენილია ცხრილ 1-ში.

ცხრილი 1.. საქართველოს ნიადაგების კლიმატური რაიონების ძირითადი მახასიათებლები

კლიმატური რაიონი	Nნიადაგების ძირითადი დამახასიათებელი ტიპები	ნიადაგის ტემპერატურა 20სმ სიღრმეზე თბილ პერიოდში, °F	ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა თბილ პერიოდში, °F	Pპროდუქტიული ტენის მარაგი 1მ სისქის ნიადაგში წლის განმავლობაში, მმ
IA	ჭაობის (ტორფიანი, ლებიანი), ალუვიური (დაჭაობებული, კარბონატული და ა.შ.)	20 და მეტი	22 და მეტი	300-400
IB	წითელმიწა, ყვითელმიწა, ეწერი	20 და მეტი	22 და მეტი	250-350
IC	ნემომპალა-კარბონატული, ტყის მურა	20 და მეტი	22 და მეტი	200-300
ID	ტყის ყავისფერი, მცირე სიმძლავრის შავმიწები, წაბლა, ალუვიური	20 და მეტი	22 და მეტი	100-200
IIE	საშუალო და მცირე სიმძლავრის ტყის მურა, ნემომპალა-კარბონატული	20 და მეტი	22 და მეტი	50-150

	(დასავლეთ საქართველოში), ალუვიური (აღმოსავლეთ საქართველოში)			
IIБ	ტყის მურა, ნემომპალა-კარბონატული	15-20	15-22	200-300
IID	ტყის მურა, ყავისფერი დამლაშებული, ნემომპალა-სულფატური	15-20	15-22	100-200
IIЕ	ტყის მურა, შავმიწები	15-20	15-22	50-150
IIIБ	ტყის მურა	10-15	10-15	200-300
IIID	მთა - მდელოს კორდის, კორდის ტორფიანი, შავმიწისებრი, კარბონატული, შავმიწები	10-15	10-15	100-150
IVБ	ალპური ზონის მთა-მდელოს კორდის ტორფიანი, ზედა სარტყლის ტყის მურა	0-10	10-ზე ნაკლები	200-300
IVD	ალპური ზონის მთა-მდელოს კორდის ტორფიანი, ზედა სარტყლის ტყის მურა	0-10	10-ზე ნაკლები	100-200

ლიტერატურა-References-Литература

1. Воейков А.Н. Метеорология, ч. 1, №7, СПб, 1903.
2. Докучаев В.В. Избранные сочинения. М., Сельхозгиз, 1949.
3. Костычев П.А. Почвы чёрноземной области России, их происхождение, состав и свойства. СПб, 1886.
4. Тимирязев К.А. Борьба растений с засухой. М., 1893
5. Измаильский А.А. Избранные сочинения. М., Сельхозгиз, 1950.
6. Demolon A. Le climat du soil. Annales Agronomiques, 5, 1937.
7. Marchesi L. Clima u suelo. Madrid, 1980.
8. Jenny H. Am. Soc. Agron., 20, 1928.
9. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. Л., Гидрометеиздат, 1972.
10. Справочник по климату СССР. Вып. 14, ч. 2, Л., Гидрометеиздат, 1970.
11. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3., Части 1-6, вып. 14, Л., Гидрометеиздат, 1990.
12. ელიზბარაშვილი ე., ხელაძე თ., ჭავჭავაძე ზ. საქ. მშენ. აკადემიის მოამბე. ტ. 145, #1, 1992.
13. ელიზბარაშვილი ე., ჭავჭავაძე ზ., სულხანიშვილი ნ. საქ. მშენ. აკადემიის მოამბე. ტ. 145, #1, 1992.

უკ 551.589

ე. ელიზბარაშვილი, ნ.სულხანიშვილი

საქართველოს ნიადაგების კლიმატური დარაიონება

ა.შულგინის კლასიფიკაციის საფუძველზე ჩატარებულია საქართველოს ნიადაგების კლიმატური დარაიონება. გამოყოფილია 12 კლიმატური რაიონი.

UDC 551.589

E.ElizbaraSvili, N. SulkhaniShvili

Soil climatic division of Georgia.

Soil climatic division of Georgia is carried out on the basis of A.Shulgin's classification. 12 climatic districts are distinguished

УДК 551.589

Э.Элизбарашвили, Н. Сулханишвили

Климатическое районирование почв Грузии

На основе классификации А. Шульгина выполнено климатическое районирование почв Грузии. Выделены 12 климатических районов.

ი.შენგელია

პირდაპირი რადიაციული ველის მოდელირება საქართველოში მოწმენდილი ცის შემთხვევაში

დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის სხივური ენერჯიის ძირითადი ნაწილი მზის პირდაპირი რადიაციის სახით მოდის. მისი სიდიდე, სპექტრული შედგენილობა და სივრცულ-დროითი განაწილების კანონზომიერებანი, პირველ რიგში, მზის დახრილობისა და ატმოსფეროს ოპტიკურ მდგომარეობაზეა დამოკიდებული. ატმოსფეროში, მოცემული m ოპტიკური მასისათვის, დედამიწის ზედაპირიდან ნებისმიერ ზსიმაღლეზე მზის პირდაპირი რადიაციის ინტენსიურობა განისაზღვრება ფორმულით [1]:

$$S_{\lambda} = \left(\frac{R_0}{R} \right) S_{0\lambda} P_{z\lambda} P_{a\lambda} P_{u\lambda} P_{w\lambda} \quad (1)$$

სადაც R_0 და R შესაბამისად მზესა და დედამიწის შორის არსებული მანძილის საშუალო და ფაქტიური მნიშვნელობებია, $S_{0\lambda}$ მზის სპექტრული მუდმივაა, ხოლო –

$$P_{z\lambda} = \exp\left(-0.00879\lambda^{-4.09} e^{z/z_0} m\right) \quad (2)$$

$$P_{a\lambda} = \exp\left(-a\lambda^{-n} e^{-z/h_a} m\right) \quad (3)$$

$P_{z\lambda}$, $P_{a\lambda}$, $P_{u\lambda}$, $P_{w\lambda}$, λ -ტალღის სიგრძისათვის შესაბამისად იდეალური ატმოსფეროს, ატმოსფერული აეროზოლების, ოზონისა და წყლის ორთქლის გაშვების ფუნქციებია. ამათგან პირველი სამი შემდეგი ანალიზური დამოკიდებულებით შეიძლება განისაზღვროს:

$$P_{u\lambda} = \exp\left(-K_u(\lambda)um\right) \quad (4)$$

სადაც z_0 ატმოსფეროს, ხოლო h_a -აეროზოლების დაყვანილი სიმაღლეებია. მათ მნიშვნელობებად შესაბამისად აღებულია 8 კმ და 1.2 კმ. $P_{u\lambda}$ -ს და $P_{w\lambda}$ -ს საჭირო მნიშვნელობები შეიძლება აღებულ იქნას სპეციალური ცხრილებიდან (მაგ. [2]).

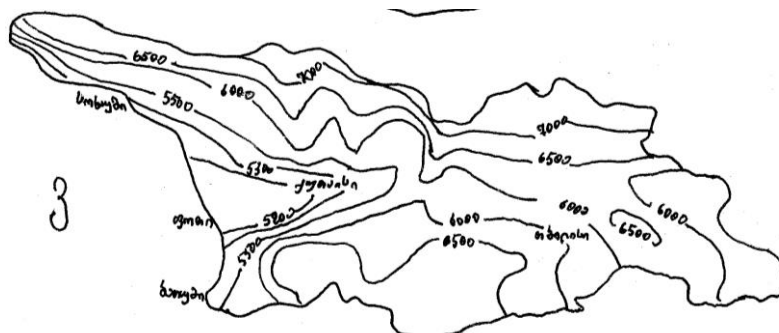
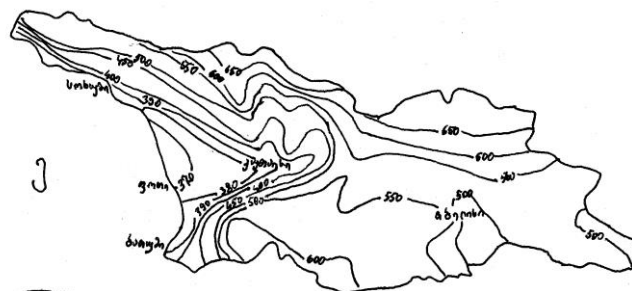
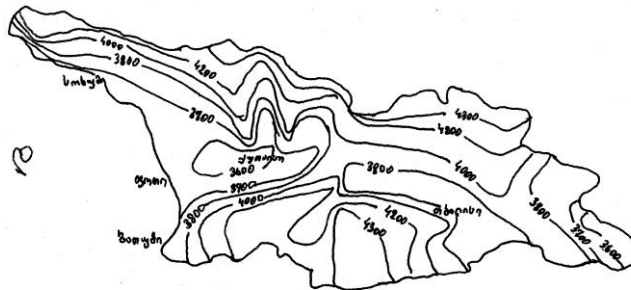
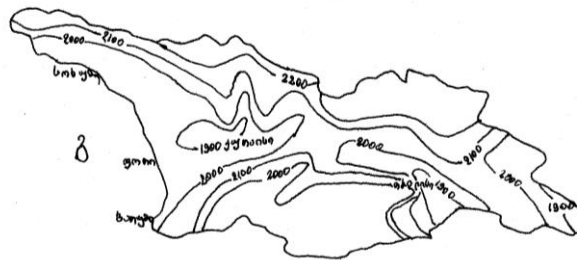
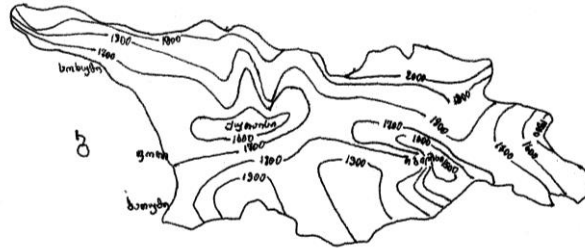
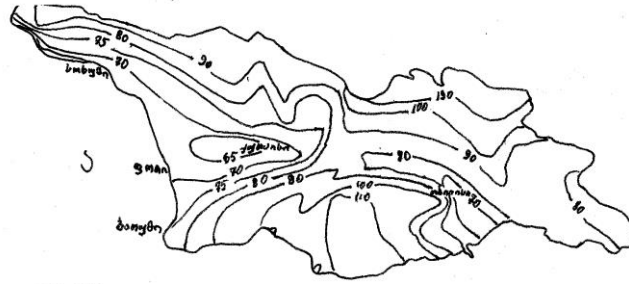
ზემოთ მოყვანილ ფორმულებში თუ ω -ის მნიშვნელობად ავიღებთ ნულს, მაშინ მათი გამოყენებით შესაძლებელია პირდაპირი მონოქრომატული რადიაციის ინტენსიურობის განსაზღვრა დედამიწის ზედაპირზე. იდეალური ატმოსფეროსა და ოზონისათვის გაშვების ფუნქციების საჭირო მნიშვნელობები იოლად განისაზღვრება. წყლის ორთქლისათვის ანალოგიური მნიშვნელობების დასადგენად აუცილებელია ატმოსფეროში არსებული წყლის მარაგის რაოდენობის ცოდნა. ლიტერატურაში არმებული დაკვირვებების მასალაზე დაყრდნობით ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლის სივრცულ-დროითი მოდელირების მეთოდის [3,4,5] გამოყენებით საქართველოსათვის ავაგეთ ატმოსფეროს ტენემემცველობის სივრცულ-დროითი მოდელი.

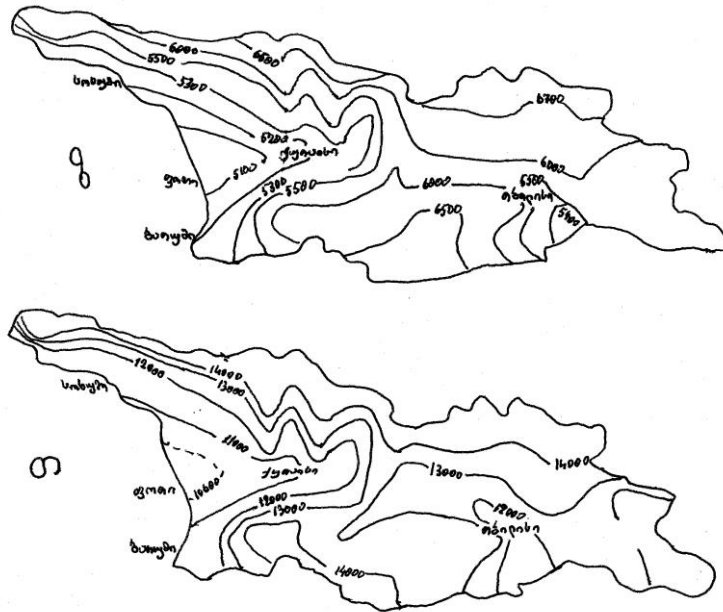
ატმოსფერული აეროზოლების სპექტრული ოპტიკური სიმკვრივის განსაზღვრის მეთოდის [6] გამოყენებით შესაძლებელია $P_{a\lambda}$ -ს მნიშვნელობების განსაზღვრა [7].

ზემოთ მოყვანილი ფორმულებისა და აქტინომეტრიულ ქსელში მიღებულ დაკვირვებათა ვადებისათვის საცნობარო ლიტერატურაში არსებული მასალის გამოყენებით 90 მეტეოროლოგიური სადგურისათვის, იანვრის, აპრილის, ივლისის და ოქტომბრის თვეებისათვის, სპექტრის [0.2-5.0] მკმ-ის ინტერვალში, 247 ტალღის სიგრძისათვის გამოვთვალეთ პირდაპირი მონოქრომატული რადიაციის ინტენსიურობის მნიშვნელობები. მათი გამოყენებით კი განვსაზღვრეთ ულტრაიისფერი (ui), ხილული (x), ინფრაწითელი (iw) და ინტეგრალური (in) რადიაციის ინტენსიურობისა და შესაძლო თვიური ჯამები მნიშვნელობები (სურ.1).

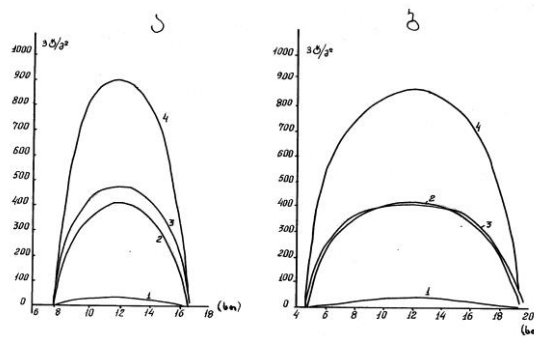
დროის მიხედვით რადიაციის ცვალებადობის კანონზომიერებათა გამოვლენის მიზნით ულტრაიისფერი, ხილული, ინფრაწითელი და ინტეგრალური რადიაციის გასაშუალებული მნიშვნელობების გამოყენებით, იანვრისა და ივლისისათვის ავაგეთ მათი დღიური მსვლელობის (სურ.2), ხოლო სხვადასხვა თვის შუადღის მონაცემების გასაშუალების შედეგად მიღებული რიცხვითი მნიშვნელობების ინტერპოლირების საფუძველზე მათი წლიური ცვლილების ამსახველი გრაფიკები (სურ.3). გრაფიკებზე ვერტიკალური მონაკვეთებით საშუალო კვადრატული გადახრის მნიშვნელობებია მოცემული.

სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის რადიაციის ინტენსიურობის სპექტრული განაწილების შედარებამ გვიცვენა, რომ განაწილების კანონზომიერება ყველგან ერთნაირია. აქედან გამომდინარე წინამდებარე ნაშრომში მისი მხოლოდ ერთი ნიმუში (სოხუმი) წარმოვადგინეთ (სურ.4).

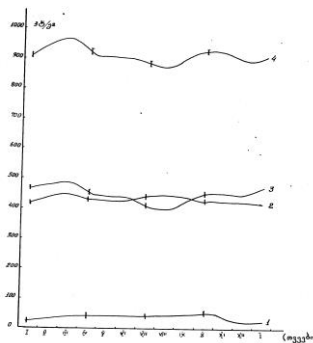




ნახ.1. პირდაპირი რადიაციის შესაძლო თვიური ჯამების განაწილება (კვტ/მ²) ა-უი, იანვარი; ბ-ბ, იანვარი; გ-იწ, იანვარი; დ-ინ, იანვარი; ე-უი, ივლისი; ვ-ბ, ივლისი; ზ-იწ, ივლისი; თ-ინ, ივლისი.

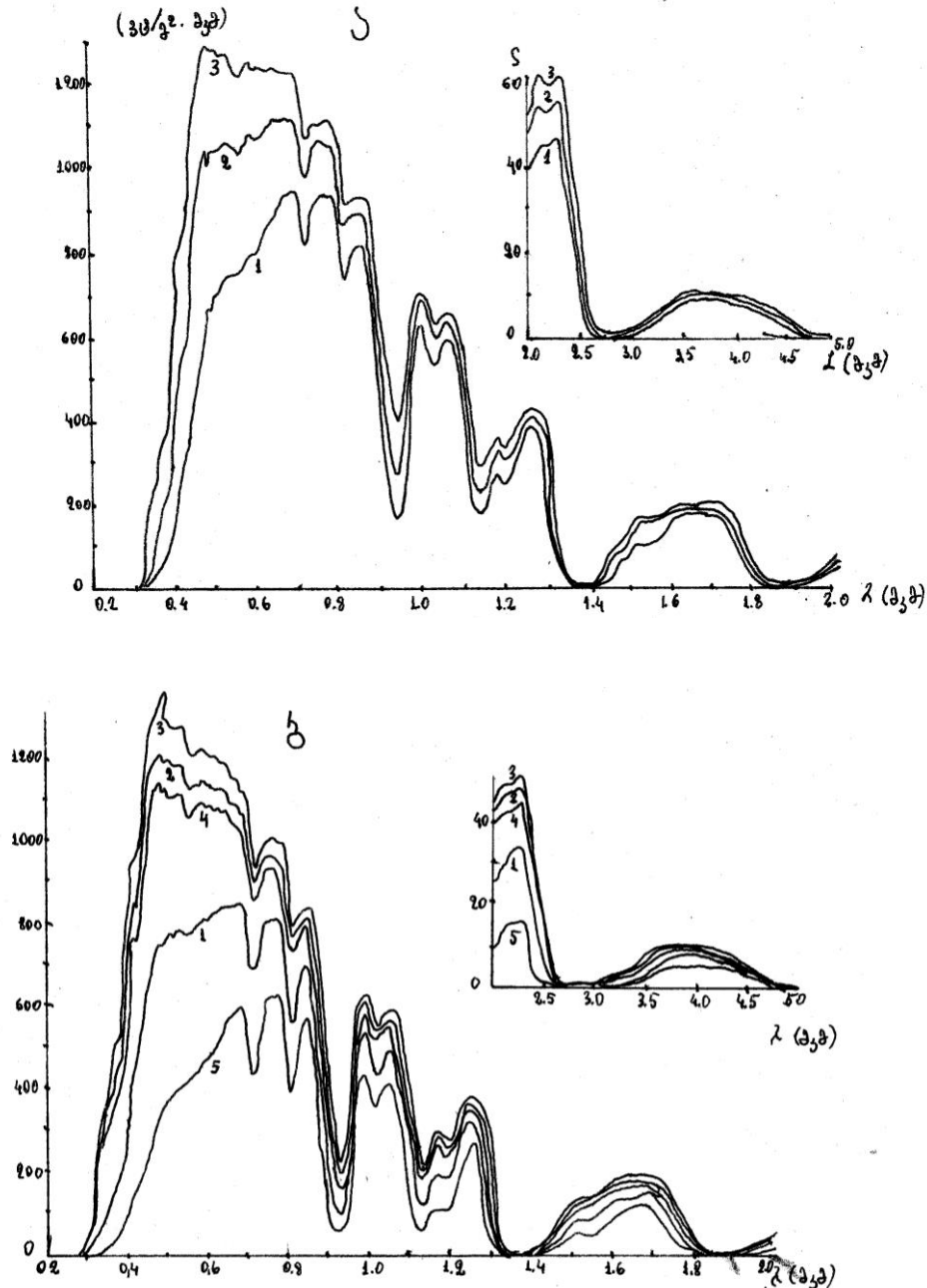


ნახ.2. პირდაპირი რადიაციის დღიური ცვლილება (კვტ/მ²) ა- იანვარი, ბ- ივლისი, 1-უი, 2-ბ, 3-იწ, 4-ინ.



ნახ.3. პირდაპირი რადიაციის საშუალო თვიური მნიშვნელობების წლიური ცვლილება შუადღისას (12³⁰ სთ) (კვტ/მ²). 1-უი, 2-ბ, 3-იწ, 4-ინ.

რამდენადაც ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს მზის პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის მნიშვნელობები განისაზღვროს საქართველოს მთელი ტერიტორიის ნებისმიერ გეოგრაფიულ წერტილში დროის ნებისმიერი მომენტისათვის, შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ საქართველოსათვის ატმოსფეროს მრავალწლიური საშუალო მეტეოროლოგიურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, მოწმენდილი ცის შემთხვევაში აგებულია პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის უწყვეტი განაწილების სივრცულ-დროითი მოდელი.



ნახ.4. პირდაპირი რადიაციის სპექტრული განაწილება
 სოხუმისათვის (გტ/მ²-მკმ). ა - იანვარი, ბ - ივლისი

რამდენადაც ცვენს მიერ მიღებული შედეგები საშუალებას გვაძლევს მზის პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის მნიშვნელობები განისაზღვროს საქართველოს მთელი ტერიტორიის ნებისმიერ გეოგრაფიულ წერტილში დროის ნებისმიერი მომენტისათვის შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ საქართველოსათვის ატმოსფეროს მრავალწლიური საშუალო მეტეოროლოგიურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით, მოწმენდილი ცის შემთხვევაში აგებულია პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის უწყვეტი განაწილების სივრცულ-დროითი მოდელი.

ლიტერატურა – References- Литература

1. Шенгелия И.А. Сообщения АН Грузии, 1988, т.130, № 1, с.81-84.
2. Wuatt P.Y., Stull R.V., Plass G.N. The infrared transmittance of the water vapor. Applied Optics, V-3, N 2, p. 229-241.
3. Таварткиладзе К.А., Шенгелия И.А. Сообщения АН Грузии, 1983, т.111, № 3, с.509-512.
4. Sengelia i. saqarTvelos ssr mecnierebaTa akademiis vaxuSti bagrationis sax. geografiis institutis Semajamebeli samecniere sesia, Tbilisi 1984w, gv. 26-29.
5. Sengelia i. saqarTvelos ssr mecnierebaTa akademiis vaxuSti bagrationis sax. geografiis institutis Semajamebeli samecniere sesia, Tbilisi 1985w, gv. 21-22.

6. Таварткиладзе К.А. Метеорология и гидрология. 1985, №4, с.46-54.
7. Таварткиладзе К.А., Саджая Э.В. Сообщения АН ГССР. 1986, т.124, №3, с.549-552.

ი.შენგელია

პირდაპირი რადიაციული ველის მოდელირება საქართველოში მოწმენდილი ცის შემთხვევაში

სტატიაში მიღებული შედეგები საშუალებას იძლევა მზის პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის მნიშვნელობები განისაზღვროს საქართველოს მთელი ტერიტორიის ნებისმიერ გეოგრაფიულ წერტილში დროის ნებისმიერი მომენტისათვის. აქედან გამომდინარე კეთდება დასკვნა, რომ საქართველოს ატმოსფეროს მრავალწლიურ საშუალო ოპტიკურ მახასიათებლებზე დაყრდნობით მოწმენდილი ცის შემთხვევაში აგებულია პირდაპირი სპექტრული და ინტეგრალური რადიაციის უწყვეტი სივრცულ-დროითი მოდელი.

I.Shengelia

Modeling of direct radiation field in case of cloudless sky in Georgia

Results, obtained in the paper permit to determine solar direct spectral and integral radiation at any geographical point over the whole territory of Georgia any time-period. Therefore, it may be concluded that on the basis of mean annual atmospheric optical characteristics under cloudless sky in Georgia, a direct spectral and integral radiation continuous space-time model has been constructed.

Шенгелия И.А.

Моделирование поля прямой радиации для территории Грузии

Для Грузии при безоблачном небе построена непрерывная пространственно-временная модель спектральной и интегральной прямой радиации.

ი.შენგელია

ჯამური რადიაციული ველის მოდელი საქართველოში მოწმენდილი ცის შემთხვევაში

მოწმენდილი ცის შემთხვევაში დედამიწისა და მისი გარემომცველი ატმოსფეროს ენერჯის ძირითად წყაროს მზის ენერჯია წარმოადგენს. პრაქტიკულად იგი ერთადერთი წყაროა, რომელიც დედამიწის ზედაპირისა და ატმოსფეროს ენერგეტიკულ დონეს აყალიბებს, ხოლო ამ უკანასკნელის მდგრადი წონასწორობა ბიოსფეროს არმეზობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

ვიდრე დედამიწის ზედაპირზე მოვიდოდეს მზის რადიაცია, ატმოსფეროში მთელ რიგ გარდაქმნებს განიცდის, რის შედეგადაც იგი იცვლება როგორც რაოდენობრივად, ისე თვისობრივად. დედამიწის ზედაპირზე მოსულ მზის მოკლეტალღიან რადიაციას პირდაპირი და გაბნეული რადიაციები შეადგენენ. მოწმენდილი ცის დროს ჯამური რადიაციის შემადგენლობაში პირდაპირი რადიაციის წელი, მზის მცირე ზენიტური კუთხეების გარდა, გაბნეულ რადიაციასთან შედარებით გაცილებით მეტია. ამდენად, ჯამური რადიაციის თვისებებს ძირითადად პირდაპირი რადიაცია განსაზღვრავს, თუმცა ცვალებადობის კანონზომიერებათა გამოყალიბებისას გაბნეულ რადიაციას გარკვეული კორექტივები შეაქვს.

დედამიწის ზედაპირზე მოსული ჯამური მონოქრომატული რადიაციის ნაკადი შეიძლება განისაზღვროს დამოკიდებულებით:

$$Q_{\lambda} = S_{\lambda} \cos \vartheta + D_{\lambda}$$

სადაც S_{λ} , D_{λ} და Q_{λ} - შესაბამისად პირდაპირი (მართობულ ზედაპირზე), გაბნეული და ჯამური მონოქრომატული რადიაციაა, ხოლო ϑ - მზის ზენიტური კუთხე. როგორც ამ ფორმულიდან ცანს, ჯამური რადიაციის გამოსავლენად საჭიროა პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის მნიშვნელობების განსაზღვრა.

ატმოსფეროში გავლისას მზის სხივური ნაკადის გარდაქმნაზე უპირატეს ზეგავლენას ახდენს ოზონისა და წყლის ორთქლის მიერ მისი სელექტური შთანთქმა და ატმოსფეროში არსებული მოლეკულებისა და აეროზოლების მიერ რადიაციის გარკვეული ნაწილის გაბნევა. თანამედროვე ლიტერატურული წყაროები ამ პროცესების ანალიზური განსაზღვრის შესაძლებლობას ძირითადად იძლევიან, მაგრამ გარკვეულ სიმძნელებთანაა დაკავშირებული სხივური ენერჯის ცვლილებებზე ატმოსფერული აეროზოლების გავლენის შეფასება. წყლის ორთქლის გაშვების ფუნქციის განსაზღვრისათვის საჭიროა ტალღის სიგრძის სხვადასხვა უბნებში შთანთქმის კოეფიციენტების ცოდნა და ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლის რაოდენობის განსაზღვრა. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფეროში ტენშემცველობის სივრცულ-დროითი მოდელის აგებისათვის, თეორიულ და ემპირიულ მეთოდებზე [1,2] დაყრდნობით, ცვენს მიერ დამუშავებული იქნა ატმოსფერული ტენშემცველობის მოდელირების მეთოდი [3,4,11]. მისი გამოყენებით შესაძლებელია ნებისმიერი ადგილისათვის, დროის ნებისმიერ მომენტში განისაზღვროს ატმოსფეროში არსებული წყლის მარაგის რაოდენობა.

აეროზოლების გაშვების ფუნქციის განსაზღვრისას განსაკუთრებულ სირთულეს ქმნის აეროზოლური შესუსტების კოეფიციენტის გამოანგარიშება. იმის გამო, რომ არ იყო გამოვლენილი ატმოსფერული აეროზოლების ოპტიკური სიმკვრივის დამოკიდებულების კანონზომიერება ტალღის სიგრძისადმი, უკანასკნელ პერიოდამდე თითქმის შეუძლებელი იყო აეროზოლების გაშვების ფუნქციის განსაზღვრა. ამ უკანასკნელის გამო კი, სხვა სიმძნელებთან, საერთო ბუნებრივი პირობებისათვის სპექტრული რადიაციული ველის შესწავლა. მას შემდეგ, რაც შეიქმნა აეროზოლების სპექტრული ოპტიკური განსაზღვრის მეთოდი [5,6], შესაძლებელი გახდა აეროზოლების გაშვების ფუნქციის აგებაც, ეს კი სპექტრული რადიაციული ველის შესწავლის პინციპულ შესაძლებლობას იძლევა.

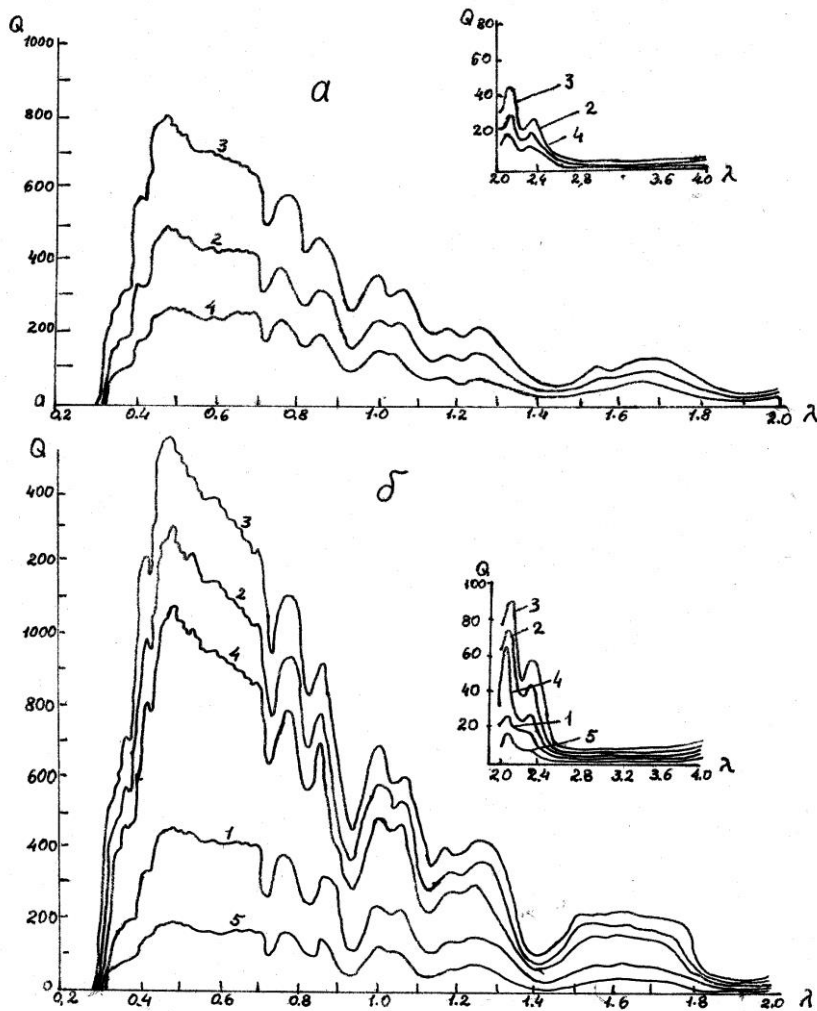
ზემოთ აღნიშნული შედეგების გამოყენებითა და სხვადასხვა მეთოდებზე დაყრდნობით [7,8,9], ცვენს მიერ გამოყალიბებულ იქნა პირდაპირი და გაბნეული, ამდენად ჯამური სპექტრული რადიაციული ველის მოდელირების სქემა [10,11]. ამ სქემისა და საცნობარო ლიტერატურაში არსებული ემპირული მასალის გამოყენებით შევეცადეთ საქართველოსათვის აგვეგო სპექტრული რადიაციული ველის მოდელი. ამ მიზნით სპექტრის (0.2-5.0) მკმ ინტერვალში 247, სხვადასხვა ტალღის სიგრძისათვის საქართველოს 90 მეტეოროლოგიურ სადგურზე, რამდენიმე თვის (იანვარი, აპრილი, ივლისი და ოქტომბერი) აქტინომეტრიულ ქსელში მიღებულ დაკვირვებათა ვადებისათვის გამოვთვალეთ შესაბამისად პირდაპირი და გაბნეული, მათ საფუძველზე კი - ჯამური მონოქრომატული რადიაციის მნიშვნელობები. სპექტრის შესაბამის უბნებში ჯამური მონოქრომატული რადიაციის მნიშვნელობების ინტეგრებით განვსაზღვრეთ ულტრაიისფერი, ხილული, ინფრაწითელი და ინტეგრალური ჯამური რადიაციის ნაკადისა და შესაძლო თვიური ჯამების მნიშვნელობები (იანვარი და ივლისი).

სხვადასხვა მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის ჯამური რადიაციის სპექტრული განაწილების გრაფიკებმა გვიცენა, რომ მათ პრინციპულად ერთიდაიგივე სახე აქვთ. ამიტომ წინამდებარე ნაშრომში საილუსტრაციოდ სპექტრული განაწილების გრაფიკები მხოლოდ სოხუმისათვის წარმოვადგინეთ (სურ.1).

როგორც სურ.1-დან ცანს, ჯამური რადიაციის ნაკადის მაქსიმუმი 0.48 მკმ სიგრძის ტალღის მახლობლობაში მიიღება. მზის დიდი ზენიტური კუთხეებისათვის გაზნულ რადიაციაში მაქსიმუმის წერტილის უფრო გრძელი ტალღებისკენ წანაცვლების გამო, ამ კუთხეებისათვის ჯამური რადიაციის სპექტრი მკვეთრი მაქსიმუმით არ ხასიათდება.

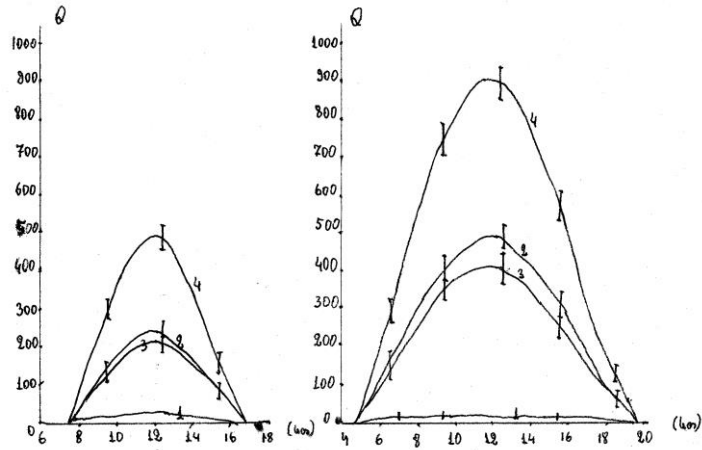
მზის სიმაღლის მატებასთან ერთად ჯამური რადიაციის ნაკადი იზრდება, თავიდან ინტენსიურად, ხოლო შემდეგ შედარებით მცირე ტემპით. ეს კანონზომიერება ნათლად ცანს ჯამური რადიაციის დღიური განაწილების გრაფიკებიდან (სურ.2). წლის მანძილზე ჯამური რადიაციის მაქსიმუმი ივნისის თვეში, ხოლო მინიმუმი ძირითადად დეკემბერში მიიღწევა (სურ. 3). მე-2 და მე-3 სურათებზე გრაფიკები მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის გამოთვლილი შესაბამისი მნიშვნელობების გასაშუალებითაა აგებული (მათზე ვერტიკალური მონაკვეთები საშუალო კვადრატულ გადახრებს განსაზღვრავს).

გამოთვლილი ულტრაიისფერი (უი), ხილული (ბ), ინფრაწითელი (იწ) და ინტეგრალური (ინ) ჯამური რადიაციის დისკრეტული მნიშვნელობების ინტერპოლაციისა და ექსტრაპოლაციის საფუძველზე იანვრისა და ივლისისათვის ავაგეთ შესაძლო თვიური ჯამების ტერიტორიული განაწილების რუკები (სურ.4).

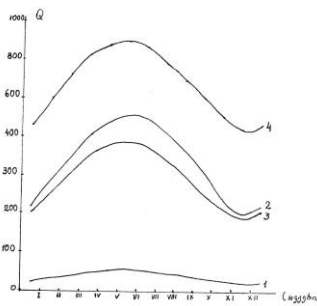


ნახ.1. ჯამური რადიაციის სპექტრული განაწილება სოხუმისათვის (ვტ/მ²-მკმ). ა - იანვარი, ბ - ივლისი

მზის სიმაღლის მატებასთან ერთად ჯამური რადიაციის ნაკადი იზრდება, თავიდან ინტენსიურად, ხოლო შემდეგ შედარებით მცირე ტემპით. ეს კანონზომიერება ნათლად ჩანს ჯამური რადიაციის დღიური განაწილების გრაფიკებიდან (ნახ.2). წლის მანძილზე ჯამური რადიაციის მაქსიმუმი ივნისის თვეში, ხოლო მინიმუმი, ძირითადად, დეკემბერში მიიღწევა (ნახ. 3). მე-2 და მე-3 ნახაზებზე გრაფიკები მეტეოროლოგიური სადგურებისათვის გამოთვლილი შესაბამისი მნიშვნელობების გასაშუალებითაა აგებული (მათზე ვერტიკალური მონაკვეთები საშუალო კვადრატულ გადახრებს განსაზღვრავს).

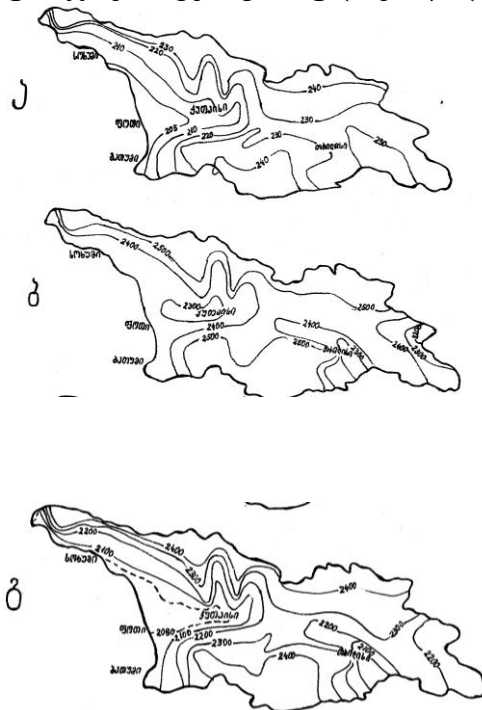


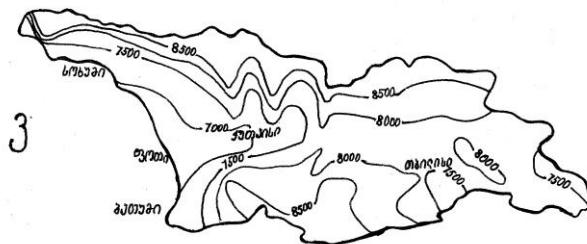
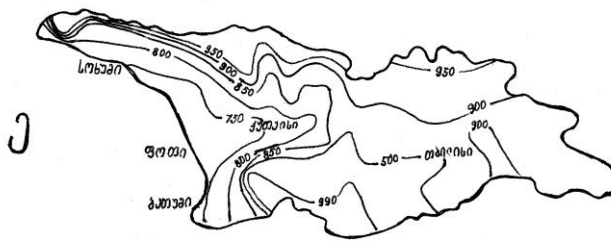
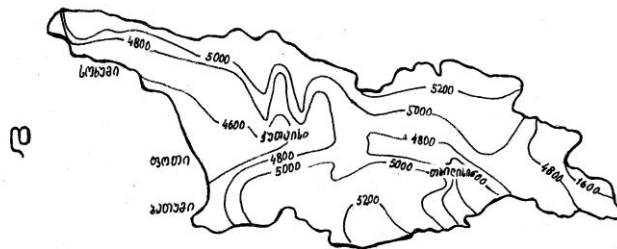
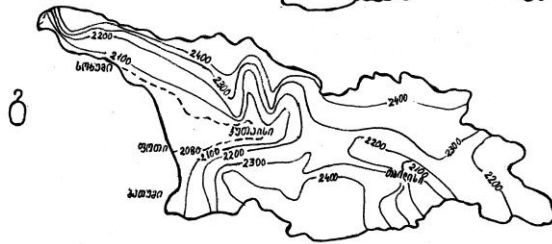
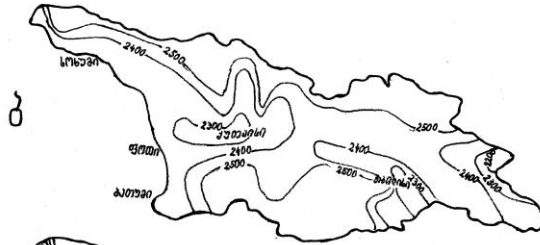
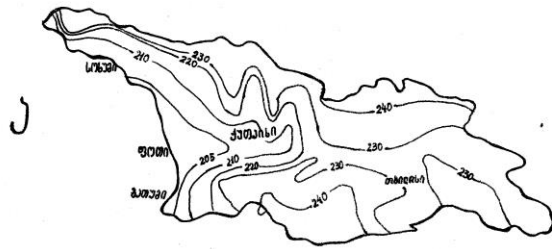
ნახ.2. ჯამური რადიაციის დღიური ცვლილება (ვტ/მ^2) ა- იანვარი, ბ- ივლისი, 1-უი, 2-ხ, 3-იწ, 4-ინ.

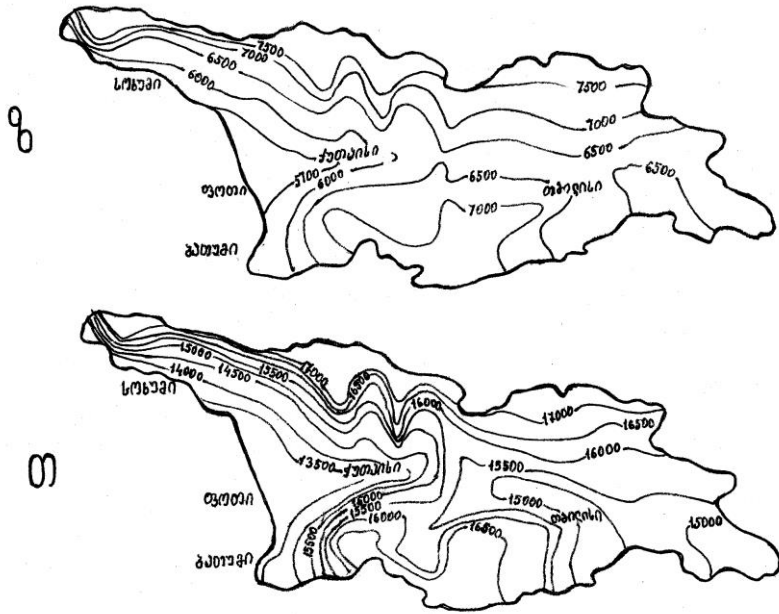


ნახ.3. ჯამური რადიაციის საშუალო თვიური მნიშვნელობების წლიური ცვლილება შუადღისას (12^{30} სთ) (ვტ/მ^2). 1-უი, 2-ხ, 3-იწ, 4-ინ.

გამოთვლილი ულტრაიისფერი (უი), ხილული (ხ), ინფრაწითელი (იწ) და ინტეგრალური (ინ) ჯამური რადიაციის დისკრეტული მნიშვნელობების ინტერპოლაციისა და ექსტრაპოლაციის საფუძველზე იანვრისა და ივლისისათვის ავადგეთ შესაძლო თვიური ჯამების ტერიტორიული განაწილების რუკები (ნახ.4).







ნახ.4 ჯამური რადიაციის შესაძლო თვიური ჯამების განაწილება (კვტ/მ²) ა-უი, იანვარი; ბ-ხ, იანვარი; გ-იწ, იანვარი; დ-ინ, იანვარი; ე-უი, ივლისი; ვ-ხ, ივლისი; ზ-იწ, ივლისი; თ-ინ, ივლისი.

სპექტრული გაბნეული რადიაციის გამოთვლისას აეროზოლების ოპტიკური სიმკვრივე განვსაზღვრეთ დისტანციური, ოპტიკური მეთოდის გამოყენებით [5].

მათი ნაწილი წარმოდგენილია ცხრილ 1-ში. რადიაციის შესაძლო თვიური ჯამების რუკების (სურ.4) შედარებითი ანალიზი შესაძლებლობას გვაძლევს გამოვყოთ რამდენიმე მნიშვნელოვანი შედეგი: იანვარში ჯამური რადიაციის სიდიდე შედარებით დაბალია დასავლეთ საქართველოს მთისწინეთის ზოლისა და კოლხეთის დაბლობზე, ასევე მტკვრისა და ალაზნის ხეობაში. ამ ფაქტის არსებობაში მოჭარბებულ სინოტივესთან ერთად ატმოსფერული აეროზოლები ასრულებს უმთავრეს როლს.

დღის საათებში დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გაბატონებული მდგომარეობა ხმელეთის ქარს აქვს. როგორც აღმოსავლეთ საქართველოს ცრდილო და სამხრეთ ნაწილში ქარი ძირითადად მაღალი და საშუალო მთიანეთიდან ბარისკენ ქრის, რის გამოც ატმოსფერული აეროზოლების კონცენტრაცია საკმაოდ მცირეა.

ცხრილი 1 აეროზოლების ოპტიკური სიმკვრივის იანვრისა და ივლისის საშუალო თვიური მნიშვნელობები აქტინომეტრული დაკვირვების ვადებზე

	იანვარი			ივლისი				
	9 ³⁰	12 ³⁰	15 ³⁰	6 ³⁰	9 ³⁰	12 ³⁰	15 ³⁰	18 ³⁰
სოხუმი	0.022	0.026	0.025	0.093	0.122	0.115	0.116	0.072
სენაკი	0.032	0.038	0.029	0.117	0.138	0.131	0.132	0.100
ანასეული	0.021	0.026	0.016	0.090	0.123	0.114	0.120	0.089
ხაშური	0.050	0.051	0.040	0.097	0.137	0.136	0.134	0.102
თელავი	0.029	0.033	0.042	0.097	0.121	0.129	0.121	0.107
თბილისი	0.090	0.074	0.051	0.135	0.145	0.158	0.132	0.084
წალკა	0.026	0.026	0.025	0.096	0.098	0.131	0.130	0.067
ყაზბეგი	0.002	0.003	0.001	0.010	0.033	0.031	0.033	0.001

მსგავს სურათს აქვს ადგილი შუაღმისას, იმ განსხვავებით, რომ დასავლეთ საქართველოში ზღვიდან მოსული ქარების წილი რამდენადმე მატულობს, რის საფუძველზეც მთის ,აერთან შედარებით ზღვის ზედა გაჭუჭყიანებული ,აერის შემოტანა ხდება ხმელეთზე.

დღის მეორე ნახევარში დასავლეთ საქართველოში კვლავ მთებიდან მოსული ხმელეთის ქარები ქარბობენ, რაც ატმოსფეროს რამდენადმე გასუფთავებას უწყობს ხელს.

დასავლეთ საქართველოს ცენტრალურ განედურ ზოლში, მართალია პროცესი ანალოგიურად ვითარდება, მაგრამ ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების დონე ცრდილოეთთან და სამხრეთთან შედარებით შესამჩნევად მეტია. როგორც ცანს, კოლხეთის დაბლობის ცენტრალური განედური ზოლი ატმოსფეროს

დამოუკიდებელი ცირკულაციით ხასიათდება, რის გამოც მთიანი სისტემებიდან მოტანილი, აერის სუფთა მასები აქ ძნელად აღწევს. ცვენს მიერ მიღებული უკანასკნელი დასკვნა სრულიად ეთანხმება იდეას დასავლეთ საქართველოს განედურად, ცენტრალური ზოლის – ცირკულაციურად ცაკეტილობის შესახებ.

ამასთან, იმ დროისათვის, რომელიც ცვენს მიერ აღებულ ემპირიულ მასალას შეესაბამება, აქ ძლიერი გამჭუჭყიანებელი კერა არსებობდა ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნის სახით.

მტკვრის, ივრისა და ალაზნის ხეობები განსხვავებული ცირკულაციური პროცესებით ხასიათდება. მტკვრისა (ხაშურიდან აღმოსავლეთით) და ივრის ხეობების ფონური გაჭუჭყიანების დონე საქართველოს სხვა ადგილებთან შედარებით მკვეთრად მაღალია.

ხაშურსა და თბილისს შორის მტკვრის ხეობის გასწვრივ მთელი დღის მანძილზე უპირატესად, თითქმის თანაბარი სიხშირით, ორივე მხრიდან განედური მიმართულების ქარი ქრის. ხოლო თბილისის აღმოსავლეთით დღის პირველ და მეორე ნახევარში დასავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარები ბატონობს. შუადღისას ალაზნის ხეობაში კავკასიონის ქედიდან მობერილი ქარის მომატებული ყიხირე შეიმცნევა. თბილისის სამხრეთითა და სამხრეთ-აღმოსავლეთით უმეტესად ან ცრდილოეთის, ან დასავლეთისა და ცრდილო-დასავლეთის ქარი ქრის (ასე ძლიერი არა, მაგრამ მნიშვნელოვანია აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-დასავლეთის ქარების წილიც). როგორც ცანს ამ პროცესებით აიხსნება თბილის-რუსთავის ძლიერი გაჭუჭყიანებული კერის მკვეთრი გავლენა მთელ კახეთსა და ქვემო ქართლში.

რამდენადაც წლის თბილ პერიოდში დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გამბაიონებულია დასავლეთის ქარი, კახეთის ცენტრალურ ნაწილში დასავლეთისა და აღმოსავლეთის ქარების ფრონტების შეჯახებას მკვეთრი ხასიათი არ აქვს, რის გამოც ხელსაყრელი პირობები იქნება აეროზოლების კონტინენტის სიღრმეში გადატანისათვის. როგორც სურ. 4-დან ცანს, კოლხეთის დაბლობის ცენტრალურ ნაწილში ატმოსფერული მტვრის დაგროვებას ადგილი არ აქვს. იმის გამო, რომ წლის თბილ პერიოდში მტკვრის ხეობაში ძირითადად გაბატონებულ დასავლეთის ქართან ერთად აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარების სიხშირეც ძლიერდება, თბილის-რუსთავის, როგორც გაჭუჭყიანების კერის გავლენა დასავლეთით შესამცნევად იზრდება.

მტკვრისა და ალაზნის ხეობების მიმდებარე ტერიტორიების აღმოსავლეთითა და სამხრეთ-აღმოსავლეთით თანდათანობითი დახრილობა, აზერბაიჯანის დიდი ვაკის უშუალო მეზობლობა, ამასთანავე მინგეჯაურის წყალსაცავის სიახლოვე აღმოსავლეთისა და სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქარების გამლიერების დროს მნიშვნელოვნად განაპირობებს აღმოსავლეთიდან ატმოსფერული მტვრით გაჭუჭყიანებულ და კასპიის ზღვისა და მინგეჯაურის წყალსაცავის გავლენით მომეტებულად გატენიანებული, აერის მასების შემოჭრის ჯამური რადიაციის მნიშვნელოვან შესუსტებას იწვევს (სურ. 4). ატმოსფერული ფონური გაჭუჭყიანების ოპტიკური მახასიათებლის რიცხვითი მნიშვნელობები (ცხრილი 1) მიგვანიშნებს, რომ აღმოსავლეთ საქართველოს ფონური გაჭუჭყიანების დონე (სამცხე-ჯავახეთის გარდა) უფრო მაღალია, ვიდრე დასავლეთის.

საბოლოოდ, მიღებული შედეგების ანალიზის საფუძველზე შეგვიძლია გავაკეთოთ საერთო დასკვნა, რომ საქართველოსთვის ატმოსფეროს მრავალწლიური საშუალო კლიმატური მახასიათებლებისათვის მოწმენდილი ცის შემთხვევაში აგებულია სპექტრული ჯამური რადიაციის უწყვეტი ველის სივრცულ-დროითი მოდელი და პირველი რიგის მიახლოებით შეფასებულია მის გამოყალიბებაზე, აერის მასების გადაადგილების გავლენა.

ლიტერატურა – References- Литература

1. Таварткиладзе К.А. Сообщения АН Грузии, 1966, т.43, № 1, с.71-74.
2. Таварткиладзе К.А. Тр. ЗаКНИГМИ, вып.22, с.46-58.
3. Sengelia i. saqarTvelos ssr mecnierebaTa akademiis vaxuSti bagrationis sax. geografiis institutis Semajamebeli samecniero sesia, Tbilisi 1984w, gv. 26-29.
4. Sengelia i. saqarTvelos ssr mecnierebaTa akademiis vaxuSti bagrationis sax. geografiis institutis Semajamebeli samecniero sesia, Tbilisi 1985w, gv. 21-22.
5. Таварткиладзе К.А. Метеорология и гидрология. 1985, №4, с.46-54.
6. Таварткиладзе К.А., Саджая Э.В. Сообщения АН ГССР. 1986, т.124, №3, с.549-552.
7. Шифрин К.С., Авасте О. Исследования по физике атмосферы. ИФА АН ЭССР, 1960, №2, с.23-66.
8. Авасте О., Молдау Х., Шифрин К.С. Исследования по физике атмосферы. ИФА АН ЭССР, 1962, №3, с.23-73.
9. Шифрин К.С., Пятовская Н.П. Тр. ГГО, вып. 166, с.3-23.
10. Шенгелия И.А. Сообщения АН Грузии, 1988, т.130, № 1, с.81-84.
11. Шенгелия И.А. Моделирование радиационного поля лучистого потока Солнца в прибрежной зоне моря (на примере Западной Грузии). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Тбилиси, 1989, 25с.

ი.შენგელია

ჯამური რადიაციული ველის მოდელი საქართველოში მოწმენდილი ცის შემთხვევაში

საქართველოში მოწმენდილი ცის შემთხვევაში ატმოსფეროს კლიმატური მახასიათებლების მრავალწლიური საშუალო მნიშვნელობებისთვის აგებულია სპექტრულ სპექტრულ ჯამური რადიაციის სივრცულ-დროითი მოდელი და პირველი რიგის მიახლოებით შეფასებულია მის აერის ფორმირებაზე სივრცულ-დროითი მოდელი და პირველი რიგის მიახლოებით შეფასებულია მის ფორმირებაზე ჰაერის მასების გადაადგილების გადაადგილების გავლენა.

И.Шенгелия

Модель суммарного радиационного поля при безоблачном небе для Грузии

Для среднемноголетних климатических характеристик атмосферы Грузии, при безоблачном небе построена непрерывная пространственно-временная модель спектральной суммарной радиации и с приближением первого порядка оценено влияние переноса воздушных масс на ее формирование.

I.Shengelia

Model of total radiational field under cloudless sky in Georgia

For mean annual climatic characteristics of atmosphere in Georgia, in case of cloudless sky, a continuous space-time model of spectral total radiation has been constructed and the impact of air mass transfer upon its formation has been assessed by means of the first order approach.

უკ 551.5 : 535.23

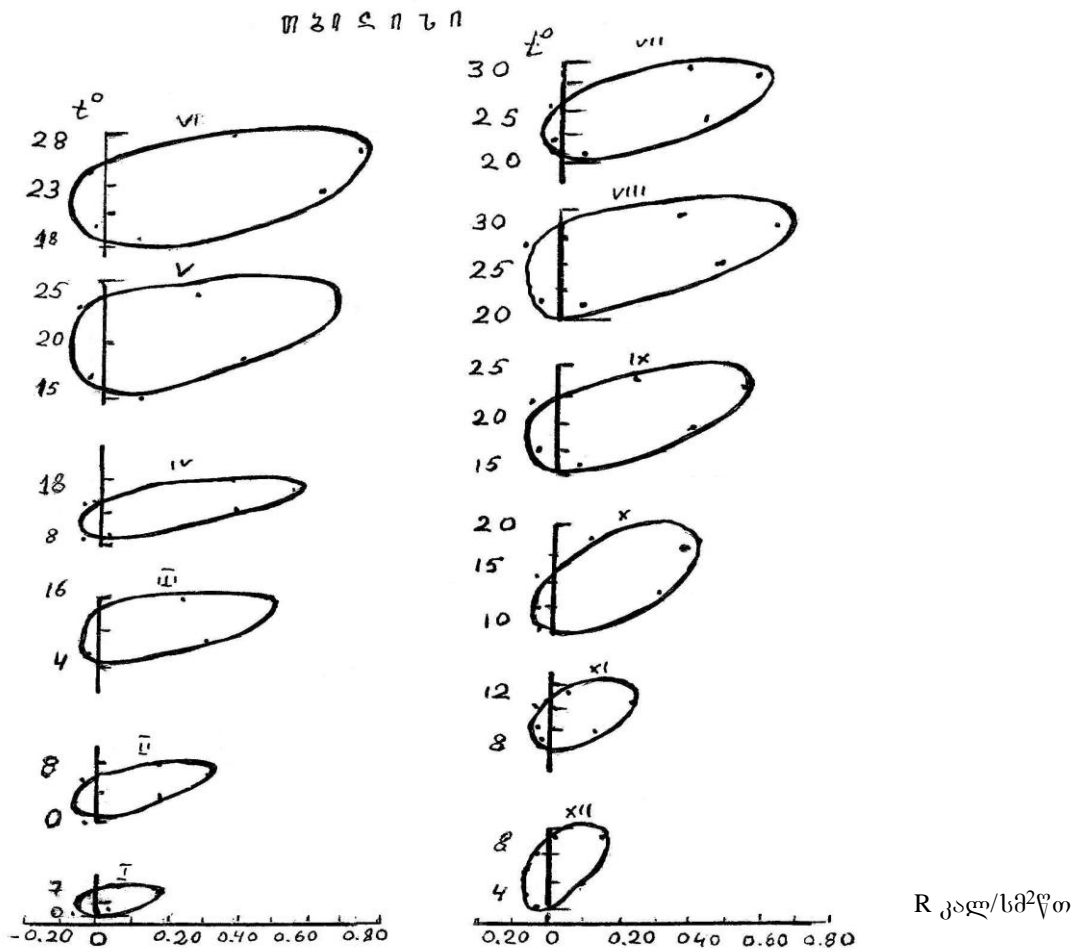
ც.ქორჭიკაშვილი, ნ.ნოზაძე

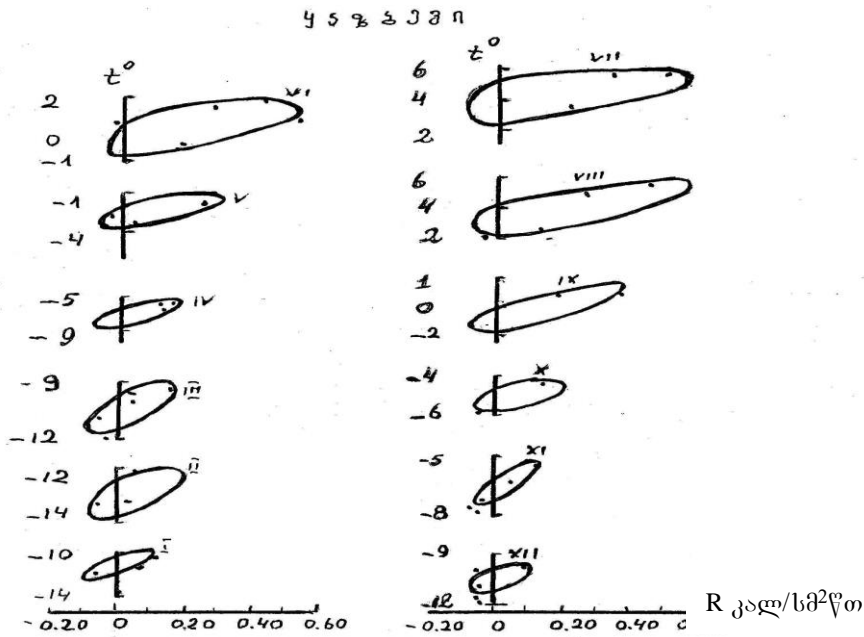
ჰაერის ტემპერატურის დამოკიდებულება ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციულ ბალანსზე

მაღალმთიან რეგიონებში ცოცხალი ორგანიზმების სითბოთი უზრუნველყოფის შესასწავლად განვიხილოთ თეორიული და პრაქტიკულად მნიშვნელოვანი ამოცანა თერმულ და რადიაციულ პარამეტრებს შორის დამოკიდებულების შესაბამისად.

ჰაერის ტემპერატურა (T) მიწისპირა ფენაში ყალიბდება ორი ფაქტორის ურთიერთქმედების შედეგად: რადიაციული (R) და ადვექციური (A). უნდა ითქვას, რომ ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით (300-3600 მ) ჰაერის ტემპერატურასა და მის განმსაზღვრელ ფაქტორებს შორის (რადიაციული ბალანსი და ადვექცია) კავშირი და მათი რაოდენობრივი შეფასება დღეისათვის მეცნიერულად არ არის გამოკვლეული. ამ ფაქტორების ცალკე გამოვლენა რატემაუნდა რთულია, მაგრამ შეიძლება ერთეული შემთხვევის მოძებნა, როცა გადამწყვეტ როლს ასრულებს ადვექცია და როცა თ მეტად დამოკიდებულია რადიაციაზე. ხოლო ვაკე რელიეფისათვის ჰაერის ტემპერატურისა და რადიაციულ ბალანსში შემავალი პარამეტრების, დღელამური და წლიური ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის დამოკიდებულების ფიზიკური თავისებურებანი განხილულია შრომებში [1,2,3].

T და R-ს შორის კავშირის დასამყარებლად გამოყენებული იყო ტემპერატურისა და რადიაციული ბალანსის 8 - ვადიან დაკვირვებათა მონაცემების საშუალო დღელამური მნიშვნელობა და მათი დღელამური ამპლიტუდები (A_T, A_R). სინოტიკური რუკებიდან დავადგინეთ კონკრეტული ადვექციური და რადიაციული შემთხვევები, რომელთა მიხედვით აგებულ იქნა დამოკიდებულება T=f(R), A_T=f(A_R), სადაც განსახილველ ელემენტებს შორის კავშირი შეკრული ელიფსოიდის მსგავსი ფორმის სახით არის წარმოდგენილი. მოცემული დამოკიდებულება მიღებულია მაღალმთიანი ყაზბეგისა და თბილისის დღელამური გასაშუალებული მონაცემებით (ნახ.1).



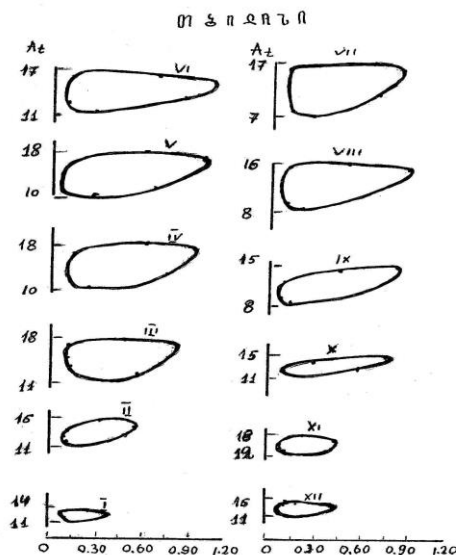


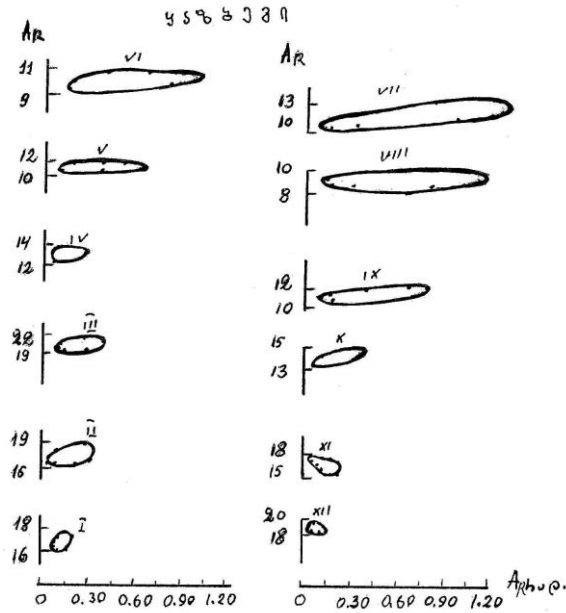
ნახ.1. ჰაერის ტემპერატურის და რადიაციული ბალანსის დამოკიდებულება

რაოდენობრივი მახასიათებლებით გამოსახული დამოკიდებულება წარმოდგენილია შეკრული ფიგურების (ელიფსი) ფართობით, დიდი ღერძის დახრილი კუთხის ტანგენტით, საშუალო დღედამური ტემპერატურით (\bar{t}) რადიაციული ბალანსით (\bar{R}) და მათი დღედამური ამპლიტუდით ($A_t = T_{max} - T_{min}$; $A_R = R_{max} - R_{min}$). ფართობის გაზომვა აგრეთვე შეიძლება პლანიმეტრით. ეს ხერხი უფრო მარტივი და ზუსტია.

შეკრული ფიგურების ფართობი, სიტბოსგაცემის ინერციულობის პროცესის დროს ინტეგრალურ მახასიათებელს წარმოადგენს, რომლითაც ვღებულობთ ტემპერატურასა და რადიაციულ ბალანსს შორის არაერთგვაროვან დამოკიდებულებას. ეს ფართობი მაქსიმალურია თბილ პერიოდში, რაც გამოიხატება A_t და A_R -ს მაღალი მნიშვნელობებით. თბილისში თბილ პერიოდში შეკრული ფიგურების ფართობი მეტია, ვიდრე ყაზბეგში, რადგან თბილისში მაღალ რადიაციულ ბალანსს შეესაბამება ზაფხულის თვეებში ტემპერატურის მაღალი მაჩვენებლები, ხოლო ყაზბეგში მაღალ რადიაციულ ბალანსს - დაბალი ტემპერატურა. ზაფხულის (VII-VIII) თვეებში (ნახ.2) დღედამური ამპლიტუდა ყაზბეგში მეტია, ვიდრე თბილისში.

შეკრული ფიგურების ფართობს თუ მივიღებთ ელიფსის ფორმად, შესაძლებლობა გვექნება გამოვიყენოთ შესადარებელი რაოდენობრივი მაჩვენებლები - \bar{R} და \bar{t} -ს [5].





ნახ.2. ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური ამპლიტუდის (A_s) და რადიაციული ბალანსის დღეღამური ამპლიტუდის (A_R) დამოკიდებულება

თუ ტემპერატურისა და რადიაციული ბალანსის დამოკიდებულების გრაფიკს ავაგებთ ერთი ფაზის ბიჯით, მაშინ ყველა თვისათვის ის იქნება ერთნაირი და წარმოქმნის სწორ ხაზს.

ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული ბალანსი უშუალოდ განაპირობებს მცენარის სითბოსა და ტენის რეჟიმს, აგრეთვე გარემო ფაქტორების მოქმედებას მცენარის ზრდა-განვითარებასა და მის პროდუქტიულობაზე [6]. გარდა ამისა, მცენარისა და გარემო ფაქტორების ურთიერთქმედების კვლევისას, მცენარის

თვისებიდან გამომდინარე, შეიძლება გამოვლინდეს დაბალ რადიაციულ ბალანსთან მცენარის ადაპტაციის უნარი.

ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული ბალანსი და მისი შემადგენელი პარამეტრები გამოკვლეულია [1, 2]. ავტორებმა შეიტანეს რიგი კორექტივები და გამოიანგარიშეს გადაწყვანი კოეფიციენტები. დადგინდა, რომ 1000-2200 მ სიმაღლეზე რადიაციული ბალანსის სიდიდე შედარებით ნელა მცირდება, რაც შეიძლება აიხსნას მოსული რადიაციის გაზრდით, ასევე ეფექტური გამოსხივებით, რომლებიც ერთმანეთს აკომპენსირებენ. გარდა ამისა, იცვლება ატმოსფეროს გამჭვირვალობა, მზის სპექტრალური ნაკადები, შთანთქმული რადიაცია და ნიადაგისა და მცენარის თერმული რეჟიმი. უნდა აღინიშნოს, რომ 2500 მ ზევით შეიმჩნევა ამ ელემენტების მნიშვნელოვანი შემცირება, რაც შეიძლება ავხსნათ ალბედოს გაზრდით. ეს გამოწვეულია მდგრადი თოვლის საფარითა და ყინულებით. ამ რეგიონში რადიაციული ბალანსის წლიური სიდიდეები ახლოსაა ნულთან.

რადიაციული ბალანსის თავისებურება ვლინდება, ძირითადად, ზაფხულის სეზონში. ვერტიკალურ ჭრილში. ალბედოს სიდიდე შედარებით თანაბრდება, ჯამური რადიაცია ინტენსიურად იზრდება, ხოლო ეფექტური გამოსხივება - უმნიშვნელოდ მცირდება. რადიაციული ბალანსისა და ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური დინამიკა და მისი ამპლიტუდა გვიჩვენებს, რომ რადიაციული ბალანსის სიდიდე განსაზღვრავს ჰაერის ტემპერატურას დაბალ და მაღალ ზონაში ამ პროცესის მიმდინარეობა განსხვავდება ერთმანეთისაგან.

როგორც ცნობილია, არსებობს კავშირი $\sum T > 10^0$ ტემპერატურასა და რადიაციულ ბალანსს შორის. მიღებული დამოკიდებულება [4] მაღალმთიანის გარდა ყველა ზონისათვის გამოიყენება.

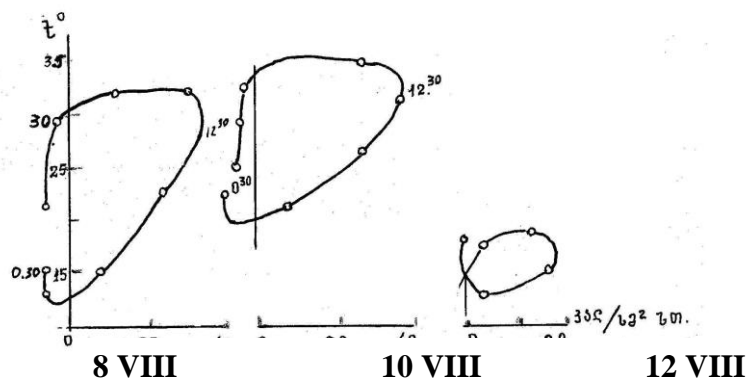
კავშირის მნიშვნელოვან რაოდენობრივ მაჩვენებელს წარმოადგენს დიდი ღერძის დახრის კუთხე, ტანგენსი, რომელიც ახასიათებს რადიაციული ბალანსის საშუალო ნამატსა და ტემპერატურის საშუალო ნამატს შორის კავშირს.

დამოკიდებულება, რომელიც აგებულია საშუალო თვიური მნიშვნელობების მიხედვით, გამორიცხავს ადვილი ფაქტორების გავლენას თ=ფ(დ) კავშირზე დღეღამის განმავლობაში. თუ შევადარებთ თვიდან-თვემდე მიღებულ დამოკიდებულებას, გარდა რადიაციული ფაქტორისა, შევნიშნავთ ადვილი ფაქტორების გამოყოფა საკმაოდ რთულია, ამიტომ შევისწავლოთ განსახილველი დამოკიდებულება კონკრეტული ამინდის პირობებში. განვიხილავთ ორ შემთხვევას: როცა საქართველოს ტერიტორიაზე გაბატონებული იყო ანტიციკლონური ამინდი და როცა მკვეთრად იყო გამოხატული სითბოს ადვილი.

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია თ=ფ(ღ) დამოკიდებულების ცვლილების დინამიკა სინოპტიკურ სიტუაციასთან დამოკიდებულებაში. 1986 წლის 8 და 10 აგვისტოს ანტიციკლონური ამინდის დროს, ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური სვლა ნათლად გამოხატული. ამ კონკრეტული შემთხვევის დროს თდა ღ-ს შორის კავშირი ამ პერიოდის განმავლობაში ახლოა ზემოთ მოყვანილ საშუალო თვიურ მნიშვნელობებთან და მიღებული ფიგურების ჩაკეტილობის ტენდენცია ნათლად გვიჩვენებს, რომ აგებული ფიგურები მკვეთრად განსხვავდება ფორმით და რაოდენობრივი მაჩვენებლებით. ამ დამოკიდებულების "შეკრულობის ხარისხი" შეიძლება დავახასიათოთ ტემპერატურის დღეღამის საწყის და საბოლოო წერტილებს შორის სხვაობით, რომელიც მიგვანიშნებს ადვექციის ხარისხზე.

8 აგვისტოს ეს სხვაობა 4.9⁰-ია, ხოლო 10 აგვისტოს 0.6⁰. 10 აგვისტოს სხვაობის სიმცირე მიგვანიშნებს იმას, რომ ჰაერის ტემპერატურის ფორმირებაზე ადვექციური ფაქტორების გავლენა ამ დღეს გაიზარდა. 12 აგვისტოს საქართველოში დასავლეთიდან შემოიჭრა ცივი ჰაერის მასა და გაბატონებული იყო ციკლონური მდგომარეობა. მაშინ ტემპერატურის საწყისს და საბოლოო მნიშვნელობებს შორის სხვაობა ტოლი იყო 4.3⁰. ნახ.3 გვიჩვენებს, რომ დროის მოკლე პერიოდში, ამინდის კონკრეტულ პირობებთან დამოკიდებულებაში ნათლად გამოხატული ადვექციური ფაქტორების რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

მეორე შემთხვევის დროს (1986 წლის 1 _ 6 ივლისი) აღინიშნებოდა ნათლად გამოხატული სითბოს ადვექცია. ბუნებრივი სინოპტიკური პროცესი მოცემულ შემთხვევაში 6 დღეს გრძელდებოდა. რადიაციული ბალანსის მცირე ცვლილებისას მნიშვნელოვნად იცვლებოდა ჰაერის ტემპერატურა. მოცემულ შემთხვევაში ნათლად არის გამოხატული დიდი სხვაობა ფორმასა და რაოდენობრივ მახასიათებელს შორის, $T=f(R)$



ნახ.3. ანტიჰაერის ტემპერატურული ცვლილება ანტიციკლონალური და ადვექციური ამინდის პირობებში. დამოკიდებულებაში მკვეთრად გამოხატული ადვექცია აღინიშნება 1_4 ივლისამდე. ანტიციკლონური ამინდის შემთხვევა კი, აღინიშნებოდა 5_6-მდე. ის ფაქტორი, რომ ამ დღეების განმავლობაში დამოკიდებულების ხაზები შეიძლება გადაიკვეთონ, ასაბუთებს იმას, რომ აქ ადვექციური ფაქტორი ჭარბობს რადიაციულს.

რადიაციული ბალანსის როლი ჰაერის ტემპერატურის ჩამოყალიბებაში საერთო რაოდენობრივი მაჩვენებლების გამოყენებით შეიძლება დროის გარკვეული პერიოდის გასაშუალოებით ან ანტიციკლონური პირობების განხილვით. ჰაერის ტემპერატურისა და რადიაციული ბალანსის გასაშუალოება გარკვეულ პერიოდის ვადებში არ გამორიცხავს მიღებულ კავშირებში ადვექციის გავლენას.

მიღებული მასალის ანალიზი ამტკიცებს, რომ ძლიერი ადვექციური ზემოქმედება ტემპერატურაზე შეიძლება მოხდეს რადიაციული ბალანსის უმნიშვნელო ცვლილების დროსაც. სტატიაში მოყვანილი დამოკიდებულებები ამტკიცებენ გასაშუალოების გარკვეულ პერიოდში კლიმატური მახასიათებლების მიღების შესაძლებლობას, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს კლიმატის ცვლილების, წყინვებისა და სხვა სტიქიური მოვლენების პროგნოზირებისათვის.

ლიტერატურა - ЛИТЕРАТУРА – REFERENCES

1. Юдин М.И. Суточный ход температуры воздуха и конвективный теплообмен. Изв.АН СССР, сер.География и Геофизика, №4,1948.
2. Мерцалова О.Б. Зависимость температуры воздуха от притока тепла от солнца. Тр.конференции по актинометрии, атмосферной оптике и ядерной метеорологии.вып.1.т.XIII.1962.
3. Константинов А.Р., Кудина А.В., Левенко А.А. Об учете запаздывания температуры и влажности воздуха в суточном ходе на высоте 2 м. Тр.УкрНИГМИ,вып.41.1964.

4. Давитая Ф.Ф., Мельник Ю.С. Радиационный нагрев деятельной поверхности и граница леса. Метеорология и гидрология №1,1962
5. Даигот Л.С. О связи температуры воздуха с радиационным балансом подстилающей поверхности.М., Гидрометеоиздат.
6. ჟორჯიკაშვილი ც. მცენარეთა თერმული რეჟიმი სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის პირობებში. წიგნში: საქართველოს ბუნება და რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრობლემები. თბილისი,1988.

უკ 551.5 : 535.23

ც.ჟორჯიკაშვილი, ნ.ნოზაძე

ჰაერის ტემპერატურის დამოკიდებულება ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციულ ბალანსზე

ჰაერის ტემპერატურა (T) მიწისპირა ფენაში რადიაციული (R) და ადვექციური (A) ფაქტორების ურთიერთქმედების შედეგად ყალიბდება.

T და R-ს შორის კავშირის დასამყარებლად გამოყენებული ტემპერატურისა და რადიაციული ბალანსის 8 - ვადიან დაკვირვებათა მონაცემების საშუალო დღეღამური მნიშვნელობები და მათი დღეღამური ამპლიტუდები.

UDC 551.5 : 535.23

T.Zhorzhikashvili, N.Nozaдзе

Dependence of air temperature on radiation balance of underlying surface

Air temperature (T) in boundary surface layer is formed due to the interaction between two factors - radiation (R) and advection (A).

To establish connection between T and R there have been used mean daily values obtained through the observations upon temperature and radiation balance 8 times a day and their daily amplitudes.

УДК 551.5 : 535.23

Ц.Д.Жоржикашвили, Н.Р.Нозадзе

Зависимость температуры воздуха от радиационного баланса подстилающей поверхности

Температура воздуха (T) в поверхностном слое земли формируется при взаимодействии двух факторов: радиационного (R) и адвективного (A).

Для установления связи между T и R были использованы среднесуточные значения 8 - разовых наблюдений температуры и радиационного баланса и их суточные амплитуды.

უკ 551.582

კ. თავართქილაძე

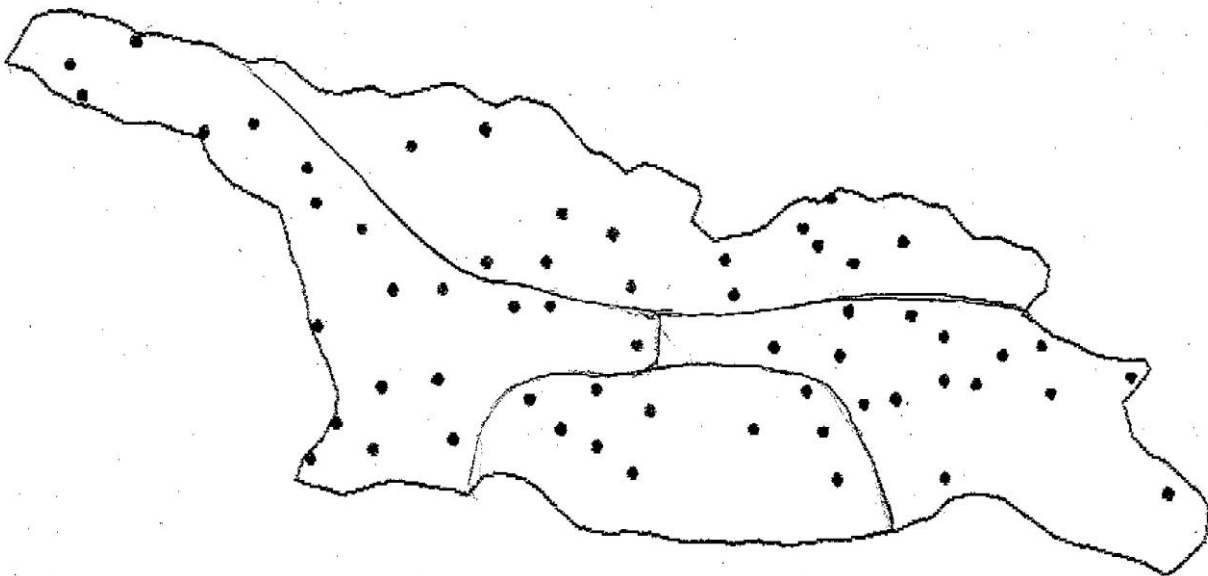
საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურა

რეგიონალური კლიმატის ფორმირებაში ნალექების რეჟიმი ერთ-ერთ გადამწყვეტ როლს თამაშობს. ამან განაპირობა, რომ ნალექებზე დაკვირვების ხანგრძლივობა მსოფლიოში, და მათ შორის საქართველოშიც, შედარებით გრძელ პერიოდს მოიცავს, ხოლო განაწილების რეჟიმი სადღეისოდ კარგადაა შესწავლილი.

რთული და მრავალფეროვანი კანონზომიერებებით ხასიათდება ნალექების რეჟიმი საქართველოს ტერიტორიაზე. ამ კანონზომიერებათა შესწავლას მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები მიეძღვნა და მნიშვნელოვანი შედეგებია მიღებული. ცნობილია ტერიტორიული და ვერტიკალური განაწილების კანონზომიერებანი [4, 6, 9 და სხვ.], შესწავლილია რეგიონალური ნალექწარმოქმნის პროცესები [3, 7, 8 და სხვ.], დადგენილია ცვალებადობის თავისებურებანი [1] და სხვ. მიუხედავად იმისა, რომ უმეტეს შრომებს საფუძვლად ნალექების ვარიაციების სტატისტიკური მახასიათებლების შესწავლა უდევს საფუძვლად, ნალექების რეჟიმის სტატისტიკური სტრუქტურა საქართველოს ტერიტორიაზე ნაკლებადაა შესწავლილი. აღნიშნულ საკითხს ეხება ეს ნაშრომი, რომლის მიზანს შეადგენს საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექების განაწილების შედარებით სრულყოფილი სტატისტიკური სტრუქტურის ჩამოყალიბება და ნალექების რეჟიმის დამახასიათებელი ზოგიერთი ახალი კანონზომიერების დადგენა.

1. გამოყენებული ემპირიული მონაცემების დახასიათება

საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურის შესწავლის საფუძვლად აღებულია 59 მეტეოსადგურის ფაქტიური, ყოველთვიური ჯამები 1936-1990 წლებში. დაკვირვების პუნქტების სქემატური განლაგება საქართველოს ტერიტორიაზე მოცემულია ნახ. 1-ზე.



ნახ.1. დაკვირვების პუნქტების განლაგება

აღსანიშნავია, რომ განხილულ პერიოდში, 55 წლის მანძილზე, ხშირი იყო ობიექტური თუ სუბიექტური მიზეზები, რომელთაც უნდა გამოეწვია მონაცემთა მწკრივების ერთგვაროვნების დარღვევა. ეს დარღვევა, რომელიც, ძირითადად, გაპირობებული იყო ნალექწარმოების კონსტრუქციის შეცვლით, დაკვირვების ვადების ცვლილებით თუ სხვადასხვა დროს რიგ შესწორებათა შემოტანით, ამაყად დიდ პრობლემებს უქმნის ნალექების რეჟიმის შესწავლას. ასე, მაგალითად, თუ სადღეისოდ მწკრივის ერთგვაროვნების დადგენა ამა თუ იმ მეთოდით შესაძლებელია, თითქმის შეუძლებელია მწკრივთა წევრების ჰემმარიტი სიდიდეების განსაზღვრა და მათი დასაბუთება. წინამდებარე შრომაში გამოყენებული ემპირიული მასალების ერთგვაროვნება აღდგენილი იქნა ისე, რომ მთელი პერიოდის მონაცემები შეესაბამებოდა ნალექებზე დაკვირვების მეთოდს, რომელიც ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიის, იდრომეტეოროლოგიურ ქსელში 80-იან წლების ბოლოს მოქმედებდა. კერძოდ, წვიმწომის მონაცემები მიყვანილი იქნა ნალექწარმოების მონაცემებთან და მთელ პერიოდში გათვალისწინებული იქნა შესწორება დასველებაზე. მაგრამ, აქ გასათვალისწინებელია სხვა გარემოება, რომელიც გაცილებით მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს სტატისტიკური დამუშავების პროცესზე - გამოყენებული მონაცემები უნდა იყოს სრული, ანუ ყოველი დაკვირვების პუნქტი 55 წლის 12 თვის ყველა მონაცემს უნდა შეიცავდეს. ეს საკმაოდ მკაცრი მოთხოვნაა, რადგან იშვიათია ისეთი დაკვირვების პუნქტი, რომელსაც გარკვეული პერიოდის წყვეტა არ გააჩნდეს.

მამასადამე, ნალექების რეჟიმის სტატისტიკური სტრუქტურის შესასწავლად აუცილებელია გამოტოვებულ პერიოდებში მონაცემთა აღდგენა.

მეტეოროლოგიაში გამოტოვებული პერიოდების აღდგენის სხვადასხვა მეთოდი არსებობს. აღსანიშნავია, რომ ბოლო დროს, ამ მიზნით, ფართო გამოყენება პოვა მათემატიკური სტატისტიკის თანამედროვე მეთოდმა, რომელიც მრავალგანზომილებიან სივრცეში შემთხვევითი ფუნქციის ბუნებრივ ორთოგონალურ მდგენელებად დაშლას ითვალისწინებს [5]. აღნიშნული მეთოდი გამოყენებული იყო საქართველოში მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების შესწავლის დროს [2], სადაც მოცემულია მისი პრაქტიკული გამოყენების რეკომენდაციები და მათზე აქ არ შევჩერდებით. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ აღდგენილი სიდიდეების სიზუსტე მკვეთრად და დამოკიდებული დაკვირვების პუნქტებს შორის ნალექების ვარიაციების კორელაციურ კავშირებზე და იგი განსაკუთრებით ეფექტურია მაღალი კორელაციური კავშირების შემთხვევაში.

კორელაციური კავშირების დასახასიათებლად და, საერთოდ, ნალექების რეჟიმის სტატისტიკური სტრუქტურის შესასწავლად, საქართველოს ტერიტორია პირობითად დაყოფილი გვაქვს ოთხ ნაწილად: დასავლეთ საქართველოს მთისწინეთი; აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე; მესხეთ-ჯავახეთის ზეგანი და კავკასიონის ქედის სამხრეთ ფერდობის მაღალმთიანი ზონა.

გამოტოვებული პერიოდების აღდგენის მიზნით ყოველი დაკვირვების პუნქტისთვის იგებოდა ნორმირებული ავტოკორელაციური მატრიცა, აღებული პუნქტის უახლოეს ზონაში განლაგებული ექვსიდან რვა მდე დაკვირვების პუნქტის მონაცემთა გამოყენებით. საილუსტრაციოდ მოგვყავს ერთ-ერთი მატრიცა (ცხრილი 1), რომელიც გამოყენებული იყო გალის მონაცემებში გამოტოვებული პერიოდების აღსადგენად.

ცხრილი 1. ნალექების ავტოკორელაციური მატრიცა

	გალი	ზუგდიდი	სოხუმი	ტყიბული	ბიჭვინთა	გაგრის ქედი	ლათა	ფსხუ
გალი	1	0.85	0.75	0.65	0.63	0.57	0.56	0.55
ზუგდიდი		1	0.74	0.79	0.57	0.41	0.84	0.63
სოხუმი			1	0.65	0.76	0.60	0.74	0.71
ტყიბული				1	0.50	0.40	0.76	0.64
ბიჭვინთა					1	0.66	0.57	0.59
გაგრის ქედი						1	0.61	0.49
ლათა							1	0.84
ფსხუ								1

ცხრილ 1-ში მოყვანილ პუნქტებს დაკვირვების ერთდროული მონაცემები, აღებულ 55 წლის პერიოდში, მხოლოდ 38 წლის მანძილზე აღმოაჩნდათ და ცხრილიც 38 წლის მონაცემებითაა აგებული. როგორც ცხრილიდან ჩანს, გალის მონაცემებთან კორელაციურ კავშირში ყველაზე ახლოს ზუგდიდის მონაცემებია, შემდეგ სოხუმისა და ა.შ. გალის გამოტოვებული პერიოდის აღდგენა ხდებოდა ზუგდიდის მონაცემთა გამოყენებით, თუ ზუგდიდს ამ პერიოდში მონაცემები გააჩნდა, თუ არა და – აიღებოდა სოხუმის, ტყიბულისა და ა.შ. მონაცემები. მოცემული მატრიცის შესაბამისი კოვარიაციული მატრიცის საკუთრივი რიცხვების მეშვეობით წინასწარ განისაზღვრებოდა აღდგენის სიზუსტე და თუ იგი 80%-ზე მეტი იყო, აღდგენა ხდებოდა მხოლოდ ერთი პუნქტის მონაცემთა გამოყენებით, ფორმულით

$$q_1 = \bar{q}_1 + \frac{R_{1,2}}{R_{2,2}}(q_2 - \bar{q}_2), \quad (1)$$

სადაც $q_1 \bar{q}_2$ შესაბამისად აღსადგენი და აღმდგენი პუნქტების ნალექების თვიური ან წლიური ჯამებია, $\bar{q}_1 \bar{q}_2$ - მათი ნორმები, ხოლო $R_{1,2}$ - მოცემულ პუნქტებს შორის კოვარიაციის კოეფიციენტი და $R_{2,2}$ - აღმდგენი პუნქტის დისპერსიაა.

როცა აღდგენის სიზუსტის გაზრდა იყო აუცილებელი, ვიყენებდით ორი ან მეტი პუნქტის მონაცემებს და აღდგენა ხდებოდა შემდეგი ფორმულით (ორი პუნქტის შემთხვევაში):

$$q_1 = \bar{q}_2 + \bar{q}_3 + C'(q_2 - \bar{q}_2) + C''(q_3 - \bar{q}_3) \quad (2)$$

სადაც

$$C' = \frac{R_{1,2}R_{2,2} - R_{2,3}R_{1,3}}{R_{2,2}R_{3,3} - (R_{2,3})^2},$$

$$C'' = \frac{R_{1,3}R_{3,3} - R_{2,3}R_{1,2}}{R_{2,2}R_{3,3} - (R_{2,3})^2},$$

აღმოჩნდა, რომ 80% და მეტი სიზუსტით აღსადგენად უმეტეს შემთხვევაში საკმარისი იყო ერთი პუნქტის მონაცემთა გამოყენება. რაც შეეხება ფორმულას (2), იგი იშვიათად გამოიყენებოდა. აღნიშნული გზით შევსებული იქნა განხილული 59 დაკვირვების პუნქტის 1936-1990 წლების ყოველთვიური მონაცემებში სხვადასხვა მიზეზით გამოტოვებული მნიშვნელობები.

2.ნალექების განაწილების სტატისტიკური მახასიათებლები

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, ნალექების განაწილების სტატისტიკური მახასიათებლების განსაზღვრის მიზნით საქართველოს ტერიტორია დაყავით ოთხ ზონად. ზონებში დაკვირვების პუნქტების რიცხვი ასე განაწილდა: დასავლეთ საქართველოს მთისწინეთი დაკვირვების 20-მა პუნქტმა დაახასიათა და მონაცემთა საერთო რიცხვმა შეადგინა N=1100; აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე დაახასიათა 14 პუნქტის მონაცემებმა (N=825); მესხეთ-ჯავახეთის ზეგანი 10-მა (N=550) და კავკასიონის სამხრეთ ფერდობი დაკვირვების 15 პუნქტის მონაცემებით იქნა დაახასიათებული (N=770). ყველა პუნქტის მონაცემები ნორმირებული იქნა 55 წლის საშუალო მნიშვნელობების მიხედვით და, ამრიგად, სტატისტიკური დამუშავება ხდებოდა შესაბამისი პუნქტებისთვის ნორმიდან გადახრების ამსახველი მწკრივების გამოყენებით. ეს ცალკეული რეგიონების სტატისტიკური მახასიათებლების უშუალოდ შედარების შესაძლებლობას გვაძლევდა.

გამოთვლილი სტატისტიკური მახასიათებლები მოცემულია ცხრილ 2-ში. რადგან მწკრივები ნორმირებულია, ცხრილი აღწერს მხოლოდ ვარიაციებს. რაც შეეხება ნორმებს ზონების მიხედვით, იგი არ მოგვყავს, რადგან ზონების შიგნით დაკვირვების პუნქტებში ნალექების რაოდენობის ფართო დიაპაზონში ცვლილების გამო მათ რაიმე პრაქტიკული ღირებულება არ გააჩნიათ.

ცხრილი 2. ნალექების განაწილების სტატისტიკური მახასიათებლები საქართველოს ტერიტორიაზე

სტატისტიკური მახასიათებლები	დასავლეთ საქართველოს მთ.წ.	აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე	მესხეთ-ჯავახეთის ზეგანი	კავკასიის სამხრეთ ფერდობი
საშუალო კვადრ. გადახრა	0.17	0.19	0.18	0>20
ასიმეტრიის კოეფიციენტი	-0.20	0.698	0.975	0.577
ექსცესის მაჩვენებელი	0.20	1.01	2.11	2.18
ვარიაციის კოეფიციენტი	16.70	19.4	18.0	19.7
საშ. მნიშ. საშ. ცდომილება	0.006	0.007	0.008	0.007
საშ. მნიშ. სიზ. მაჩვენებელი	0.563	0.654	0.766	0.737
საშ. კვ. გად. ცდომილება	0.004	0.005	0.005	0.005
ასიმეტრ. ცდომ. ზომა	0.074	0.083	0.104	0.092
ექსცესის ცდომილება	0.148	0.165	0.209	0.183
ვარ. კოეფ. ცდომილება	0.366	0.339	0.558	0.541

როგორც ცხრილიდან ჩანს, განხილულ რეგიონებში ნალექების განაწილების ვარიაციათა ამსახველი პარამეტრები, გარდა ასიმეტრიის კოეფიციენტისა და ექსცესის მაჩვენებლისა, ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან. დასავლეთ საქართველოში, განსხვავებით სხვა რეგიონებისგან, ასიმეტრიას საწინააღმდეგო მიმართულება აქვს. კერძოდ, ნორმაზე მცირე რაოდენობის ნალექების მოსვლის შემთხვევები მეტია, ვიდრე სხვა რეგიონებში.

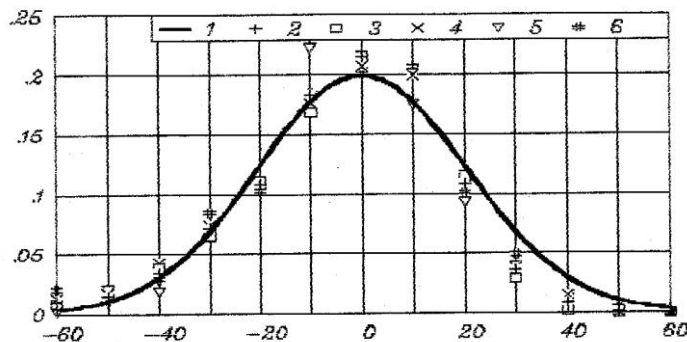
სტატისტიკური მახასიათებლები, რომლებიც მე-2 ცხრილშია მოცემული მიგვანიშნებს, რომ ნორმიდან გადახრის ვარიაციები ნორმალური განაწილების კანონთან უნდა იყოს ახლოს. ეს რომ მართლაც

ასეა, საილუსტრაციოდ მე-2 ნახაზზე მოცემულია ნორმალური განაწილების მრუდი და განსაზღვრულ დიაპაზონებში გადახრების ფაქტიური შემთხვევათა რიცხვის შეფარდება შემთხვევათა საერთო რაოდენობასთან ცალკეულ რეგიონებისთვის, რაც ნორმალური განაწილებიდან გადახრის შეფასების საშუალებას იძლევა.

აღსანიშნავია, რომ ნორმიდან გადახრის ვარიაციების განაწილება ნორმაზე მეტი ნალექების მოსვლის შემთხვევაში იდენტურია საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ უხვი ნალექების შემთხვევაში ნორმიდან გადახრის განაწილების სტრუქტურა საქართველოში ერთი და იგივე კანონზომიერებას ემორჩილება. რაც შეეხება მცირე ნალექების შემთხვევაში, განაწილების სტრუქტურა მნიშვნელოვნად შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისგან.

3. ნალექიანობის სტატისტიკური კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან

ნალექების რეჟიმზე ატმოსფეროში მიმდინარე მრავალრიცხოვანმა პროცესმა შეიძლება მოახდინოს მნიშვნელოვანი გავლენა. მათი კომპლექსური შესწავლა თერმოდინამიკურ პროცესებში ფაზური გარდაქმნების თეორიულ საფუძვლებზე დაყრდნობით მთელ რიგ სიმნელებს აწყდება და ხშირად პრაქტიკული შედეგების მისაღებად პროცესის საკმაოდ იდეალიზირება აუცილებელია. ასეთ შემთხვევაში, ხშირად გაცილებით პრაქტიკულ შედეგებს იძლევა ემპირიული კავშირების დადგენა ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებს შორის, კერძოდ, კორელაციური კავშირების დადგენა ნალექიანობასა და ატმოსფეროს მდგომარეობის მახასიათებელ მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის.



ნახ.2. ნალექების ანომალიების განაწილებათაც ალბათობები საქართველოში. 1-ნორმალური განაწილება; 6-დასავლეთ საქართველოს მთისწინეთი; 3-აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე; 4-მესხეთ ჯავახეთის ზღვანი; 5-კავკასიონის სამხრეთ ფერდის მაღალმთიანი ზონა.

კორელაციური კავშირების დასადგენად ნალექიანობასა და ძირითად მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის, ნალექებთან ერთად გამოვიყენეთ დაკვირვების 6 პუნქტის მეტეოროლოგიური ელემენტების საშუალო თვიური მონაცემები (ცხრილი 3). კორელაციური კავშირები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად განვსაზღვრეთ სამი ათწლიანი პერიოდისთვის: 1954-1965წწ; 1968-1977 წწ და 1981-1990 წწ. ასეთი გზით განსაზღვრული კორელაციის კოეფიციენტები საშუალებას მოგვცემს შევფასოთ არსებული კავშირების შემთხვევითობა ან სტაბილურობა. ცხრილი შედგენილია თბილისის, თელავის, წალკის, სოხუმის, სენაკის და ანასულის მონაცემებით. კორელაციის თითოეული კოეფიციენტის განსაზღვრა ხდებოდა $N=720$ შემთხვევათა რიცხვიდან.

ცხრილში მოცემულია საშუალო მნიშვნელობები (ან ჯამები) მითითებული სამი პერიოდისთვის, საშუალო კვადრატული გადახრები და კორელაციის კოეფიციენტები თითოეული მეტეოროლოგიური ელემენტისა ნალექების თვიურ ჯამებთან. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ატმოსფეროს მდგომარეობის დამახასიათებელი ძირითადი პარამეტრების კავშირი ნალექიანობასთან საკმაოდ დაბალია. შედარებით მაღალი კორელაციური კავშირი მოსული ნალექების რაოდენობას ატმოსფეროში წყლის ორთქლის დრეკადობასთან აქვს, რაც სრულად ბუნებრივია, რადგან მოსული ნალექების რაოდენობას ატმოსფეროში წყლის ორთქლის მარაგი განაპირობებს. მაგრამ, აქ საინტერესოა სხვა გარემოება – საერთო დაბალი კორელაციური კავშირების ფონზე შედარებით მაღალი კორელაციური კავშირებია მოკლეტალღიან რადიაციულ ნაკადებთან და ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციულ ბალანსთან. ეს მნიშვნელოვანი შედეგია და მისმა გათვალისწინებამ შესამჩნევად შეიძლება გააუმჯობესოს ნალექების პროგნოზირება.

ნალექების წარმოქმნის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას ატმოსფეროში წყლის ორთქლის გაჯერებულ მდგომარეობაში გადასვლა ქმნის. გაჯერების მდგომარეობის შეფასება კი ფარდობითი ტენიანობის მნიშვნელობით შეიძლება. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ფარდობით ტენიანობასა და მოსულ ნალექებს შორის

კორელაციური კავშირი საერთოდ არ არსებობს. ეს პრინციპულ წინააღმდეგობას არ უნდა იწვევდეს, რადგან მოსული ნალექების რაოდენობას ატმოსფეროში წყლის ორთქლის მარაგი უნდა განსაზღვრავდეს. რაც შეეხება ფარდობით ტენიანობას, მისი მაქსიმალური (ერთის ტოლი) მნიშვნელობის შემთხვევათა რიცხვი ნალექების მოსვლის შემთხვევათა რიცხვს უნდა უკავშირდებოდეს და არა მოსული ნალექების რაოდენობას.

საერთო დაბალი კორელაციური კავშირების ფონზე ყურადღებას იმსახურებს სხვადასხვა პერიოდებში მათი სტაბილურობა. ე.ი. თუ მოსული ნალექების რაოდენობასა და რომელიმე მეტეოროლოგიური ელემენტის ვარიაციებს შორის უმნიშვნელო კორელაციური კავშირია, ეს კავშირი სტაბილურია და დროში მნიშვნელოვან ცვლილებას არ განიცდის.

ცხრილი 3 საშუალებას იძლევა მიახლოებით შევაფასოდ მოსული ნალექების რაოდენობის დროში ცვლილება. ამ საკითხს ქვემოთ უფრო დაწვრილებით შევხებით. ამაჟამად მხოლოდ აღვნიშნავთ, რომ 1968-1977 წლები უფრო უხვნალექიანი იყო საქართველოში, ვიდრე განხილული სხვა პერიოდები. როგორც ცხრილიდან ჩანს, აღნიშნულ პერიოდში დაახლოებით 8%-ით გაიზარდა მოსული ნალექების რაოდენობა, ვიდრე 1954-1963 წლებში, ხოლო შემდეგ ათწლეულში (1981-1990 წწ) მოსული ნალექების რაოდენობა შემცირდა დაახლოებით 9%-ით, ვიდრე 1968-1977 წლებში. მოყვანილი ცვლილება ახასიათებს მხოლოდ ცხრილის შედგენისას გამოყენებული 6 დაკვირვების პუნქტის საერთო მდგომარეობას და არა საქართველოში ნალექიანობის მრავალწილიური ცვალებადობის ტენდენციებს.

ცხრილი 3. ნალექების თვიური ჯამების კორელაციური კავშირი მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან სამი ათწლიანი პერიოდისთვის

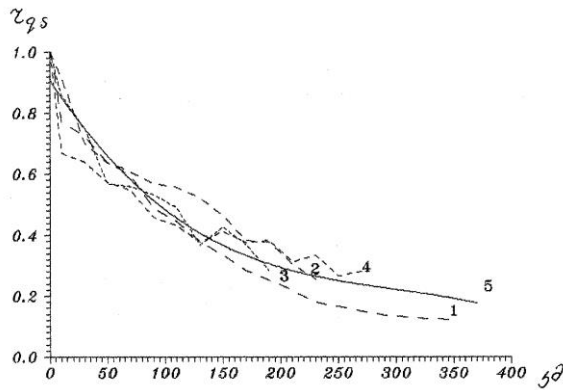
მეტეოროლოგიური ელემენტები	საშუალო		
	1954-1963	1968-1977	1981-1990
ნალექები (მმ)	42.2	45.9	41.9
ჰაერის ტემპერ. (°C)	12.1	11.9	12.2
ნიად. ზ.ტ. (°C)	15.5	14.4	15.7
წყლ. ორ. დრ. (კ)	10.7	10.6	10.8
ფარდ. ტენ. (%)	67.4	65.9	65.3
საერ. მოლრ. (ბ)	6.13	6.18	6.13
ქვ. იარ. მოლრ. (ბ)	4.07	4.06	3.98
რადიაც.ბალანსი (კკალ/სმ²თვე)	5.69	4.40	4.41
ჯამური რადიაცია (კკალ/სმ²თვე)	10.3	9.4	9.3
მოკლ. ტ. რად. ბ. (კკალ/სმ²თვე)	8.4	7.6	7.4
გრძ. ტ. რად. ბ. (კკალ/სმ²თვე)	-2.7	-3.2	-3.0
მეტეოროლოგიური ელემენტები	საშუალო კვადრატული გადახრა		
	1954-1963	1968-1977	1981-1990
ნალექები (მმ)	35.7	38.5	33.6
ჰაერის ტემპერ. (°C)	7.9	8.2	8.0
ნიად. ზ.ტ. (°C)	10.7	10.7	10.9
წყლ. ორ. დრ. (კ)	4.5	4.6	4.7
ფარდ. ტენ. (%)	7.9	6.9	6.4
საერ. მოლრ. (ბ)	1.3	1.4	1.1
ქვ. იარ. მოლრ. (ბ)	1.1	1.2	1.1
რადიაც.ბალანსი (კკალ/სმ²თვე)	4.0	4.0	3.2
ჯამური რადიაცია (კკალ/სმ²თვე)	5.0	4.7	4.6
მოკლ. ტ. რად. ბ. (კკალ/სმ²თვე)	4.2	4.0	3.9
გრძ. ტ. რად. ბ. (კკალ/სმ²თვე)	1.1	0.9	0.9
მეტეოროლოგიური ელემენტები	კორელაციის კოეფიციენტები ნალექებთან		
	1954-1963	1968-1977	1981-1990
ნალექები (მმ)	1	1	1
ჰაერის ტემპერ. (°C)	0.33	0.34	0.29
ნიად. ზ.ტ. (°C)	0.31	0.31	0.26
წყლ. ორ. დრ. (კ)	0.40	0.40	0.30

ფარდ. ტენ. (%)	0.04	-0.06	0.09
საერ. მოლრ. (ბ)	-0.18	-0.17	0.00
ქვ. იარ. მოლრ. (ბ)	-0.15	-0.22	-0.14
რადიაც. ბალანსი (კვალ/სმ ² თვე)	0.33	0.44	0.35
ჯამური რადიაცია (კვალ/სმ ² თვე)	0.32	0.39	0.30
მოკლ. ტ. რად. ბ. (კვალ/სმ ² თვე)	0.31	0.38	0.29
გრძ. ტ. რად. ბ. (კვალ/სმ ² თვე)	0.03	-0.06	0.04

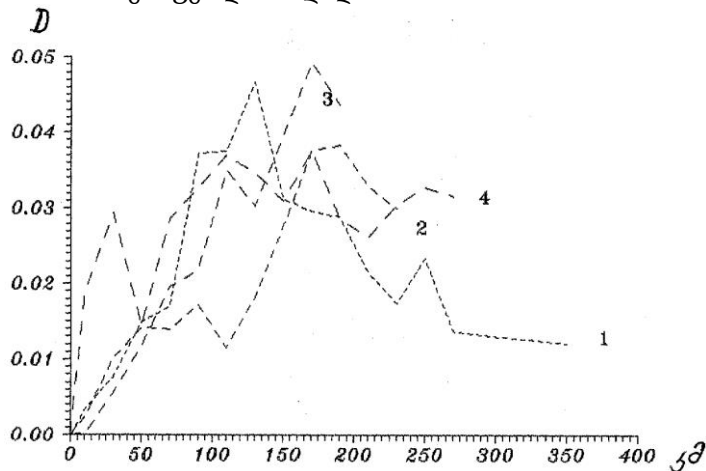
4. ნალექების ჰორიზონტალური გავრცობადობა

ნალექები ატმოსფერული მოვლენების იმ კატეგორიას მიეკუთვნება, რომელთა ,ორიზონტალური გავრცელების საზღვრების დადგენა თითქმის შეუძლებელია. იგი რამდენიმე კვადრატული კილომეტრიდან, რამოდენიმე ასეული კვადრატული კილომეტრის ფართობზე შეიძლება ვრცელდებოდეს. ასეთ ფართო დიაპაზონში ცვალებადობას ადგილობრივი აეროსინოპტიკური თუ ატმოსფერული მასების გლობალური გადატანის პროცესები განაპირობებენ. ნალექების ,ორიზონტალური გავრცელების ალბათობათა განსაზღვრას როგორც თეორიული, ასევე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია. ამიტომ, შევეცადეთ წინა პარაგრაფებში გამოყენებული ემპირიული მონაცემების საფუძველზე დაგვედგინა მოსული ნალექების რაოდენობათა ,ორიზონტალური გავრცობადობა.

ნალექების ,ორიზონტალური გავრცობადობის განსაზღვრისათვის კორელაციის კოეფიციენტები დაკვირვების ყოველ ორ პუნქტს შორის დავუკავშირეთ ამ პუნქტებს შორის პირდაპირ მანძილებს. მიღებული კორელაციურ ფუნქციათა სახეები წარმოდგენილია მე-3 ნახაზზე და ისინი განსაზღვრავენ კორელაციის კოეფიციენტების მანძილზე დამოკიდებულებას აღნიშნული ოთხი რეგიონისთვის. შესაბამისი დისპერსიები მანძილების მიხედვით მოცემულია ნახ.4-ზე.



ნახ.3. ნალექების ჰორიზონტალური გავრცელების კორელაციური ფუნქცია. 1-დასავლეთ საქართველოს მთისწინეთი; 2-აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკე; 3-მესხეთ ჯავახეთის ზღდან; 4-კავკასიონის სამხრეთ ფერდის მაღალმთიანი ზონა.



ნახ.4. ნალექების ჰორიზონტალური გავრცელების დისპერსიების ცვლილება მანძილის მიხედვით (განმარტება იხ. ნახაზ 3-ზე)

როგორც ნახაზებიდან ჩანს, კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება დაკვირვების პუნქტებს შორის მანძილის ცვლილებასთან კავშირში, ყველა რეგიონში დაახლოებით ერთნაირად ხდება. ახლო მანძილებზე (20-30 კმ) კორელაციის კოეფიციენტების შემცირება მაქსიმალური მნიშვნელობიდან (1.0) 0.7-0.8-მდე უცვლელად ხდება. შემდეგ, მანძილის გაზრდასთან ერთად, კოეფიციენტის შემცირების ინტენსიურობა თანდათან მცირდება და დაახლოებით 250-300 კმ-ის შემდეგ, უახლოვდება რა მნიშვნელობას 0.2, თითქმის აღარ იცვლება. ოთხივე რეგიონისთვის, როგორც ნახაზებიდან ჩანს, კორელაციის კოეფიციენტის მანძილზე დამოკიდებულება მსგავსია და აბსოლუტური მნიშვნელობებითაც ახლოს არიან ერთმანეთთან. ეს დამოკიდებულება შევეცადეთ საქართველოს მთელი ტერიტორიისთვის ანალიზური სახით წარმოგვედგინა. თუ ს მანძილით დამორებულ ორ პუნქტზე მოსულ ნალექებს შორის კორელაციის კოეფიციენტს r_{qs} -ით აღნიშნავთ, მაშინ მისი მანძილზე დამოკიდებულება შემდეგი ფორმულით შეიძლება წარმოვადგინოთ:

$$r_{qs} = 0.9 - 5.5 \cdot 10^{-3} s + 1.5 \cdot 10^{-5} s^2 - 1.4 \cdot 10^{-7} s^3 \quad (3)$$

(ს აღებულია კმ-ში). ამ ფორმულით აგებული მრუდი მოცემულია ნახ.3-ზე (მრუდი 5) და გამოსახავს ნალექების მოსვლის ალბათობათა ცვლილებას საქართველოს ტერიტორიაზე ს მანძილით დამორებულ ორ ნებისმიერ დაკვირვების პუნქტის შორის, ე.ი. განსაზღვრავს ნალექების გავრცობადობას. მაგალითად, 50 კმ-ით დამორებულ ორ პუნქტში საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექები რომ ერთდროულად მოვიდეს, ალბათობა ამისა 70%-ია; ნალექების ერთდროული მოსვლის 50%-იანი ალბათობა 130 კმ-მდე მანძილზეა მოსალოდნელი; ალბათობა იმისა, რომ საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ერთდროულად მოდიოდეს ნალექები, 20%-ს შეადგენს.

5. ნალექების ცვლილება სიმაღლის მიხედვით

ცნობილია, რომ ნალექების რაოდენობა გარკვეულ კავშირშია ზღვის დონიდან დაკვირვების პუნქტის სიმაღლესთან. საქართველოში ნალექების ვერტიკალური განაწილება კარგადაა შესწავლილი თითქმის ყველა წყალშემკრები აუზისთვის. სხვადასხვა დროს ჩატარებული გამოკვლევები ადასტურებენ, რომ დაწყებული ზღვის დონიდან, სიმაღლის ზრდის მიხედვით ნალექების მოსვლის ალბათობა თანდათან მცირდება. გარკვეული სიმაღლის შემდეგ (დაახლოებით 0.7-1.3 კმ ზღვის დონიდან) ნალექების მოსვლის სიმაღლეზე ცვლილების მსვლელობაში გარდატეხა ხდება და სიმაღლის მიხედვით ზრდის ტენდენცია ვლინდება. ძნელია იმის დადგენა, როგორ მიმდინარეობს ეს პროცესი მაღალმთიან პირობებში. საქართველოში დაკვირვების ყველაზე მაღალი სტაციონალური პუნქტი 3.65 კმ-ის სიმაღლეზეა ზღვის დონიდან. თუ გავითვალისწინებთ იმ გარემოებას, რომ ნალექების რაოდენობას, ძირითადად, განსაზღვრავს ადგილობრივი თუ შემოტანილი წყლის ორთქლის მარაგი ატმოსფეროში, რომელიც ყველა შემთხვევაში სიმაღლის მიხედვით ექსპონენციალურად ეცემა, უნდა ვივარაუდოთ, რომ გარკვეულ სიმაღლეზე პროცესი კვლავ უნდა შებრუნდეს და ნალექების რაოდენობამ შემცირება უნდა დაიწყოს.

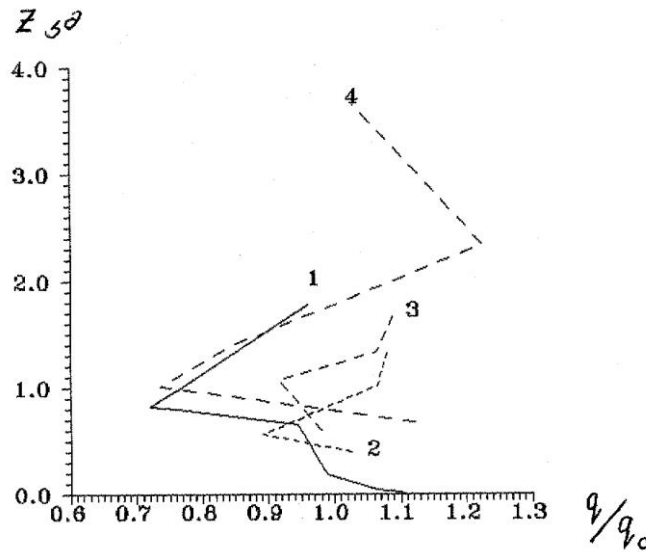
საქართველოს ტერიტორიაზე ნალექების ვერტიკალური განაწილების კანონზომიერებათა დადგენის სიზუსტე შედარებით მაღალია, როცა იგი ცალკეული აუზებისთვის დგინდება. მაგრამ, ხშირად, გარკვეული მნიშვნელობა აქვს ნალექების ვერტიკალური განაწილების ანალიზურ გამოსახვას საქართველოს მთელი ტერიტორიისთვის, თუნდაც ნაკლები სიზუსტით.

ნალექების ვერტიკალური განაწილების ანალიზური წარმოდგენის მიზნით განვსაზღვრეთ დაკვირვების ყველა პუნქტისთვის ნალექების საშუალო მრავალწლიური (1936-1990 წწ) ნორმა და მათი შეფარდება რეგიონის საშუალო მრავალწლიურთან, ე.ი. ნალექების აბსოლუტური მნიშვნელობებიდან, ცალკეული რეგიონების მიხედვით განვსაზღვრეთ ნალექების მოსვლის ალბათობათა ფარდობითი სიდიდეები. პუნქტების მდებარეობა სიმაღლის მიხედვით დავყავით დიაპაზონებად (0.01; 0.1; 0.3; 0.5; 0.8; 1.2; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0 და >3.0 კმ-ზე) და დავადგინეთ დიაპაზონებში საშუალო ფარდობითი ალბათობები. მიღებული მნიშვნელობები დატანილია ნახ.5-ზე. როგორც ნახაზებიდან ჩანს, გარდატეხის წერტილები ყველა რეგიონისთვის სხვადასხვა სიმაღლეებზე გამოიკვეთა. აღსანიშნავია, რომ ზღვის დონიდან სამიათას მეტრზე ზემოთ, სადაც მხოლოდ ერთი, მაგრამ მრავალწლიანი მონაცემების მქონე დაკვირვების პუნქტის მონაცემები არსებობს, კვლავ გამოიკვეთა გარდატეხა, ანუ სიმაღლის მიხედვით ნალექების ზრდის ტენდენცია შეიცვალა კლებით.

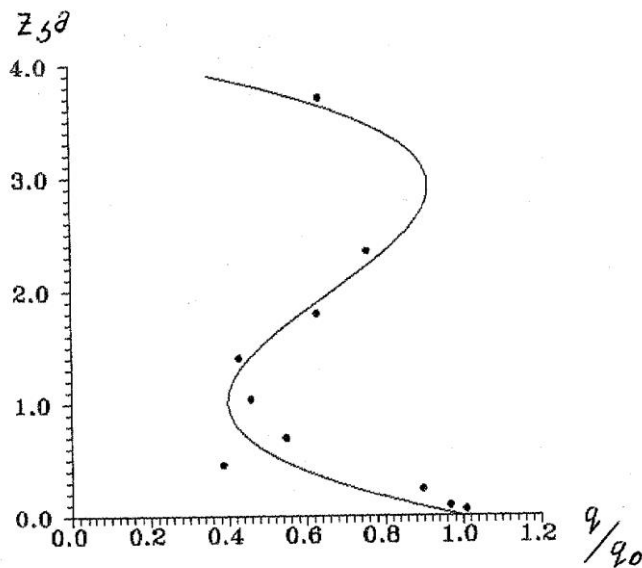
რეგიონების მონაცემთა გაერთიანებით გამოყოფილ დიაპაზონებში განვსაზღვრეთ საშუალო მნიშვნელობები და ისინი დატანილია ნახ.6-ზე. აღნიშნული ტერიტორიების მიხედვით, უმცირეს კვადრატთა მეთოდით, დავადგინეთ ნალექების ფარდობითი რაოდენობის სიმაღლის მიხედვით ცვლილების ამსახველი ანალიზური გამოსახულება, რომელმაც შემდეგი სახე მიიღო:

$$\frac{q}{q_0} = 1 - 1.34z + 0.89z^2 - 0.151z^3, \quad (4)$$

სადაც Z წარმოადგენს დაკვირვების პუნქტის სიმაღლეს ზღვის დონიდან და გამოსახულია კმ-ში. ფორმულა (4) გრაფიკული სახით წარმოდგენილია ნახ.6-ზე.



ნახ.5. ნალექების ცვლილება სიმაღლეზე რეგიონების მიხედვით (განმარტება იხ. ნახაზ 3-ზე)



ნახ.6. ნალექების ცვლილება სიმაღლეზე მიხედვით საქართველოს ტერიტორიაზე

6. ნალექების ცვლილების ტენდენციები საქართველოს ტერიტორიაზე

დედამიწის ზედაპირის ენერგეტიკული წონასწორობა, როგორც ცნობილია, დარღვეულია. იგი თითქმის მთელი საუკუნეა თანდათანობით ზრდას განიცდის და მისი შედეგია გლობალური კლიმატის დათბობის პროცესი. დათბობის პროცესი მსოფლიოს სხვადასხვა ადგილებში არათანაბარი ინტენსიურობით მიმდინარეობს. აღსანიშნავია, რომ დათბობის საერთო ფონზე ზოგიერთი რეგიონი მკვეთრი აცივებით ხასიათდება. კლიმატის ცვლილების საპირისპირო მიმართულებები მკაფიოდაა გამოსახული საქართველოს ტერიტორიაზე. ლიხის ქედის აღმოსავლეთით კლიმატის მკვეთრი დათბობის პროცესი მიმდინარეობს, ხოლო დასავლეთით პირიქით – ადგილი აქვს აცივებას. დათბობის ზონიდან აცივების ზონაში გადასვლა თანდათანობით არ ხდება. დათბობის ზონაში, ლიხის ქედის პარალელურად, აცივების ვიწრო ზოლია გამოკვეთილი, ხოლო ქედიდან დასავლეთით, აცივების ზონაში, არსებობს ლოკალიზებული დათბობის ზოლი. შედარებით მცირე ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების ასეთი შენაცვლება, ფაქტია, გავლენას მოახდენს ნალექების რეჟიმზე და ართულებს მისი შესწავლის შესაძლებლობას.

ნალექების ცვლილების შესწავლის მიზნით 59 დაკვირვების პუნქტის ერთნაირი 55 წლის პერიოდის ყოველთვიური, სეზონური და ყოველწლიური ნალექების ვარიაციები წარმოვადგინეთ წრფივი განტოლებით:

$$q = q_0 + At, \tag{5}$$

სადაც ქი – ნალექების თვიური, სეზონური თუ წლიური ჯამების უაღრესი მნიშვნელობაა 1936 წლისთვის, A- ნალექების ცვლილება დროის ერთეულში და ტ – წელთა თანმიმდევრობაა 1936-დან 1990 წლამდე. ქი და A-ს რიცხვითი მნიშვნელობები დაკვირვების ყველა პუნქტის თვეების, სეზონების და წლისთვის განვსაზღვრეთ უმცირეს კვადრატთა მეთოდით. გამოთვლის ზოგიერთი შედეგები მოცემულია ცხრილში 4. კერძოდ, მოცემულია 55 წლის მანძილზე ნალექების ცვლილების სიდიდე მმ-ში საშუალოდ თითოეული რეგიონისთვის და ყოველი რეგიონიდან დაკვირვების ორ-ორი პუნქტისთვის, რომლებიც ნალექების ცვლილების ექსტრემალური მნიშვნელობებით ხასიათდებიან.

მიუხედავად იმისა, რომ ყველა რეგიონში ადგილი აქვს ნალექიანობის როგორც ზრდას, ისევე კლებას, დაკვირვების ყველა პუნქტის მონაცემთა გასაშუალებით ოთხივე რეგიონში ნალექიანობის შემცირება აღინიშნება. შემცირების სიდიდე ყველაზე მნიშვნელოვანია კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე და 55 წლის მანძილზე შემცირებული ნალექების საშუალო რაოდენობა 99 მმ-ს შეადგენს. ნალექიანობის შემცირების პროცესი ყველაზე სუსტად გამოიხატა დასავლეთ საქართველოში და 55 წლის მანძილზე მან 21 მმ შეადგინა.

განსხვავებით საქართველოში მიწისპირული ტემპერატურული ველის ცვლილებისა, სადაც დათბობის პროცესს, ძირითადად, ზამთრის სეზონში აქვს ადგილი, ნალექების ცვლილების ტენდენცია სეზონურობით არ ხასიათდება. მაგალითად, თუ კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებზე ნალექების ცვლილება ინტენსიურად წლის თბილ პერიოდში ხდება, დასავლეთ საქართველოში პირიქითაა - ნალექიანობის როგორც შემცირების, ისე ზრდის პროცესი, ძირითადად, ცივ სეზონში მიმდინარეობს.

ცვლილების სურათს თუ თვეების მიხედვით შევფასებთ, აქ უდაოდ საინტერესო მოვლენას აქვს ადგილი. აპრილის თვე თითქმის ყველა დაკვირვების პუნქტის მონაცემებით ნალექიანობის ზრდით ხასიათდება, ხოლო სექტემბერ-ოქტომბერი საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე - ნალექიანობის მნიშვნელოვანი შემცირებით. აღსანიშნავია, რომ მიწისპირული ტემპერატურული ველი როგორც დათბობის, ისე აცივების ზონაში ანომალურ ზრდას ასევე აპრილის თვეში განიცდის. ეს ფაქტი, ალბათ, დაკავშირებულია ნიადაგის ზედაპირის ფიზიკური და განსაკუთრებით ოპტიკური თვისების მკვეთრ ცვლილებასთან, რაც თოვლის საბურველის არსებობის ხანგრძლივობის ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს. იგი კლიმატის ცვლილების შედეგია და სპეციალურ შესწავლას საჭიროებს.

ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ საქართველოში საკმაოდ მცირე ტერიტორიაზე მიწისპირული ტემპერატურული ველის ცვლილების მიმართულება მკვეთრად შეიძლება შეიცვალოს. მსგავსი სურათია ნალექების ცვლილების პროცესშიც. დაკვირვების პუნქტები ხულო და ბახმარო საკმაოდ ახლოს მდებარეობს ერთმანეთთან, მაგრამ ისინი ნალექების რეჟიმის ცვლილების პროცესებით რადიკალურად საწინააღმდეგო მიმართულებებით ხასიათდებიან. თუ ბახმაროში როგორც ცივ, ასევე წლის თბილ სეზონში ადგილი აქვს ნალექიანობის მკვეთრ შემცირებას და 55 წლის მანძილზე მოსული ნალექების რაოდენობა 343 მმ-ით შემცირდა, ხულოში იგი თითქმის იმავე რაოდენობით გაიზარდა. ცხრილი 4 გვიჩვენებს, რომ ყველა რეგიონში ადგილი აქვს ნალექიანობის როგორც ზრდის, ასევე შემცირების პროცესს და ეს ცვლილება გამოწვეულია არა ნალექიანობის ცვლილების შემთხვევითი ვარიაციებით, არამედ წარმოადგენს დედამიწის ენერგეტიკული დონის წონასწორული მდგომარეობის თანდათანობითი რღვევის შედეგს, რამაც ძალდატანებით ნალექიანობის თანდათანობითი ცვლილება უნდა გამოიწვიოს.

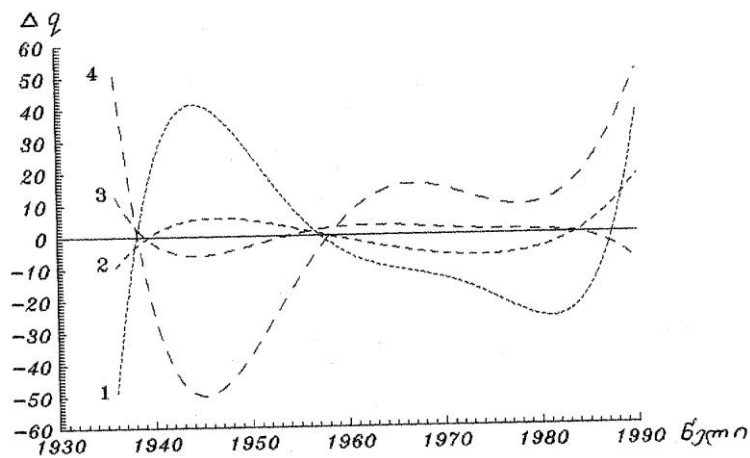
ცხრილი 4. ნალექების ცვლილება მმ-ში 1936-1990 წლებში

თვე, სეზონი, წელი	დასავლეთ საქართველო		
	საშუალო	ბახმარო	ხულო
იანვარი	-14	-12	99
თებერვალი	-26	-80	74
მარტი	-31	-84	11
აპრილი	19	10	40
მაისი	-8	-17	14
ივნისი	29	-12	9
ივლისი	-10	-41	-8
აგვისტო	11	-29	-5
სექტემბერი	-31	-44	-16
ოქტომბერი	-48	-87	-40
ნოემბერი	41	17	52
დეკემბერი	47	36	120
ოქტომბერი - მარტი	-31	-210	316
აპრილი - სექტემბერი	10	-133	34

წლიური	-21	-343	350
თვე, სეზონი, წელი	აღმოსავლეთ საქართველო		
	საშუალო	ახმეტა	შირაქი
იანვარი	-3	-17	5
თებერვალი	10	7	18
მარტი	-6	-22	15
აპრილი	3	-21	29
მაისი	-34	-34	-27
ივნისი	-3	-11	7
ივლისი	2	-17	3
აგვისტო	18	15	27
სექტემბერი	-29	-16	-13
ოქტომბერი	-23	-44	22
ნოემბერი	-5	-14	9
დეკემბერი	-1	-8	-1
ოქტომბერი - მარტი	-28	-98	68
აპრილი - სექტემბერი	-43	-84	26
წლიური	-71	-182	94
თვე, სეზონი, წელი	მესხეთ - ჯავახეთის ზეგანი		
	საშუალო	ბოლნისი	ბორჯომი
იანვარი	-4	-5	4
თებერვალი	7	10	1
მარტი	-7	-12	-6
აპრილი	9	0	23
მაისი	-15	-56	13
ივნისი	4	-17	11
ივლისი	0	-3	14
აგვისტო	-5	8	-9
სექტემბერი	-23	-31	-25
ოქტომბერი	-24	-28	-34
ნოემბერი	0	-10	9
დეკემბერი	10	-7	28
ოქტომბერი - მარტი	-18	-52	2
აპრილი - სექტემბერი	-30	-99	27
წლიური	-48	-151	29
თვე, სეზონი, წელი	კავკასიის სამხრეთ ფერდობი		
	საშუალო	ყაზბეგი მ/მ	ტყიბული
იანვარი	-2	15	12
თებერვალი	-9	29	-6
მარტი	-30	-25	-15
აპრილი	7	-70	67
მაისი	-21	-56	31
ივნისი	-2	-96	62
ივლისი	0	-64	29
აგვისტო	-7	-104	67
სექტემბერი	-29	-56	-12
ოქტომბერი	-44	-26	-26
ნოემბერი	19	23	66
დეკემბერი	19	32	69
ოქტომბერი - მარტი	-47	48	100

აპრილი – სექტემბერი	-52	-446	244
წლიური	-99	-398	344

ნალექების ცვლილების შესწავლა მრავალწლიური ვარიაციების წრფივი აპროქსიმაციის მეთოდით საშუალებას იძლევა დავადგინოთ დროის მოცემულ მონაკვეთში ცვლილების საშუალო სიდიდე და მიმართულება. მაგრამ იგი აღებული პერიოდის შიგნით ცვლილებათა პროცესების აღწერის შესაძლებლობას არ იძლევა. ეს შეიძლება განხორციელდეს მოკლეპერიოდიანი ვარიაციების შესუსტებით, რაც ე.წ. "მცოცავი" მრუდების აგებით შეიძლება განხორციელდეს, ან უფრო ზუსტად, მაღალი რიგის პოლინომით ვარიაციების აპროქსიმაციით. ეს უკანასკნელი იყო გამოყენებული ჩვენს მიერ, განხილულ რეგიონებში მოკლეპერიოდიანი ვარიაციების აღწერისათვის. ამ მიზნით დაკვირვების ყველა პუნქტის საშუალო წლიური სიდიდეებიდან განვსაზღვრეთ ანომალიები და ცალკეული რეგიონებისთვის დავადგინეთ მათი საშუალო მნიშვნელობები 1936-1990 წლებში. ანომალიების დროში ცვლილება წარმოვადგინეთ მეექვსე რიგის პოლინომით და ისინი გრაფიკული სახით მოცემულია ნახ.7-ზე.



ნახ.5. ნალექების ცვლილება სიმაღლეზე რეგიონების მიხედვით (განმარტება იხ. ნახაზ 3-ზე)

როგორც ნახაზიდან ჩანს, 1930-1955 წლებში ნალექების ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე ურთიერთ საწინააღმდეგო ტენდენციებით ხასიათდება. 1936-1945 წლებში, დასავლეთ საქართველოში ნალექების რაოდენობა ნორმასთან შედარებით 100 მმ-მდე გაიზარდა მაშინ, როცა კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე მკვეთრი შემცირება განიცადა. რაც შეეხება აღმოსავლეთ და სამხრეთ საქართველოში, ნალექების ცვლილება ნაკლები მასშტაბურობით ხასიათდება არა მარტო 1936-1945 წლებში, არამედ მთელ განხილულ პერიოდში (1936-1990 წწ).

1945-1965 წლებში ნალექების ცვლილება დასავლეთ საქართველოსა და კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე კვლავ ურთიერთ საწინააღმდეგო მიმართულებებით ვითარდებოდა, მაგრამ დასავლეთ საქართველოში უკვე შემცირების, ხოლო კავკასიონზე – ზრდის ტენდენციით.

დაწყებული 1970 წლიდან 1985 წლამდე საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე ნალექების რაოდენობა ან არ იცვლებოდა, ან უმნიშვნელოდ მცირდებოდა, ხოლო 1985 წლიდან, მესხეთ-ჯავახეთის ზეგანის გარდა, მთელ საქართველოში ნალექების რაოდენობა ინტენსიურ ზრდას განიცდის.

ლიტერატურა- Литература – References

1. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ხელაძე თ. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის საინფორმაციო ბიულეტენი. 1977, N5.
2. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუმლაძე დ., ვაჩნაძე ჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურული ველის ცვლილების ემპირული მოდელი. 1999, თბილისი.
3. Бегалишвили Н.А., Джапаридзе Н.Д., Робиташвили Г.А. Труды ЗакНИГМИ, 1981, вып.73(79).
4. Джавахишвили Ш.И. В кн. Проблемы географии Грузии. Тбилиси, 1965.
5. Обухов А.М. Известия АН СССР, серия география, 3, 1960.
6. Папинашвили Л.К. Труды ЗакНИГМИ, 1980, вып.74(80).
7. Сулаквелидзе Г.К. Ливневые осадки и град. Л., Гидрометеиздат, 1967.
8. Хвичия М.С. Труды ЗакНИГМИ, 1971, вып.44(50).

9. Хвичия М.С. Обильные осадки. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. Л., Гидрометеиздат, 1983.

უკ 551.582

კ. თავართქილაძე

საქართველოში ნალექების განაწილების სტატისტიკური სტრუქტურა

განსაზღვრულია ნალექების განაწილების სტატისტიკური მახასიათებლები და გამოვლილია ზოგიერთი ახალი კანონზომიერება საქართველოში ნალექების დასახასიათებლად.

ნალექებსა და რიგ მეტეოროლოგიურ ელემენტებს შორის კორელაციური კავშირების დასადგენად, გამოვლილია კორელაციის კოეფიციენტები.

ნალექების მოსვლის ,ორიზონტალური გავრცელების ზონების დასადგენად (ნალექების ,ორიზონტალური გავრცობადობა) შესწავლილია დაკვირვების ნებისმიერ ორ პუნქტს შორის კორელაციის კოეფიციენტების ცვლილება, პუნქტებს შორის პირდაპირ მანძილთან კავშირში.

ანალიზური სახით განსაზღვრულია ნალექების წლიური ჯამების კავშირი ზღვის დონიდან დაკვირვების პუნქტის სიმაღლესთან.

UDC 551.582

K.A.Tavartkiladze

Statistical structure of precipitation distribution in Georgia

Results of determining statistical characteristics are presented and some new regularities in atmospheric precipitation distribution in Georgia have been revealed.

To determine correlation between fallen precipitation and meteorological elements correlation coefficients have been calculated.

To estimate the range of horizontal spreading of simultaneous falling of precipitation (horizontal spread of precipitation), dependence of correlation coefficients of precipitation events between two points of observation from a straight distance between them, has been investigated.

The dependence of annual precipitation sums on the altitude of the observation point is defined.

УДКУ551.582

Таварткиладзе К.А.

Статистическая структура распределения осадков в Грузии

В работе изложены результаты определения статистических характеристик и выявлены некоторые новые закономерности в режиме распределения атмосферных осадков в Грузии.

Для определения корреляционных связей между выпавшими осадками и метеорологическими элементами были рассчитаны коэффициенты корреляции.

Для оценки размеров горизонтального распространения одновременного выпадения осадков (горизонтальная распространенность осадков) изучена зависимость коэффициентов корреляции выпадения осадков между двумя пунктами наблюдений от прямого расстояния между ними.

Определена зависимость годовых сумм осадков от высоты местности пункта наблюдений.

დ. დემეტრაშვილი, ს. კუპრაძე, მ. კაპანაძე, ც. სოხაძე

ცალკეულ პუნქტებში ტემპერატურული სტრატეფიკაციის აღდგენა ახლომდებარე აეროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე

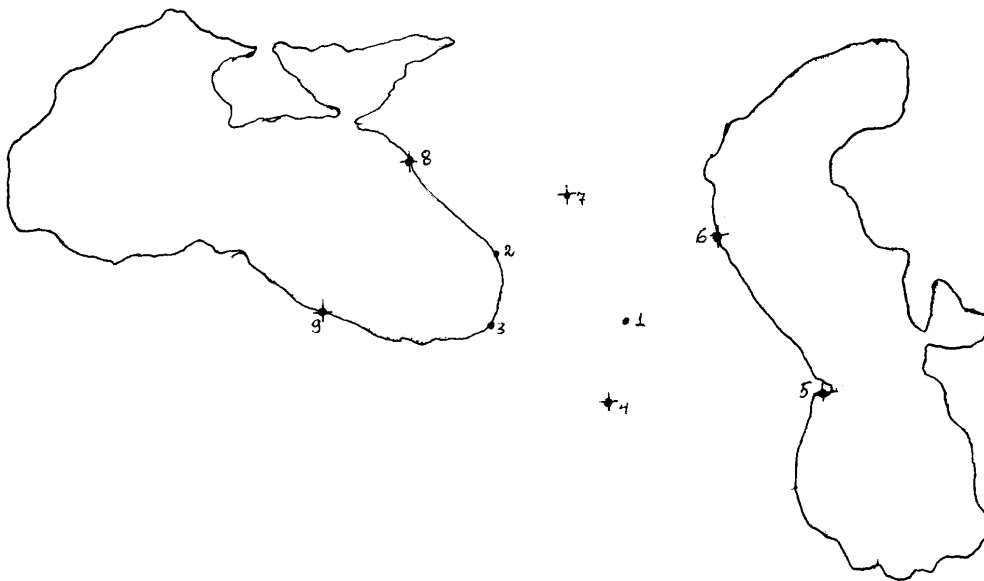
ბოლო ათეულ წელიწადში საქართველოში შექმნილ რთულ პოლიტიკურ-ეკონომიკურ ვითარებასთან დაკავშირებით სერიოზული საფრთხე შეექმნა საქართველოს ტერიტორიაზე მდებარე აეროლოგიურ სადგურებში მიმდინარე დაკვირვებითი სამუშაოების სრულფასოვნად ჩატარებას და ქვეყნის ამინდის სამსახურის უზრუნველყოფას შესაბამისი აეროლოგიური ინფორმაციით. აღნიშნული სიტუაციიდან გამომდინარე, აქტუალური გახდა ქვეყნის აეროლოგიურ სადგურებში – თბილისში, სოხუმსა და ბათუმში ზოგიერთ მეტეოროლოგიურ სიდიდეთა ვერტიკალური პროფილის აღდგენის მეთოდის შემუშავება ახლომდებარე აეროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე.

წინამდებარე სტატიის მიზანია გადმოვცეთ თბილისში, სოხუმსა და ბათუმში ძირითად იზობარულ ზედაპირებზე (850, 700, 500 და 300 ჰჰა) ტემპერატურის აღდგენის ოპერატიულ-სტატისტიკური მეთოდი, რომელიც დაფუძნებულია კავკასიისა და მიმდებარე რეგიონის ზოგიერთ აეროლოგიურ სადგურებზე ჩატარებულ დაკვირვებათა მონაცემების სტატისტიკურ და მანქანურ დამუშავებაზე. სტრატეფიკაციის აღდგენის აღნიშნულ მეთოდს საფუძვლად უდევს მოსაზრება იმის შესახებ, რომ ცალკეულ გეოგრაფიულ პუნქტში ტემპერატურის პროფილის ფორმირება დაკავშირებულია მოცემულ რეგიონში განვითარებული სინოპტიკური პროცესების ხასიათთან და შესაბამისად უნდა არსებობდეს გარკვეული კორელაციური კავშირები მოცემულ პუნქტში ტემპერატურასა და ამავე რეგიონში მდებარე სხვა გეოგრაფიულ პუნქტებში გაზომილ სხვადასხვა მეტეოროლოგიურ სიდიდეებს შორის. მეთოდი ეფუძნება წრფივ რეგრესიულ ანალიზს, რომელიც ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა მეტეოროლოგიური ამოცანების სტატისტიკური გზით გადაწყვეტის დროს [1,2].

აღნიშნული მეთოდის საიმედოება მნიშვნელოვნადაა დაკავშირებული ისეთ ფაქტორებზე, როგორებიცაა გავლენის წერტილებისა და პრედიქტორების გონივრულად შერჩევა. გავლენის წერტილების შერჩევაში გარკვეულწილად შეზღუდული ვიყავით, რაც ძირითადად განპირობებული იყო ჩვენთვის საინტერესო გეოგრაფიული პუნქტების (თბილისი, სოხუმი, ბათუმი) გარშემო განლაგებული აეროლოგიური სადგურების სიმცირით (იხ. ცხრილი 1). ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია სტრატეფიკაციის აღსადგენი და გავლენის პუნქტების გეოგრაფიული განლაგება.

ცხრილი 1

სტრატეფიკაციის აღდგენის პუნქტები	გავლენის პუნქტები
თბილისი	ერევანი, ბაქო, მახანკალა, მინერალური წყლები
სოხუმი	ერევრი, მინერალური წყლები, ტუაფსე, სამსუნი
ბათუმი	ერევანი, მინერალური წყლები, ტუაფსე, სამსუნი



ნახ. 1. ტემპერატურული სტრატეფიკაციის აღსადგენი და გავლენის პუნქტების განლაგება.

ფიზიკური მოსაზრებებიდან გამომდინარე, პრედიქტორებად შერჩეული იყო შემდეგი სიდიდეები:

1. ტემპერატურა t
2. ნამის წერტილის დეფიციტი $t-\tau$, სადაც τ ნამის წერტილია
3. ქარის ზონალური და მერიდიონალური მდგენელები
4. H გეოპოტენციალის ვერტიკალური გრადიენტი

$$\frac{\partial H}{\partial P} = K(H_1 - H_2),$$

სადაც P ატმოსფერული წნევაა, ხოლო H_1 და H_2 ორი მეზობელი სტანდარტული იზობარული ზედაპირების გეოპოტენციალის მნიშვნელობებია. $K = 0,0067$ დაკვირვების ყველა პუნქტისათვის. როგორც ცნობილია, ეს პრედიქტორი არაპირდაპირ ახასიათებს ატმოსფეროში მიმდინარე შიგამასიურ პროცესებს.

5. გეოპოტენციალის ცვლილება ბოლო დღე-ღამის განმავლობაში.

$$\frac{\partial H^\tau}{\partial t} = \frac{H^\tau - H^{\tau-1}}{\Delta t}$$

ეს პრედიქტორი ითვალისწინებს თბილი ან ცივი ჰაერის მასების შემოჭრას რეგიონში.

ყველა პრედიქტორი აიღება გავლენის ოთხივე წერტილში სტრატოფიკაციის ალდგენის მომენტისათვის. ამასთანავე მოსალოდნელ ცდომილებათა შემცირების მიზნით პრედიქტორებად გამოყენებული იყო გავლენის წერტილიში მოცემულ მნიშვნელობათა საშუალო

$$\bar{Q} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m Q_m,$$

სადაც m არის გავლენის წერტილების რაოდენობა, ხოლო Q ზემოთ ჩამოთვლილი პრედიქტორებია.

გავლენის ემპირიულ ფუნქციათა კოეფიციენტების განსაზღვრისათვის შედგენილი იყო წინა პერიოდის დაკვირვების მონაცემთა რიგი-არქივი, 1982 წლის აეროლოგიური რუკების (AT_{850} , AT_{700} , AT_{500} და AT_{300}) გამოყენებით დაკვირვების ორი - 00(03)სთ და 12(15)სთ მომენტებისათვის. არქივი პირობითად გაყოფილ იქნა ორ ნაწილად ცივი და თბილი პერიოდების მიხედვით. ცივი პერიოდი (1 ნოემბრიდან 1 აპრილამდე) მოიცავდა 300 შემთხვევას, ხოლო თბილი პერიოდი (1 აპრილიდან 1 ნოემბრამდე) 420 შემთხვევას თითოეული აღსადგენი პუნქტისათვის. აღნიშნული არქივის სტატისტიკური დამუშავების შედეგად განისაზღვრა გავლენის ფუნქციის C_i ($i = 1, \dots, 6$) კოეფიციენტები და შესაბამისად მიღებულ იქნა თბილისში, სოხუმსა და ბათუმში t ტემპერატურის აღსადგენად წრფივი რეგრესიის განტოლებები ძირითადი იზობარული ზედაპირებისათვის დროის 00(03) და 12(15)სთ მომენტებისათვის, რომელთა ზოგადი სახე ასეთია

$$t = C_1 \bar{t} + C_2 (\bar{t} - \tau) + C_3 \frac{\partial \bar{H}}{\partial x} + C_4 \frac{\partial \bar{H}}{\partial y} + C_5 \frac{\partial \bar{H}}{\partial P} + C_6 \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}$$

შემუშავებული სქემის საავტორო გამოცდა ჩატარდა სამივე პუნქტისათვის დამოუკიდებელ მეტეოროლოგიურ მასალაზე, რომელიც მოიცავდა 1983 წლის 1-15 ივლისისა (თბილი პერიოდი) და 1-15 დეკემბრის (ცივი პერიოდი) 30 შემთხვევას. მიღებული შედეგები ფასდებოდა ამინდის პროგნოზების სამსახურის მეთოდური მითითებების შესაბამისად (თუ აბსოლუტური ცდომილება $\Delta t \leq 2^\circ$ გამართლებადობა 100%-ია, თუ $2 < \Delta t \leq 3$ გამართლებადობა 50%-ია, ხოლო თუ $\Delta t > 3^\circ$ გამართლებადობა 0%-ია). საავტორო გამოცდის შედეგები მოცემულია ცხრილ. 2-7-ში. ცხრილებში მოცემულია ტემპერატურათა ფაქტიური ($t_{ფ}$), ალდგენილი ($t_{ა}$) მნიშვნელობები, აბსოლუტი ცდომილება ($\Delta t = |t_{ფ} - t_{ა}|$) და გამართლებადობის შეფასება %-ში, ხოლო ცხრილ 8-ში მოცემულია ალდგენილი ტემპერატურის გამართლებადობის ჯამური შეფასება როგორც აღსადგენი პუნქტების, ასევე ძირითადი იზობარული ზედაპირების მიხედვით. ცხრილების ანალიზის შედეგად შეიძლება შემდეგი დასკვნების გაკეთება:

1. სტრატოფიკაციის აღსადგენ პუნქტებს შორის ყველაზე კარგი გამართლება აქვს ბათუმისათვის ალდგენილ ტემპერატურას, კარგია გამართლება სოხუმისათვის, ხოლო თბილისისათვის დამაკმაყოფილებელია.

2. ძირითად იზობარულ ზედაპირებს შორის საუკეთესო გამართლება აქვს 700 ჰპა ზედაპირზე გამართვილ ტემპერატურას, კარგია 500 ჰპა ზედაპირზე მიღებული შედეგი, ხოლო 850 ჰპა ზედაპირზე მიღებული შედეგი დამაკმაყოფილებელია. ასევე დამაკმაყოფილებლად შეიძლება ჩაითვალოს 300 ჰპა იზობარულ ზედაპირისათვის მიღებული შედეგებიც, თუმცა იგი უარესია სხვა დონეებთან შედარებით.

850 ჰპა იზობარულ ზედაპირზე გამართლებადობის შედარებით დაბალი დონე შეიძლება აიხსნას იმ ფაქტით, რომ ქვეფენილი ზედაპირის არაერთგვაროვნებას მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს ატმოსფერული პროცესების განვითარებაში, რომლის გათვალისწინება ჩვენს მეთოდში უშუალოდ არ ხერხდება. რაც შეეხება

300 ჰა ზედაპირს აქ გამართლებადობის დაბალი დონე გამოწვეულია არქივის სიმცირით (დაკვირვების 12(15)სთ მომენტისათვის მასალები საერთოდ ვერ მოვიძიეთ, ხოლო 00(03)სთ მომენტისათვის შესაბამის მასალებს არასისტემატიური ხასიათი ჰქონდა). ზღვისპირა პუნქტებში გამართლებადობის უფრო მაღალი დონე თბილისთან შედარებით შეიძლება აიხსნას შემდეგი გარემოებებით: (1) ერთგვაროვანი ქვეყნილი ზედაპირის არსებობით (ზღვის ზედაპირი) სოხუმისა და ბათუმისათვის; (2) გავლენის წერტილების უფრო სიმეტრიული განლაგებით სოხუმისა და ბათუმის მიმართ.

ლიტერატურა _ ЛИТЕРАТУРА - REFERENCES

1. Белов П. Н. Практические методы численного прогноза погоды\ Л\| Гидрометеорологическое издательство= 1967.
2. Борисенко Е\ П\ Физико-статистические методы анализа предвычисления метеорологических полей= Тр. ААНИИ= Т. 263= 1963.
3. დემეტრაშვილი დ., კუპრაძე ს., კაპანაძე მ., სოხაძე ც. ატმოსფეროს სტრატოფიკაციის აღდგენის მეთოდის დამუშავება თბილისში, ბათუმსა და სოხუმში ახლომდებარე აეროლოგიურ სადგურებზე ჩატარებული დაკვირვებების საფუძველზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სამეცნიერო ანგარიში. თბ., 1997.

დ.დემეტრაშვილი, ს.კუპრაძე, ც.სოხაძე.

ცალკეულ პუნქტებში ტემპერატურული სტრატოფიკაციის აღდგენა ახლომდებარე აეროლოგიური სადგურების დაკვირვებათა მონაცემების საფუძველზე.

შემუშავებულია თბილისში, ბათუმსა და სოხუმში ძირითად იზოთერმულ ზედაპირზე ტემპერატურის აღდგენის სტატისტიკური მეთოდი.

Demetrashvili D., Kupradze S., Kapanadze M., Sokhadze Ts.

Restoration of temperature stratification in separate geographical points on the bases of data of observations on close lying airological stations

A statistical method of restoration of temperature on main isobaric surfaces in Tbilisi, Batumi and Cukhumi on observational data in airological stations of Caucasus and close lying region is created.

Author's tests have shown good оправдываемость of a method, especially for Tbilisi.

Деметрашвили Д., Купрадзе С., Капанадзе М., Сохадзе Ц.

Восстановление температурной стратификации в отдельных пунктах по данным наблюдений близлежащих аэрологических станций

Разработан статистический метод восстановления температуры на основных изобарических поверхностях в Тбилиси, Батуми и Сухуми.

უკ 551.578.84
ლ.ქალდანი

მეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენა საქართველოს ტერიტორიის ზვავსაშიშროებაზე

საქართველოს ტერიტორიის 56% ზვავსაშიშროების ფონში მდებარეობს: აქედან 20%-ზე ზვავები ყოველწლიურად, ხოლო დანარჩენ 36% -ზე ორ წელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად ჩამოდის. სხვადასხვა ზამთარში ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება არა მარტო ზვავების გავრცელების ტერიტორიის ფართობი, არამედ ზვავსაშიშროების სხვა მახასიათებლებიც (ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე, ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა, ზვავების დინამიკური მაჩვენებლები) რაც, ცხადია, ზვავწარმოქმნელი ბუნებრივი კომპონენტების (რელიეფი, მცენარეული საფარი, კლიმატი) თავისებურებითაა განპირობებული.

რადგან რელიეფი (ოროგრაფია, ფერდობების დახრილობა, დანაწევრება) და მცენარეული საფარი (ტყიანი ტერიტორიის ფართობი, ტყის შემადგენლობა, სიხშირე) წლების მიხედვით შედარებით სტაბილურობით ხასიათდება (ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად რელიეფი და ტყის საფარი შეიძლება შეიცვალოს, მაგრამ არა იმდენად, რომ მოკლე დროში ზვავსაშიშროების მახასიათებლების მნიშვნელოვანი ცვლილება გამოიწვიოს), უნდა ვივარაუდოთ, რომ ზვავსაშიშროების მახასიათებლების ყოველწლიური ცვლილება მეტეოროლოგიური ელემენტების ასეთივე ცვლილებითაა გამოწვეული; ზვავსაშიშროების ტყიანი თუ უტყეო ფერდობები, აგრეთვე, ზვავის კერა, ზვავსადენი და ზვავის გამოზიდვის კონუსი წლიდან წლამდე ნაკლებად იცვლებიან, ხოლო ზვავშემკრებში ზვავის წარმოქმნის პროცესი უშუალოდაა დაკავშირებული კლიმატის ცალკეული ელემენტების ყოველწლიურ ცვლილებებთან.

ზვავსაშიშროებაზე ამინდის ცალკეული ელემენტების გავლენის შეფასების მიზნით გავანალიზეთ საქართველოს ტერიტორიაზე 1971, 1976 და 1987 წლებში კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლის პირობები და გამომწვევი მიზეზები.

1971 წლის თებერვალში აჭარასა და გურიაში, სადაც კატასტროფული ზვავების მასიურ ჩამოსვლას ჰქონდა ადგილი, ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელობა 0,7-1,2⁰ჩ-ით დაბალი იყო საშუალო მრავალწლიურზე, ხოლო ნალექების რაოდენობამ საშუალო მნიშვნელობის 184-320% შეადგინა. მოსული ნალექების დიდმა რაოდენობამ და ჰაერის დაბალმა ტემპერატურამ უხვი მყარი ნალექების მოსვლას და მძლავრი თოვლის საფარის წარმოქმნას შეუწყო ხელი; მყარი ნალექების რაოდენობამ საშუალო მრავალწლიურის 204-315%, ხოლო თოვლის საფარის სიმაღლემ 137-212% შეადგინა.

1976 წლის იანვარში კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლა საქართველოს ჩრდილოეთ ნაწილში მდებარე რეგიონებში (კავკასიონისა და მისი განშტოებების ფერდობები) დაიკვირვებოდა. ამ ტერიტორიაზე იანვარში ჰაერის ტემპერატურა საშუალო მრავალწლიურზე 0,1-1,5⁰ჩ-ით დაბალი იყო, ხოლო ნალექების რაოდენობამ საშუალო მრავალწლიურის 178-452% შეადგინა, რამაც უხვი მყარი ნალექების მოსვლა (საშუალო მრავალწლიურის 187-437%) და თოვლის საფარის დიდი სიმაღლე (128-347%) განაპირობა. თოვლის საფარის სიმაღლემ, როგორც მეტეოროლოგიური სადგურების ლენტეხის, ლეზარდეს, ჯავის, ბარისახოს და ყაზბეგის დაკვირვების მონაცემებიდან ჩანს, მანამდე არსებულ მაქსიმალურ მნიშვნელობებს გადააჭარბა.

1987 წ. იანვარში კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლა ისევ კავკასიონისა და მისი განშტოებების ფერდობებზე დაიკვირვებოდა. იანვრის ჰაერის ტემპერატურა საშუალო მრავალწლიურზე 0,2-2,8⁰ჩ - ით მაღალი იყო, ხოლო მოსული ნალექების რაოდენობამ საშუალო მრავალწლიურის 157-504% შეადგინა. იანვარში მოსული ნალექების რაოდენობა მთელი რიგი მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემებით მანამდე არსებულ მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე მაღალი იყო. ჰაერის ტემპერატურა მყარი ნალექების დიდი რაოდენობით მოსვლისა და უხვთოვლიანობისათვის არ იყო ხელსაყრელი, რადგან მისი მნიშვნელობა საერთო მრავალწლიურზე მაღალი იყო, მაგრამ ნალექების რაოდენობა იმდენად აღემატებოდა საერთო მრავალწლიურს, რომ მან მაინც განაპირობა მყარი ნალექების არნახული რაოდენობა და თოვლის საფარის დიდი სიმაღლე; თოვლის სიმაღლემ საქართველოს რიგ მთიან რეგიონებში მანამდე დაფიქსირებულ მაქსიმალურ მნიშვნელობას გადააჭარბა. 1987 წლის იანვარში მოსული მყარი ნალექების რაოდენობამ საშუალო მრავალწლიურის 126-475% შეადგინა, ხოლო თოვლის საფარის სიმაღლემ -160-459%.

აღმოჩნდა, რომ კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლა ამ წლებში ჰაერის დაბალი ტემპერატურითა (ორ შემთხვევაში) და მოსული ნალექების დიდი რაოდენობით (სამივე შემთხვევაში) გამოწვეული მყარი ნალექებისა და თოვლის არნახული სიუხვით იყო განპირობებული.

მეტეოროლოგიური ელემენტების ფორმირებისა და მათი სეზონური ცვლის თავისებურებები არა მარტო კატასტროფული ზვავების, არამედ, საერთოდ ზვავების ჩამოსვლასაც განაპირობებს. ამის დასტურია მრავალწლიან პერიოდში (1940-1990 წწ.) ჰაერის საშუალო ტემპერატურასა და ატმოსფერულ ნალექებზე, აგრეთვე ზვავების ჩამოსვლის სიხშირესა და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობაზე არსებული მონაცემების ჩვენს მიერ ჩატარებული ანალიზი. საქართველოს მთიან რეგიონებში მდებარე ყველა მეტეოროლოგიური სადგურის მიმდებარე ტერიტორიაზე ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა

სწორედ იქაა საშუალო მრავალწლიურზე მეტი, სადაც ზამთრის ჰაერის ტემპერატურა საშუალო მრავალწლიურზე დაბალია, ხოლო მოსული ნალექების რაოდენობა - მეტი, ან ჰაერის ტემპერატურა განსაკუთრებით დაბალია, ან მოსული მყარი ნალექების რაოდენობა - განსაკუთრებით უხვი. ზვავები არ დაიკვირვებოდა (დაბალმთიანი და საშუალომთიანი ზონები) ან მათი ჩამოსვლის სიხშირე საშუალო მრავალწლიურზე ნაკლები იყო (მაღალმთიანი ზონა) იმ ზამთრებში, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა საშუალო მრავალწლიურზე მაღალი იყო, ხოლო მოსული ნალექების რაოდენობა - ნაკლები, ასევე მაშინ, როდესაც ზამთრის ჰაერის ტემპერატურა განსაკუთრებით მაღალი იყო ან მოსული ნალექების რაოდენობა - ძალიან მცირე.

ამრიგად, სტატისტიკური მონაცემების ანალიზის შედეგად ცხადი გახდა, რომ ზვავსაშიშროების მახასიათებლები მჭიდროდ არიან დაკავშირებული კლიმატის ძირითად ელემენტებთან და ზვავსაშიშროების დროში ცვლილება მეტეოროლოგიური ელემენტების შესაბამისი ცვლილებებით არის განპირობებული.

ზვავსაშიშროების მრავალი მახასიათებლიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი ორი რაოდენობრივი მახასიათებელი: ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე (რაოდენობა) და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობა (დღეებში) ერთ ზამთარში. ჯერ ერთი, ზვავს იმდენჯერ შეუძლია ზარალი მიაყენოს მოსახლეობას, რამდენჯერაც ჩამოვა. ამასთანავე ზარალის გამოწვევა შეუძლია ყველა ზვავს-პირველიდან უკანასკნელამდე. აქედან გამომდინარე სწორედ ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობა განაპირობებს საქართველოს მოსახლეობისა და ეკონომიკისათვის მიყენებული ზარალის რაოდენობას.

გარდა ამისა, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობა თოვლის საფარის რეჟიმულ მახასიათებლებთანაა (სიმაღლე და მისი მატების ინტენსივობა, თოვლიან დღეთა რაოდენობა, თოვლის სიმკვრივე) დაკავშირებული, ეს მახასიათებლები კი მნიშვნელოვანწილად შეიძლება განისაზღვრონ (რაოდენობრივად) ჰაერის ტემპერატურითა და ატმოსფერული ნალექებით.

ამრიგად, გაჩნდა შესაძლებლობა იმისა, რომ ჩვენს ხელთ არსებული მონაცემების ანალიზის საფუძველზე, მეტეოროლოგიური ელემენტების ყოველწლიურ ცვლილებას დაუკავშიროთ და რაოდენობრივად შევაფასოთ ზვავსაშიშროების ორი ძირითადი მახასიათებელი: ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობა. ამ მიზნით, 50 წლიანი პერიოდის (1940-1990 წწ.) თითოეული ზამთრისათვის, არსებული ფაქტიური მონაცემებისა და ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდების [4,5] გამოყენებით დადგენილი იქნა ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობა.

კლიმატის ზვავწარმოქმნელი ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლების 50 წლის განმავლობაში ცვლილების კანონზომიერებათა გამოსავლენად ორი მეთოდი იქნა გამოყენებული; სხვაობითი მეთოდი და უმცირეს კვადრატთა მეთოდი. სხვაობითი ცვლილების გამოსავლენად 50 წლიანი პერიოდი დაიყო ორ თანაბარ - 25 წლიან პერიოდად, პირველი პერიოდი მიჩნეულია საბაზისოდ და დადგენილია მეორე პერიოდის კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების საშუალო მნიშვნელობების ცვლილება პირველ საბაზისო პერიოდთან შედარებით; პირველ და მეორე პერიოდს შორის ცვლილება დადგენილი იქნა შემდეგი ფორმულით:

$$K = \frac{X_2 - X_1}{X_1}, \quad (1)$$

სადაც, K არის კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების ცვლილება, X_1 და X_2 მათი საშუალო მნიშვნელობა პირველ და მეორე პერიოდში. კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების ინტენსიურობითი ცვლილების გამოსავლენად უმცირეს კვადრატთა მეთოდი იქნა გამოყენებული. ცხრილ 1-ში კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების პერიოდების მიხედვით ცვლილებაა წარმოდგენილი.

კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლების დროში ცვლილება 88 მეტეოროლოგიური სადგურის მრავალწლიური მონაცემებით იქნა დადგენილი. ცხრილ 1-ში მოყვანილია 10 სადგურზე ცივი პერიოდის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის (t), ნალექების რაოდენობის (Q), თოვლის სიმაღლის (h), ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის (r) და ზვავსაშიშროების ხანგრძლივობის (T) ცვლილება დროში. ეს 10 მეტეოროლოგიური სადგური საქართველოს სხვადასხვა რეგიონსა და აბსოლუტურ სიმაღლეზე მდებარეობს და ამიტომ მათი მონაცემები გარკვეულ წარმოდგენას იძლევა მთლიანად საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების დროში ცვლილებაზე. მიღებული შედეგების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავსაშიშროების დროში ცვლილება რთულ ხასიათს ატარებს. ცალკეული მთიანი რეგიონებისათვის დამახასიათებელია ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლების როგორც მცირე, ასევე მნიშვნელოვანი ცვლილება. ამასთან, შემდეგი სახის კანონზომიერება შეიმჩნევა: საქართველოს ტერიტორიის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილსა (აფხაზეთი) და აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს ნაწილზე, ძირითადად, ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი

მახასიათებლების მნიშვნელობების შემცირება დაიკვირვება, ხოლო დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე კი - ზრდა.

ცხრილი 1 მეტეოროლოგიური ელემენტებისა და ზვავსაშიშროების მახასიათებლების დროში ცვლილება

დაკვირვების პუნქტი	ცვლილება სხვაობით					ინტენსიურობითი ცვლილება				
	t°	Q, მმ	h, სმ	r	T	t°	Q, მმ	h, სმ	r	T
კორბოული	0,1	-69	-9	-0,7	-1,1	0	-85	-5	-0,8	-0,6
ხულო	-0,1	160	30	1,6	6,1	-0,3	300	72	3,5	14,0
მთა საბუეთი	-0,1	124	28	1,8	7,8	-0,1	257	63	3,4	16,6
ბარისახო	-0,2	-23	-15	-0,8	-1,7	-0,4	-31	-15	-0,5	-1,1
მესტია	-0,1	-31	9	0,7	0,7	-0,3	-37	34	2,2	1,0
შოვი	0,1	-23	-11	-0,4	-1,1	0	-9	2	0	-0,9
გაგრის ქედი	0,2	-96	-34	-2,4	-16,0	0,4	-165	-44	-3,0	-27,7
ბაკურიანი	0,3	-8	-12	-0,7	-3,5	0,3	-3	-23	1,3	-9,8
ბახმარო	-0,1	-69	2	0,1	0,3	-0,2	-80	26	0,2	0,7
ჯვრის უღ.	-0,2	-73	-15	-0,6	-3,4	-0,2	-95	-15	-0,8	-6,1

ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლები და თოვლის საფარის სიმაღლე დროში იზრდება იმ მთიან რეგიონებში, სადაც ადგილი აქვს აცივებას, ან მოსული ნალექების რაოდენობის მატებას, ხოლო იქ სადაც დათბობა ან ნალექების რაოდენობის კლება ხდება, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა მცირდება. ზვავსაშიშროების მახასიათებლები განსაკუთრებით იზრდება იქ, სადაც ერთდროულად ადგილი აქვს აცივებასა და ცივ პერიოდში მოსული ნალექების რაოდენობის ზრდას (ხულო, მთა საბუეთი); მახასიათებლების მნიშვნელოვანი შემცირება დაიკვირვება იქ, სადაც ხდება დათბობა და ნალექების რაოდენობის შემცირება (გაგრის ქედი, ბაკურიანი).

ამრიგად, საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავსაშიშროების რთული ხასიათი და მისი ცვლილების არაერთგვაროვნება განპირობებულია მეტეოროლოგიური ელემენტების დროში ცვლილებით. ქართველი მეცნიერების გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე სწორედ კლიმატის ზვავწარმოქმნილი ელემენტებისათვის (ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები) არის დამახასიათებელი დროში ცვლილების ასეთი სირთულე [1-3,7].

კლიმატი დროში იცვლება და ეს პროცესი, როგორც ჩანს, მომავალშიც გაგრძელდება. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ზვავსაშიშროების რაოდენობრივ მახასიათებლებზე კლიმატის ელემენტების ცვლილების გავლენის დადგენა მეტად აქტუალური პრობლემაა. ზვავების ჩამოსვლის სიხშირესა და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობაზე ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ცვლილების უშუალო გავლენის შეფასების მეთოდი არ გვაქვს, ამიტომ, უნდა განვიხილოთ ისეთი მახასიათებლები, რომელთა თავისებურება განპირობებულია ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ხასიათით და რომლებზეც დამოკიდებულია ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა.

ზვავების ჩამოსვლის სიხშირისა და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობის დროში ცვლილება თოვლის საფარის რეჟიმულ მახასიათებლებთან არის დაკავშირებული, თოვლის საფარის ეს მახასიათებლები კი მყარ ნალექებზეა დამოკიდებული. მყარი ნალექების ფორმირების ხასიათს კლიმატის ორი ძირითადი ელემენტი – ჰაერის ტემპერატურა და ატმოსფერული ნალექები განსაზღვრავს.

ამრიგად, მყარი ნალექების რაოდენობასა და თოვლის საფარის სიმაღლეს შორის კავშირის გამოვლენით შეიძლება ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების დროში ცვლილების გავლენა დავადგინოთ ზვავების ჩამოსვლის სიხშირესა და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობის დროში ცვლილებაზე, რადგან, ერთის მხრივ, მყარი ნალექების თავისებურება განპირობებულია ჰაერის ტემპერატურითა და ატმოსფერული ნალექებით, ხოლო, მეორე მხრივ, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობა თოვლის საფარის მახასიათებლებზეა დამოკიდებული.

მყარი ნალექების რაოდენობასა და თოვლის საფარის სიმაღლეს შორის დამოკიდებულება, როგორც ეს სტატისტიკური მონაცემების ანალიზმა გვიჩვენა, შეიძლება გამოისახოს განტოლებით

$$h = 0,36 X - 1, \quad (2)$$

სადაც h არის თოვლის საფარის სიმაღლე სმ-ში, X – მყარი ნალექების რაოდენობა მმ-ში, განტოლების კორელაციის კოეფიციენტი არის 0,86, ხოლო ცდომილება არ აღემატება 12%-ს.

ვ.ცომაიას შრომაში [6] მოყვანილი განტოლებები საშუალებას იძლევა მყარი ნალექების გამოთვლისას გავითვალისწინოთ ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ყოველგვარი ცვლილება, ხოლო ჩვენს შრომებში [4,5] და აქ მოყვანილი (2) განტოლების საშუალებით კი შეიძლება დავად-

გინოთ მყარი ნალექების ცვლილებით გამოწვეული თოვლის საფარის სიმაღლის, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობის ცვლილება.

ვინაიდან წელიწადის ცივი პერიოდისათვის ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების მოსალოდნელი ცვლილების პროგნოზირება ჯერ კიდევ არ შეგვიძლია, იძულებული ვართ კლიმატის დასახელებული ელემენტების ცვლილების გავლენა ზვავების ჩამოსვლის სიხშირესა და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობაზე გარკვეული სცენარის საშუალებით დავადგინოთ.

საქართველოს ტერიტორიაზე შეიმჩნევა ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის როგორც ზრდა, ისე კლება [1-3,7], ამიტომ, კლიმატის ელემენტების გავლენა ზვავსაშიშიროების რაოდენობრივ მახასიათებლებზე უნდა შეფასდეს აცივებისა (- 0,5°, -1°, -2°) და დათბობის (+0,5°, +1°, +2°), აგრეთვე ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის კლებისა (_ 5%,-10%,-20%) და მატების (+ 5%,+10%,+20%), ან მათი ერთდროული ცვლილების პირობებში.

ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ცვლილების სხვადასხვა ვარიანტი განხილულია სხვადასხვა რეგიონებსა და სიმაღლით ზონებში მდებარე მეტეოროლოგიური სადგურების მიმდებარე ტერიტორიებისათვის. ცხრილებში 2, 3 და 4 ნაჩვენებია კლიმატის ელემენტების შესაძლო ცვლილების გავლენა ზვავსაშიშიროების რაოდენობრივ მახასიათებლებზე საქართველოს უკიდურეს სამხრეთ-დასავლეთ (ხულო) და ჩრდილო-აღმოსავლეთ (ჯვრის უღელტეხილი) რეგიონებში მდებარე მეტეოროლოგიური სადგურებისა და მათი მიმდებარე ტერიტორიებისათვის.

მყარი ნალექების რაოდენობა, თოვლის საფარის სიმაღლე, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობა საქართველოს მთელ ზვავსაშიშ ტერიტორიაზე, ძირითადად, ნალექების მასშტაბები შესაბამისად იცვლება, მაგრამ მათი ცვლილების რაოდენობა საქართველოს ცალკეულ რეგიონებში მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან. მმაგალითად, ატმოსფერული ნალექების 20%-ით ცვლილების დროს საქართველოს მაღალმთიან რეგიონებში მყარი ნალექების საშუალო რაოდენობა შეიცვლება 130-160 სმ-ით, თოვლის საფარის სიმაღლე - 40-50 სმ-ით, ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე 4-5 შემთხვევით, ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობა - 30-40 დღით, მაშინ როდესაც დაბალმთიან ზვავსაშიშ რეგიონებში ეს რიცხვები შედარებით მოკრძალებულია და არ აღემატება 30-35 მმ-ს, 15-17 სმ-ს, 1-3 შემთხვევას და 5-10 დღეს, შესაბამისად (ცხრ.2).

ცხრილი 2 მყარი ნალექების რაოდენობის (X), თოვლის საფარის სიმაღლის (ჰ), ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის (r) და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობის (T) ცვლილება ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის (Q,მმ) ცვლილების შედეგად

სადგური	Q-ს ცვლილება (%) სცენარის მიხედვით	X,(მმ)	h, (სმ)	r		T	
				რაოდ.	%	დღე	%
ჯვრის უღელტეხილი, 2395 მ	+20	935	286	28	122	194	120
	+10	857	262	25	109	176	109
	+ 5	818	250	24	104	167	103
	0	779	238	23	100	162	100
	_ 5	740	226	22	96	150	93
	_10	701	214	20	87	140	86
	_20	623	190	18	79	126	78
ხულო, 923 მ	+20	312	142	14	117	42	123
	+10	286	130	13	108	39	115
	+ 5	273	124	12	100	37	109
	0	260	118	12	100	34	100
	_ 5	247	112	11	92	30	88
	_10	234	106	10	83	27	80
	_20	208	94	9	75	25	74

ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების დროს ზემოთ ჩამოთვლილი მახასიათებლების რაოდენობრივი ცვლილება საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე თითქმის ერთნაირია, მაგრამ მათი ცვლილების პროცენტული გამოხატულება სხვადასხვა აბსოლუტურ სიმაღლეზე სხვადასხვაა. ჰაერის ტემპერატურის 2⁰-ით შეცვლის დროს მყარი ნალექების რაოდენობა და თოვლის საფარის სიმაღლე შეიძლება შეიცვალოს მაღალმთიან ზონაში 14-17%, ხოლო დაბალმთიან ზონაში -43-58%-ით; ზვავების ჩამოსვლის სიხშირე და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობა კი შესაბამისად 17-20%-ით და 37-70%-ით. აღნიშნული ფაქტი ბუნებრივია, რადგან დაბალმთიან ზონაში მაღალმთიან ზონასთან შედარებით მათი სიდიდეები გაცილებით ნაკლებია და ერთნა-

რი რაოდენობით ცვლილება მაღალმთიან და დაბალმთიან ზონებში ცვლილების სხვადასხვა პროცენტს იძლევა (ცხრ. 3).

ცხრილი 3. მყარი ნალექების რაოდენობის (X), თოვლის საფარის სიმაღლის (h), ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის (r) და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობის (T) ცვლილება ჰაერის ტემპერატურის (t) ცვლილების შედეგად

სადგური	t-ს ცვლილება სცენარის მიხედვით, °C	X, მმ		Hh, სმ		r		T	
		რაოდ.	%	სიმ.	%	რაოდ.	%	დღე	%
ჯვრის უღელტეხილი, 2395 მ	-2°	907	116	276	116	27	117	189	117
	-1°	845	108	257	108	25	109	177	109
	-0.5°	816	105	250	105	24	104	170	105
	0	779	100	238	100	23	100	162	100
	+0.5°	751	96	228	96	22	96	155	96
	+1°	716	92	219	92	21	91	148	91
	+2°	672	86	205	86	19	83	135	83
ხულო, 923 მ	-2°	380	146	172	146	18	150	51	150
	-1°	318	122	144	122	15	125	45	132
	-0.5°	288	111	130	111	13	108	37	109
	0	260	100	118	100	12	100	34	100
	+0.5°	233	90	106	90	10	83	28	82
	+1°	209	80	94	80	9	75	21	62
	+2°	163	63	74	63	6	50	13	38

კლიმატის ორი ელემენტის ერთდროული ცვლილების ზვავსაშიშიროების რაოდენობრივ მახასიათებლებზე გავლენის წარმოსაჩენად გათვალისწინებულია ორი შემთხვევა: პირველი, ნალექების რაოდენობა მატულობს, ჰაერის ტემპერატურა კლებულობს და მეორე, ნალექების რაოდენობა კლებულობს, ჰაერის ტემპერატურა მატულობს. ნალექების რაოდენობის 20%-ით მომატების და ჰაერის ტემპერატურის 2°-ით დაკლების ან პირიქით, ნალექების რაოდენობის 20%-ით დაკლებისა და ჰაერის ტემპერატურის 2°-ით მომატების დროს მყარი ნალექების რაოდენობისა და თოვლის საფარის სიმაღლის ცვლილება მაღალმთიან ზონაში შეადგენს 30-50%-ს, საშუალომთიან ზონაში – 50-60%-ს და დაბალმთიან ზონაში – 60-80%-ს. ზვავების ჩამოსვლის სიხშირისა და ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობის ცვლილება კი - 30-40, 40-70 და 70-100%-ს, შესაბამისად (ცხრ. 4).

ცხრილი 4. მყარი ნალექების რაოდენობის (X), თოვლის საფარის სიმაღლის (h), ზვავების ჩამოსვლის სიხშირის (r), ზვავსაშიში პერიოდის ხანგრძლივობის (T) ცვლილება ჰაერის ტემპერატურის (t) და ატმოსფერული ნალექების (Q) ერთდროული ცვლილების შედეგად

სადგური	Q(%)-ს და t (°C)-ს ერთდროული ცვლილება სცენარის მიხედვით	X, მმ		Hh, სმ		r		T	
		რაოდ.	%	სიმ.	%	რაოდ.	%	დღე	%
ჯვრის უღელტეხილი, 2395 მ	+20, -2°	1059	136	324	136	32	139	221	136
	+10, -1°	919	118	281	118	27	117	292	118
	+5, -0.5°	857	110	262	110	25	109	275	108
	0	779	100	238	100	23	100	162	100
	-5, +0.5°	709	91	216	91	21	91	143	88
	-10, +1°	639	82	195	82	28	78	126	78
	-20, +2°	514	66	158	66	14	61	99	61
ხულო, 923 მ	+20, -2°	432	166	196	166	21	175	60	176
	+10, -1°	343	132	156	132	16	133	51	150
	+5, -0.5°	302	116	137	116	13	108	40	118
	0	260	100	118	100	12	100	34	100
	-5, +0.5°	221	85	100	85	9	75	18	53
	-10, +1°	182	70	83	70	6	50	8	24
	-20, +2°	112	43	51	43	0	-	0	-

ჰაერის ტემპერატურის 2°-ით კლებისა და ატმოსფერული ნალექების 20%-ით მატების შემთხვევაში აღმოსავლეთ საქართველოს საშუალომთიან ზონაში და დასავლეთ საქართველოს დაბალმთიან ზონაში

ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლების მატებამ შეიძლება 100%-ს მიაღწიოს, ხოლო ჰაერის ტემპერატურის 2^o-ით მატებისა და ნალექების რაოდენობის 20%-ით კლების დროს ზემოთ დასახელებულ სიმაღლით ზონებში ზვავსაშიშროების რაოდენობრივი მახასიათებლები შეიძლება ნულს გაუტოლდეს, ანუ ამჟამად ზვავსაშიშროების ტერიტორია არაზვავსაშიშროებად გახდეს. აღნიშნული ფაქტი საყურადღებოა იმით, რომ კლიმატის შესაძლო ცვლილებამ შეიძლება გამოიწვიოს ზვავსაშიშროების ზონის ქვედა საზღვრის სიმაღლეების არსებითი შეცვლა და, ამით, მნიშვნელოვნად შეამციროს ან გაზარდოს ზვავების გავრცელების ტერიტორიის ფართობი და, შესაბამისად, ზვავების ჩამოსვლით გამოწვეული ადამიანთა მსხვერპლი და მატერიალური ზარალი.

ლიტერატურა-Literatura-References

1. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ., ხელაძე თ. საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიანი ცვლილების გამოკვლევის წინასწარი შედეგები. კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის საინფორმაციო ბიულეტენი. # 5,1997,გვ. 35-44.
2. ელიზბარაშვილი ე., პაპინაშვილი ლ. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები. ტ.102, 2001, გვ. 112-116.
3. თავართქილაძე კ., ელიზბარაშვილი ე., მუმლაძე დ., ვაჩნაძე ჯ. საქართველოს მიწისპირა ტემპერატურის ველის ცვლილების ემპირიული მოდელი. თბ., 1999, 128 გვ.
4. ქალდანი ლ. ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობის ცვლილება საქართველოს ტერიტორიაზე. მეცნიერება და ტექნიკა. # 7-9, 1999, გვ.108-110.
5. Калдани Л.А. Лавинная опасность Верхней Сванетии. Труды ЗаКНИГМИ, 1988, вып. 88(95), с. 89-112.
6. Цомая В.Ш. Характеристика твердых осадков и распределение их на территории Кавказа.-Труды ЗаКНИГМИ, 1979, вып. 68(74), с.48-56.
7. Элизбарашвили Э.Ш., Таварткиладзе К.А., Хантадзе А.Г., Вачнадзе Д.И., Папинашвили Л.К., Мумладзе Д.Г., Элизбарашвили М.Э. Современные изменения климата Грузии. Кавказский географический журнал # 1, თბ. 2002, გვ. 35-37.

უკ 551.578.84

ლ. ქალდანი

მეტეოროლოგიური ფაქტორების გავლენა საქართველოს ტერიტორიის ზვავსაშიშროებაზე

ზვავების ჩამოსვლის სიხშირესა და ზვავსაშიშროების პერიოდის ხანგრძლივობაზე სტაციონარული და ექსპედიციური კვლევის მასალების, ატმოსფერულ ნალექებსა და ჰაერის ტემპერატურაზე დაკვირვების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ ზვავსაშიშროების მახასიათებლების დროში ცვლილება კლიმატის ელემენტების ცვლილებით არის გამოწვეული. კლიმატის ცვლილება ზვავსაშიშროების რაოდენობრივ მახასიათებლებს, ზვავების გავრცელების საზღვრებს და ზვავსაშიშროების ტერიტორიის ფართობს ცვლის, რაც, თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად განაპირობებს ზვავების ჩამოსვლით გამოწვეულ ადამიანთა მსხვერპლისა და მატერიალური ზარალის რაოდენობას.

UC 551.578.84

L. Kaldani

Impact of meteorological factors on the Avalanche Dangerousity on the Territory of Georgia

Based on the analysis of the frequency of avalanches and the extensity of avalanche dangerous period, from stationary and field works, precipitation and air temperature data it is determined that the temporal change of the characteristics of avalanche dangerousity is caused by the variation of climate clement. The climate change alters the characteristics of avalanche dangerousity, the borders of avalanche propagation and the area of the territory of avalanche dangerousity that, in its turn, determines the human losses and the amount of material damage.

УДК 551.578.84

Л.Калдани

Влияние метеорологических факторов на лавиноопасность территории Грузии

На основе анализа материалов стационарных и экспериментальных исследований частоты схода лавин, продолжительности лавиноопасного периода, а также данных наблюдений над атмосферными осадками и температурой воздуха установлено, что изменение характеристик лавиноопасности во времени вызвано изменением климатических элементов. Изменение климата влияет на количественные показатели лавиноопасности, на границы распространения лавин, на площадь лавиноопасных территорий, что, в свою очередь, определяет количество человеческих жертв и материального ущерба вызванного сходом лавин.

უკ 551.578.48
ლ.ქალდანი

დასახლებული პუნქტების ზვავსაშიშროება საქართველოს ტერიტორიაზე

საქართველოს ტერიტორიაზე თოვლის ზვავები, ბუნების სხვა სტიქიურ-დამანგრეველი მოვლენებისაგან განსხვავებით, ფართო გავრცელებითა და ხშირი განმეორებადობით ხასიათდება. ტერიტორიის 56%-ის ცალკეული ფერდობები ზვავსაშიშია; აქედან 20%-ზე ზვავები ყოველწლიურად, ხოლო დანარჩენ ზვავსაშიშ ტერიტორიაზე ორ წელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად ჩამოდის. ზვავსაშიშ ტერიტორიაზე მდებარეობს მრავალი სამეურნეო და სხვა დანიშნულების ობიექტი და დასახლებული პუნქტი.

ზვავები ყოველწლიურად მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს ქვეყნის ეკონომიკას, საფრთხეს უქმნის ადამიანთა სიცოცხლეს. კატასტროფული ზვავების მასიურმა ჩამოსვლამ 1970-71 წწ. უხვთოვლიან ზამთარში იმსხვერპლა 39, 1975-76 წწ. ზამთარში – 42, ხოლო 1986-87 წწ. ზამთარში – 80 ადამიანი. ამ წლებში ზვავების ჩამოსვლით გამოწვეულმა ზარალმა, შესაბამისად, 60, 200 და 500 მილიონი დოლარი შეადგინა. ზვავების ჩამოსვლით გამოწვეული ადამიანთა მსხვერპლის და მატერიალური ზარალის უდიდესი ნაწილი დასახლებულ პუნქტებზე მოდის.

შექმნილი მდგომარეობა განაპირობებს ზვავსაშიში სამეურნეო და სხვა დანიშნულების ობიექტების, პირველ რიგში კი ყველა დასახლებული პუნქტის გამოვლენის აუცილებლობას, რათა შემდგომში მოხდეს მათი ზვავებისაგან დაცვის ღონისძიებების შემუშავება და განხორციელება, ან მოსახლეობის არაზვავსაშიშ ტერიტორიაზე განსახლება.

საარქივო და ექსპედიციების დროს მოპოვებული მასალების, ლიტერატურული წყაროების, მოსახლეობისაგან მიღებული ინფორმაციის, კარტომეტრიული სამუშაოებისა და თეორიული გამოთვლების ანალიზის საფუძველზე 338 ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტია გამოვლენილი.

განსაკუთრებით ბევრი დასახლებული პუნქტია მესტიის (61, საერთო რაოდენობის 18%), დუშეთის (49, 15%), ხულოს (45, 13%), ლენტეხის (34, 10%), ჯავის (25, 7%) და შუახევის (21, 6%) რაიონებში. მდინარეთა აუზების მიხედვით კი დასახლებული პუნქტების დიდი რაოდენობით გამოირჩევა აჭარისწყლის (80,24%), ენგურის (61,18%), რიონის (45, 13%) და არაგვის (45,13%) აუზები. ზვავსაშიში პუნქტების საერთო რაოდენობის 63% (213) მოდის დასავლეთ, ხოლო 37% (125) – აღმოსავლეთ საქართველოზე.

ზვავების ჩამოსვლამ 338 დასახლებული პუნქტიდან 69-ში (21%) ნგრევა და ადამიანთა მსხვერპლი გამოიწვია, 81-ში (24%) – ნგრევა, ხოლო 58-ში (17%) – შენობების დაზიანება; 130 დასახლებული პუნქტი (38%) პოტენციურად ზვავსაშიშია და როგორც გამოთვლებმა და ზვავწარმომქმნელი ფაქტორების ანალიზმა გვიჩვენა, საკმაოდ დიდია ამ პუნქტებში ზვავების ჩამოსვლის ალბათობა.

გასული საუკუნის 70-იან წლებში, კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლით გამოწვეულმა ადამიანთა მსხვერპლმა და დიდმა მატერიალურმა ზარალმა განაპირობა საქართველოს მთავრობის დადგენილება ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების გამოვლენისა და ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებების შემუშავებისა და გატარების შესახებ. უკვე 1980 წლისათვის, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის თანამშრომლების (კ.აბდუშელიშვილი, მ.სალუქვაძე, ლ.ქალდანი) მიერ 185 ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტი იქნა გამოვლენილი.

ჩვენს მიერ ჩატარებულმა კვლევებმა გვიჩვენა, რომ 1980 წლის შემდეგ ზვავსაშიში პუნქტების რაოდენობა 153-ით გაიზარდა, აქედან 23 დასახლებულ პუნქტში ზვავების ჩამოსვლამ ადამიანთა მსხვერპლი და ნგრევა გამოიწვია, 32-ში – ნგრევა, 26-ში – შენობების დაზიანება, დანარჩენი 72 დასახლებული პუნქტი პოტენციურად ზვავსაშიშია. ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების რაოდენობა მესტიის რაიონში გაიზარდა 52%-ით (32 დასახლებული პუნქტი), ლენტეხის რაიონში-56%-ით (19), ხულოს რაიონში-42%-ით (19) და დუშეთის რაიონში-54%-ით (27); სწორედ ამ ოთხ რაიონშია თავმოყრილი მომატებული ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების 63%.

ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების რაოდენობის გაზრდა გამოიწვია ციცაბო ფერდობებზე ტყის საფარის გაჩეხვამ და უხვმა თოვლმა, რომლის სიმაღლემ 80-იან წლებში, განსაკუთრებით კი 1986-87 წწ. ზამთარში, მნიშვნელოვნად გადააჭარბა მანამდე დაკვირვებულ მაქსიმალურ სიდიდეებს.

უკ 551.578.48
ლ.ქალდანი

დასახლებული პუნქტების ზვავსაშიშროება საქართველოს ტერიტორიაზე

საარქივო და ექსპედიციების დროს მოპოვებული მასალების, ლიტერატურული წყაროების, მოსახლეობისაგან მიღებული ინფორმაციის, კარტომეტრიული სამუშაოებისა და თეორიული გამოთვლების ანალიზის საფუძველზე საქართველოს ტერიტორიაზე გამოვლენილია 338 ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტი. აქედან 69 დასახლებულ პუნქტში ზვავების ჩამოსვლამ ადამიანთა მსხვერპლი და ნგრევა გამოიწვია, 81-ში – ნგრევა, ხოლო 58-ში – დაზიანება, დანარჩენი 130 დასახლებული პუნქტი პოტენციურად ზვავსაშიშია.

ზვავსაშიში დასახლებული პუნქტების საერთო რაოდენობის 56% ოთხ – მესტიის (18%), დუშეთის (15%), ხულოს (13%) და ლენტეხის (10%) რაიონებშია თავმოყრილი.

UUUDC 551.578.84

L. Kaldani

Avalanche Dangerousity of Settlements on the Territory of Georgia

Based on the analysis of the data gained from archives and field works, population's survey, literature sources, cartographic works, and calculations, 338 avalanche dangerous settlements are revealed on the territory of Georgia. From this number: at 69 settlements avalanches have caused human losses and destruction of buildings at 81 – destruction, and at 58 – damage. Remaining 130 settlements are potentially avalanche dangerous. 56% of the total numbers of avalanche dangerous settlements are gathered in four administrative districts: Mestia (18%), Dusheti (15%), Khulo (13%) and Lentekhi (10%).

УДК 551.578.48

Л.Калдани

Лавиноопасность населенных пунктов на территории Грузии

На основе анализа материалов экспедиционных исследований, архивных данных и литературных источников, информации, полученной от населения, картометрических работ и теоретических расчетов на территории Грузии выявлено 338 лавиноопасных пунктов. Отсюда в 69 населенных пунктах сход лавин вызвал человеческие жертвы и разрушения, в 81- разрушения, а в 58- повреждения; оставшиеся 130 населенных пунктов являются потенциально лавиноопасными. Из общего количества лавиноопасных населенных пунктов 56% находятся в четырех районах - Местийском (18%), Душетском (15%), Хулойском (13%) и Лентехском (10%).

უკ 62.501.72:551.58

დ.არველაძე, ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ბ.ბერიტაშვილი

მსოფლიოს გლობალური განვითარება – კლიმატის ცვლილების წყარო

ცნობილია, რომ კლიმატის ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იქნას მზის სხივური ენერჯის ან ატმოსფეროს გაზური შემადგენლობისა და ქვეფენილი ზედაპირის ანთროპოგენური ცვლილებებით. რადგან უკანასკნელი რამდენიმე ასეული წლის მანძილზე მზის სხივური ენერჯის სერიოზულ ცვლილებას ადგილი არ, ქონია, უნდა ვიფიქროთ, რომ თანამედროვე კლიმატის ცვლილება განპირობებულია კაცობრიობის ეკონომიკური პრობლემების გაუმჯობესებისაკენ სწრაფვით, - მსოფლიოს გლობალური განვითარებით, - ადამიანის გარემოზე ზემოქმედებით.

კაცობრიობა ბუნებაზე გამარჯვებით ვერ დაიკვებინს. ყოველი ასეთი “გამარჯვებისათვის” ბუნება გვსჯის, შურს იძიებს. მართალია, ყოველ ასეთ “გამარჯვებას”, პირველ რიგში, ჩვენთვის სასურველი შედეგები მოყვება, მაგრამ, მეორე და მესამე რიგში მას მოყვება სრულიად სხვა, განუსაზღვრელი შედეგები, რომლებიც ძალზე ხშირად ანადგურებენ პირველი შედეგების მნიშვნელობას. ფაქტები ყოველ ნაბიჯზე გვახსენებენ, რომ ჩვენ ბუნებაზე ვერ ვბატონობთ, რომ ჩვენ, პირიქით-ჩვენი სისხლით, ხორციით და გონებით ვეკუთვნივთ ბუნებას და ვიმყოფებით მის შუაგულში, რომ ჩვენი ბუნებაზე ბატონობა მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ, სხვა სულიერი არსებებისაგან განსხვავებით, შეგვიძლია შევიცნოთ და სწორად გამოვიყენოთ მისი კანონები. სწორედ ამან განაპირობა ის, რომ XX საუკუნის მეორე ნახევრიდან კაცობრიობა დააკვირდა თავისი განვითარების კოლოსალურ ნაბიჯებს, დაინახა გარემოზე ზემოქმედების საშიში შედეგები, რომლებიც განვითარების ახლანდელი ხასიათისა და ტენდენციების შენარჩუნების შემთხვევაში კატასტროფით ემუქრება მსოფლიოს და დაიწყო გზების ძებნა მოსალოდნელი ეკოლოგიური კრიზისის თავიდან ასაცილებლად.

გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის ძირითადი ასპექტებია: მოსახლეობის ზრდა, ბუნებრივი რესურსების ამოწურვა, ადამიანის გარემო პრობლემებზე ზემოქმედების უარყოფითი შედეგები და განვითარებად ქვეყნებში საკვები პროდუქტების ნაკლებობა.

მსოფლიო განვითარების გლობალური მოდელების შექმნა განსაკუთრებული აქტივობით დაიწყო 70-იანი წლებიდან [1]. კომპლექსური კვლევის პირველი ცდა იყო მასაჩუსეტის (აშშ) ტექნოლოგიური ინსტიტუტის (აშშ) პროფესორის ჯ.ფორესტერის მიერ გლობალური განვითარების მათემატიკური მოდელის (“მსოფლიო-2”) შემუშავება. გლობალური განვითარების მოდელზე მუშაობა განაგრძო მეცნიერთა ინტერნაციონალურმა ჯგუფმა დ. მიდოუზის ხელმძღვანელობით, რომელთაც კიდევ უფრო რთული მოდელი შექმნეს (“მსოფლიო-3”). ამ ავტორებმა ჩაატარეს გამოთვლები და მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ თუ საზოგადოებრივი განვითარების ახლანდელი ხასიათი და ტენდენციები იქნება შენარჩუნებული, მაშინ 50-70 წლის შემდეგ პლანეტის მოსახლეობა მიაღწევს 6.5 მლრდ. ადამიანს და სურსათ-სანოვაცისა და ბუნებრივი რესურსების ნაკლებობის, აგრეთვე გარემოს უზომო გაჭუჭყიანების გამო დაიწყებს კატასტროფულ შემცირებას. მათი აზრით, საერთო კატასტროფის თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია “გლობალური წონასწორობის” მდგომარეობაზე გადასვლა ანუ მოსახლეობის, მრეწველობისა და მოხმარების ზრდის შეჩერება.

მოგვიანებით მესაროვიჩმა (აშშ) და პესტელმა (გფრ) წარმოადგინეს გლობალური განვითარების მოდელი – “გადარჩენის სტრატეგია”, რომლის ძირითად ნაწილს წარმოადგენს ენერგეტიკული მოდელი “სანავთობო კრიზისი”. მოდელის დადებითი მხარეა ის, რომ მსოფლიო სისტემა იყოფა ურთიერთმოქმედ რეგიონებად, მასში ჩართულია მართვის შესაძლებლობები და ადამიანი მონაწილეობს გადაწყვეტილებების მიღების პროცესებში.

დაახლოებით იმავე პერიოდში არგენტინელმა მეცნიერებმა ერერას ხელმძღვანელობით შეიმუშავეს გლობალური განვითარების ლათინოამერიკული მოდელი. ერერას ჯგუფი თვლის, რომ კაცობრიობის არმონიულ განვითარებას ხელს უშლის სხვადასხვა ქვეყნებს შორის სიმდიდრის არათანაბარი განაწილება. მოდელი მსოფლიოს განიხილავს, როგორც ოთხი ურთიერთმოქმედი რეგიონის სისტემას: 1) აფრიკა; 2) ლათინური ამერიკა; 3) აზია და ოკეანეთი; 4) განვითარებული ქვეყნები. ყოველი რეგიონის განვითარება აღიწერება ხუთი ერთმანეთთან დაკავშირებული ქვემოდელის სტანდარტულ განტოლებათა სისტემით: ეკონომიკა, მოსახლეობა, ურბანიზაცია და საცხოვრებელი მშენებლობა, განათლება, კვება. კვების ქვემოდელი შედგება სამი სექტორისაგან: მიწათმოქმედება, მეცხოველეობა და მეთევზეობა.

იაპონელმა მეცნიერებმა ტოკიოს უნივერსიტეტის პროფესორ კაიას ხელმძღვანელობით შეიმუშავეს გლობალური განვითარების მოდელი “ახალი შეხედულება განვითარებაზე”. ისინი გამოდიან იქიდან, რომ თანამედროვე მსოფლიოს პრობლემები დაკავშირებულია საკვები პროდუქტების ნაკლებობასთან, უმუშევრობასთან და განვითარებად ქვეყნებში წარმოების დაბალ დონესთან.

საინტერესო მოდელი შექმნა ნობელის პრემიის ლაურეატმა ტინბერგენმა. გლობალური განვითარების მოდელის “საერთაშორისო წესრიგის განახლება”-საფუძველზე ტინბერგენი იძლევა რეკომენდაციას, რომლის თანახმადაც, მსოფლიო კატასტროფის თავიდან აცილების მიზნით, უნდა შეიქმნას ზენაციონალური ორგანო,

რომელიც დაგეგმავს მსოფლიო ეკონომიკას და ამ ორგანოს უნდა გადაეცეს სახელმწიფოთა სუვერენული უფლებების გარკვეული ნაწილი. საერთოდ, ტინბერგენისა და ზოგიერთ სხვა მეცნიერთა შრომებში შემოთავაზებული რეკომენდაციები გარკვეულწილად უტოპიურია, რადგან განვითარებული ქვეყნების მთავრობები და, მითუმეტეს, მონოპოლიები თავიანთი ნებით არ წავლენ იმაზე, რომ შეამცირონ თავისი და გაზარდონ განვითარებადი ქვეყნების შემოსავლები. აქედან გამომდინარე, არ ჩანს მექანიზმი ასეთი ტიპის მოდელების საფუძველზე შემუშავებული რეკომენდაციების განხორციელებისა. თუმცა, ამ ბოლო დროს სხვადასხვა ქვეყნების მეცნიერებისა და მთავრობათა ძალისხმევა მიმართულია იქით, რომ შემუშავდეს შეზღუდვის ისეთი რეკომენდაციები, რომ რეალურად ამოქმედდეს “თანასწორობის პირინციპი” [3]. კერძოდ, ეს ნიშნავს იმას, რომ ყველა მხარემ (განვითარებადმა და განვითარებულმა ქვეყნებმა) უნდა ნახოს მოგება, - ინვესტორმა ქვეყანამ უნდა მიიღოს დაჭუჭყიანების (სათბურის გაზების) ქვოტები იაფად, ხოლო მასპინძელმა ქვეყანამ – ახალი ტექნოლოგიები და დამატებითი ინვესტიციები.

90-იან და შემდგომ წლებში კიდევ უფრო რთული და სრულყოფილი მოდელები შეიქმნა, მაგრამ, ამჯერად, უფრო დაწვრილებით განვიხილავთ ფორესტერისა და მიდოუზის მოდელებს, რადგან ისინი, მიუხედავად ერთმანეთისაგან განსხვავებული სტრუქტურისა (მიდოუზის გლობალური განვითარების მოდელი გაცილებით რთულია), მსოფლიო განვითარების საკმაოდ რეალურ სურათს იძლევიან და, რაც მთავარია, ამ მოდელების ჩარჩოებში დარჩენის შემთხვევაშიც კი შეიძლება მსოფლიო კატასტროფის თავიდან აცილება მართვის საჭირო ღონისძიებების გატარებით. გარდა ამისა, აღნიშნული გლობალური მოდელიდან (გარკვეული გამარტივების შემდეგ) შესაძლებელია კონკრეტული ქვეყნის ან ქვეყნების (საქართველო, ამიერკავკასია) მდგრადი განვითარების ეკონომიკური მოდელის შექმნა იმ კონკრეტულ ფაქტორთა ერთობლიობის გათვალისწინებით, რომლებიც განაპირობებენ პოსტსაბჭოთა განვითარებადი ქვეყნების თავისებურებებს საბაზრო ეკონომიკის პირობებში წარმოშობილ განვითარებად ქვეყნებთან შედარებით.

ფორესტერის მოდელში ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთქმედება აღიწერება ხუთი ჩვეულებრივი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებით:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dR}{dt} = -PRc(C) \\ \frac{dK}{dt} = K_2 - K_1, \text{ სადაც } K_2 = Pc_k K_C, \quad K_1 = \frac{K}{T_k} \\ \frac{dZ}{dt} = Z_2 - Z_1, \text{ სადაც } Z_2 = PZ_0 Z_k, \quad Z_1 = \frac{Z}{T_Z} \\ \frac{dX}{dt} = X_2 - X_1, \text{ სადაც } X_2 = \frac{X_F(F_P)X_Q(Q)}{T_2}, \quad X_1 = \frac{X}{T_k} \\ \frac{dP}{dt} = B - D, \text{ სადაც } B = Pc_B B_C \quad B_P \quad B_Z, \\ \quad \quad \quad D = Pc_D D_C D_P D_F D_Z, \end{array} \right. \quad (1)$$

აგრეთვე ცხრა თანაფარდობით:

$$\begin{aligned} P_P &= \frac{P}{P_c}; \\ K_P &= \frac{K}{P}; \\ Z_P &= \frac{Z}{P}; \\ P_0 &= P(t_0) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\bar{C} = E_R(1 - X)K_P \quad (3)$$

$$R_0 = R(t_0);$$

$$R_R^0 = \frac{R_0}{R_{00}}; \quad (4)$$

$$E_R^0 = E_R(R_R^0)$$

$$C^0 = E_R^0(1 - X^0);$$

$$C = \frac{\bar{C}}{C^0}. \quad (5)$$

$$X_P = \frac{K_P X}{X_0} \quad (6)$$

$$F_P = F_X V_P V_Z \quad (7)$$

$$X_2 = \frac{X_P(F_P)X_Q(Q)}{T_2}; \quad (8)$$

$$T_2 = const.$$

$$Q = \frac{Q_C(C)}{Q_F(F_P)} \quad (9)$$

$$X_1 = \frac{X}{T_x} \quad (10)$$

და ოცი არაწრფივი დამოკიდებულებით, რომლებიც გრაფიკების სახითაა მოცემული. ყველა ამ განტოლებითა და აგრეთვე საწყისი პირობებით განისაზღვრება ხუთი ცვლადი, როგორც დროის ფუნქცია. ეს ცვლადებია: P-მოსახლეობა(ადამიანთა რაოდენობა მსოფლიოში); K-კაპიტალი (ძირითადი ფონდები); X-სასოფლო-სამეურნეო კაპიტალის წილი კაპიტალის საერთო რაოდენობაში; R-არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები დედამიწაზე; Z-დაჭუჭყიანება.

ფორესტერი თვლის, რომ P, K, X, R და Z ცვლადების ურთიერთზემოქმედება ხდება ბუნებრივი პირობებისა და ისეთი ფაქტორების საშუალებით, როგორცაა: მოსახლეობის ფარდობითი რაოდენობა (P_P), წილობრივი კაპიტალი (K_P), ცხოვრების მატერიალური დონე (C), წილობრივი დაჭუჭყიანება (Z_P), და კვების დონე (F_P).

ზემოთ მოტანილ ფორმულებში (1)-(10) K_2 არის კაპიტალის ანუ ძირითადი ფონდების ნამატი, K_1 -კაპიტალის შემცირება, რაც დაკავშირებულია ძირითადი ფონდების ცვეთასა და მოძველებასთან, Z_2 -

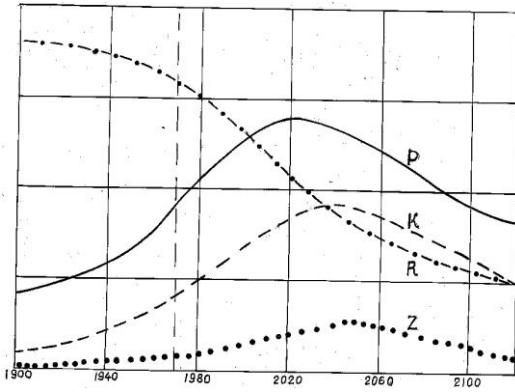
დაჭუჭყიანების ნამატი დროის ერთეულში, Z_1 - დაჭუჭყიანების გაწოვის სიჩქარე, X_2 - სასოფლო-სამეურნეო ფონდების წილის ნაზრდი, X_1 - სასოფლო-სამეურნეო ფონდების წილის ცვეთა, D -სიკვდილიანობა, B - შობადობა, F - კვების დონე, V_z -დაჭუჭყიანების გავლენა, V_p -ურბანიზაციის გავლენა, B_i და D_i . ($i=C,P,F,Z$) უნიტარული თანამამრავლებია და გამოხატავენ შესაბამისი ფაქტორების გავლენას, T_k -ნორმალური ცვეთის მუდმივა, T_x - soflis meurneobaSi ZiriTadi fondebis arsebobis saSualo dro, Q -ე.წ. ცხოვრების ხარისხი.

მოდელის მოქმედება განხილული იქნა 1900-დან 2100 წლამდე პერიოდში. $t_0=1900$ წლის მომენტისათვის აღებული იქნა საწყისი მომენტები: $P_{00}=1.65 \cdot 10^9$; $K_{00}=0.4 \cdot 10^9$ (მიღებულია, რომ 1900 წელს ერთ ადამიანზე მოდიოდა 4-ჯერ ნაკლები კაპიტალი, ვიდრე 1970 წელს); $X_{00}=0.2 R_{00}=900 \cdot 10^9$ რესურსების ერთეული (დაშვებულია, რომ დაწყებული 1900 წლიდან რესურსები საკმარისი იქნებოდა 250 წლის განმავლობაში, ეს იმ შემთხვევაში თუ მათი გამოყენების სიჩქარე შენარჩუნებული იქნებოდა 1970 წლის დონეზე. $Z_{00}=0.2 \cdot 10^9$ - დაჭუჭყიანების ერთეული (ითვლება, რომ 1900 წელს ერთ სულ მოსახლეზე მოდიოდა 8-ჯერ ნაკლები დაჭუჭყიანება 1970 წელთან შედარებით).

ამრიგად, მოდელით გამოთვლისას 1900 წლიდან 1970 წლის ჩათვლით გამოყენებული იქნა ფაქტიური მონაცემები. ამის შემდეგ რიცხვითი ინტეგრირება გაგრძელებული იქნა ინტერვალზე $t_0=1970$ წ., $t_k=2100$ წ. ჩათვლით.

მოდელით ჩატარებული გამოთვლების შედეგები ნაჩვენებია Oაბ.1-ზე. აღმოჩნდა, რომ მონოტონური ზრდის პერიოდის შემდეგ 2025 წლიდან მოსახლეობის რაოდენობა P იწყებს კლებას და 75 წლის განმავლობაში 1.5-ჯერ ანუ თითქმის 2 მლრდ. ადამიანით მცირდება. არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსები (R) 2100 წლისათვის 1970 წლის დონის 1/3-ზე ნაკლები გახდება. დაჭუჭყიანების დონე (Z) 2050 წლისათვის რამდენჯერმე გადააჭარბებს 1970 წლის დონეს, რის შემდეგაც იწყებს ვარდნას, რაც გამოწვეულია მრეწველობის საერთო ვარდნითა და მოსახლეობის შემცირებით.

ამრიგად, გლობალური განვითარების თანამედროვე ტემპების შენარჩუნების პირობებში საზოგადოება ვერ აცდება სერიოზულ კრიზისს, რომელიც კატასტროფის ტოლფასია. ეს კრიზისი, ფორესტერის აზრით, გამოწვეულია წინააღმდეგობებით, რომელიც არსებობს ბუნებრივი რესურსების შეზღუდულობასა და კაპიტალის, მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის წარმოების ზრდას შორის. სწორედ ეს ზრდა მოსახლეობის რაოდენობისა, მოთხოვნილების ზრდასთან ერთად, იწვევს გარემოს სწრაფ დაბინძურებას, რესურსების გამოლევას, სიკვდილიანობის ზრდას და წარმოების დაცემას.

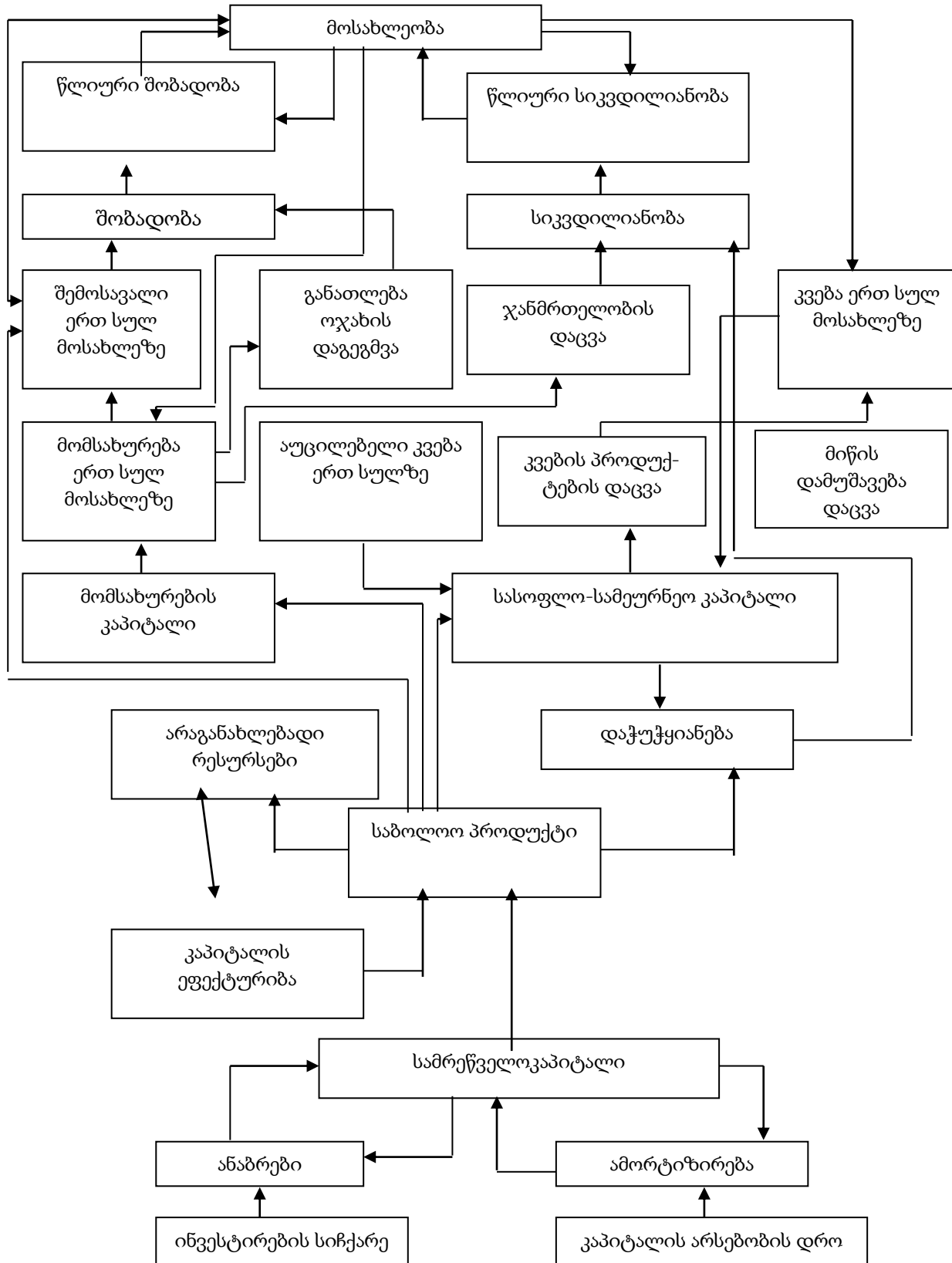


ნახ.1. გლობალური განვითარების ძირითადი მახასიათებლების ცვლილება დროში

მიდოუზის ჯგუფის გლობალურ დინამიურ მოდელში “მსოფლიო-3” ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთზემოქმედება (ისევე, როგორც ფორესტერის მოდელში “მსოფლიო-2”) აღიწერება ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებებით, რომლებიც განსაზღვრავენ დროის ფუნქციებს $P(t)$, $R(t)$ და $Z(t)$. მოდელში ძირითად ცვლადებად ითვლებიან აგრეთვე: A - დედამიწის მოსავლიანი ფართობები; y - ბუნებრივი ნაყოფიერება (მიწის მოსავლიანობა); K - კაპიტალდაბანდება (ძირითადი წარმოებითი ფონდები). ადამიანთა რაოდენობა დედამიწაზე P დაყოფილია 4 ასაკობრივ ჯგუფად $P=P_1+P_2+p_3+p_4$, სადაც P_i ($i=1,2,3,4$) - ადამიანთა რაოდენობა 0-დან 15 წლამდე, 15-დან 45 წლამდე, 45-დან 65 წლამდე, 65-დან და მეტი ხნის. დედამიწის მოსავლიანი ფართობები $A=A_T - A_P - A_U - A_3$. სადაც A_T დასამუშავებლად ვარგისი მიწების საერთო ფართობია, A_P - ჯერ კიდევ დაუმუშავებელი, მაგრამ პოტენციალურად გამოსადეგი მიწის ფართობი, A_U - ურბანიზირებული ფართობები, A_3 - ეროზიული ფართობები. ძირითადი წარმოებითი ფონდები $K=K_1 + K_S$, სადაც K_1 -სამრეწველო კაპიტალია, ხოლო K_S - სერვისული (ყოველგვარი მომსახურება, მათ შორის განათლება, ჯანდაცობის დაცვა და ა.შ.).

ამრიგად, მიდოუზის გლობალური მოდელი მოიცავს დემოგრაფიის, კაპიტალის, სოფლის მეურნეობის, არაგანახლებადი რესურსებისა და დედამიწის დაჭუჭყიანების სექტორებს. “მსოფლიო-3”-ის

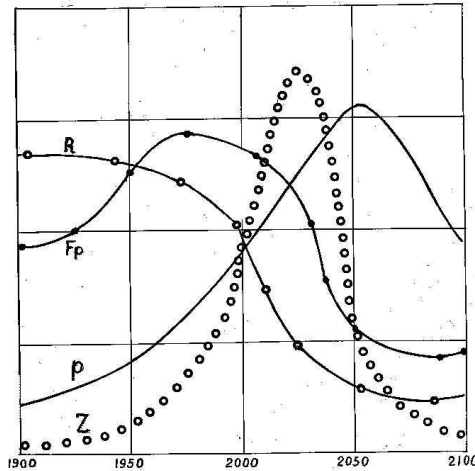
სტრუქტურული სქემა მოცემულია ნახ 2-ზე. ეს მოდელი გაცილებით ფართო და ღრმაა “მსოფლიო-2”-თან შედარებით. მისი ორიგინალური აღწერა 900 გვერდს მოიცავს. ნაკადური დიაგრამა 120-მდე ელემენტს შეიცავს (თითქმის 3-ჯერ მეტს ფორესტერის მოდელთან შედარებით). ცხრილების სახით მოცემული დამოკიდებულებების რაოდენობის მიხედვით “მსოფლიო-2” შეიცავს 20 დამოკიდებულებას, “მსოფლიო-3” კი – 37-ს.



ნახ.2. მიდოუსის გლობალური მოდელის სტრუქტურული სქემა

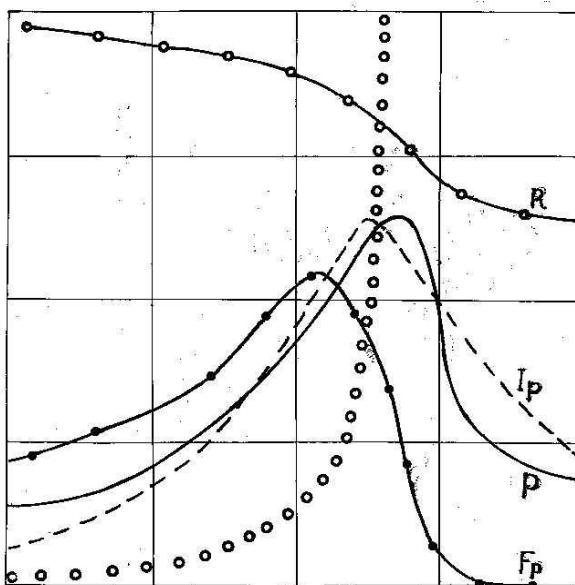
მიუხედავად მოდელების სტრუქტურების დიდი სხვაობისა "მსოფლიო-2" და "მსოფლიო-3" შედეგების მიხედვით ძალზე ახლოს არიან ერთმანეთთან. მიდოუზთან ინტეგრირება დაწყებული იქნა 1900 წლიდან და მიყვანილი იქნა 2100 წლამდე. 1970-დან 2100 წლამდე ამ მოდელებით მიღებული შედეგები ძალზე ახლოსაა ერთმანეთთან.

მიდოუზის მოდელზე ჩატარებული გამოთვლებით ცხადი გახდა, რომ 1970-იანი წლების ტენდენციების შენარჩუნებით მოსახლეობის, კაპიტალისა და ცხოვრების დონის ზრდას მოყვება კატასტროფა, რაც გამოიხატება დედამიწის უზომოდ დაბინძურებაში, ბუნებრივი რესურსების ამოწურვაში, სამრეწველო წარმოების შემცირებაში და მოსახლეობის კლებაში (ნახ.3).

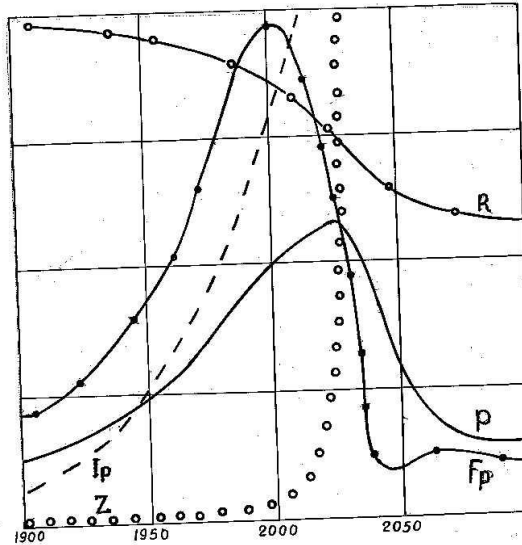


ნახ.3. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა თანამედროვე ტენდენციების შენარჩუნების პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)

მიდოუზის მოდელზე ჩატარებული მანქანური ექსპერიმენტების დროს განხილული იქნა შემთხვევა ბუნებრივი რესურსების პრაქტიკულად შეუზღუდავობის პირობებში. შესაბამისმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ კატასტროფას მაინც უნდა ექონოდა ადგილი, მაგრამ ის დგებოდა რამდენადმე გვიან გაჭუჭყიანების უზომოდ გაზრდის გამო (ნახ.4.). ამ სურათზე I_p - ინდუსტრიალიზაციის მაჩვენებელია. შემდეგ განხილული იქნა მოდელი დაჭუჭყიანებაზე სრული კონტროლით. აღმოჩნდა, რომ კატასტროფას მაინც ექნება ადგილი, ოღონდ მისი გამომწვევი მიზეზი იქნება მოსახლეობისათვის საკვები პროდუქტების ნაკლებობა. ამის შემდეგ განხილული იქნა მოდელი შეუზღუდავი ბუნებრივი რესურსებითა და სოფლის მეურნეობის გაორმაგებული პროდუქტიულობით. გამოთვლების შედეგები წარმოდგენილია ნახ.5-ზე. სურათიდან ჩანს, რომ მოსახლეობის ზრდისა და დედამიწის დაჭუჭყიანების უზომოდ გაზრდის გამო კატასტროფა ამ შემთხვევაში გარდაუვალია.



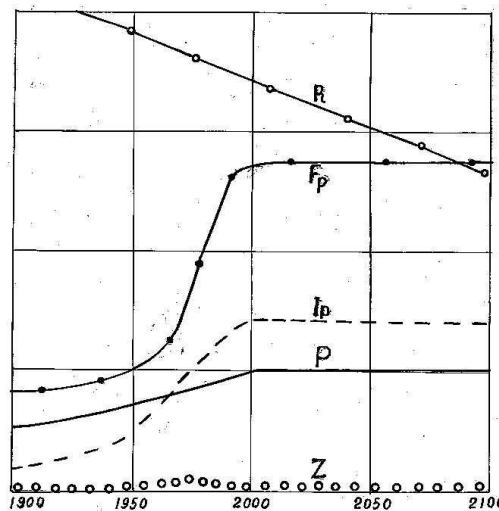
ნახ.4. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა ბუნებრივი რესურსების შეუზღუდავობის პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)



ნახ.5. მსოფლიო სისტემის განვითარების დინამიკა შეუზღუდავი ბუნებრივი რესურსების და სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობის გაორმაგების პირობებში (მიდოუზის მიხედვით)

გარდა აღწერილი მოდელებისა განხილული იქნა მოდელი შობადობის კონტროლით (იგულისხმება ისეთი კონტროლიც, როცა შობადობა ტოლია სიკვდილიანობის). ამ შემთხვევაშიც კატასტროფის თავიდან აცილება არ ხერხდება-მის გამომწვევად გვევლინება წარმოების უზომო გაფართოება და ბუნებრივი რესურსების ამოწურვა.

ჩატარებულმა ანალიზმა აჩვენა, რომ ზემოთ აღწერილი ღონისძიებების ცალ-ცალკე გატარებით მსოფლიო განვითარების სტაბილიზაცია არ მიიღწევა და კატასტროფის თავიდან ასაცილებლად საჭიროა გატარდეს კომპლექსური შეზღუდვები: 1) ინდუსტრიული კაპიტალი 1980 წლის შემდეგ აღარ უნდა გაზრდილიყო და მუდმივი უნდა დარჩენილიყო; 2) დაწყებული 1975 წლიდან, შობადობა ტოლი უნდა ყოფილიყო სიკვდილიანობის; 3) რესურსები ერთ სულ მოსახლეზე შემოსაზღვრული უნდა ყოფილიყო 1970 წლის დონის 1/8 სიდიდემდე; 4) კაპიტალის არსებობის დრო უნდა გაზრდილიყო 1,5 ჯერ; 5) დაჭუჭყიანების წილობრივი გენერაცია უნდა შემცირებულიყო 1970 წლის დონის 1/4 -მდე. ამ შემთხვევაში მიიღწეოდა ე.წ. "გლობალური წონასწორობა", რითაც თავიდან ავიცილებდით მსოფლიო კატასტროფას (ნახ.6).



ნახ.6. მსოფლიო სისტემის განვითარების გლობალური წონასწორობა (მიდოუზის მიხედვით)

უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოს გლობალურ წონასწორობაზე გადასვლას კრიზისის თავიდან აცილების ერთადერთ საშუალებად მიიჩნევენ [2], მაგრამ როგორ მივაღწიოთ ამ წონასწორობას, როგორ გავატაროთ აუცილებელი ღონისძიებების კომპლესი, ამის შესახებ მოდელში ვერ ვპოულობთ პასუხს.

მსოფლიო სისტემის განვითარების არსებულ მოდელში სხვა უადრესად მნიშვნელოვან ცვლილებებთან ერთად მონაწილეობს დაჭუჭყიანება და ლანდშაფტი, როგორც დროის ფუნქცია. ეს

სიდიდეები ცოცხალ სამყაროზე უშუალო ზემოქმედების გარდა იმითაც მოქმედებენ, რომ იწვევენ კლიმატის ელემენტების ცვლილებას, რაც შემდეგში საცხოვრებელი პირობებისა და დედამიწის ლანდშაფტის ცვლილების მიზეზი ხდება; ლანდშაფტის ცვლილება ისევ კლიმატზე ზემოქმედებს და ა.შ. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კლიმატის ცვლილების კონკრეტული მოდელი მსოფლიო განვითარების მოდელის სტრუქტურაში თავსდება და, ამიტომ, კლიმატის ცვლილების შეფასებისას უსათუოდ უნდა გამოვიდეთ კაცობრიობის გლობალური განვითარების მოდელიდან. კლიმატის ცალკეული ელემენტების ცვლილების ემპირიული მოდელების შემუშავება და ანალიზი, მსოფლიო სისტემის განვითარების კანონზომიერებებისაგან მოწყვეტით, გაუმართლებელია. მათი ცვლილების ლოკალურ გარემოში შესწავლა და დროში პროგნოზირება დაკავშირებული უნდა იქნას ადამიანის გარემოზე ზემოქმედებასთან, რადგან კლიმატოლოგებისათვის კარგად ცნობილ ისტორიულ მონაკვეთში (უკანასკნელი 200-300 წელი) კლიმატის ცვლილების ძირითად წყაროს ატმოსფეროს გაზური შემადგენლობისა და ქვეფენილი ზედაპირის ანთროპოგენური ცვლილებები წარმოადგენს, რაც თავისთავად, კაცობრიობის განვითარებითაა განპირობებული.

დასასრულ, უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფორესტერის ხუთი არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის მარჯვენა ნაწილი თითოეული განტოლებისათვის მუდმივ კოეფიციენტებთან ერთად შეიცავს როგორც მარეგულირებელ სიდიდეებს (სხვა განტოლებების ცვლადებს), ისე სამიებელ რეგულირებად სიდიდეს, რომელსაც შეიძლება „ქონდეს როგორც წრფივი, ასევე არაწრფივი (კვადრატული, კუბური და ა.შ.) ხასიათი. არაწრფივობის გამო თითოეული განტოლება, მარეგულირებელი სიდიდეების მოქმედების გარეშე, გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ, “ივიწყებს” საწყისი პირობების გავლენას და რეგულირებადი სიდიდის სტაციონალურ მდგომარეობაზე გადასვლა მთლიანად დამოკიდებული ხდება იმ შიდა პროცესებზე, რომლებიც სამიებელი ფუნქციის არაწრფივობით არის გამოწვეული. ასე, მაგალითად, ფორესტერის ნებისმიერი განტოლება ზოგადი სახით ჩაიწერება შემდეგნაირად [1]:

$$\frac{dy_i}{dt} = V_i^+ - V_i^-; \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (11)$$

სადაც y_i რეგულირებადი სიდიდეა, ხოლო V_i^+ და V_i^- დადებითი და უარყოფითი წყაროებია, რომელთა ინტენსიობა დამოკიდებულია რეგულირებადი და მარეგულირებელი ცვლადების ხასიათზე. თუ (11) განტოლების მარჯვენა მხარე რეგულირებადი სიდიდის წრფივი ფუნქცია იქნება $V_i^+ - V_i^- = \Phi y_i$, სადაც Φ მარეგულირებელი ფუნქციების მოქმედების გასაშუალებელ მნიშვნელობას წარმოადგენს, მაშინ რეგულირებადი y_i ფუნქცია ექსპონენციალური კანონით გაიზრდება (Oაბ.7, უწყვეტი ხაზი)

$$y_i(t) = y_i(0) e^{\Phi t} \quad (12)$$

და მისი დროში პროგნოზირების სიზუსტე მთლიანად დამოკიდებული იქნება საწყისი პირობების $y_i(0)$ კორექტულად და ზუსტად მოცემაზე.

თუ დავუშვებთ, რომ რეგულირებადი ფუნქციის ზრდის კოეფიციენტი Φ ცხადი სახით წრფივად არის დამოკიდებული რეგულირებად ფუნქციაზე y_i , მაგალითად:

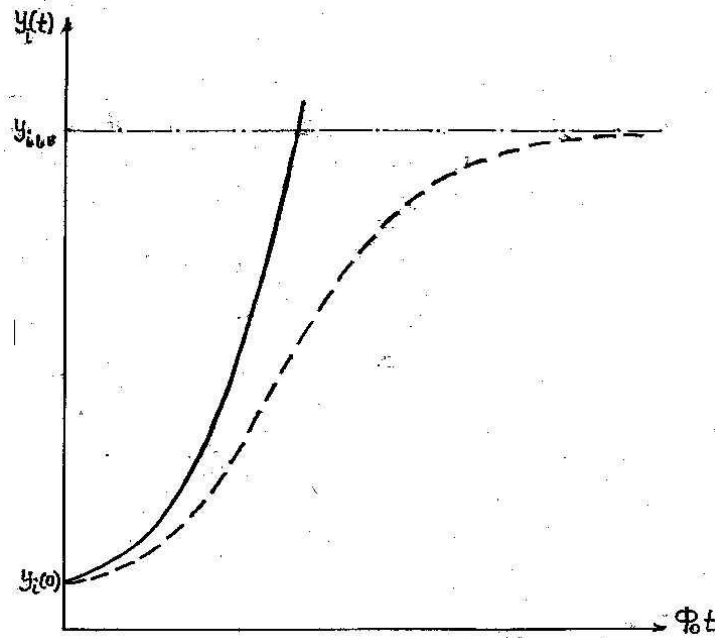
$$\Phi(y_i) = \Phi_0 \left(\frac{1 - y_i}{y_{i,სგ}} \right), \quad (13)$$

სადაც $y_{i,სგ}$ წარმოადგენს რეგულირებადი ფუნქციის სტაციონალურ მნიშვნელობას, განტოლება (11) მიიღებს არაწრფივ ხასიათს

$$\frac{dy_i}{dt} = \frac{(y_{i,სგ} - y_i) y_i \Phi_0}{y_{i,სგ}}, \quad (14)$$

რომლის ამოხსნას ექნება შემდეგი სახე (ნახ.7. პუნქტირი)

$$y_i(t) = \frac{y_{i\text{სტ}}}{1 - \left[\frac{1 - y_{i\text{სტ}}}{y_i(0)} \right] c^{-\Phi ot}} \quad (15)$$



ნახაზი 7 რეგულირებული ფუნქციის დინამიკა
 — ექსპონენციალური ზრდა
 ---- შინაგანი არაწრფივი პროცესით გამოწვეული ზრდა

როგორც (15) არაწრფივი ამოხსნიდან ჩანს, რეგულირებადი ფუნქციის $y_i(t)$ დროში სტაბილიზაცია შინაგანი არაწრფივი პროცესების ხარჯზე მიმდინარეობს და არ არის დამოკიდებული საწყის პირობებზე.

მართლაც, იმ დროის გასვლის შემდეგ, როდესაც შესრულდება პირობა $1 - C^{-\Phi ot} \gg \frac{C^{-\Phi ot} y_{i\text{სტ}}}{y_i(0)}$,

რეგულირებადი ფუნქცია $y_i(t)$ “დაივიწყებს” საწყისი პირობების $y_i(0)$ -ის მოქმედებას და სტაციონალურ მდგომარეობაზე გადასვლამდე მისი ცვლილება შინაგანი არაწრფივი პროცესის ხარჯზე მოხდება

$$y_i(t) \approx \left(\frac{y_{i\text{სტ}}}{1 - c^{-\Phi ot}} \right)$$

ამგვარად, ფორესტერის მოდელის გაუმჯობესება უნდა ვეძიოთ არა საწყისი მონაცემების სიზუსტეში, არამედ შინაგანი არაწრფივი პროცესების რეალური მექანიზმების დაზუსტებასა და დადგენაში, რომლებიც ზოგადი სახით ფრაგმენტულად ფორესტერის განტოლებათა სისტემით არის წარმოდგენილი.

ჩვენი ძირითადი ამოცანა, რომელიც მომავალში საქართველოს მდგრადი განვითარების ეკონომიკური მოდელის შექმნის ცდას მიეძღვნება, უნდა გადაწყდეს ზემოთ აღნიშნული მნიშვნელოვანი შენიშვნის გათვალისწინებით, თვითრეგულაციის მათემატიკური თეორიის (სინერგეტიკა) ფართო გამოყენებით და სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების (ეკონომისტები, ეკოლოგები, იურისტები, სოციოლოგები, ფიზიკოსები, მათემატიკოსები, სპეციალისტები მართვის თეორიაში და ა.შ.) ერთობლივი ძალისხმევით.

ლიტერატურა - Литература – References

1. Математические модели глобального развития. Л., Гидрометеиздат, 1980, 192 с.
2. D.H.Meadows, D.L.Meadows, J. Randers, W.W.Behrens. The limits to growth, N.Y: Universe Books, Potomac Associated Book, 1972.

3. T. gziriSvili, m.SvangiraZe. XXI saukune. investirebis axali politika da saqarTvelo. gaeros klimatis cvlilebis CarCo konvenciis erovnuli biuleteni, 1999. N8, gv.7.

უკ 62.501.72:551.58

დ.არველაძე, ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ბ.ბერიტაშვილი

მსოფლიოს გლობალური განვითარება – კლიმატის

ცვლილების წყარო

განხილულია მსოფლიო განვითარების გლობალური მოდელები. ნაჩვენებია, რომ კლიმატის ცვლილების კონკრეტული მოდელი მსოფლიო განვითარების მოდელის სტრუქტურაში თავსდება და ამიტომ, კლიმატის ცვლილების შეფასებისას უსათუოდ უნდა გამოვიდეთ კაცობრიობის გლობალური განვითარების მოდელიდან.

UDC 62.501.72:551.58

G.Arveladze, A.Khantadze, T.Gzirishvili, B.Beritashvili

World global development as a source of climate change

The paper considers world development global models. It is demonstrated that a specific climate change model enters into the structure of world development, and that is why, while estimating climate change, it is necessary to proceed from the model of global development of the humanity.

УДК 62.501.72:551.58

Г.А. Арвеладзе, А.Г. Хантадзе,

Т.Г.Гзиришвили, Б.Ш.Бериташвили

Глобальное развитие мира как источник изменения климата

Рассмотрены глобальные модели мирового развития. Показано, что конкретная модель изменения климата вписывается в структуру модели мирового развития и поэтому, при оценке изменения климата необходимо исходить из модели глобального развития человечества.

ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ღ.არველაძე

საქართველოს მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელის შესახებ

ნებისმიერი ქვეყნის მდგრადი განვითარების სოციალურ-ეკონომიკური პოლიტიკა უნდა ემყარებოდეს საზოგადოების განვითარების ობიექტურ კანონებს, ისევე, როგორც ზუსტი მეცნიერების დარგებში (ფიზიკა, მათემატიკა და ა.შ.), შეუძლებელია რაიმე მნიშვნელოვანი პრობლემის წარმატებით გადაწყვეტა ბუნების კანონების ღრმა ცოდნის გარეშე, ასევე საზოგადოების ობიექტური კანონების უგულველყოფა იწვევს ქვეყანაში კრიზისული სიტუაციის შექმნას, საიდანაც ხშირად ძალზე ძნელი ხდება თავის დაღწევა. ამჟამად, მსოფლიოში მრავალი ქვეყანა არსებობს, რომლებმაც ათეული წლებია მოიპოვეს დამოუკიდებლობა, მაგრამ თავიანთი სოციალურ-ეკონომიკური მდგომარეობით ჯერ კიდევ ვერ გასცდნენ სიღარიბისა და შიმშილის ზღვარს სწორედ იმის გამო, რომ თავის დროზე მათ არ შექმნეს (ან ვერ შექმნეს), საზოგადოების ობიექტური კანონებიდან გამომდინარე ქვეყნის განვითარების პერსპექტიული გეგმა და სამოქმედო პროგრამა.

როგორც განვითარებული ქვეყნების გამოცდილება გვიჩვენებს, მდგრადი განვითარების სამოქმედო პროგრამა უნდა ემყარებოდეს ქვეყანაში რეალურად მიმდინარე სოციალურ-ეკონომიკური და პოლიტიკური პირობების ამსახველ ურთულეს პროცესებს, რომლებიც ყოველივე ცხოვრებაში ხორციელდება მრავალი რეგულირებადი და მარეგულირებელი პარამეტრების პირდაპირი და უკუკავშირებით. ამიტომ, ბუნებრივია, რომ ასეთი რთული სამოქმედო პროგრამის შექმნა და მისი პრაქტიკაში დანერგვა შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მას შემდეგ, თუ ქვეყნის სხვადასხვა დარგის (ეკონომისტიკები, მათემატიკოსები, ფიზიკოსები, იურისტები, პოლიტოლოგები და ა.შ.) პროფესიონალების ერთ გუნდად შეკრული კოლექტივის ძალისხმევით შესაძლებელი იქნება პროგრამის ამსახველი მათემატიკური მოდელის შექმნა და მისი ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანაზე (EGM-ზე) რეალიზება, ვინაიდან მხოლოდ EGM იძლევა საშუალებას რეგულარებადი ფუნქციებისაგან (P-მოსახლეობის რაოდენობა, K-ძირითადი ფინანსური ფონდები, X-სოფლის მეურნეობა, როგორც ძირითადი ფონდების ნაწილი, R-რესურსები, Z-დაჭუჭყიანება და ა.შ.) შედგენილი ურთულესი არაწრფივი დიფერენციალური განტოლებათა სისტემა მარეგულირებელი, პრაქტიკული მონაცემებიდან აღებული, პარამეტრების შერჩევით ამოიხსნას საპროგნოზო დროითი ინტერვალისათვის და გათამაშდეს ქვეყნის განვითარების სხვადასხვა სცენარები ოპტიმიზაციის მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით. სცენარების შერჩევა გრძელდება მანამ, სანამ არ მოიძებნება ისეთი სცენარი, რომელსაც შეეძლება კონკრეტული ქვეყნის პოტენციალი, საპროგნოზო დროის გასვლის შემდეგ, აიყვანოს მდგრადი განვითარების დონემდე. როგორც წესი, ასეთი სცენარი ედება საფუძვლად ქვეყნის მდგრადი განვითარების პროგრამას, რომლითაც უნდა იხელმძღვანელონ სამთავრობო სტრუქტურებმა ქვეყნის მშენებლობის პროცესში.

სწორედ ინტელექტუალური კაპიტალის ძალისხმევით შექმნილი მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელების საფუძველზე მოახერხეს იაპონიამ და დასავლეთ გერმანიამ მოკლე დროში (4-5 წელიწადში) თავიანთი ეკონომიკის უმაღლეს დონემდე აყვანა მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ, როცა მათი ხილული კაპიტალი ერთიანად განადგურებული იყო.

რამდენედაც ჩვენთვის ცნობილია, საქართველოში მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელი ჯერ არ არის შემუშავებული და ამიტომ, ბუნებრივია, არც არსებობს ქვეყნის მდგრადი განვითარების სტრატეგიული პროგრამა. მიუხედავად იმისა, რომ რიგი წარმატებები ჩვენი ქვეყნის განვითარებისათვის საჭირო ცალკეულ სემინტებში სახეზეა და უდავოა (მაგალითად, მოხდა ხელისუფლების სამი დამოუკიდებელი შტოს გამიჯვნა, გადაიღვა დემოკრატიული განვითარების პირველი ნაბიჯები-პარლამენტარიზმის დამკვიდრება და სასამართლო რეფორმის დაწყება, თანამედროვე რეალობის გათვალისწინებით შეირჩა ზოგიერთი ფუნდამენტური ორიენტირი, რომლის ერთ-ერთი უშუალო შედეგიცაა კავკასიის ქვეყნებს შორის, პირველ რიგში, საქართველოს გაწევრიანება ევროსაბჭოში, პრაქტიკულად რეალიზებულია “აბრეშუმის გზის” – ევრაზიის დერეფნის პროექტის საწყისი ეტაპი და ა.შ.) სამწუხაროდ, ამ ტიპის წარმატებები არ განეკუთვნებიან იმ ძირითად მარეგულირებელ სტრატეგიულ ფაქტორებს, რომელთა მეშვეობითაც შეიძლება ქვეყნის გამოყვანა კრიზისიდან, რომელიც აგერ უკვე 9 წელიწადია გრძელდება.

უმოკლეს დროში და მინიმალური ფინანსური დანახარჯებით ადამიანური კაპიტალის ფართო გაგებით მდგრადი განვითარების დონემდე მისაყვანად საჭირო ინტელექტუალური პოტენციალი საქართველოს ჯერ კიდევ იმდენი გააჩნია, რომ ბარე მისი მასშტაბის ორ განვითარებულ ქვეყანას ეყოფა და თუ ამას დაემატებთ ჯერ კიდევ გაჩანაგებისაგან გადარჩენილ ხილულ კაპიტალსაც, ცხადი გახდება, რომ იგი სიმდიდრით მსოფლიოში ბევრ ქვეყანას არ ჩამოუვარდება. აქედან აშკარაა ისიც, რომ იგი სიმდიდრით მსოფლიოში ბევრ ქვეყანას არ ჩამოუვარდება. აქედან აშკარაა ისიც, რომ უმოკლეს დროში მისი მიყვანა განვითარებული ქვეყნის დონემდე სავსებით რეალური და შესაძლებელია. ეს ამოცანა მკვლევარების, პროფესიონალების გადასაჭრელი და შემუშავებულია. მას სხვა ვერ გაართმევს თავს. ასეა ყველა განვითარებულ ქვეყანაში და ასე უნდა იყოს ჩვენშიც. თუ ქვეყანაში რადიკალურად არ შეიცვლება სიტყვით გათავისებულები და საქმით უარყოფილი მაღალ პროფესიული კადრების მოზიდვის მნიშვნელობის

აუცილებლობა სახელმწიფო მართვის სტრუქტურებში, რეკორდულ დროში საქართველო გადაიქცევა კლასიკურ განვითარებად ქვეყანად, სატდანაც, როგორც ჩიხიდან, გამოსავალი აღარ იარსებებს. აღნიშნულ სფეროში მოწვეული უცხოელი სპეციალისტების რეკომენდაციები, რასაკვირველია, გათვალისწინებული უნდა იქნეს, მაგრამ ყოველთვის უნდა გახსოვდეს, რომ მათთვის პოსტ-საბჭოთა ქვეყნებში წარმოქმნილი რადიკალურად განსხვავებული პოლიტიკური, ეკონომიური და სოციალური პრობლემები სრულიად უცნობია და პრობლემის ამოხსნის თეორიული და პრაქტიკულად რეალიზებადი მეთოდოლოგია და მეთოდები მათ არ გააჩნიათ და არ შეიძლება „ქონდეთ მათი დახმარებითა და, ძირითადად, ჩვენი პროფესიონალების ძალისხმევით უნდა მოხდეს ქვეყნის განვითარებისათვის საჭირო ლოგიკურად გამართული და პრაქტიკულად რეალიზებადი მდგრადი განვითარების მოდელის შემუშავება, რომლის მიზანი იქნება ძლიერი და კონკურენტუნარიანი ფირმების შექმნა-აღორძინება, ფაქტიურად მკვდარი მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის გამოცოცხლება, მდიდარი და ფართო საშუალო ფენის შექმნა, რომლის გარეშეც ნამდვილი (და არა მოჩვენებითი) დემოკრატიული სახელმწიფოს მშენებლობა, მსოფლიოში ცივილური იმიჯის შექმნა და იქ ღირსეული ადგილის დამკვიდრება პრაქტიკულად შეუძლებელი იქნება.

მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელები, რომლებიც ნავითარებულ ქვეყნებს გააჩნიათ (იაპონია, გერმანია, სამხრეთ კორეა, „ონ-კონგი და ა.შ.) სტრუქტურულად არ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. განსხვავება არსებობს მხოლოდ ძირითადად მარეგულირებელ პარამეტრებს შორის, რომლებიც სხვადასხვა ქვეყნისათვის, ბუნებრივია სხვადასხვა იქნება.

სტრუქტურულად ყველა მოდელი შეიძლება განვიხილოთ როგორც რეზერვუარების სისტემა, სადაც ყოველ i -რეზერვუარში გადის სითხის y_i რაოდენობა. დროის ნებისმიერი მომენტისათვის სითხის რაოდენობა i რეზერვუარში განისაზღვრება შემოსული და გასული სითხის ნაკადების სხვაობით

$$U_i^+ - U_i^- \text{ ე.ი. } \frac{dy}{dt} = U_i^+ - U_i^-, i = 1, 2, 3 \dots \text{ და } \text{შ.}$$

იგულისხმება, რომ თუ სისტემა ჩაკეტილია ნაკადების სიდიდე და მიმართულება დამოკიდებული იქნება სისტემის ყველა რეზერვუარებში დონეთა სხვაობებზე, ხოლო თუ სისტემა ღია იქნება, მაშინ მათი სიდიდე დამოკიდებული იქნება აგრეთვე გარეშე ცვლად ფაქტორებზე. გარდა ამისა, სისტემის რეგულირებადი პარამეტრები y_i შეიძლება დამოკიდებული იყოს ერთმანეთზე, წინასწარ ცნობილი ანალიტიკური თუ ექსპერიმენტალური კანონზომიერებით, რომლებსაც შეიძლება „ქონდეთ როგორც წრფივი, ასევე არაწრფივი ხასიათი. ბუნებრივია, რომ ზემოთ მოყვანილი არაწრფივი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა შეიძლება ამოიხსნას მხოლოდ EGM-ზე, წინასწარ შერჩეული საპროგნოზო დროის ინტერვალისათვის, მოცემული მარეგულირებელი პარამეტრების და სხვა ცნობილი ფაქტორების გათვალისწინებით.

მოდელების რეალიზება ფაქტიურად სამი ეტაპისაგან შედგება:

პირველი ეტაპი ყოველთვის იწყება სამოქმედო პროგრამის კონცეპტუალური (სიტყვიერი) აღწერით, რომელიც უნდა შეიცავდეს დასახული ამოცანის ზუსტ ფორმულირებას. ამავე ეტაპზე ხდება შერჩევა იმ ძირითადი ცვლადი სიდიდეებისა (მდგრადი განვითარების რეგულირებადი პარამეტრები y_i), რომლებიც განსაზღვრავენ კონკრეტული ქვეყნის სამოქმედო პროგრამის (სისტემის) ყოფაქცევას მარეგულირებელი ფაქტორების გავლენით. (მაგალითად, რეგულირებადი პარამეტრის $y_i = P$ - მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილება დროში დამოკიდებულია ისეთ მარეგულირებელ ფაქტორებზე როგორცაა შობადობა, სიკვდილიანობა, დასაქმება, უმუშევრობა, ემიგრაცია, ურბანიზაცია და ა.შ.) აქვე ცდება ამორჩევა საპროგნოზო დროის ინტერვალისა, რომლის შემდეგ სისტემა უნდა გადავიდეს მდგრადი განვითარების დონეზე (მათემატიკურად ეს ხდება მაშინ, როდესაც არასტაციონალური ამოხსნები გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ გადადის სტაციონალურში).

პირველი ეტაპი მთავრდება მიზეზობრივი დიაგრამის შედგენით, რომელიც გვიჩვენებს: რომელი მარეგულირებელი პარამეტრები და მათი კომბინაცია (ფაქტორები) მოქმედებენ თითოეულ რეგულირებად y_i ცვლადზე და რომელი მიმართულებით (ზრდის თუ ამცირებს ცვლადის სიდიდეს). მიზეზობრივი დიაგრამა იძლევა საშუალებას ცხადად წარმოვიდგინოთ რეგულირებადი და მარეგულირებელი პარამეტრების პირდაპირი და უკუკავშირები.

მიზეზობრივი დიაგრამის შედგენის დროს უნდა გამოვიდეთ იმ ფაქტორიდან, რომ ქვეყანა იმყოფება ღრმა კრიზისში და რომ ქვეყანაში უკვე არსებობს უაღრესად იცირე პროცენტი “მდიდრებისა” და კატასტროფულად დიდი პროცენტი “ღარიბებისა”, რომ ქვეყანაში ფაქტიურად არ არსებობს “საშუალო ფენა”, რომლის ძალისხმევაზე არის, ძირითადად, დამოკიდებული ქვეყნის გადაქცევა განვითარებად ან განვითარებულ ქვეყნად.

პირველი ეტაპი, რომელიც კონცეპტუალურ ხასიათს ატარებს, ბუნებრივია, შეიცავს სუბიექტურ ფაქტორებს. მათი მოხსნა შესაძლებელია მხოლოდ მეორე და მესამე ეტაპების ამოქმედებით ამიტომ ქვეყნის გადარჩენის ყველა პროგრამა, რომელიც მხოლოდ კონცეპტუალურ ხასიათს ატარებს, ყოველთვის არა კორექტული და პოპულისტური იქნება. ამგვარი პროგრამების ნაკლებობა დღეს, სამწუხაროდ, არ იგრძნობა იმ მრავალპატიულობის ფონზე, რომელიც დღევანდელ საქართველოშია.

მეორე ეტაპი იწყება მდგრადი განვითარების მოდელის მათემატიკური აღწერით. ამისათვის პირველ ეტაპზე მიღებული მიზეზობრივი დიაგრამის გათვალისწინებით იგება ე.წ. ნაკადური დიაგრამა. ნაკადური დიაგრამა წარმოადგენს ერთმანეთისაგან ისრებით დაკავშირებულ რეზერვუარები ერთობლიობას და მათში გამავალ, ანალიტიკური ან ცხრილის სახით მოცემულ, ნაკადებს. ამგვარად, ყოველი რეგულირებადი ცვლადისათვის ცხადი სახით იწერება დროზე დამოკიდებული დიფერენციალური განტოლება. რეგულირებადი ცვლადებისაგან შედგენილი დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემა, რომელიც ნაკადური დიაგრამის პირდაპირ და უკუკავშირებს ითვალისწინებს, მოცემული საწყისი პირობებით და საპროგნოზო დროითი ინტერვალით, წარმოადგენს მდგრადი განვითარების მათემატიკურ მოდელს. ძირითადი ცვლადების რაოდენობა (რეგულირებადი პარამეტრები), რომელთა ყოფაქცევაზეც დამოკიდებულია კონკრეტული ქვეყნის მდგრადი განვითარების პოლიტიკა, წინასწარ ირჩევა პირველ ეტაპზე მიზეზობრივი დიაგრამის შედგენის დროს. ამგვარად, მეორე ეტაპი მთავრდება ქვეყნის განვითარების მათემატიკური მოდელის შექმნით.

მესამე ეტაპი ეძღვნება მათემატიკური მოდელის ანალიზს. ამისათვის ხდება ნაკადური დიაგრამის საშუალებით მიღებული დიფერენციალურ განტოლებათა სისტემის რიცხვითი ინტეგრირება EGM-ზე და მიღებული შედეგების შედარება წინასწარ ცნობილ მონაცემებთან, რომლებიც, ძირითადად, განსაზღვრავენ მოდელირებული სისტემის (ქვეყნის სოციალურ-ეკონომიური მდგომარეობის) ყოფაქცევას დროის მოცემული მომენტისათვის. ამავე ეტაპზე ხდება ისეთი მარეგულირებელი ფაქტორების გამოვლენა, რომლის მიმართაც განსაკუთრებით მგრძობიარეა მოდელი. პარამეტრების ვარირებით უნდა შევეცადოთ მივიღოთ დამაკმაყოფილებელი პასუხი იმ კითხვაზე, რისთვისაც შედგენილი იქნა მოდელი.

თუ მოდელი არ გავიდა ჩვენთვის საჭირო საპროგნოზო სტაციონალურ დონეზე, EGM-ზე ხდება სამივე ტიპის გამეორება, რეგულირებადი და მარეგულირებელი პარამეტრების დაზუსტება, ანუ პირველ ეტაპზე მიღებული სუბიექტური ფაქტორების თანდათანობით მოხსნა. ასე გრძელდება მანამ, სანამ მოდელი არ ჩაითვლება საკმარისად კარგ მიახლოებად იმ პასუხისა, რისთვისაც დაისვა მოცემული ამოცანა. მიგვაჩნია, რომ ასეთი ტიპის სამუშაოს ჩატარება და საქართველოს მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელის შექმნა არის უპირველესი უპირობო და გადაუდებელი ამოცანა ჩვენი ქვეყნისათვის.

იმისათვის, რომ ვაჩვენოთ თუ როგორ ხორციელდება კონკრეტულად ქვეყნის განვითარების პროგრამის შედგენა და მისი მოდელირება, განვიხილოთ მარტივი შემთხვევა და დავადგინოთ რომელიმე ერთი რეგულირებადი ფუნქციის, მაგალითად, P მოსახლეობის რაოდენობის ხასიათი თ საპროგნოზო დროის ინტერვალში.

მოსახლეობის P რაოდენობის ზრდის ტემპი, ბუნებრივია, დამოკიდებული უნდა იყოს როგორც შობადობის A, ასევე სიკვდილიანობის B რაოდენობათა ინტენსივობების სხვაობაზე ე.ი. შეიძლება დავწეროთ შემდეგი დიფერენციალური განტოლება

$$\frac{dP}{dt} = A - B. \quad (1)$$

გამოვიკვლიოთ ეს განტოლება როგორც ანალიზურად, ასევე მოდელირების საშუალებით.

ანალიზური განხილვა

ანალიზური განხილვის დროს უნდა გავითვალისწინოთ, რომ შობადობა და სიკვდილიანობა, პირველ რიგში უნდა იცვლებოდეს ქვეყანაში მდებარეობითი P₁ და მამრობითი P₂ სქესის ადამიანების პროპორციულად, ე.ი. ზოგადად შეიძლება დავწეროთ

$$A = \alpha' P_1 P_2; \quad B = \beta' P_1 P_2, \quad (2)$$

სადაც 0 < α' < 1; 0 < β' < 1 პროპორციულობის კოეფიციენტებია. გარკვეული სიზუსტით ყოველთვის შეიძლება ავიღოთ P₁ ≈ P₂ ≈ P.

ამ შემთხვევაში განტოლება (1) მიიღებს არაწრფივ ხასიათს.

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\alpha' - \beta'}{4} P^2. \quad (3)$$

განზომილებათა დაცვის გათვალისწინებით α' და β' კოეფიციენტები, ზოგადად, შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგნაირად:

$$\alpha' = \frac{\alpha}{P_0}; \beta' = \frac{\beta}{P_0}, \quad (4)$$

სადაც P_0 მოსახლეობის რაოდენობის გარკვეული მუდმივი რიცხვია, ხოლო α და β კოეფიციენტები რეგულირებადი ცვლადების (P, k, x, R, Z და ა.შ.) და მარეგულირებელი ფაქტორების (მოსახლეობის გრადაცია წლოვანების მიხედვით, ქვეყნის სასიცოცხლო ტერიტორიის შემოსაზღვრულობა, საკვები პროდუქტების საკმარისობა ერთ სულ მოსახლეზე, უმუშევრობა, დასაქმება, ურბანიზაცია და ა.შ.) ფუნქციებს წარმოადგენენ [1].

ვიპოვოთ მე-(3) განტოლების ანალიზური ამოხსნები და შევავსოთ ისინი α და β კოეფიციენტების სხვადასხვა მნიშვნელობების დროს:

ა) განვიხილოთ უმარტივესი შემთხვევა, როცა კოეფიციენტები α და β მუდმივი სიდიდეებია და დავუშვათ, რომ შობადობა აჭარბებს სიკვდილიანობა ე.ი. $\alpha > \beta$. ამ შემთხვევაში თუ მოვახდენთ (3) განტოლების ინტეგრირებას, რომელიც ტიპიურიდან ტიპიურამდე, მივიღებთ

$$P(t) = \frac{4}{(\alpha - \beta)} \cdot \frac{P_0}{(t_j - t)}, \quad (5)$$

სადაც $t_j = t_0 + \frac{4P_0}{(\alpha - \beta)P(t_0)} \phi t_0$.

მე-(5) ფორმულიდან გამომდინარეობს, რომ როდესაც ტიპიური გახდება ტიპიური, ქვეყნის მოსახლეობის რაოდენობა უნდა გახდეს უსასრულოდ დიდი. შრომაში [2] მე-(5) ფორმულის საშუალებით და მოსახლეობის მსოფლიო მასშტაბით ზრდის ტემპის ექსპერიმენტული მონაცემების საფუძველზე მიღებული იქნა კურიოზული დასკვნა, რომ მსოფლიოს მოსახლეობის რაოდენობა უსასრულობას მიაღწევს 2023 წლის 13 ნოემბერს, რაც რასაკვირველია, აბსურდია.

ასევე აბსურდულ შედეგამდე მივალთ, თუ დავუშვებთ პირიქით, რომ $\beta > \alpha$ ე.ი. როცა სიკვდილიანობა აჭარბებს შობადობას. მე-(3) განტოლების ინტეგრირებით გვექნება

$$P(t) = \frac{4}{(\beta - \alpha)} \cdot \frac{P_0}{(t_j + t)}, \quad (6)$$

სადაც $t_j = \frac{4P_0}{(\beta - \alpha)P(t)} - t_0$.

თუ აღნიშნული ფორმულით ვიანგარიშებთ მოსახლეობის რაოდენობის შემცირებას მეთექვსმეტე საუკუნიდან დღემდე, მივიღებთ, რომ მეოცე საუკუნეში კაცობრიობა აღარ უნდა არსებულებო.

ამგვარად, α და β კოეფიციენტების მუდმივობას მივყავართ აბსურდულ შედეგებამდე.

ბ). დავუშვათ α კოეფიციენტი როგორც ცვლადი სიდიდე, მაგალითად

$$\alpha(P) = \frac{\alpha_0 P_0}{P}, \text{ ხოლო } \beta \text{ კოეფიციენტი მუდმივად } \beta_0 \text{-ის ტოლი.}$$

ამ შემთხვევაში, მე-(3) განტოლების ამოხსნა რადიკალურად შეიცვლება და იგი დაზღვეული იქნება ზემოთ განხილული აბსურდული შედეგებისაგან. მართლაც, ადვილია ჩვენება, რომ მე-(3) განტოლების ამოხსნას, როდესაც $\alpha = \frac{\alpha_0 P_0}{P}$ და $\beta = \beta_0$ ექნება სახე:

$$P(t) = \frac{P_{CT}}{1 - \left[1 - \frac{P_{CT}}{P(0)}\right] l^{-\frac{\alpha_0}{4}}}, \quad (7)$$

სადაც $P_{CT} = \frac{\alpha_0}{\beta_0} P_0$.

როგორც ამოხსნიდან ჩანს, როცა $t=0$ $P(t) \rightarrow P(0)$, ხოლო როცა $t \rightarrow \infty$ $P(t) \rightarrow P_{CT}$.

ამგვარად, შობადობის ფაქტორის რეგულირებით ($\alpha(P) = \frac{\alpha_0 P_0}{P}$ - შერჩევით), მოსახლეობის P რაოდენობის ცვლილება დროში ყლველთვის შეიძლება მივიყვანოთ მდგრადი განვითარების დონემდე (გარკვეულ სტაციონარულ მნიშვნელობამდე).

ამავე მდგრადი განვითარების დონემდე მივალთ, თუ შობადობისა და სიკვდილიანობის ფაქტორებს შევარჩევთ შემდეგნაირად:

$$\alpha(P) = \frac{\alpha_0 P_0^2}{P}; \beta(P) = \frac{\beta_0 P_0}{P} \quad (8)$$

ამ შემთხვევაში მოსახლეობის რაოდენობის ზრდის ტემპის (3)-ე განტოლება გახდება წრფივი

$$\frac{dP}{dt} = P_{CT} - P, \quad (9)$$

რომლის ზოგად ამოხსნას ექნება სახე:

$$P(t) = P(0)l^{-\tau} + P_{CT}(1 - l^{-\tau}) \quad (10)$$

აქ $P_{CT} =$, ხოლო როცა $\tau \rightarrow 0$ $P(\tau) \rightarrow P(0)$, $\tau \rightarrow \infty$ $P(\tau) \rightarrow P_{CT}$. როგორც არაწრფივი (7), ასევე წრფივი (10) ამოხსნები გვიჩვენებენ, რომ ფაქტიურად და დროის გასვლის შემდეგ ამოხსნები "ივიწყებენ" საწყის პირობებს და სტაციონალურ მდგომარეობამდე გასვლამდე, მოსახლეობის ზრდის ტემპის ცვლილება მთლიანად მარეგულირებელი ფაქტორების სწორად შერჩევის ხასიათზე იქნება დამოკიდებული. მართლაც, როცა $t \approx \frac{4}{\alpha}$

და $t \approx \frac{4}{\beta_0}$ (7)-ე და მე-(10) ამოხსნებიდან, სათანადოდ, მივიღებთ საპროგნოზო ფორმულებს:

$$P(t) \approx \frac{P_{CT}}{1 - l^{-\frac{\alpha_0 t}{4}}}; \quad P(t) \approx P_{CT} \left(1 - l^{-\frac{\alpha_0 t}{4}}\right), \quad (11)$$

სადაც აღარ ფიგურირებს საწყისი პირობები და მათი ცვლილება ცალსახადაა დამოკიდებული მარეგულირებელ პარამეტრებზე.

ანალიზური განხილვიდან გამომდინარეობს მნიშვნელოვანი დასკვნა: რეალურად არსებული მარეგულირებელი პარამეტრების რაციონალური შერჩევით და მათი მართვით ყოველთვის შეიძლება რეგულირებადი ფუნქცია, გარკვეული საპროგნოზო დროის გასვლის შემდეგ, გავიყვანოთ მდგრადი განვითარების იმ დონემდე, რომელსაც ითვალისწინებს კონკრეტული სამოქმედო პროგრამა.

**მოსახლეობის რაოდენობის ზრდის ტემპის
 მოდელირება**

განვიხილოთ რეგულირებადი ფუნქციის-მოსახლეობის $P(t)$ რაოდენობის ცვლილება დროში უმარტივესი მოდელის სახით.

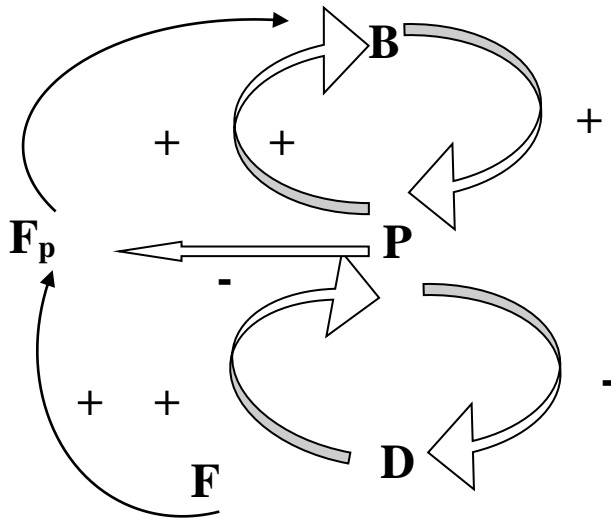
აღნიშნოთ ქვეყნის მოსახლეობის საწყისი რაოდენობა P_0 და ჩავთვალოთ, რომ ყოველდღიურად მათ მიეწოდება F საკვები პროდუქტების რაოდენობა ($F =$ ცონსტ). მოსახლეობის P რაოდენობა დროში გაიზრდება B შობადობის გაზრდით და შემცირდება D სიკვდილიანობის გაზრდით. თავის მხრივ, შობადობა B დამოკიდებული იქნება P -ზე და აგრეთვე $F_p = \frac{F}{P}$ ფაქტორზე (საკვების რაოდენობა, რომელიც ჭირდება ერთ ადამიანს). სიკვდილიანობა D ასევე დამოკიდებული იქნება P -ზე და ადამიანის სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობაზე τ , რომელიც სიმარტივისათვის მუდმივად ჩავთვალოთ.

მიზეზობრივ დიაგრამას, რომელიც მოდელირების პირველ ეტაპს დაასრულებს, ექნება სახე (სურ.1):

სურ. 1-ზე ისრები გვიჩვენებენ, თუ რა რაზე მოქმედებს და რომელი მიმართულებით. სურათიდან ჩანს, რომ გვაქვს სამი უკუკავშირის მარყუჟი (B დან D -მდე, D -დან P -მდე და P -დან F_p და B -და).

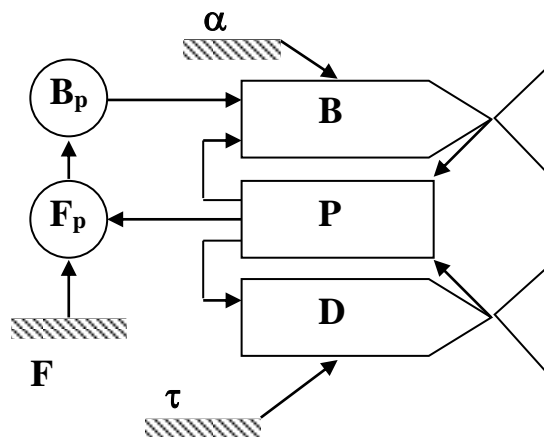
მეორე ეტაპზე გადასასვლელად საჭიროა განისაზღვროს $B(F_p)$ და $D(\tau)$ ფაქტორები ანალიზურად ან ცხრილის სახით. შემოვიფარგლოთ შემთხვევით, როცა ისინი განისაზღვრებიან ანალიზურად მარტივი ფორმულებით [1,3]:

$$B = \alpha B_F \cdot P; \quad B_F = \frac{F}{P}; \quad D = \frac{P}{\tau} \quad (12)$$



სურ. 1. მიზეზობრივი დიაგრამა მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილების უმარტივესი მოდელისათვისა ქ მუდმივი კოეფიციენტი α წარმოადგენს კუთრ შობადობას ნორმალურ პირობებში, როდესაც იდივიდუმი არ განიცდის საკვების უკმარისობას.

ამგვარად, მეორე ეტაპისათვის შეიძლება შევადგინოთ ნაკადური დიაგრამა (სურ. 2):



სურ. 2. ნაკადური დიაგრამა მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილების უმარტივესი მოდელში

ნაკადურ დიაგრამაში აღნიშნები აღებულია სისტემურ დინამიკაში მიღებული ცნობილი სიმბოლოების სახით [3]: მართკუთხედი გვიჩვენებს ფაზურ ცვლად სიდიდეს (P), მართკუთხედი სამკუთხედებით – ნაკადებს (B და D), წრე-ფაქტორებს (F_p), წრე ორი პარალელური ქორდით – მარეგულირებელი ფუნქციის ანალიზურ ან ცხრილურ ჟამოკიდებულებას (B_F), თაროს აღმნიშვნელი სიმბოლო-მუდმივებს (α, F, τ).

მიზეზობრივი და ნაკადური დიაგრამების აგების აუცილებლობა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ხდება, როდესაც რეგულირებადი ცვლადების რიცხვი ქვეყნის მდგრადი განვითარების პროგრამაში ერთზე მეტი ხდება და ეს დიფერენციალური განტოლების ნაცვლად, სათანადოდ უნდა ამოიხსნას არაწრფივი განტოლებათა სისტემა.

ნაკადური დიაგრამიდან ლოგიკურად გამომდინარეობს მეორე ეტაპის შედეგი – დიფერენციალური განტოლება გამოსახულების რაოდენობის დროში ცვლილებისათვის

$$\frac{dP}{dt} B - D = \alpha F - \frac{P}{\tau} \quad (13)$$

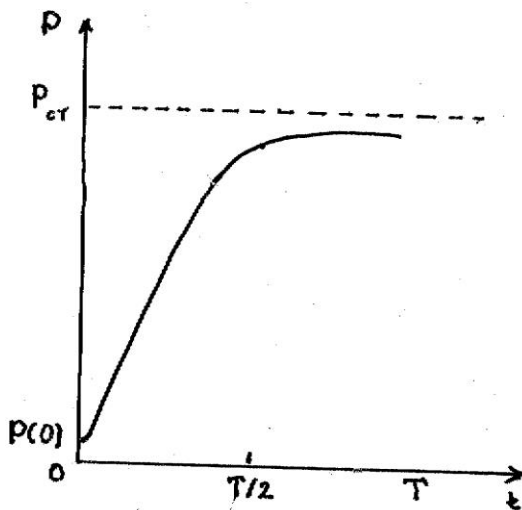
მოდელირების მესამე ეტაპისათვის საჭიროა ვიცოდეთ საწყისი მონაცემები: P₀, α, F, τ და საპროგნოზო დროის ინტერვალი t.

ვინაიდან ყველა მარეგულირებელი ფაქტორები და მუდმივები მოცემულია ანალიზური სახით, მე- (13) განტოლება შეიძლება ამოიხსნა ზუსტად (EGM)-ის გარეშე

მე-(13) განტოლების ამოხსნას ექნება მე-(10) ფორმულის ანალოგიური სახე:

$$P(t) = P_0 l^{-\frac{t}{\tau}} + \alpha F \tau \left(1 - l^{-\frac{t}{\tau}} \right) \quad (14)$$

სურ.3.-ზე გამოსახულია მე-(14) ფორმულით მიღებული მოსახლეობის P(t) რაოდენობის დროში ცვლადობა, როდესაც შობადობა B მუდმივია, ხოლო სიკვდილიანობა D P-ს სწრაფი ფუნქციაა. სურათიდან ჩანს, რომ მოსახლეობის რაოდენობა გადის მდგრადი განვითარების დონემდე და აღწევს პროგრამით გათვალისწინებულ სტაციონალურ მნიშვნელობას საპროგნოზო t დროის ინტერვალში.



სურ. 3. ნაკადური დიაგრამა მოსახლეობის რაოდენობის ცვლილების უმარტივეს მოდელში

ვინაიდან რეალური ეკონომიკური ამოცანის დასმის დროს მარეგულირებელი ფაქტორები, ძირითადად, ცხრილების სახით არის მოცემული ხოლო რეგულირებადი ფუნქციები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან ზოგადად არაწრფივი კანონზომიერებებით, EGM-ის გამოყენების გარეშე, საქართველოს მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელის შექმნა პრაქტიკულად შეუძლებელია და, როგორც ზემოთ აღინიშნა ქვეყნისათვის ამ სასიცოცხლო პრობლემის გადაწყვეტა შესაძლებელია, მხოლოდ სხვადასხვა დარგის პროფესიონალი სპეციალისტების ერთობლივი ძალისხმევით.

ლიტერატურა – References- Литература

1. В.А.Егоров, Ю.Н.Каллистов, В.Б.Митрофанов, А.А. Пионтковский и «Математические модели глобального развития». Л. Гидрометиздат, 1980.
2. Н.В.Змитренко, А.Р.Михайлов- «Явление инерции тепла» , Компьютеры, модели Вычислительный эксперимент, Москва «Наука» 1988 г. стр.137.
3. J.W. Forrester, Principles of systems – Cambridge, mass; Wright Allen Press, Inc., 1968.

უკ 62.501.72

ა.ხანთაძე, თ.გზირიშვილი, ღ.არველაძე

საქართველოს მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელის შესახებ

სტატიაში წარმოდგენილია საქართველოს მდგრადი განვითარების მათემატიკური მოდელის წინამძღვრები.

ნაშრომში, იმის საჩვენებლად თუ როგორ ხორციელდება კონკრეტულად ქვეყნის მდგრადი განვითარების პროგრამის შედგენა და მისი მოდელირება, განხილულია მარტივი შემთხვევა: გამოკვლეულია P (მოსახლეობის რაოდენობა) რეგულირებადი ფუნქციის ცვლილების ხასიათი თ საპროგნოზო დროის ინტერვალში.

UDC 62.501.72

A.Khantadze, T.Gzirishvili, G.Arveladze

On the mathematical model of sustainable development of Georgia

Prerequisites for creating a mathematical model of sustainable development of Georgia are discussed in the paper.

To demonstrate the way, how the elaboration of the program of country's sustainable development and its modeling is implemented, the character of variation of a regulated function P (number of population) in a prognostic time interval T is considered.

УДК 62.501.72

А.Г.Хантадзе, Т.Г.Гзиршвили, Г.А.Арвеладзе

О математической модели устойчивого развития Грузии

Изложены предпосылки создания модели устойчивого развития Грузии.

Для демонстрации того, как конкретно осуществляется составление программы устойчивого развития страны и его моделирование, рассмотрен характер изменения регулируемой функции P (количество населения) в прогностическом интервале времени T.