

ელიზბარ ელიზბარაშვილი

ნანა ბერძენიშვილი

ეკოლოგიური პროგნოზირება

თბილისი 2019

დამხმარე სახელმძღვანელო განკუთვნილია უნივერსიტეტების ეკოლოგიის და გეოგრაფიის სპეციალობის სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი: იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტის დეკანი, ბიოლოგიის დოქტორი, პროფესორი მაგდა დავითაშვილი

რეცენზენტები: საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტი, ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი მარატ ციციშვილი

გარემოს ეროვნული სააგენტოს განყოფილების გამგე, გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი ლიანა ქართველიშვილი

შესავალი

საგანი “ეკოლოგიური პროგნოზირება” ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასასრულს შემოტანილი იყო იაკობ გოგებაშვილის სახელობის თელავის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის და ეკოლოგიის სასწავლო პროგრამებში პროფესორ ე.ელიზბარაშვილის მიერ.

კურსის მიზანია მომავალი ბუნების მკვლევარნი გაერკვნენ თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანეს ეკოლოგიურ პრობლემებში, გაეცნონ განვითარების გლობალურ მოდელებს და არსებულ პროგნოზებს თუ სცენარებს.

სამწუხაროდ, სახელმძღვანელო ამ საგანში არ არსებობს არც ქართულ, და რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, არც უცხოურ ენაზე. ამიტომ საჭირო გახდა მისი სტრუქტურის განსაზღვრა, რასაც საფუძვლად დაედო შემდეგი თემები: თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანესი გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები-გარემოს დაბინძურება, გლობალური დათბობა და გაუდაბნობა, ბიომრავალფეროვნების შემცირება და მსოფლიოს განვითარების გლობალური დინამიკური მოდელები, გლობალური მოდელებით მართვა, გლობალური წონასწორობა და მოდელების სტაციონარული რეჟიმები, გლობალური განვითარების პროგნოზები.

კურსი 5 კრედიტიანია (30 საათი), სწავლება გულისხმობს, როგორც ლექციების, ისე სემინარების და პრაქტიკული მეცადინეობის ჩატარებას კვლევითი კომპონენტის გათვალისწინებით - გლობალური განვითარების მოდელების გამოყენებით და საწყისი პირობების ვარიაციით სხვადასხვა სცენარების მიღებას.

თავი 1

თანამედროვეობის გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები

1.1. გეოეკოლოგიის პრობლემები

ეკოლოგია ბერძნული სიტყვაა, ოიკოს ნიშნავს საცხოვრისს, სახლს, გარემოს, ხოლო ლოგოს — შეცნობას, სწავლას, მეცნიერებას. ამრიგად სიტყვა-სიტყვით ეკოლოგია ნიშნავს მეცნიერებას საცხოვრისის, გარემოს შესახებ.

ტერმინი „ეკოლოგია“ შემოიტანა გამოჩენილმა ბიოლოგმა ე.ჰეკელმა 1869 წელს და თავდაპირველად ის განიხილებოდა, როგორც ბიოლოგიის ნაწილი, რომელიც შეისწავლის ურთიერთკავშირებს ცოცხალ ორგანიზმებს შორის და ურთიერთდამოკიდებულებას ცოცხალ ორგანიზმებსა და მათ საცხოვრისს ანუ გარემოს შორის.

დღეს ეკოლოგია არ წარმოადგენს ბიოლოგიური მეცნიერების ნაწილს, ის მულტიდისციპლინარული, დარგთაშორისი მეცნიერებაა. ეკოლოგია არის მეცნიერება ორგანიზმების და გარემოს ურთიერთმიმართებათა შესახებ. თუ აღნიშნულ ურთიერთმიმართებას განვიხილავთ გლობალურ მასშტაბში, ანუ განვიხილავთ ურთიერთმიმართებას საზოგადოებასა და გეოგრაფიულ გარემოს შორის, მაშინ საქმე გვექნება გლობალურ ეკოლოგიურ პრობლემებთან, რომლებიც უშუალოდ ეხება გეოგრაფიულ სივრცეს, გეოგრაფიულ გარსს, მთლიანად დედამიწას, მის ბიოსფეროს, მოსახლეობას, ყველა თანამედროვე სახელმწიფოს და ბოლოს დედამიწაზე მცხოვრები ყველა ადამიანის ინტერესებს. ეს პრობლემები დედამიწის ეკოლოგიის ანუ გეოეკოლოგიის პრობლემებს წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, ეკოლოგიური პრობლემებით დაინტერესებულნი არიან სხვადასხვა დარგის სპეციალისტები - ბოტანიკოსები, ზოოლოგები, ნიადაგმცოდნეები, გეოგრაფები, პალეონტოლოგები, გეოფიზიკოსები, გეოქიმიკოსები და სხვა.

სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის პირობებში გაუთვალისწინებელი მასშტაბები მიიღო ბიოსფეროს გაჭუჭყიანებამ. გამაჭუ-

ჭყიანებელ ნივთიერებათა მრავალი სახეობა, მათ შორის მეტალები, მტვერი, პესტიციდები, რადიაქტიური ნივთიერებანი, ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს ცირკულაციური პროცესების შედეგად სცილდება რეგიონალურ დონეს და ვრცელდება გლობალური მასშტაბებით. ამით ჩვენი პლანეტა გარდაიქმნება ერთიან ტექნობიოლოგიურ სისტემად. ასეთი გარდაქმნები ბიოლოგიურ გარემოში უკვალოდ არ ჩაივლის ადამიანებისათვის. მედიკოსების გამოკვლევების თანახმად, სამრეწველო საწარმოთა გამონაბოლქვები შეიცავენ 150-მდე ნივთიერებას, რომლებიც სერიოზულ ზიანს აყენებენ ადამიანის ჯანმთელობას. ადამიანის მრავალი დღევანდელი დაავადება უკავშირდება ბუნებრივ გარემოში ქიმიური წარმოების პროდუქტების და სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვების არსებობას. ამასთანავე, გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა დიდ ნაწილს ახასიათებს მუტაგენური თვისებები, რომელთაც უნარი აქვთ გავლენა მოახდინონ ადამიანის შთამომავლობაზე.

გლობალური მასშტაბით გარემოს გაუარესების მიზეზები ამით არ ამოიწურება. შეიძლება ჩამოითვალოს უამრავი, მათ შორის როგორც ანტროპოგენური, ისე ბუნებრივი ფაქტორი, რომლებიც უარყოფით გავლენას ახდენენ გარემოზე და გლობალურ ეკოლოგიურ პრობლემებს ქმნიან. თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური პრობლემა გლობალური დათბობაა.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მიერ მიჩნეულია, რომ თანამედროვეობის თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანეს ეკოლოგიურ პრობლემებს მიეკუთვნება კლიმატის ცვლილება, გაუდაბნობა, მინების დეგრადაცია, ოზონის ფენის რღვევა და ბიომრავალფეროვნების შემცირება. ჩნობილია აგრეთვე სხვა ეკოლოგიური პრობლემები, რომლებიც რისკს უქმნიან კაცობრიობის განვითარებას. ქვემოთ, თანმიმდევრობით განვიხილავთ ამ პრობლემებს.

1.2. დედამიწის კლიმატის ცვლილება

მეცნიერებამ დიდი ხანია დაადგინა, რომ ცხვადასხვა გეოლოგიურ ეპოქაში დედამიწის კლიმატი იცვლებოდა. დედამიწის სფეროს სხვადასხვა ნაწილში მიმდინარეობდა დათბობა ან გამყინვარება. მაგალითად, სხვადასხვა გეოლოგიურ ეპოქაში გამყინვარება მიმდინარეობდა ფინეთსა და კანადაში (არქაული ერა), გრენლანდიასა და ჩრდილოეთ ევროპაში (პროტეროზოული ერა), აფრიკაში, ავსტრალიაში, სამხრეთ ამერიკაში, ინდოეთში (კარბონული პერიოდი), ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში (მეოთხეული პერიოდი). ცხელი კლიმატი იყო შპიცბერგენის კუნძულზე, შუა ციმბირის ზეგანზე (კემბრიული პერიოდი) და სხვ. ხმელთაშუა ზღვის ტიპის ჰავა გავრცელებული იყო გრენლანდიაში, ხოლო ნოტიო ჰავა საჰარასა და სხვა უდაბნოებში (მესემეული პერიოდი).

დედამიწის კლიმატის ცვლილების ძირითადი თავისებურებები გეოლოგიურ წარსულში ნაჩვენებია ცხრილში 1.1.

პალეოზოურის დასაწყისი (570 მლნ. წლის წინ) თბილი კლიმატით ხასიათდებოდა. ხმელეთის ძირითადი მასები თავმოყრილი იყო ტროპიკულ და ზომიერ განედებში; სამხრეთ და განსაკუთრებით ჩრდილოეთ პოლუსი ოკეანით იყო დაფარული, რაც როგორც ჩანს, ყინულის წარმოქმნას ხელს უშლიდა. კლიმატის აცივება, რომელმაც გამოიწვია მასიური გამყინვარება, დაფიქსირებულია დაახლოებით 450 მლნ. წლის წინ (გვიანდელ ორდოვიციულში). ამ დროისათვის ხმელეთის ზედაპირზე მოხდა კონტინენტური ფილაქნების მნიშვნელოვანი გადაადგილებები.

ტრიასული პერიოდის დასაწყისში (230 მლნ. წლის წინ) ხმელეთის ძირითადი მასივები გაერთიანებული იყო ერთ მთლიან სუპერკონტინენტში (პანგეაში), რომლის ჩრდილოეთით – ლავრაზია, ხოლო სამხრეთით – გონდვანა გარშემოტყმული იყვნენ ტეთისით. საბოლოოდ იურულ პერიოდში პანგეამ დაშლა დაიწყო.

ტრიასული პერიოდის განმავლობაში მიმდინარეობდა კლიმატის თანდათანობითი დათბობა. დათბობა გრძელდება იურულ ეპოქამდე. ამ დროისათვის დედამიწის საშუალო ტემპერატურა ისევ მაღალი რჩებოდა და უდრიდა 24,5° გრადუსს. იურულში კლიმატი

არსებითად ზონალურობით ხასიათდება და ამასთანავე სამხრეთ და ჩრდილოეთ ნახევარსფეროების საშუალო განედებში ადგილი აქვს ტემპერატურის სეზონურ რყევას. იურულში მასიური გამყინვარება არ ფიქსირდება.

კაინოზოური ერა, რომელიც 65 მლნ. წლის წინ დაიწყო და თავდაპირველად თბილი კლიმატით გამოირჩეოდა. პალეოცენში თბილი კლიმატი შენარჩუნდა: ამ პერიოდის საშუალო გლობალური ტემპერატურა თანადროულს აღემატებოდა დაახლოებით 8°-9° გრადუსით. მაგალითად ლონდონის განედზე საშუალო წლიური ტემპერატურა შეადგენდა 21° გრადუსს (დღეისათვის კი იგი შეადგენს მხოლოდ 10° გრადუსს).

პლეისტოცენში დედამიწა გამყინვარების ფაზაში უკვე შესული იყო. პლეისტოცენში დამახასიათებელია მყინვარული პერიოდის თანმიმდევრულად შედარებით თბილ გამყინვარებათშორისით შეცვლა. პლეისტოცენი შედგება გამყინვარების ოთხი პერიოდისაგან, რომელთაგან პირველი და კლასიკურია გიუნცური გამყინვარება (1,2-1,0 მლნ. წლის წინ). გიუნცური აცივება დასრულდა გიუნც-მინდელური დათბობით (1,0-0,76 მლნ. წლის წინ), რომლის დროსაც ხმელთაშუა, შავ და ბერინგის ზღვებზე აღინიშნებოდა ტრანსგრესიები.

ახალი გლობალური დათბობა დაიწყო დაახლოებით 10,3-10,2 ათ. წლის წინ. ამრიგად ჰოლოცენი დაიწყო ინტენსიური დათბობით. შედეგად ქრება სკანდინავიის მყინვარული საფარი (8,5 ათ. წლის წინ). ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 500 წლის უკან დაიწყო სუბატლანტიკური პერიოდი. ამ პერიოდში ხდება კლიმატის გაუარესება.

ცხრილი 1.1. კლიმატური ცვლილებები გეოლოგიურ წარსულში

ერა, პერიოდი	დრო	კლიმატის თავისებურება
--------------	-----	-----------------------

პალეოზოური	570 მლნ. წლის წინ	თბილი კლიმატი. ხმელეთის ძირითადი მასები თავმოყრილი იყო ტროპიკულ და ზომიერ განედებში; სამხრეთ და განსაკუთრებით ჩრდილოეთ პოლუსი ოკეანით იყო დაფარული, რაც როგორც ჩანს, ყინულის წარმოქმნას ხელს უშლიდა. კლიმატის აცივება, რომელმაც გამოიწვია მასიური გამყინვარება, დაფიქსირებულია დაახლოებით 450 მლნ. წლის წინ
ტრიასული	230 მლნ. წლის წინ	ხმელეთის ძირითადი მასივები გაერთიანებული იყო ერთ მთლიან სუპერკონტინენტში (პანგეაში), ტემპერატურა ისევ მაღალი რჩებოდა და უდრიდა 24,5°
კაინოზოური	65 მლნ. წლის წინ	თბილი კლიმატით გამოირჩეოდა. მაგალითად ლონდონის განედზე საშუალო წლიური ტემპერატურა შეადგენდა 21° გრადუსს (დღეისათვის კი იგი შეადგენს მხოლოდ 10° გრადუსს).
პლეისტოცენი	1,2-1,0 მლნ.წლის წინ	შედგება გამყინვარების ოთხი პერიოდისაგან, რომელიც დასრულდა გიუნც-მინდელური დათბობით (1,0-0,76 მლნ. წლის წინ), რომლის დროსაც ხმელთაშუა, შავ და ბერინგის ზღვებზე აღინიშნებოდა ტრანსგრესიები.

ჰოლოცენი	10,3-10,2 ათ. წლის წინ.	დაინყო ინტენსიური დათბობით. შედეგად ქრება სკანდინავიის მყინვარული საფარი (8,5 ათ. წლის წინ). ჩვენს ნელთალრიცხვამდე 500 წლის უკან დაინყო სუბატლანტიკური პერიოდი. ამ პერიოდში ხდება კლიმატის გაუარესება.
----------	----------------------------------	--

ჩვენი ერის პირველ ასწლეულში სინოტივე და ტემპერატურა უახლოვდებოდა თანამედროვე მდგომარეობას. თუმცა დაახლოებით ჩვ. წ. IV-V სს. მოხდა პირობების შეცვლა და გაგრძელდა იგი VIII საუკუნემდე (ცხრილი 1.2).

ამ პერიოდში ევროპაში კლიმატი თბილი და მშრალი იყო. ამავე პერიოდში იწყება ტორფნარების შემცირება და ტბათა დონეების დაცემა. ადრინდელ შუა საუკუნეების (VIII საუკუნიდან XIV საუკუნემდე) პერიოდს ვიკინგების ეპოქა ეწოდება. ამ დროისათვის კლიმატი უფრო რბილი და თბილი ხდება, რასაც მოჰყვა ჩრდილოეთის ზღვებში ყინულოვანი მასის შემცირება.

800-1200 წწ. ვიკინგები ისეთ განედებზე ნაოსნობდნენ, სადაც დღეისათვის ოტივტივე ყინულებია გავრცელებული. სწორედ მათ გახსნეს და დაასახლეს ისლანდია და გრენლანდია. ჩვ. წ. 750-1200 წწ. დასავლეთ ევროპა თბილი კლიმატით ხასიათდებოდა სინოტივის რამდენადმე ვარდნით. XII-XIII სს. ბალტიის სანაპიროებსა და ინგლისში ყურძენს ზრდიდნენ.

VIII-XIII სს. ჩრდილოეთ ამერიკა ასევე დადებითი თბილი კლიმატით გამოირჩეოდა – დიდი ტბების რაიონში გაჩნდა დასახლება, სადაც მინათმოქმედებას მისდევდნენ. ამიტომაც VIII-XIII საუკუნეების პერიოდმა მიიღო გავრცელებული სახელწოდება – მცირე კლიმატური ოპტიმიუმი.

XIII-XIV სს. იწყება კლიმატის ხელახალი აცივება, ჩრდილოეთის წყლებში თანდათანობით იზრდება ყინულოვანი საფრის რაოდენობა, საზღვაო გზები მეტწილად ჩაიკეტა. ამავე პერიოდში იწყება

კლიმატის შიდასეზონური ცვლილებანი. შეინიშნებოდა კლიმატის გადასვლა ე.წ. მცირე მყინვარულ პერიოდში. ამ უკანასკნელისთვის ნიშანდობლივი იყო მთის მყინვარების ბუნების ხასიათი.

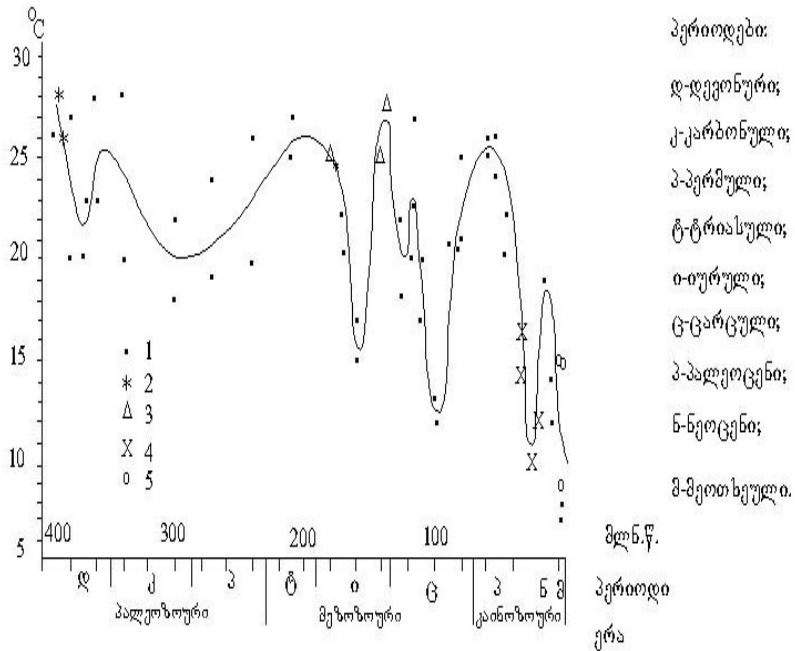
XVI საუკუნეში შესამჩნევი ხდება ალპური მყინვარების შემოტევა, ხოლო XVI-XVII სს. მან მაქსიმუმს მიაღწია. კლიმატის ცვლილება მცირე კლიმატური ოპტიმუმსა და მცირე მყინვარულ პერიოდში არასინქრონულად მიმდინარეობდა. ამ ცვლილებების ზუსტი მიზეზი უცნობია.

ცხრილი 1.2. კლიმატური ცვლილებები ახალ ერამში

საუკუნე	კლიმატური პირობები
I	შეესაბამება თანამედროვე კლიმატს
IV-V დან VIII	კლიმატი ცვალებადია, ძირითადად თბილი და მშრალი
VIII -XII	თბილი კლიმატით ხასიათდებოდა სინოტივის რამდენადმე ვარდნით. XII-XIII სს. ბალტიის სანაპიროებსა და ინგლისში ყურძენს ზრდიდნენ — მცირე კლიმატური ოპტიმუმი.
XIII-XIV	კლიმატის ხელახალი აცივება, – მცირე მყინვარულ პერიოდი
XVI-XVII	ალპური მყინვარების შემოტევა

კლიმატური პირობები იცვლებოდა საქართველოს ტერიტორიაზეც. როგორც მკვლევარები ადგენენ, პროტეროზოულ ერამში საქართველო ხასიათდებოდა ნოტიო ტროპიკული ჰავით. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა იყო 300, წლიური ნალექები-1000-1500მმ, ღრუბლიანობა-70-75%, ქარის საშუალო სიჩქარე-3-4მ/წმ. პალეოზოურ ერამში ჰავა კვლავ ტროპიკული რჩებოდა იმ განსხვავებით, რომ საგრძნობლად შემცირდა კლიმატური მაჩვენებლების სიდიდეები. მეზოზოურ ერამი საქართველოს ტერიტორიაზე მყარდება სუბტროპიკული კლიმატი. კაინოზოურ ერამში

მიმდინარეობს მძლავრი ტექტონიკური მოძრაობა, ინტენსიური გამყინვარება, ხმელეთისა და ზღვების გადანაწილება. მესამეულ პერიოდში საქართველოს ჰავა კვლავ ტროპიკულია და ახლანდელთან შედარებით უფრო თბილი. მეოთხეულ პერიოდში მყინვარული და გამყინვარებათმორისი ეპოქების მონაცვლეობაზე დამოკიდებულებით იცვლებოდა საქართველოს ჰავაც. ყოველივე ნათქვამი კარგად ჩანს ნახ. 1.1-დან.



ნახ. 1.1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილება კავკასიაში უკანასკნელი 400 მლწ წლის მანძილზე სხვადასხვა ავტორების მიხედვით:

- 1 – ნ.იასამანოვი (1985); 2 – ვ.სინიციანი (1976); 3 – კ.ნუცუბიძე (1966); 4 – კ.ემილიანი (1966); 5 – ვ.სერგინი (1978);
- (მ.ელიზბარაშვილი, 2001)

ნახ.1.1-ის თანახმად პალეოტემპერატურა კავკასიის რეგიონში მთელი პალეოზოური ერას განმავლობაში საკმაოდ მაღალი იყო და საშუალოდ 20-28°C შეადგენდა. მეზოზოური ერას განმავლობაში ნლიური ტემპერატურის რყევადობა უფრო ფართო დიაპაზონში აღინიშნებოდა (12-28°C). განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ცვლილებები, კერძოდ ტემპერატურის ხშირი დაცემები კაინოზოურ ერაში - პალეოცენში და მეოთხეულ პერიოდებში მიმდინარეობდა. უკანასკნელ მათგანში ჰაერის საშუალო ნლიური ტემპერატურა 7 °C -მდე დაეცა.

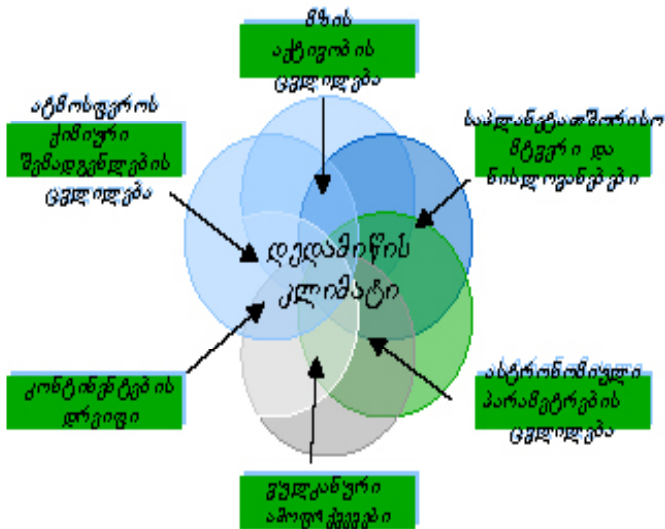
საქართველოს კლიმატი იცვლებოდა უკანასკნელ ათასწლეულშიც. გამოკვლევების თანახმად გამოიკვეთება XII-XIII საუკუნეების კლიმატური ოპტიმუმი, აგრეთვე XV-XVI და XVII-XVIII საუკუნეების მცირე მყინვარული პერიოდები, რომელთაც გლობალური მასშტაბები ჰქონდათ.

დედამიწის კლიმატი იცვლებოდა უკანასკნელი საუკუნეების მანძილზეც. XYIII- საუკუნის ევროპის კლიმატი შეიძლება დახასიათდეს როგორც კონტინენტური, მცირენალექებიანი. 1850 წლიდან ზომიერ განედებსა და არქტიკაში დაიწყო ტემპერატურის გაზრდა და მიმდინარე საუკუნის 30-იანი წლებისათვის მისმა საშუალო ნამატმა შეადგინა 0,3°C, ხოლო არქტიკაში-0,9°C. XX საუკუნის 40-ანი წლებიდან ჩრდილო-დასავლეთ გრენლანდიაში დაიწყო აცივება, რომელიც გავრცელდა ცენტრალურ არქტიკაში, კანადის არქტიკულ არქიპელაგზე და ნანოლობროვ აღმოსავლეთ ციმბირზე. აცივების ინტენსიურობა განსაკუთრებით მაღალი იყო კარიბის ზღვაზე. აქ 20 წლის განმავლობაში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა შემცირდა 30-ით. გასული საუკუნის 60-ანი წლებიდან აცივება კვლავ დათბობამ შეცვალა.

1.3. კლიმატის ცვლილების მიზეზები

ნახ.1.2-ზე წარმოდგენილია დედამიწის კლიმატის ცვლილების ძირითადი მიზეზები. ნახ.-ის თანახმად, კლიმატის ცვლილების ძირითადი მიზეზებია: კონტინენტების დრეიფი და მასთან დაკავშირებული ტექტონიკური პროცესები, ვულკანური ამოფრქვევები, ასტრონომიული და რადიაციული მიზეზები, რომლებიც დაკავშირებულია დედამიწის ასტრონომიული პარამეტრების და მზის აქტივობის ცვლილებას, აგრეთვე ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება და საპლანეტათაშორისი მტვერი და ნისლოვანებები. შედარებით დაწვრილებით განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ძირითადი მიზეზები



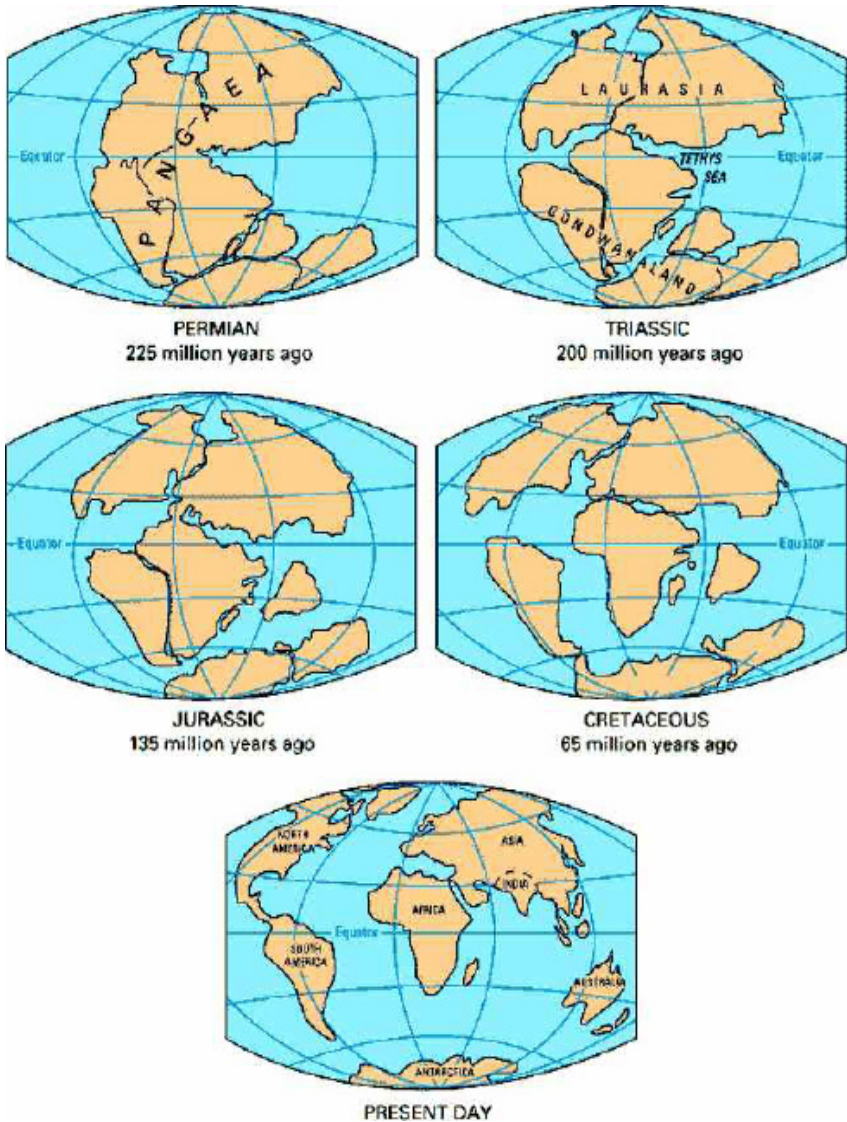
ნახ. 1.3. კლიმატის ცვლილების მიზეზები

ტექტონიკური პროცესები იწვევს რელიეფის ცვლილებას, დედამიწის ქერქის აწევას ან დაწევას, რასაც მოჰყვება ხმელეთის

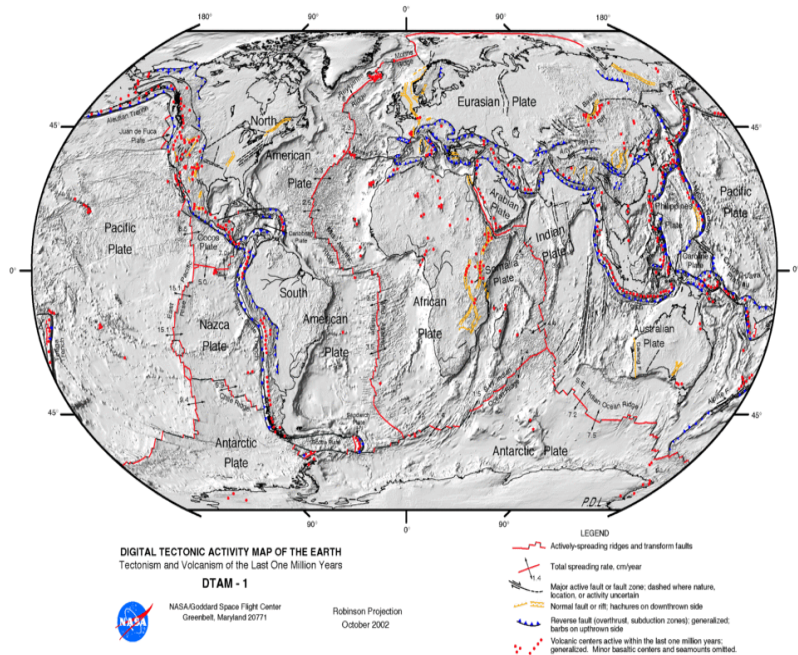
ფართობის გაზრდა ან შემცირება, ოკეანეთა დინებების ცვლილება, სითბოცვლის გაზრდა ან შემცირება დაბალ და მაღალ განედებს შორის D და სხვ. აღნიშნულ ცვლილებებთან დაკავშირებით იცვლება დედამიწის ზედაპირის სითბოს ბალანსის მდგენელები, ტენზორუნვის პირობები და მთლიანად კლიმატი.

გონდვანა დაახლოებით 530-750 მლნ წლის წინ ჩამოყალიბდა და კარგა ხანს სამხრეთ პოლუსის გარშემო იყო. 360 მლნ წლის წინ, ქვა-ნახშირის პერიოდში მკვეთრი მოძრაობით დაიძრა ჩრდილოეთით და ჩრდილოამერიკულ-სკანდინავიურ მინებთან შეჯახებით გიგანტურ პროტოკონტინენტ პანგეას შეუერთდა. ამის მიუხედავად, 180 მლნ წლის წინ, იურულ პერიოდში პანგეა კვლავ გაიხლიჩა და ისევ გონდვანად და ჩრდილოეთის კონტინენტ ლავრაზიად იქცა. 30 მლნ წლის შემდეგ თავად გონდვანა დაიშალა სამხრეთ ამერიკად, აფრიკად, ავსტრალიად და ანტარქტიდათ, ხოლო ლავრაზიიდან ჩამოყალიბდა ჩრდილოეთ ამერიკა და ევრაზია. აქ აღწერილი კარგად მოჩანს ნახ. 1.3-ზე.

ამავდროულად, დედამიწაზე მიმდინარეობს ინტენსიური ტექტონიკური მოძრაობები, ხმელეთის რყევა, რაც თავის მხრივ გავლენას ახდენდა კლიმატურ პირობებზე (ნახ.1.4).



ნახ. 1.3. კონტინენტების დრეიფი



G221.001

ნახ.1.4. ტექტონიკური რუკა

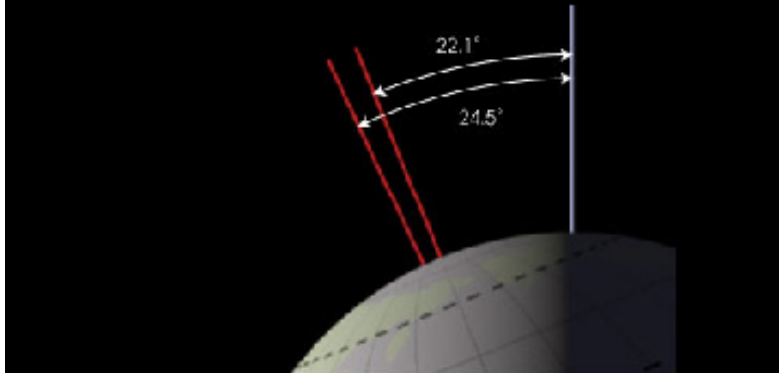
ასტრონომიული ჰიპოთეზა დედამიწის კლიმატის ცვლილებას უკავშირებს დედამიწის ბრუნვის ღერძის და აგრეთვე მისი ორბიტის ცვლილებებს. დედამიწა-მთვარის სისტემის ევოლუციის გამოთვლებმა ცხადყო, რომ დედამიწის არსებობის 4,5-4,7 მლრდ წლის განმავლობაში იცვლებოდა მისი ბრუნვის ხასიათი. თეორიულმა გამოთვლებმა აჩვენა, რომ თანამედროვე პირობებში დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრილობა მისი ორბიტის სიბრტყისადმი იზრდება 50-ით 1მლრდ წელიწადში, ხოლო ბრუნვის სიჩქარე მცირდება 20%-ით. ამით დღეღამის ხანგრძლივობა საუკუნეში 1,7 მლწმ-ით იზრდება.

ამრიგად, შეიძლება დავასკვნათ, რომ დედამიწა ადრე ბრუნავდა უფრო სწრაფად შედარებით ნაკლები დახრილობის კუთხით. ამიტომ მეტეოროლოგიური ელემენტების წლიური და დღეღამური ამპლიტუდები უფრო ნაკლები იყო, ვიდრე ამჟამად, ხოლო ტემპერატურათა სხვაობა ეკვატორსა და პოლუსებს შორის-მეტი. ზემოაღნიშნულის გამო ატმოსფეროს ცირკულაცია შედარებით ინტენსიური იყო, რაც, თავის მხრივ, გავლენას ახდენდა დედამიწის კლიმატზე.

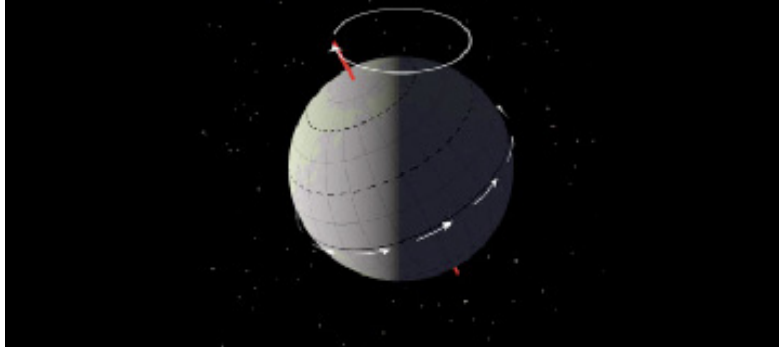
კლიმატის ცვლილების ასტრონომიული მიზეზი.

- 100 000 წლიანი პერიოდული ცვლილება ახასიათებს დედამიწის ელიფსურ ორბიტას.
- როგორ დიკობო, შეცვლება იუ ანა წელიწადში ხანგრძლივობა?

დედამიწის ღერძის დახრილობა ამჟამად 23,5-ს შეადგენს იგი 41 000 წლის განმავლობაში იცვლება 22,1° დან 24,5-მდე. რაც უფრო დახრილია პრუნიის ღერძი, მით უფრო მადიდ განედებზე მატულობს ტემპერატურა, ხოლო ტროპიკებზე – კლებულობს და პირიქით.



დედამიწის ღერძი პრუნიას და იცვლის მიმართულებას 25 800 წლის პერიოდით, რაც იწვევს დედამიწის დადგომის თარიღების წინსწრებას (პრეცესიას) და უმნიშვნელოვანეს გავლენას ახდენს დედამიწაზე დაცემული რადიაციის რაოდენობაზე.



ნახ.1.5. დედამიწის ასტრონომიული პარამეტრების ცვლილება

დედამიწის კლიმატის ცვლილება შეიძლება დაკავშირებული იყოს ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსების, და აგრეთვე კონტინენტების მდებარეობათა ცვლილებებთან. პალეოკლიმატური გამოკვლევების თანახმად დადგენილია, რომ პალეოზოოურ ერაში ჩრდილოეთ პოლუსი მდებარეობდა წყნარი ოკეანის ცენტრში, საიდანაც მან თანდათან გადაინაცვლა არქტიკის მიმართულებით. ცხადია პოლუსებისა და კონტინენტების გადაადგილება იწვევს კლიმატის მკვეთრ ცვლილებებს. პოლუსების აბსოლუტური გადანაცვლებისას დედამიწის ზედაპირზე გადაადგილება აგრეთვე გეოგრაფიული კოორდინატების ბადეც, მათთან დაკავშირებულ კლიმატურ ზონებთან ერთად. პოლარულ რაიონებში მოხვედრილ კონტინენტებზე ვითარდებოდა კონტინენტური გამზინვარება, რაც იწვევდა მთელი დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის შემცირებას. პალეომაგნიტური მონაცემების თანახმად, ასეთ მოვლენას ადგილი ჰქონდა კარბონულ და პერმულ პერიოდებში, როდესაც სამხრეთ ამერიკა, აფრიკა, ინდოეთი, ავსტრალია და ანტარქტიდა დაჯგუფებული იყო სამხრეთ პოლუსის რაიონში.

დედამიწის კლიმატის ცვლილების ასტრონომიულ მიზეზად შეიძლება ჩაითვალოს აგრეთვე მზის სისტემის სხვა პლანეტებისა და დედამიწის ურთიერთმიზიდულობა. ამის შედეგად ადგილი აქვს დედამიწის ლერძის დახრილობის ცვლილებას დაახლოებით 100 000 წლის პერიოდით. ცნობილი მეცნიერის მ.მილანკოვიჩის გამოთვლების თანახმად, ასეთ ცვლილებებს შეუძლია გავლენა მოახდინოს დედამიწის კლიმატზე.

კლიმატის რადიაციული ცვლილება დაკავშირებულია დედამიწაზე მოსული მზის ენერჯის ცვლილებასთან. ეს უკანასკნელი კი დამოკიდებულია ატმოსფეროს გამჭვირვალობაზე. მაგალითად, ვულკანების დიდი და ხანგრძლივი ამოფრქვევის შედეგად ვულკანური მტვერი ხანგრძლივი დროის მანძილზე რჩება სტრატოსფეროში და დედამიწის ირგვლივ წარმოქმნის მტვრის ფენას. ამის შედეგად მცირდება მზიდან მოსული რადიაციის საერთო რაოდენობა. ასეთ ვულკანურ ამოფრქვევას შეიძლება მივაკუთვნოთ 1883 წელს კუნძულ კრაკატაუზე მომხდარი ამოფრქვევა, რის შედეგა-

დაც 80კმ-ზე ატყორცნილი ვულკანური ფერფლი ატმოსფეროში რამოდენიმე წელიწადს იყო. თითქმის იგივე ეფექტი ჰქონდა პინატუბოს ამოფრქვევას 1991 წლის 12 ივნისს (იხ. ნახ. 1.6).

მზე არ არის აბსოლუტურად მუდმივი ვარსკვლავი. მის ზედაპირზე წარმოიქმნება მუქი და ნათელი მონაკვეთები, ანუ ლაქები და ჩირაღდნები. სისტემატურად იცვლება მათი რაოდენობა და ფართობი. მზეზე მიმდინარე ამ პროცესების ერთობრიობას მზის აქტივობა ეწოდება. ეს ცვლილებები, რომლებიც უსათუოდ გავლენას ახდენს დედამიწის კლიმატზე, ზოგჯერ ფიქსირდება ცალკეული მეტეოროლოგიური პუნქტების მიერ. მაგალითად, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა მონაცემებით აღმოჩნდა, რომ მზის მაქსიმალური აქტიურობის დროს ჰაერის ტემპერატურა 1,0-1,50-ით გაიზარდა. ამასთან ტემპერატურის დღელამური ამპლიტუდა მეტწილად აღემატება მიც შესაბამის მნიშვნელობას მზის მინიმალური აქტიურობის დროს.



1991 წლის 12 ივნისს პინატუბოს ვულკანის ამოფრქვევის
შედეგად ტენსესერატურა წინაშე ვლანად დაეცა

ნახ. 1.6. პინატუბოს ამოფრქვევა 1991 წლის 2 ივნისს

მზეზე მიმდინარე აქტიური პროცესები აისახება მზეზე ლაქების საშუალებით (ნახ. 1.7). რაც მეტია ლაქათა რიცხვი და ფართობი, მით მეტია მზის აქტიურობა.

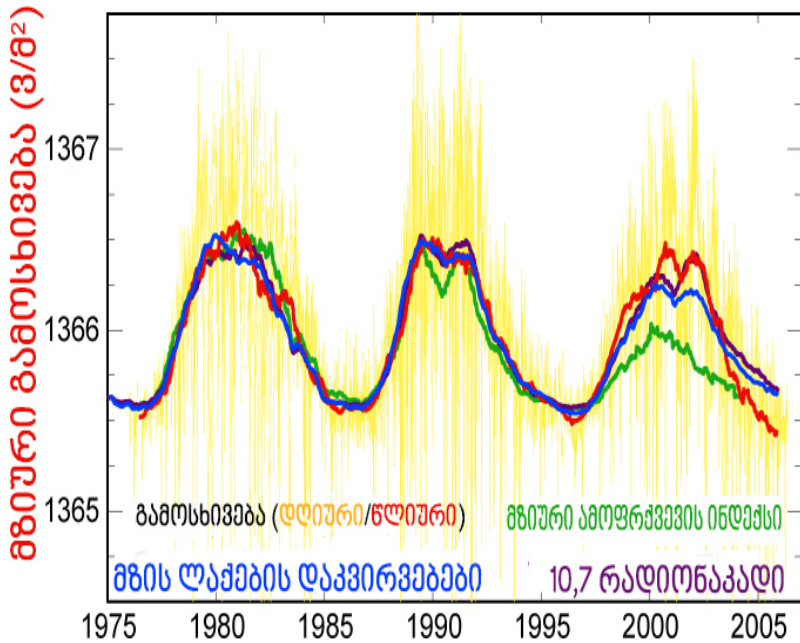


ნახ. 1.7. მზის ლაქები

მზის მოქმედებაში დადგენილია შემდეგი ძირითადი ციკლები: საუკუნოვანი (80-100 წელი), ნახევარსაუკუნოვანი (30-45 წელი), 11-წლიანი და 22-წლიანი, რომელიც წარმოიქმნება მზის ლაქების ურთიერთსაინანააღმდეგო მაგნიტური პოლარობის ორი მეზობელი 11-წლიანი ციკლების მიერ.

ნახ. 1.8-ზე წარმოდგენილია მზის აქტივობის ციკლები 1975-2005 წლებში. ნახ-ზე კარგად მოჩანს სამი თერთმეტწლიანი ციკლები, რომელთა მაქსიმუმებიც შეესაბამება 1982, 1993 და 2003 წლებს.

მზის ციკლის ცვალებადობა

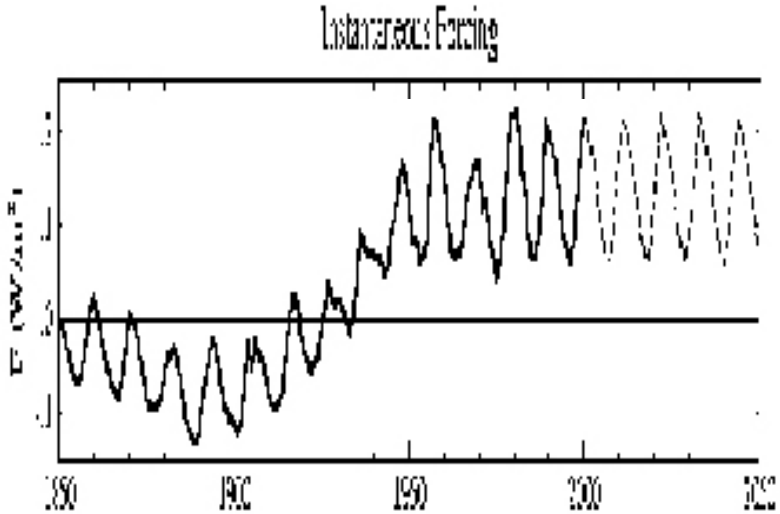


ნახ.1.8. მზის აქტივობა 1975-2005 წლებში

თუ განვიხილავთ მზის მოქმედების უფრო ხანგრძლივ პერიოდს, როგორც ას ნაჩვენებია ნახ. 1.9-ზე, დავრწმუნდებით, რომ 11-წლიანი ციკლის გარდა, გამოიკვეთება სხვა უფრო გრძელპერიოდული ციკლიც, ამ შემთხვევაში 80-90-წლიანი.

მზეზე მიმდინარე აღნიშნული პროცესები აისახება დედამიწის ატმოსფეროს მაღალ ფენებზე და შესაბამისად გავლენას ახდენს დედამიწის კლიმატზე.

მზის აქტივობის ცვლილება და პროგნოზი



ნახ. 1.9. მზის აქტივობა 1850-2000 წლებში და მისი პროგნოზი 2050 წლამდე

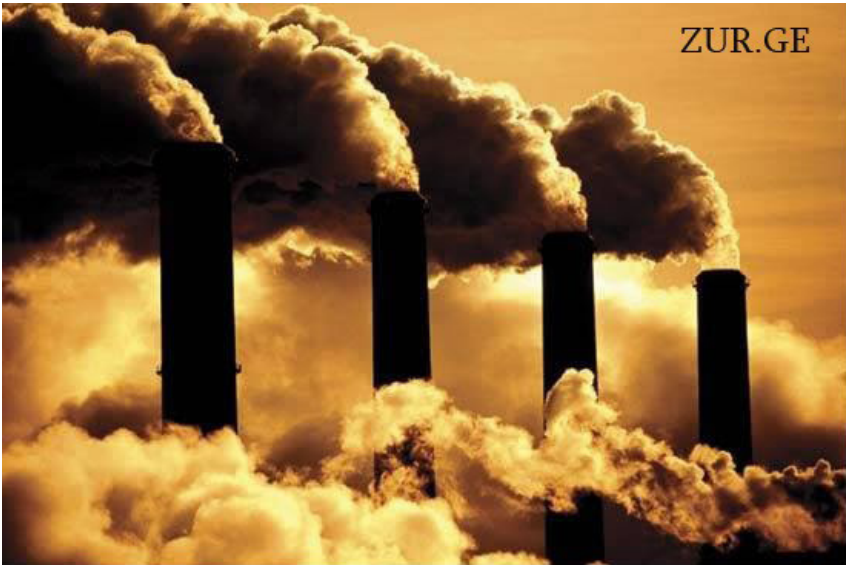
ცნობილმა ამერიკელმა მეცნიერმა ნ.სლიპერმა ააგო დედამიწის კლიმატზე მზის მოქმედების სპექტრალური მოდელი, რის საფუძველზეც ჩამოაყალიბა შემდეგი დასკვნები: 1800-1880 წლების პერიოდი იყო ცივი საუკუნის ციკლი, ხოლო 1880-1980 წლებისა-თბილი; ამასთან, მეორე პერიოდი შეიცავდა ანომალურად ცივ ზამთრებს (1899-1918წწ); მისი ვარაუდით 1980 წლიდან უნდა დაწყებულიყო ცივი საუკუნის ციკლი, რომელიც უნდა გაგრძელებულიყო 2060 წლამდე.

კლიმატის ცვლილების მრავალი საკითხი შეისწავლეს აკადემიკოსებმა მ.ბუდიკომ და თ.დავითაიამ. მათ დაადგინეს, რომ კლიმატის მიმდინარე ცვლილებები მნიშვნელოვნად იყო დამოკიდე-

ბული ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის და ქვედა სტრატოსფეროში აეროზოლის რაოდენობის ცვლილებებთან. ამ უკანასკნელის მასა ჩვეულებრივ იზრდება ინტენსიური ვულკანური ამოფრქვევების შედეგად.

1.4. გარემოს დაბინძურების პრობლემა

ადამიანი თავისი სამეურნეო საქმიანობის შედეგად აბინძურებს გარემოს -ატმოსფერულ ჰაერს, წყალს, ნიადაგს, რაც თავის მხრივ უარყოფითად უბრუნდება თვით ადამიანს. სხვადასხვა წყაროებიდან გამოყოფილი ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები გადაიტანებიან ჰაერის მასების და მდინარეების მიერ და ვრცელდებიან საკმაოდ დიდ მანძილებზე. ასეთი გზით წარმოიქმნება ატმოსფეროს გლობალური დაბინძურება(ნახ.1.10).



ნახ. 1.10. გლობალური დაბინძურება

გარემოს დაბინძურების წყაროებს შორის პირველ ადგილზეა ნახშირბადების წიაღისეული. მათ მიეკუთვნება ნახშირი, ნავთობი და გაზი. მათი წვის შედეგად გამოყოფილი ნარჩენები აჭუჭყიანებენ ატმოსფეროს და უარყოფით გავლენას ახდენენ ადამიანის ორგანიზმზე.

ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებები ადამიანის ორგანიზმზე მოქმედების თვალსაზრისით ახდენენ ფიზიკურ და ქიმიურ ზემოქმედებას. ფიზიკურ ზემოქმედებას ახდენს რადი-აქტიური ნივთიერებები, სითბური დაბინძურება (ტემპერატურის გაზრდა), ხმაური და დაბალსიხშირიანი ვიბრაციები. ქიმიურ ზემოქმედებას ახდენს თხევადი ნახშირწყალბადები, სარეცხი საშუალებები, პლასტმასები, პესტიციდები და სხვა სინთეტიკური ნივთიერებები, აზოტის და გოგირდის ნარჩენები, მძიმე მეტალები, ფტორის შენაერთები, მყარი მინარეგები, ორგანული ნივთიერებები(ცხრილი 1.3).



ნახ. 1.11. ფიზიკური და ქიმიური ზემოქმედება

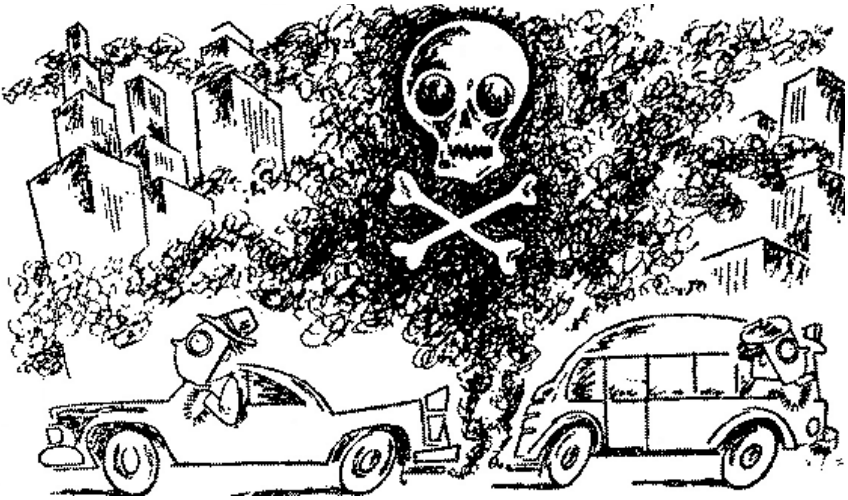
ცხრილი 1.3. ატმოსფეროს დამაბინძურებელი ნივთიერებების ზემოქმედება

ზემოქმედების ხასიათი	ახდენს
ფიზიკური	რადიაქტიური ნივთიერებები, სითბური დაბინძურება (ტემპერატურის გაზრდა), ხმაური და დაბალსიხშირიანი ვიბრაციები
ქიმიური	თხევადი ნახშირწყალბადები, სარეცხი საშუალებები, პლასტმასები, პესტიციდები და სხვა სინთეტიკური ნივთიერებები, აზოტის და გოგირდის ნარჩენები, მძიმე მეტალები, ფტორის შენაერთები, მყარი მინარევები, ორგანული ნივთიერებები.

ავტოტრანსპორტის და ავიაციის განვითარებამ არსებითად გაზარდა მათგან გამონაბოლქვი აირების წილი ატმოსფეროში. შეფასებები გვიჩვენებს, რომ საშუალო რაოდენობის მოსახლეობის სამრეწველო ქალაქში ავტოტრანსპორტის წილზე მოდის გამონაბოლქვის საერთო მასის 30-70%. ამერიკის შეერთებულ შტატებში დამაბინძურებელი ნივთიერებების 40% მოდის მოძრავი წყაროების გამონაბოლქვზე, მათ შორის სატვირთო და სამგზავრო ავტომობილებზე, ორთქმავლებზე და საჰაერო ტრანსპორტზე. ძირითადი წილი მოძრავი წყაროებიდან ატმოსფეროს დაბინძურებაში მოდის ბენზინზე მომუშავე ავტომობილებზე. ა.შ.შ.-ში მათი ხვედრითი წილი შეადგენს 75%-ს, თვითმფრინავების გამონაბოლქვისა – 5% და ა.შ.

ძირითადი დამაბინძურებელი ნივთიერებებია ნახშირბადის ოქსიდი, ნახშირწყალბადები და აზოტის ოქსიდები. ნახშირწყალბადებისა და ნახშირბადის ოქსიდის უდიდესი გამონაბოლქვი აღინიშნება ავტოტრანსპორტის დამუხრუჭებისა და თავისუფალი სვ-

ლის დროს, ხოლო აზოტის ოქსიდისა შეესაბამება დიდ სიჩქარეებს. საერთოდ ავტომობილები ძლიერ აბინძურებენ ჰაერს გაჩერებისა და დაძვრის დროს. დიზელის ძრავები შედარებით ეკონომიურია და გამოაბოლქვებენ ზოგიერთი ნივთიერების შედარებით ნაკლებ რაოდენობას, მაგრამ დიზელის ძრავა დიდი რაოდენობით გამოაბოლქვებს დაუნვავ ნახშირბადს, ამიტომ ისინი უფრო მეტად აბინძურებენ გარემოს და უფრო ცუდად მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე.



ზოგიერთი სიჩქარის თვითმფრინავები და კოსმოსური ხომალდები აჭუჭყიანებენ სტრატოსფეროს აზოტისა და გოგირდმჟავას მოქმედებით, აგრეთვე ალუმინის ოქსიდის ნაწილაკებით. ისინი უარყოფითად მოქმედებენ ოზონის ფენაზე და ჰაერის გლობალურ ტემპერატურაზე.

ქლორ-ფტორ მეთანები, ფრეონი 11, ფრეონი 12 წარმოადგენენ გაზს, რომლებიც წარმოიქმნებიან იმ აეროზოლური პრეპარატების აორთქლებისას, რომლებიც გამოიყენება თმების შეს-

აღებად. აღნიშნული გაზები ვრცელდებიან და ხანგრძლივად არსებობენ ტროპოსფეროში. ფრეონები აძლიერებენ სათბურის ეფექტს, გამოთვლების თანახმად დაახლოებით 2030 წელს ფრეონების გავლენის შედეგად ოზონის საერთო რაოდენობა შემცირდება 18%-ით, ხოლო ქვედა სტრატოსფეროში 40 %-ით. ყოველივე ამის საბოლოო შედეგად, გლობალური მინისპირა ტემპერატურა გაიზარდა.

ატმოსფეროდან ბინძურდება ნიადაგი, ოკეანე და ხმელეთის წყლები. მათ გააჩნია აგრეთვე დაბინძურების დამოუკიდებელი წყაროები.

ნიადაგის დამაბინძურებელი ძირითადი წყაროებია ავტოტრანსპორტის, სამრეწველო საწარმოების და თბოელექტროსადგურების გამონაბოლქვი, მყარი სამრანველო ნარჩენები(მეტალები) და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები.

მსოფლიო ოკეანის დამაჭუჭყიანებელ ძირითად ნივთიერებებს წარმოადგენენ ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები, სინთეტურად აქტიური ნივთიერებები, მძიმე მეტალები (ვერცხლი, ტყვია, ცინკი, კადმიუმი, სპილენძი და სხვა.). გარდა ამისა მსოფლიო ოკეანეს აბინძურებენ აგრეთვე ტექნოგენური წარმოშობის რადიოაქტიური ნივთიერებები.

ოკეანის ძირითადი დამაბინძურებელი წყაროებია ტანკერების ავარია, ნავთობის მოპოვება ფსკერიდან, ქალაქების მიერ დაბინძურებული მდინარეების ჩამონადენი, რადიოაქტიური დაშლის პროდუქტები და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები.

ხმელეთის წყლების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ ცვლილებებზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენენ სამეურნეო მოღვაწეობის ისეთი სახეობები, როგორებიცაა წყალმომხმარებლობა, სამრეწველო და კომუნალური მიზნებისათვის, აგრეთვე ურბანიზაცია, წყალსაცავების შექმნა, მორწყვა ამოშრობა და სხვადასხვა აგრომელიორაციული სამუშაოები.

ადამიანის ზემოქმედებას ხმელეთის წყლებზე აქვს როგორც დადებით, ისე უარყოფითი გავლენა. დადებითი ფაქტორებია წყლის რაციონალური გამოყენება, გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობა,

კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამონადენების განმენდა, უნარ-ჩინო წარმოების ახალი ტექნოლოგიების შემუშავება და დანერგვა, ეროვნული პერკების და ნაკრძალების შექმნა და სხვ. ხმელეთის წყლებზე ზემოქმედების უარყოფითი ფაქტორებია წყლის არარაციონალური გამოყენება, ჭაობების ამოშრობა, წყალსატევების დაბინძურება სამრეწველო და კომუნალური ჩამონადენით, წყალსატევების ცხოველთა და მცენარეული სამყაროს განადგურება.

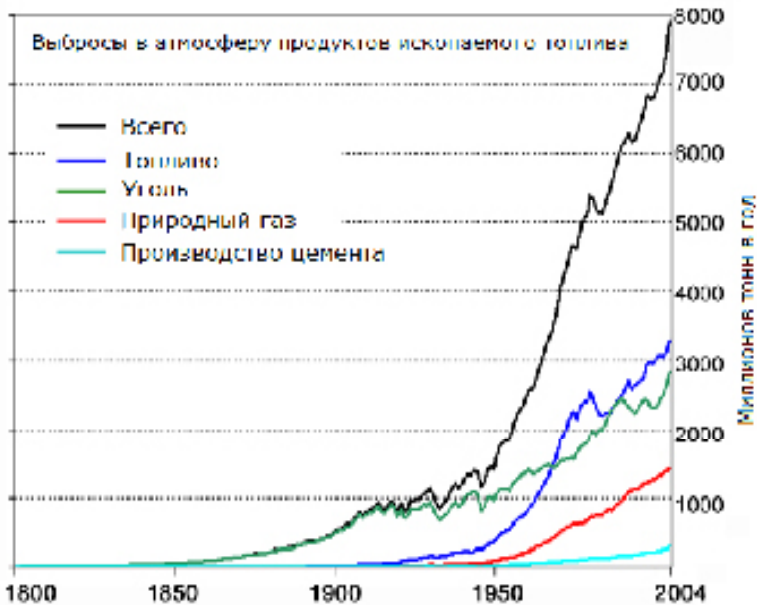
1.5. გლობალური დათბობა და მისი რეგიონალური გამოვლინებები

კლიმატის თანამედროვე ცვლილებაზე დიდ გავლენას ახდენს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა, განსაკუთრებით კი სხვადასხვა სახის სათბობის წვით გამოწვეული ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გაზრდა ატმოსფეროში.

ნახ. 1.12-ზე წარმოდგენილია დედამიწის ატმოსფეროში სასარგებლო წიაღისეულის პროდუქტების გამონაბოლქვი. ამ ნახ.-დან ჩანს, რომ ატმოსფეროში გამონაბოლქვი პროდუქტების მასა სწრაფად გაიზარდა გასული საუკუნის 50-ნი წლების შემდეგ, რაც სწორედ ინდუსტრიალიზაციის პროცესს უკავშირდება.

ატმოსფეროში გამონაბოლქვი პროდუქტების საერთო მასა 1950 წელს შეადგენდა 1000-1200 მილიონ ტონას წელიწადში, ხოლო ჩვენი საუკუნის დასაწყისში მან 8000 მილიონ ტონას მიაღწია, ანუ 7-8 ჯერ გაიზარდა. აქედან სანვავის გამონაბოლქვი აღემატება 3000 მილიონ ტონას, ქვანახშირის წარმოების დაახლოებით 3000 მილიონი ტონაა, ბუნებრივი აირის გამონაბოლქვი 1500 მილიონ ტონას, ხოლო ცემენტის წარმოების გამონაბოლქვი 300 მილიონ ტონას შეადგენს წელიწადში.

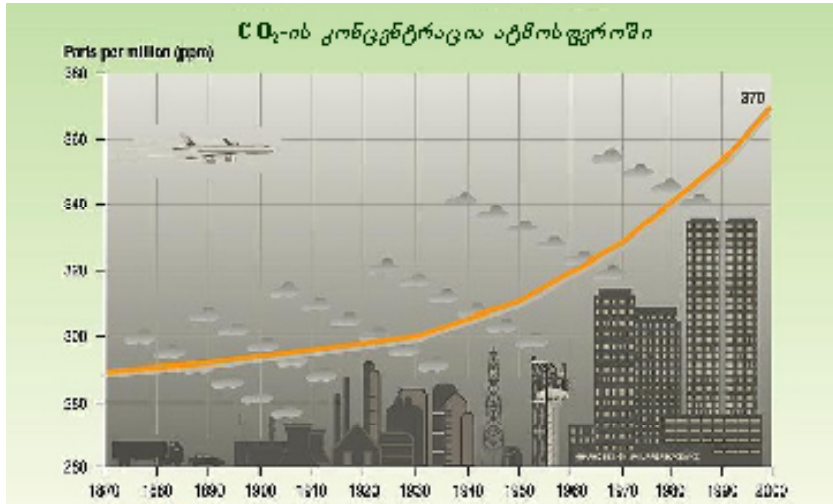
ინდუსტრიულ ეპოქაში ატმოსფეროში მნიშვნელოვნად გაიზარდა ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია (ნახ. 1.16).



ნახ. 1.12. სასარგებლო წიაღისეულის ატმოსფეროში გამონაბოლქვი პროდუქტები

ნახ 1.12-დან ჩანს, რომ ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია ატმოსფეროში 1870-2000 წლების განმავლობაში 290 მილიონი ტონიდან 370 მილიონ ტონამდე გაიზარდა. ამავ დროს, მისი ზრდა ყველაზე ინტენსიური გასული საუკუნის შუა პერიოდიდან იყო.

ატმოსფეროში აირების ემისიების ზრდა, კერძოდ აეროზოლების და სათბურის აირების ზრდა ინვესტ ტემპარატურის მომატებას, რასაც თან სდევს ზღვის დონის მომატება, გვალვების, წყალდიდობების და სხვა სტიქიური მოვლენების გახშირება, რაც წარმოდგენილია სქემაზე (ნახ. 1.13).



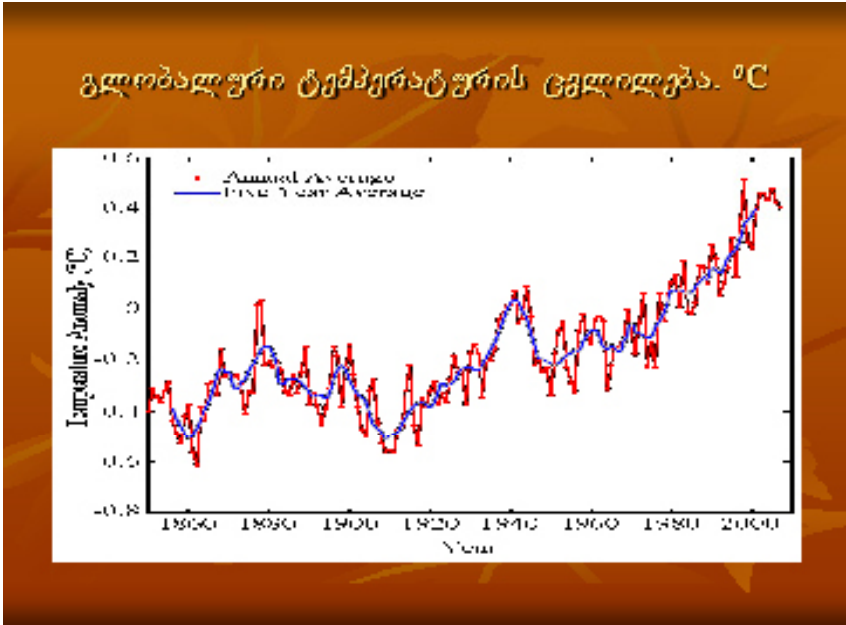
პირველდურად გამოიყენებოდა ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია 33%-ით, ხოლო შეთანხმებული კონცენტრაცია 100%-ით გაიზარდა.

ნახ. 1.13. ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდა



ნახ. 1.14. გლობალური დათბობის მიზეზები და შედეგები

ეს კი იწვევს სათბურის ეფექტს და ტემპერატურის შეუქცევად ზრდას (იხ.ნახ. 1.15). ამ პროცესს გლობალურ დათბობას უწოდებენ. გლობალური დათბობა თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანესი გლობალური ეკოლოგიური პრობლემაა. მას შეუძლია შეცვალოს დედამიწაზე ჩამოყალიბებული ნონასწორობა-ციკლულაციური მექანიზმები, დინებათა სისტემები, ბუნებრივი ზონები და ეკოსისტემები, და ა.შ., რითაც გაურთულოს და შეუზღუდოს ადამიანს საარსებო პირობები. ამიტომაც გაერთიანებული ერების ორგანიზაციამ სათანადო ყურადღება მიაქცია ამ პრობლემას და მიიღო კლიმატის ცვლილების სპეციალური კონვენცია.

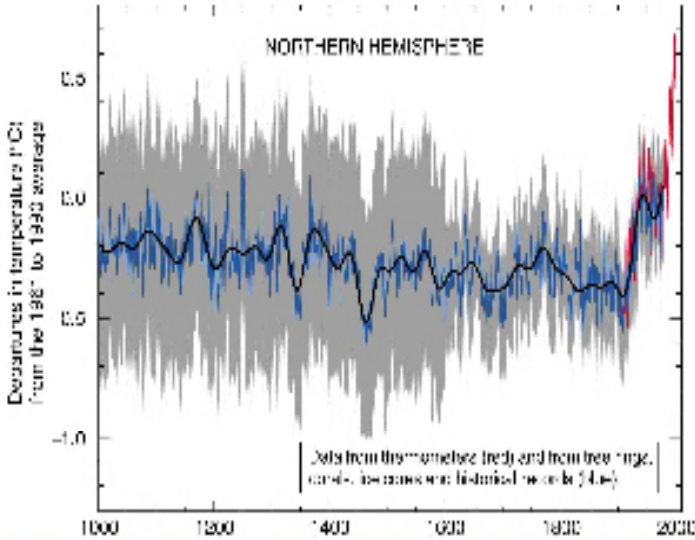


ნახ.1.15. გლობალური ტემპერატურის ცვლილება 1850 წლიდან

XXI საუკუნის დასაწყისში მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა დაადასტურეს გლობალური კლიმატის დათბობის აღნიშნული ტენდენ-

ცია. ნათქვამს კარგად ადასტურებს ნახ.1.16, რომლის თანახმადაც უკანასკნელი 1000 წლის განმავლობაში ტემპერატურა უდიდეს მნიშვნელობას მიაღწია.

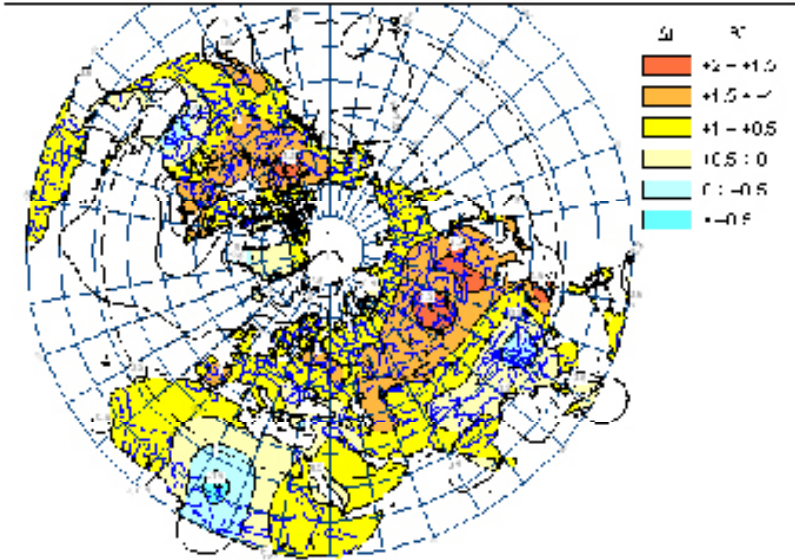
გლობალური ტემპერატურის ცვლილება უკანასკნელი 1000 წლის განმავლობაში, ჩრდილოეთ ნახევარსფერო



უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში გლობალური ტემპერატურა იზარდობს ბინჯარით 0,13°C-ით წელიწადში, თრჯერ უფრო მეტი ბინჯარით ვიდრე შეტევა და უკუნიტ ტემპერატურის მარდის ბინჯარე. მრდოლოთ ნახევარსფეროს და შუალო ტემპერატურა ამ აეროლოის განმავლობაში მკაცრმად უნიტ უკანასკნელი 1000 წლის განმავლობაში.

ნახ.1.16. გლობალური ტემპერატურის ცვლილება უკანასკნელი 1000 წლის განმავლობაში

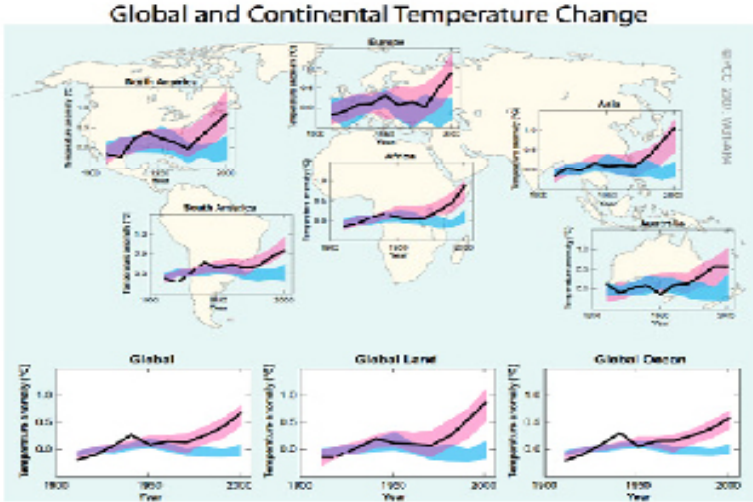
დადგინდა, რომ გლობალური დათბობის პირობებში დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში დათბობა სხვადასხვა ინტენსივობით მიმდინარეობს. უფრო მეტიც ცალკეულ რაიონებში დათბობას აცივებაც ცვლის (ნახ.1.17).



ნახ. 1.17. დათბობის ინტენსივობა დედამიწის სხვადასხვა რაიონებში

ნახ.1.17.-დან ჩანს, რომ დათბობა განსაკუთრებით მკაფიოდ არის გამოხატული ევრაზიისა და ჩრდილოეთ ამერიკის პოლარულ სექტორებში, აგრეთვე წყნარი ოკეანეს აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში, და ინდოეთის ოკეანეს სამხრეთ ნაწილში. ინტენსიური აცივების დიდი ფართობები დაფიქსირებულია წყნარი ოკეანეს ჩრდილოეთ და სამხრეთ, აგრეთვე ატლანტიკის ოკეანეს ჩრდილოეთ ნაწილში. სუსტი აცივება აღინიშნება აფრიკის კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილში — ნოტიო ეკვატორული ტყეების ზონაში. დათბობა განსაკუთრებით მკაფიოდ არის გამოხატული ევრაზიისა და ჩრდილოეთ ამერიკის პოლარულ სექტორებში, აგრეთვე წყნარი ოკეანეს აღმოსავლეთ და ცენტრალურ ნაწილებში, და ინდოეთის ოკეანეს სამხრეთ ნაწილში. ინტენსიური აცივების დიდი ფართობები დაფიქსირებულია წყნარი ოკეანეს ჩრდილოეთ

და სამხრეთ, აგრეთვე ატლანტიკის ოკეანეს ჩრდილოეთ ნაწილში. სუსტი აცივება აღინიშნება აფრიკის კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილში — ნოტიო ეკვატორული ტყეების ზონაში.



ნახ. 1.18. გლობალური და კონტინენტალური ტემპერატურის ცვლილება

ტემპერატურის ზრდის ინტენსივობა განსხვავებულია სხვადასხვა კონტინენტზე, ხმელეთზე და ოკეანეზე (ნახ. 1.18). ცხადია, რომ ხმელეთი უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე ოკეანე.

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

პიკი დიუ-მიდის (საფრანგეთი, პირინეები, 2862 მ.) მონაცე-

მების ანალიზმა აჩვენა, რომ 100 წლის განმავლობაში საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ მოიმატა 0,940ჩ-ით. დათბობის ტენდენცია განსაკუთრებით შესამჩნევი შემოდგომით და გაზაფხულზე იყო. აღსანიშნავია, რომ ვაკე რაიონებში დათბობის ასეთი ინტენსივობა არ აღინიშნება.

აღპების მაღალმთიანი სადგურები აფიქსირებენ ერთდროულად მინიმალური და მაქსიმალური ტემპერატურების ზრდას, მაშინ როდესაც ამავე რეგიონში დაბლობზე განლაგებული სადგურების მონაცემების თანახმად მნიშვნელოვნად იზრდება მხოლოდ მინიმალური ტემპერატურები.

დათბობის პროცესი კარგად არის გამოხატული მთის მყინვარებზე, რასაც ადასტურებს ნახ. 1.19. აქ კარგად ჩანს ავსტრიაში და ალასკაზე მყინვარების უკან დახევის პროცესი.

პატგოცებს მყინვარი, ანტიტა 1873-2004



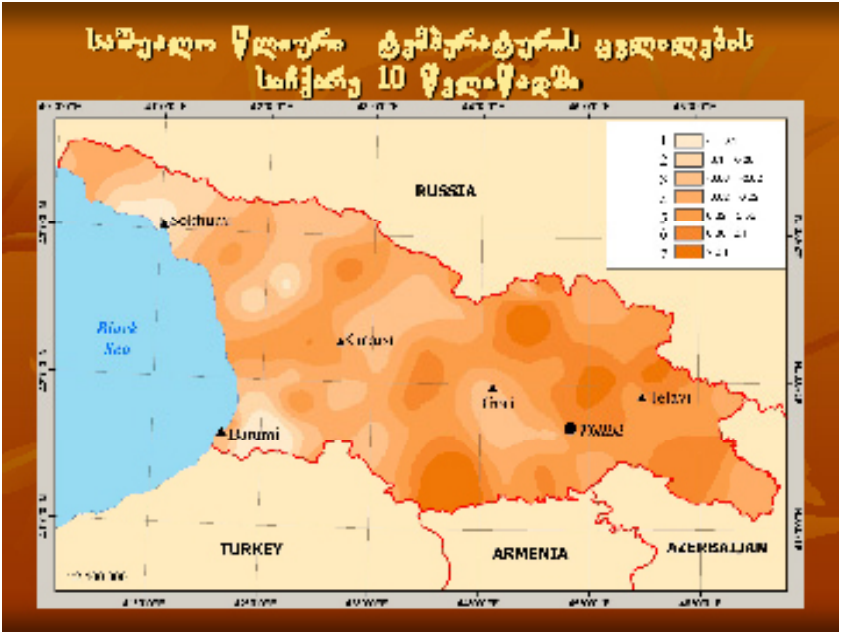
პოლოტუვს მყინვარი, ალანკა 1914-2004



ნახ. 1.19. მყინვარების უკან დახევის პროცესი

კლიმატის ცვლილების განსაკუთრებული თავისებურებით გამოირჩევა საქართველო. თანამედროვე გლობალური დათბობის საერთო ფონზე აღმოსავლეთ საქართველოში მიმდინარეობს ტემპერატურის ზრდა, ხოლო დასავლეთში - უმთავრესად კლება. საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდის ყველაზე მაღალი სიჩქარეები აღინიშნება ქვემო ქართლის ვაკეზე, ქართლის და კახეთის ქედებზე, ლიხის ქედის აღმოსავლეთ კალთებზე და ბორჯომის ხეობაში. ამ რაიონებში ტემპერატურის ზრდის ყოველწლიური

სიჩქარე აღემატება 0,005°C-ს. ტემპერატურის უმნიშვნელო კლებაა ჯავახეთის ზეგანზე (ნახ. 1.20).

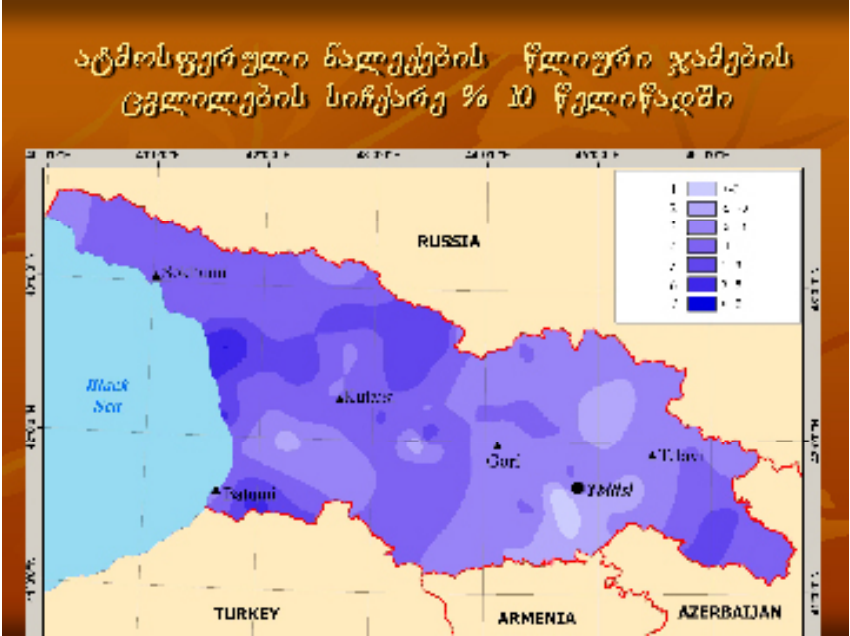


ნახ. 1.20. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე 10 წელიწადში

დასავლეთ საქართველოს ტერიტორიის დიდ ნაწილზე წლიური ტემპერატურების მნიშვნელოვანი ცვლილება არ შეინიშნება, ცალკეულ რაიონებში კი შეიმჩნევა აცივება. აცივება დამახასიათებელია კოლხეთის დაბლობის შიდა რაიონებისათვის, მესხეთის ქედის დასავლეთი ნაწილისა და მდინარე ენგურის ხეობის ზემო წელისათვის. დათბობის ცალკეული კერებია შავი ზღვის სანაპიროზე, აჭარაში ჩაქვის მახლობლად, იმერეთის მაღლობზე და რაჭის ქედზე. ტემპერატურის ცვლილების მიმართ განსაკუთრებით მგრძობიარეა იანვარი.

მრავალფეროვანია აგრეთვე ნალექების ცვლილების ხასიათი.

კოლხეთის დაბლობზე და აჭარის მთებში გასული საუკუნის განმავლობაში ნალექები იზრდებოდა საშუალოდ წმმ-ით ყოველ 10 წელიწადში, კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში კი ნალექები მცირდებოდა 9მმ სიჩქარით 10 წელიწადში (ნახ. 1.21).



ნახ. 1.21. ატმოსფერული ნალექების ცვლილების სიჩქარე % 10 წელიწადში

1.6 კლიმატის ცვლილების სცენარები

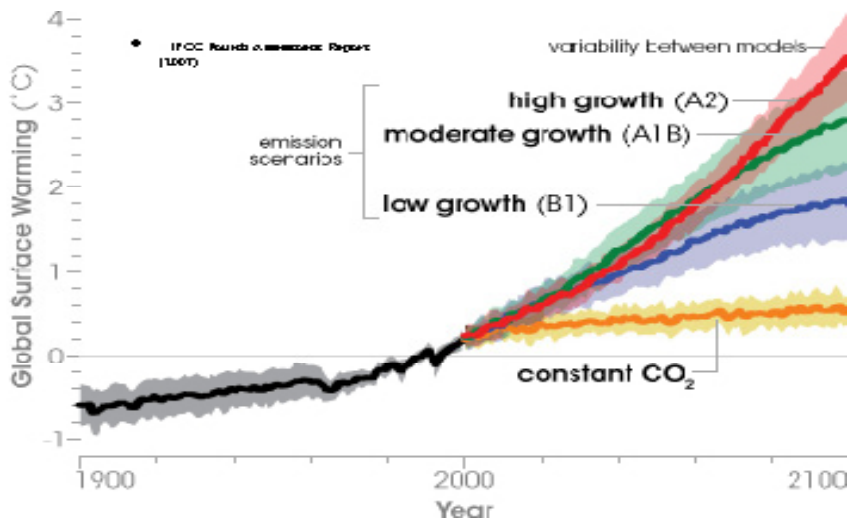
ჯერ კიდევ მ.ბუდიკომ და ო.დროზდოვმა, დაუშვეს რა გასული საუკუნის 70-იან წლებში ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის რაოდენობის ზრდის არსებული ტენდენციების შენარჩუნება, შეაფასეს XXI საუკუნეში მოსალოდნელი კლიმატური პირობები. მათი გაანგარიშებით XXI საუკუნის 20-ანი წლებისათვის ტემპერატურა საგრძნობლად გაიზრდება. მისი ნამატი არქტიკულ აუზში მიაღწ-

ეკს 12-150-ს ივლისში და 15-200-ს იანვარში. ზომიერ განედებში ტემპერატურა შესაბამისად გაიზრდება 2-5 და 10-150-ით. ამრიგად მ.ბუდიკოს და ო.დროზდოვის თანახმად, მიმდინარე საუკუნის 20-იანი წლების თერმული რეჟიმი მიუახლოვდება ადრეული პლიოცენის ეპოქის პირობებს.

გერმანელი მეცნიერის ჯ.მერსერის და აკადემიკოს ვ.კოტლიაკოვის აზრით 20-30-იანი წლებისათვის მოსალოდნელია დაირღვეს ანტარქტიკული მყინვარის დასავლეთი ნაწილი, რაც გამოიწვევს მსოფლიო ოკეანის დონის 5 მ-ით მომატებას. იგივე ბედი მოელის არქტიკულ მყინვარულ საფარებს.

მ.ბუდიკოს აზრით ამ დროისათვის კავკასიისა და შუა აზიის მყინვარებზე ნალექების რაოდენობა მოიმატემს შესაბამისად 75 და 100-150 მმ-ით, იანვრის საშუალო ტემპერატურა - 7-80-ით, ხოლო ივლისის ტემპერატურა უცვლელი დარჩება.

დღეისათვის ცნობილია დედამიწის მომავალი კლიმატის მრავალრიცხოვანი სცენარები. მეცნიერთა ჯგუფმა მსოფლიოს მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით დაამუშავა გლობალური კლიმატის 4 სცენარი (Climate change, 1996) — A,B,C და D. A სცენარის თანახმად მიმდინარე საუკუნეში გლობალური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე ყოველ 10 წელიწადში იქნება 0,3°C, B სცენარის თანახმად - დაახლოებით 0,2°C, ხოლო C და D სცენარების თანახმად - შესაბამისად 0,1°C -ზე რამდენადმე მეტი და დაახლოებით 0,1°C. ეს იმას ნიშნავს, რომ გლობალური ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე XXI საუკუნეში XX საუკუნესთან შედარებით გაიზრდება A სცენარის განხორციელების შემთხვევაში 0,25°C -ით, B სცენარის განხორციელების შემთხვევაში 0,15°C -ით ხოლო C და D სცენარების განხორციელების შემთხვევაში - დაახლოებით 0,05°C -ით. თუ დათბობის პროცესი სანყის ეტაპზე წრფივად წარიმართება, რაც სავსებით დასაშვებია, უნდა ვივარაუდოთ, რომ ცალკეულ ლანდშაფტებში ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე გაიზრდება ანალოგიური სიდიდეებით. მაშინ მოსალოდნელია, რომ ჰუმიდურმა ლანდშაფტებმა თანდათანობით გათბობა დაიწყოს. არაჰუმიდური ლანდშაფტები უფრო სწრაფად გათბებიან.



ნახ. 1.22. ტემპერატურის ცვლილება სხვადასხვა სცენარების მიხედვით

ნახ.1.22-ზე წარმოდგენილია ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილება სხვადასხვა სცენარების მიხედვით. ჩგლობალური ტემპერატურის ყველაზე მნიშვნელოვანი ზრდა მოსალოდნელი A2 სცენარის განხორციელების შემთხვევაში (წითელი ხაზი). ამ შემთხვევაში მიმდინარე საუკუნის დასასრულს გლობალური ტემპერატურა დაახლოებით 3.50-ით გაიზრდება. A1 და B სცენარების შემთხვევაში ტემპერატურა გაიზრდება 2.5-2.70-ით(მწვანე ხაზი). B1 სცენარის შემთხვევაში ტემპერატურა მოიმატებს 1.5-1.60-ით (ლურჯი ხაზი), ხოლო ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მუდმივობის დაშვების შემთხვევაში, საუკუნის დასასრულს ტემპერატურა მხოლოდ 0.40-ით მოიმატებს (ყვითელი ხაზი ნახაზზე).

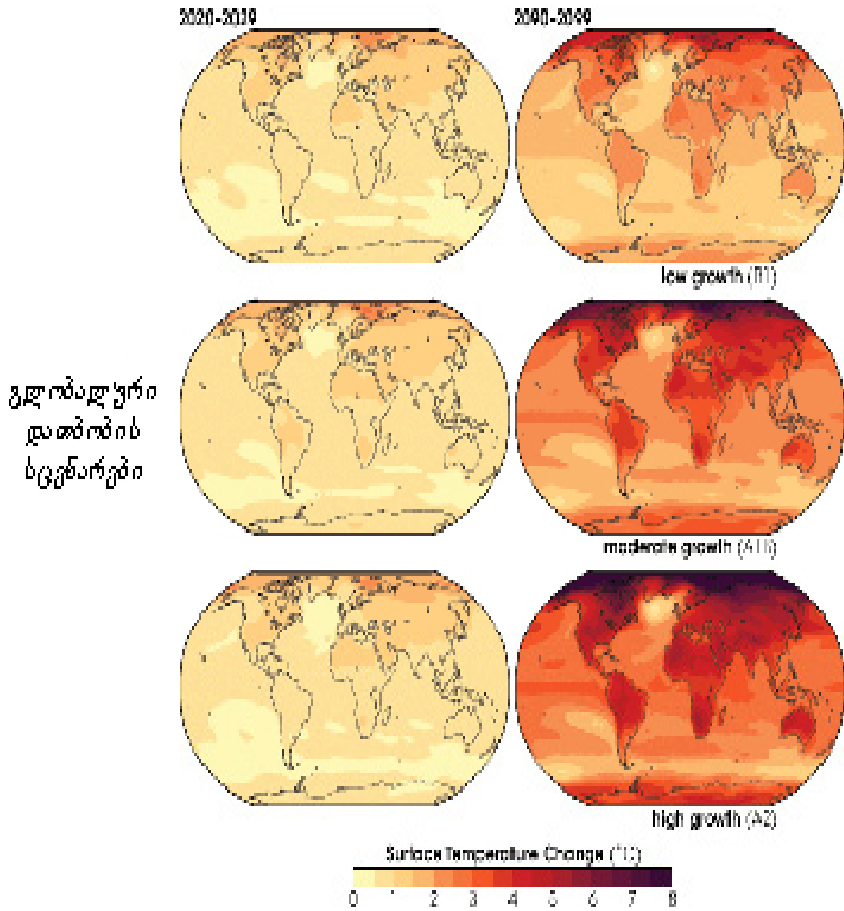
ნახ. 1.23-ზე წარმოდგენილია გლობალური დათბობის სცენარები მთელი დედამიწისათვის 2020-2029(მარცხნივ) და 2090-2099 (მარჯვნივ) წლებში.

ყველაზე სახიფათო A2 სცენარის შედეგები ნახაზზე ნაჩვენებია

ქვედა სურათზე. ჩ განხილვიდან ჩანს, რომ A2 სცენარის განხორციელების შემთხვევაში მიმდინარე საუკუნის 20-30-იან წლებში ტემპერატურა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში 2-30-მდე გაიზრდება (მარცხენა სურათი), ხოლო საუკუნის დასასრულს ტემპერატურის ნაზარდი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთზე 80-მდე მიაღწევს (მარჯვენა სურათი).

A1 და B სცენარების შედეგები წარმოდგენილია ნახ. 1.27-ის შუა სტრიქონში განლაგებულ სურათებზე. ამ შემთხვევაში ტემპერატურის მატება შედარებით ნაკლები სიდიდით არის მოსალოდნელი და საუკუნის დასასრულს ის 6-70-მდე მიაღწევს.

ნახ. 1.23-ის პირველ სტრიქონში ნაჩვენებია გლობალური დათბობის სცენარები ყველაზე მისაღები B1 სცენარის მიხედვით. ამ შემთხვევაში მიმდინარე საუკუნის დასასრულს ჩრდილოეთ ნახევარსფერო 3-40-ით გათბება, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში ტემპერატურა მხოლოდ 1-30-ით მოიმატებს.



ნახ. 1.23. გლობალური დათბობის სცენარები 2020-2029(მარცხნივ) და 2090-2099 (მარჯვნივ) წლებში

საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში გათვლილი იყო ტემპერატურის ცვლილების სცენარები კავკასიისათვის. თუ განხორციელდება A სცენარი კავკასიის ზოგიერთ ბუნებრივ ლანდშაფტებში გარკვეული ცვლილებები შესაძლებელია მხოლოდ

XXI საუკუნის დასასრულს. დაბლობ რაიონებში ამ შემთხვევაში მოსალოდნელია ზომიერი ლანდშაფტების ტრანსფორმაცია სუბტროპიკულში. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ცვლილებები რამდენადმე მოგვიანებით (1,5-2 საუკუნე) შეიძლება მოხდეს მთის ლანდშაფტებში. კერძოდ მოხდეს მათი გადმონაცვლება თითო საფეხურით ქვემოდ.

სცენარის განხორციელების შემთხვევაში ანალოგიურ ცვლილებებს დასჭირდება დაბლობში 2,0-2,5, ხოლო მთებში - დაახლოებით 3,0-3,5 საუკუნე. C და D სცენარების განხორციელების პირობებში კი ლანდშაფტთა ტიპების იგივე თანმიმდევრობით გადანაწილება მოსალოდნელია ვაკეში 4-5, ხოლო მთებში 7-10 საუკუნის შემდეგ. რა თქმა უნდა ეს მხოლოდ თეორიული გათვლებია და მათი პროგნოზული მნიშვნელობა არ არის დიდი.

1.7. გაუდაბნოება, მისი ძირითადი რაიონები და მიზეზები

გაუდაბნოება ნიშნავს მიწის დეგრადაციას არიდულ, ნახევრად არიდულ და მშრალ სუბჰუმიდურ რაიონებში, გამონვეულს სხვადასხვა ფაქტორებით, მათ შორის კლიმატური ცვლილებებით და ადამიანის საქმიანობით. აუდაბნოების შედეგის ერთ-ერთი ფრაგ-

მენტი ნაჩვენებია ნახ. 1.24-ზე.



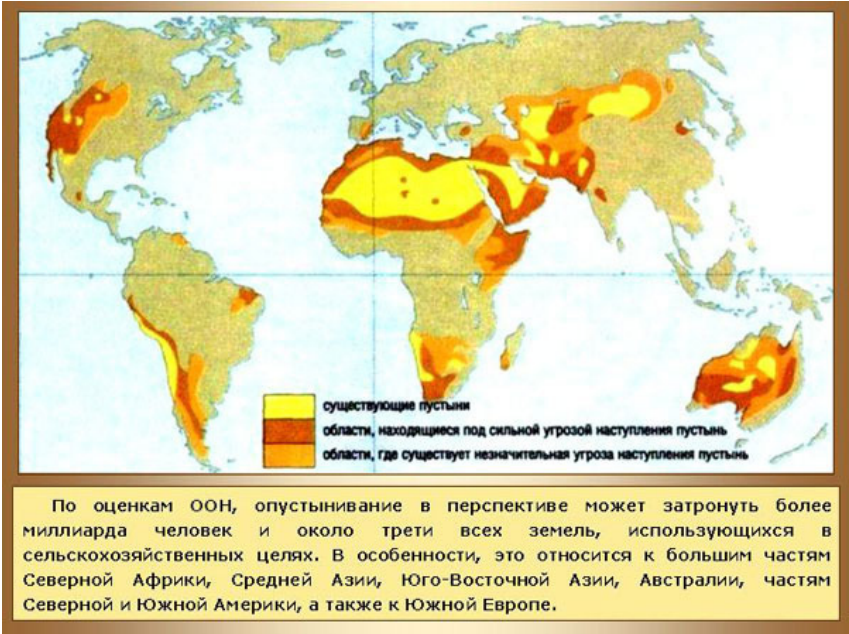
ნახ. 1.24. გაუდაბნოების შედეგები

გაუდაბნოება უკვე დიდი ხანია, რაც მსოფლიოს მთელი რიგი ქვეყნების ძირითად ეკონომიკურ, სოციალურ და გარემოსდაცვით პრობლემად იქცა. ამიტომაც ჯერ კიდევ 1977 წელს გაეროს სპეციალურმა კონფერენციამ მიიღო გაუდაბნობასთან ბრძოლის სამოქმედო გეგმა. მიუხედავად ამისა 1991 წელს გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის დასკვნის შესაბამისად მიწების დეგრადაციის პრობლემა უფრო გამწვავდა. ამასთან დაკავშირებით 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროში გამართულ კონფერენციამ თხოვნით მიმართა გაეროს გენერალურ ასამბლეას, რათა მომზადებულიყო გაუდაბნობასთან ბრძოლის კონვენცია. 1994 წლის 17 ივნისს პარიზში

მიღებულ იქნა აღნიშნული კონვენცია. ამჟამად მას ხელი მოაწერა 160-ზე მეტმა სახელმწიფომ.

საქართველომ აღნიშნულ კონვენციას ხელი მოაწერა 1994 წელს, ხოლო რატიფიკაცია მოახდინა 1999 წლის 23 ივლისს, რითაც ვალდებულია აიღოს შეიმუშავოს გაუდაბნოებასთან ბრძოლისა და გვალვის შედეგების შემცირებისაკენ მიმართული სათანადო ღონისძიებები.

ნახ.1.25-ზე წარმოდგენილია გაეროს მიერ გავრცელებული გაუდაბნოების საშიშროების ქვეშ არსებული მსოფლიოს გვალვიანი რაიონების რუკა.



ნახ.1.25. გაუდაბნოების რაიონები: 1-საკუთრივ გვალვიანი;

2-ნახევრადგვალვიანი;

3-მშრალი სუბჰუმიდური

რუკაზე ნაჩვენებია საკუთრივ გვალვიანი, ნახევრადგვალვიანი და მშრალი სუბჰუმიდური რაიონები. რუკიდან ჩანს, რომ გაუდაბნოების საშიშროება მოელის ხმელეთის ზედაპირის საკმაოდ მნიშვნელოვან ნაწილს. სადღეისოდ პლანეტარული მასშტაბით გაუდაბნოებას განიცდის სარწყავი მიწების 80%-ზე მეტი, ურწყავი მიწების 170 მილიონი ჰექტარი. გაუდაბნოება ყოველწლიურად უკარგავს და გამოუსადეგარს ხდის 6 მილიონ ჰექტარ ფართობს. გაუდაბნოებით აქტიურად ხელყოფილ მიწებზე მოსახლეობს მსოფლიოს 110 ქვეყნის 860 მილიონი კაცი, ანუ მთელი მსოფლიოს მოსახლეობის დაახლოებით 25%.

წარმოდგენილ რუკიდან ჩანს აგრეთვე, რომ აზიაში გაუდაბნოების ყველაზე აქტიური კერები კონტინენტის ცენტრალურ ნაწილშია და უკავია ყაზახეთის, უზბეკეთის, ყირგიზეთის, თურქმენეთის და ტაჯიკეთის ტერიტორიები. ამ ქვეყნებისათვის დამახასიათებელია თბილი ჰავა და ატმოსფერული ნალექების მცირე რაოდენობა, რის გამოც ხშირია ხანგრძლივი გვალვიანი პერიოდები. ასეთ გვალვიან ეკოსისტემებს გააჩნია გაუდაბნოების მაღალი რისკი, რასაც უნაღვექობასთან ერთად ხელს უწყობს გაიშვიათებული მცენარეული საფარი, აგრეთვე ქვიშიანი და დამლაშებული ნიადაგები.

გაუდაბნოება დიდ ზარალს აყენებს ჩინეთს. ქვეყნის პირდაპირი ფინანსური დანაკარგები გაუდაბნოების გამო წელიწადში 2-3 მილიარდ დოლარს შეადგენს, ხოლო 170 მილიონზე მეტი ადამიანი რჩება ყოველგვარი საარსებო საშუალებების გარეშე. ქვეყნის ჩრდილოეთ ნაწილში ყოველწლიურად გაუდაბნოება ვრცელდება დაახლოებით 210 ათას ჰა ფართობზე. ამჟამად გაუდაბნოებულია 20 მილიონამდე ჰა ტერიტორია და ანალოგიური პროცესი ვითარდება კიდევ 14 მილნ ჰა ფართობზე.

ყველაზე გვალვიან კონტინენტად ავსტრალიაა მიჩნეული, რადგანაც იქ გვალვას და გაუდაბნოებას განიცდის კონტინენტის ტერიტორიის დაახლოებით ორი მესამედი. ცალკეულ რაიონებში ფინანსური დანაკარგები ყოველწლიურად შეადგენს 30-40%-ს. დიდი ზარალი აქვს მიყენებული კონტინენტისათვის დამახასი-

ათებელ მდიდარ ბიომრავალფეროვნებას.

გაუდაბნოების ბუნებრივი ფაქტორებიდან ძირითადია კლიმატური ფაქტორი — გვალვა. ს.ხრომოვისა და ლ.მამონტოვას განმარტების თანახმად “გვალვა არის ხანგრძლივი პერიოდი გაზაფხულსა და ზაფხულში, რომლის დროსაც ნალექები ნორმაზე გაცილებით დაბალია, ჰაერის ტემპერატურა კი მაღალი, რის გამოც ნიადაგში არსებული ტენის მარაგი შრება და იქმნება მცენარის ნორმალური ზრდისა და განვითარებისათვის არახელსაყრელი პირობები, მინდვრის კულტურების მოსავლიანობა კი ეცემა ან მოსავალი ილუპება”.

გვალვა მიეკუთვნება კლიმატის კატასტროფულ მოვლენათა რიცხვს. ხშირად მოიცავს ათასობით კილომეტრ ტერიტორიებს. გვალვის დროს ილუპება, როგორც ბუნებრივი, ისე კულტურული მცენარეულობა. ცხოველთა ნაწილი ილუპება, ხოლო ნაწილი გაფდასახლდება სხვა რაიონებში.

კონტინენტების მხრივ გვალვიან რაიონებს ყველაზე დიდი ტერიტორია აზიაში უკავია. ასეთი რაიონების საერთო ფართობი იქ აღემატება 1,8 მილიარდ ჰექტარს, საიდანაც 1,4 მილიარდი ჰა განიცდის მნიშვნელოვან გვალვიანობას. აფრიკაში გვალვიან რაიონებს უკავია 1,4 მილიარდი ჰა ფართობი, აქედან მნიშვნელოვან გვალვას განიცდის 1 მილიარდ ჰა-ზე მეტი ფართობი. ავსტრალიაში გვალვიანი რაიონები მოიცავს 0,7 მილიარდ ჰა-ს, მნიშვნელოვნად გვალვიანი კი — 0,4მლრდ. ჰა-ს. ჩრდილოეთ ამერიკაში შესაბამისად გვაქვს 0,6 და 0,4 მლრდ. ჰა, სამხრეთ ამერიკაში —0,4 და 0,3 მლრდ.ჰა, ხოლო ევროპაში- 0,17 და 0,1 მლრდ.ჰა (იხ.ცხრილი 1.4).

ცხრილი 1.4. გვალვიანობის გავრცელება კონტინენტების მიხედვით

კონტინენტი	გვალვიანი რაიონების საერთო ფართობი, მილიარდი ჰა	განსაკუთრებით გვალვიანი რაიონების ფართობი, მილიარდი ჰა
აზია	1,8	1,4

აფრიკა	1,4	1
ავსტრალია	0,7	0,4
ჩრდილოეთ ამერიკა	0,6	0,4
სამხრეთ ამერიკა	0,4	0,3
ევროპა	0,17	0,1
სულ	5,07	3,6

მკაცრი გვალვები ეკონომიკურად სუსტად განვითარებულ ქვეყნებში იწვევენ მოსახლეობის მასობრივ სიკვდილიანობას და ემიგრაციას. ასეთი კატასტროფული გვალვების მაგალითებია სახელის, ეთიოპიის, სუდანისა და სხვა ცნობილი გვალვები.

კატასტროფული გვალვები აღინიშნება ევრაზიის ტერიტორიაზეც. მაგალითად 1976 წელს გვალვამ მოიცვა მთელი დასავლეთი ევროპა და დიდი ზარალი მიაყენა მთელ რიგ ქვეყნებს. გვალვებმა ძლიერი ხანძრები გამოიწვიეს საფრანგეთში. განადგურდა ტყეების დიდი მასივები. ინგლისში გვალვების შედეგად წყლის მარაგი შემცირდა 40-70 %-მდე. პარლამენტი იძულებული გახდა გამოეცა კანონი სასმელი წყლით სარგებლობის შეზღუდვის შესახებ.

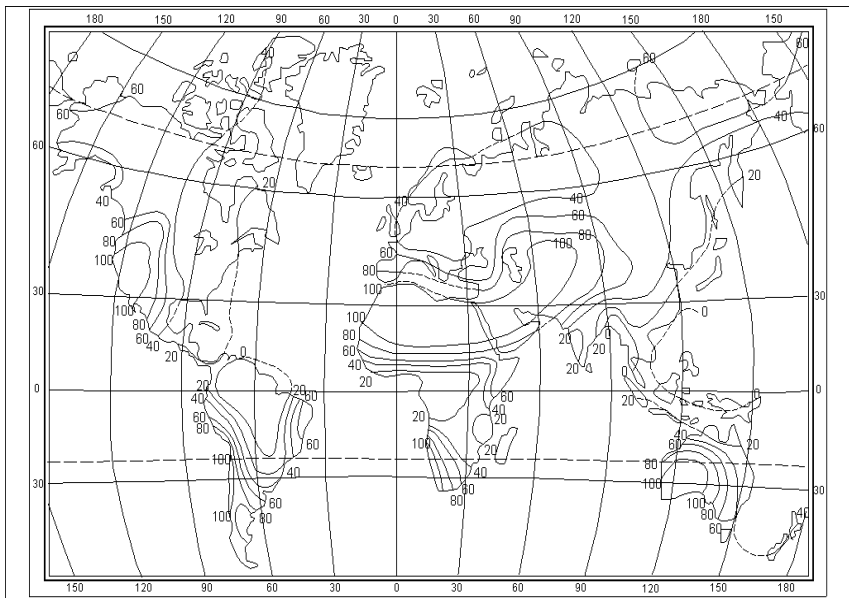
გვალვა განსაკუთრებით საშიშია ზაფხულში. მაღალი ტემპერატურა, ჰაერის დაბალი ტენიანობა და ძლიერი აორთქლება ამრობს ნიადაგის ზედა ფენებს, აფერხებს ვეგეტაციური მასის დაგროვებას, ამცირებს მცენარის კვირტს და ზრდის ფესვებს, საერთო ჯამში კი ამცირებს ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობას.

ცნობილია გვალვიანობის მთელი რიგი აგრომეტეოროლოგიური მახასიათებლები (ცხრილი 1.5). მაგალითად, ჯერ კიდევ XIX საუკუნის დასასრულს ვ.დოკუჩაევმა გვალვიანობის შესაფასებლად შემოიღო ატმოსფერული ნალექების და აორთქლებადობის თანაფარდობა. აორთქლებადობა ნიშნავს პოტენციურად შესაძლო აორთქლებას. ბ.ლივინგსტონმა 1921 წელს ამერიკის შეერთებული შტატების კლიმატის სიმშრალის გამოსაკვლევად გამოიყენა ნალექების შეფარდება აორთქლებასთან. 1934 წელს რ.დავიდმა ამ მიზნებისათვის დაასაბუთა ჰაერის სინოტივის დეფიციტის გამოყენების შესაძლებლობა. გ.სელიანინოვმა შემოიღო ე.წ. ჰიდროთერ-

მული კოეფიციენტი, რომელიც განისაზღვრება, როგორც ნალექების შეფარდება ტემპერატურების ჯამთან. 1948 წელს ვ.პოპოვმა ჰავის სიმშრალის დასახასიათებლად შემოიტანა ე.წ. ეფექტური ნალექების ცნება, ეს ნალექების ის ნაწილია, რომელიც გამოიყენება მცენარის მიერ. ნ.ბოვამ გვალვიანობის ინდექსის განსაზღვრისას ნალექებსა და ტემპერატურასთან ერთად ფორმულაში გაითვალისწინა ნიადაგში არსებული პროდუქტიული ტენის მარაგიც. თორნვეიტის ინდექსი, რომელმაც ფართო გამოყენება ჰპოვა 50-60-იან წლებში, შეიცავს აორთქლებადობას, წყლის დეფიციტს და წყლის სიჭარბეს. გასული საუკუნის 90-იან წლებში გვალვების ინტენსივობის დასახასიათებლად სანქტ-პეტერბურგის ა.ვოეიკოვის სახელობის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში შემოტანილი იყო ე.წ. ბუნებრივი მეტეოროლოგიური კომპლექსები.

ცხრილი 1.5. გვალვიანობის აგრომეტეოროლოგიური მახასიათებლები

მახასიათებელი	ავტორი
ატმოსფერული ნალექების და აორთქლებადობის თანაფარდობა	ვ.დოკუჩაევი
ნალექების შეფარდება აორთქლებასთან	აშშ
ჰაერის სინოტივის დეფიციტი	რ.დავიდი
ჰიდროთერმული კოეფიციენტი - ნალექების შეფარდება ტემპერატურების ჯამთან	გ.სელიანინოვი
ეფექტური ნალექები - ნალექების ის ნაწილია, რომელიც გამოიყენება მცენარის მიერ	ვ.პოპოვი
ნიადაგში არსებული პროდუქტიული ტენის მარაგი	ნ.ბოვა
აორთქლებადობა, წყლის დეფიციტი და წყლის სიჭარბე.	თორნვეიტი



ნახ. 1.26. გვალვების განმეორადობა ბ.საზონოვის მიხედვით(%)

მიუხედავად გვალვების აგრომეტეოროლოგიური მახასიათებლების დიდი სიმრავლისა, გვალვის ყველაზე საიმედო მაჩვენებლად მიჩნეულია ნიადაგის ტენიანობა, კერძოდ გაზაფხულზე ტენის მარაგი ნიადაგის ფესვთა წარმოქმნელ შრეში. ტერიტორიის ტენით უზრუნველყოფის კრიტიკულ ნორმად მიღებულია ნალექების ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში 150-200 მმ. ფარგლებში.

დღეისათვის შექმნილია გვალვების მთელი რიგი კატალოგები, რომლებიც ახასიათებენ გვალვიანობის ინტენსივობას დედამიწის სფეროს სხვადასხვა რაიონში. ერთ-ერთი ასეთი კატალოგი, რომელიც დამუშავდა სანქტ-პეტერბურგის მთავარ გეოფიზიკურ ობსერვატორიაში, მოიცავს საუკუნოვან ინფორმაციას (1891-2000წ.წ) გვალვების შესახებ ევროპაში, ამერიკის შეერთებულ შტატებში, კანადაში, ინდოეთში, მექსიკაში, სახელში და ავსტრალიაში. ამ მონაცემების საფუძველზე შედგენილია გვალვების გავრცელების

რუკა (იხ. ნახ. 1.26).

რუკის თანახმად, გვალვა ყოველწლიურად აღინიშნება ჩრდილოეთ და უკიდურეს სამხრეთ აფრიკაში, ცენტრალურ აზიაში, ახლო აღმოსავლეთში, დასავლეთ ავსტრალიაში, ჩრდილოეთ ამერიკაში — კლდოვან მთებში, სამხრეთ ამერიკაში — ჩილეში. რამდენადმე ნაკლებია გვალვების განმეორადობა (80%) ხმელთაშუაზღვის აუზში, სამხრეთ ციმბირში, დასავლეთ ევროპაში. ჩველვა თითქმის 2 წელიწადში ერთხელ მოსალოდნელია ევრაზიის ტერიტორიის დიდ ნაწილზე, ჩრდილოეთ ამერიკის დასავლეთ ნაწილში, სამხრეთ ამერიკაში (ამაზონის აუზის გამოკლებით), და ავსტრალიის აღმოსავლეთ ნაწილში.

გაუდაბნოების მნიშვნელოვანი მიზეზებია ანთროპოგენური ფაქტორი და სოციალურ-ეკონომიკური პირობები. კაცობრიობის ისტორიის განმავლობაში მშრალი მიწების დეგრადაცია მუდმივად მიმდინარეობდა. შორეულ წარსულში ის შემთხვევით ხასიოთს ატარებდა და შემოისაზღვრებოდა მცირე ტერიტორიებით. დაწყებული XVI საუკუნიდან, მას შემდეგ რაც მთელ მსოფლიოში გავრცელება დაიწყო დასავლეთ ევროპისათვის დამახასიათებელმა წარმოების, ფინანსური ურთიერთობების და ვაჭრობის თანამედროვე სისტემამ, მიწების დეგრადაციის ტემპი სწრაფად გაიზარდა თითქმის ყველა გვალვიან რეგიონში. რა თქმა უნდა ეს არ აიხსნება მხოლოდ კლიმატური ფაქტორებით, მას მნიშვნელოვან წილად განაპირობებდნენ გლობალური და ადგილობრივი ხასიათის სოციალურ-ეკონომიკური პროცესები.

აქადის იმპერია, რომელსაც ჩვენს წელთაღრიცხვამდე XXVI-XXIII საუკუნეებში ეკავა თანამედროვე მესოპოტამიის ტერიტორია, დაეცა ოკეანური დინებების გათბობის შედეგად გამოწვეული ხანგრძლივი გვალვების გამო. იმპერიაში შექმნილი მკვეთრი სოციალური დანაწევრება და ცენტრალური ეკონომიკური სისტემა უძლურნი აღმოჩნდნენ ამ სტიქიური მოვლენის წინაშე. ხმელთაშუაზღვის აუზის ქვეყანებში მიწების დეგრადაცია აქტიურად მიმდინარეობდა რომის იმპერიის ეპოქაშიც. ამის ძირითადი მიზეზი იყო მოსახლეობის და არმიის მიერ ტყის და სანოვაგის მუდმივად

მზარდი გამოყენება. ალბათ იგივე მიზეზის გამო დაეცნენ ინდი-ელების ცნობილი ქალაქი-სახელმწიფოები.

200 ათასზე მეტი ადამიანი დაიღუპა ცნობილი სახელის გვალვების დროს აფრიკაში 1968-1974 წლებში. თავდაპირველად შიმშილის მიზეზი იყო გვალვა, მაგრამ ტრაგედიის გამწვავება გამოიწვია სოციალურმა ფაქტორებმა. მეურნეობის არასწორმა წარმართვამ და აგრეთვე საბაზრო და პოლიტიკური ძალების ზემოქმედებამ გააქტიურა მინების დეგრადაციის პროცესი.

მსოფლიოს მთელ რიგ ქვეყნებში მინების დეგრადაციის ძირითადი მიზეზი ადამიანის მოღვაწეობაა, რაც გამოიხატება არარაციონალურ მინათსარგებლობაში და მცენარეული საფარის განადგურებაში. ამ მიზეზების გამო ჩინეთის სამხრეთის 11 პროვინციაში წყლისმიერი ეროზია გავრცელდა დაახლოებით 48,11 მლნ.ჰა-ზე, რომელთაგანაც 6,8 მლნ.ჰა მთლიანად განადგურდა. ეს ნიშნავს, რომ თვითეული ჰექტარი ყოველწლიურად კარგავს 50-80 ტონა ნიადაგს.

ცენტრალურ აზიაში მინების დეგრადაციის ძირითადი მიზეზი წყლის რესურსების არარაციონალური გამოყენება და მცენარეულობის სათბობად გამოყენებაა. არალის ზღვის აუზში ორი დიდი მდინარეა ამუდარია და სირდარია, მაგრამ დანყებული 1987 წლიდან მათ არც ერთი წვეთი წყალი არ ჩააქვთ არალის ზღვაში. მდინარეების წყალი მთლიანად იხარჯება მორწყვაზე. ამის გამო ვარაუდობენ, რომ 2020 წლისათვის არალის ზღვის ფართობი 40780 კვ.კმ დან შემცირდება 94 00 კვ.კმ.მდე.

მინების დეგრადაციას მნიშვნელოვნად ხელს უწყობს აგრეთვე ანთროპოგენური მიზეზით გამოწვეული ქარისმიერი ეროზია, სარწყავი მინების დამლაშება და ტექნოგენური გაუდაბნობა. მინების დეგრადაციის შედეგად გარდაუვალია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ცვლილება, რაც გამოიხატება ეკოსისტემების პროდუქტიულობის შემცირებაში და საერთო გაღარიბებაში. მცენარეთა ძვირფასი სახეობები განიდევნებიან სარეველების მიერ. მხოლოდ კოპეტდაღში გასულ საუკუნეში გაქრა “ნითელ ნიგნში” შეტანილი მცენარის სამი ძვირფასი სახეობა. ამჟამად ცენტრალურ

აზიაში განადგურების საშიშროების ქვეშ იმყოფება მცენარეთა 70-ზე მეტი იშვიათი სახეობა.

ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად ღარიბდება დამახასიათებელი ფაუნა. ცენტრალურ აზიაში განადგურების საშიშროება მოელის ცხოველთა 10 ადგილობრივ სახეობას, მათ შორის ჯეირანს.

1.8. კლიმატის თანამედროვე ცვლილება და გაუდაბნობა

არსებული მრავალრიცხოვანი ლიტერატურის თანახმად უკანასკნელ ათწლეულებში თითქმის ყველა კონტინენტზე აღინიშნება განსაკუთრებით მკაცრი გვალვები. 1972 წელს დაიწყო და თითქმის საუკუნის დასასრულამდე გაგრძელდა ერთ-ერთი ყველაზე კატასტროფული სუდანო-სახელის გვალვა აფრიკაში. იმავე წელს დაიწყო და 1975-1976 წლებში პიკს მიაღწია ხანგრძლივმა გვალვებმა დასავლეთ ევროპაში. ზოგიერთი მონაცემებით ეს იყო ყველაზე მკაცრი გვალვა დაწყებული 1698 წლიდან.

ამერიკის შეერთებულ შტატებში 1977 წლის გვალვა ყველაზე მკაცრი იყო 40 წლის პერიოდის განმავლობაში, ხოლო კანადაში XX საუკუნის განმავლობაში ყველაზე მკაცრი გვალვები აღინიშნა 1984 და 1988 წლებში.

უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში გვალვები გააქტიურდა აგრეთვე ჩრდილოეთ აფრიკაში, ხმელთაშუაზღვისპირეთში, ციმბირში, ახლო აღმოსავლეთში, ცენტრალურ აზიაში, კავკასიაში.

დენდროკლიმატური ინფორმაცია საშუალებას გვაძლევს დავაკვირდეთ გვალვების განმეორადობის დინამიკას უკანასკნელი 300 წლის განმავლობაში. მონაცემები ადასტურებენ გვალვიანობის გააქტიურებას თითქმის ყველა კონტინენტზე. გამოთვლების თანახმად უკანასკნელი 70-80 წლის განმავლობაში გვალვების განმეორადობა 2 ჯერ გაიზარდა, რასაც კარგად ეთანხმება ამავე პერიოდში ტბების დონის დაცემა და ტერიტორიების გაუდაბნოების საერთო ზრდა.

უკანასკნელ ათწლეულებში გვალვების გააქტიურების ერთ-

ერთი მიზეზი შეიძლება იყოს კლიმატის თანამედროვე ცვლილება. XIX საუკუნის დასასრულს დაიწყო ცნობილი “არქტიკის დათბობა”, რამაც მაქსიმუმს გასული საუკუნის 30-იან წლებში მიაღწია. დათბობა განსაკუთრებით კარგად იყო გამოხატული მაღალი განედების ატლანტიკურ სექტორში. უფრო მძლავრი აღმოჩნდა უკანასკნელი დათბობა, დაწყებული 80-იანი წლებიდან. ჩგაეროს ეგიდით ჩატარებული გამოკვლევების თანახმად ამ პროცესის შედეგად გასული საუკუნის განმავლობაში დედამიწის გლობალური ტემპერატურა გაიზარდა დაახლოებით $0,5^{\circ}\text{C}$ -ით. გლობალურმა დათბობამ გამოიწვია რეგიონალური კლიმატების ცვლილებები, მოხდა ნალექების გადანაწილება.

გამოკვლევების შედეგად დადგინდა, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში ატმოსფეროს ზოგადმა ცირკულაციამ ევროპულ სექტორში მნიშვნელოვანი ცვლილებები განიცადა. ატმოსფეროს წნევა მაღალ განედებში შემცირდა, დაბალ და ზომიერ განედებში გაიზარდა და ცენტრი გადაადგილდა სამხრეთ-აღმოსავლეთ-აფრიკის ცენტრალურ რაიონებში და სახელის ზონაზე.

წნევის გაზრდამ და ანტიციკლონების გაძლიერებამ დაბალ განედებში ხელი შეუწყო თბილი ზამთრებისა და გვალვების განმეორადობათა გაზრდას, გაუდაბნოების არეალის გაფართოებას. ამრიგად კლიმატის ცვლილების ბუნებრივ პროცესებმა გააქტიურა გაუდაბნოების პროცესები ევრაზიის ვაკეებზე, ჩრდილოეთ აფრიკაში, ხმელთაშუაზღვისპირეთში, დასავლეთ და აღმოსავლეთ ციმბირში. ჩამოთვლილი რეგიონები შემდგომშიც გაუდაბნოების ინტენსიურ ზონაში იქნებიან მოქცეულნი.

1.9. გვალვები და გაუდაბნოების პრობლემა საქართველოში

დიდი ქართველი მამულიშვილი, გამოჩენილი გეოგრაფი, ისტორიკოსი და მოგზაური ვახუშტი ბატონიშვილი XVIII საუკუნეში წერდა, რომ ივრის ზეგანზე იცის “... ზაფხული ცხელი, ხაშმიანი, გაუძლისი”

ხაშმი ნიშნავს ადგილს ცუდი და მავნებელი ჰაერით, არაჯანსაღი ჰავით. ვახუშტის ასეთი დახასიათება მიუთითებს იმაზე, რომ ივრის ზეგანი და მისი მიმდებარე ტერიტორიები გაუსაძლისი, გვალვიანი ზაფხულით ხასიათდებოდნენ.

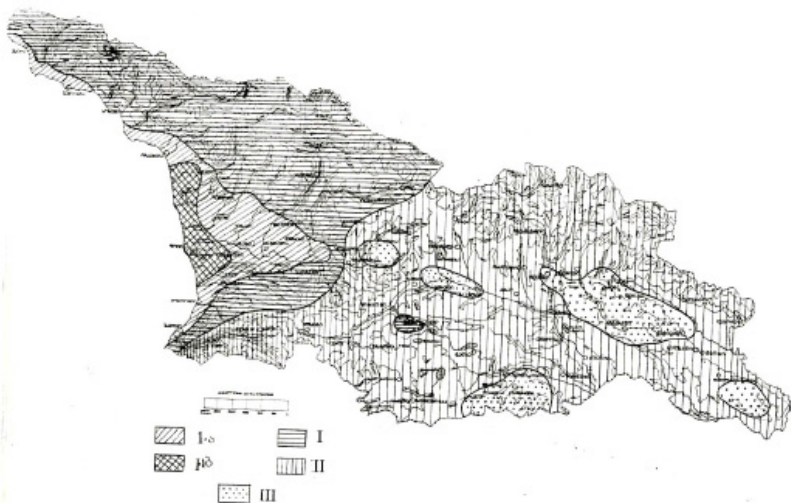
გვალვის ჩამოყალიბებას ძირითადად სამი ფაქტორი განაპირობებს — უნაღეჭობა (ან მცირე ნაღეჭები), მაღალი ტემპერატურული ფონი და ნიადაგში პროდუქტიული ტენის მარაგის დეფიციტი. სამივე ფაქტორის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ როგორც ნაღეჭების სიმცირის, ისე მაღალი ტემპერატურების და ნიადაგში ტენის დეფიციტის მხრივ სწორედ ივრის ზეგანი და ქვემო ქართლი გამოირჩევა.

საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნაღეჭების წლიური ჯამები დიდ ფარგლებში იცვლება — 400-დან 4500 მმ-მდე. უმცირესი ნაღეჭები სწორედ უკიდურეს აღმოსავლეთ რაიონებში მოდის. შირაქის ვაკეზე ზოგჯერ მთელი წლის განმავლობაში 100 მმ-ზე მეტი ნაღეჭი არ მოდის. გამოკვლევების თანახმად ყველაზე ხანგრძლივი უნაღეჭო პერიოდებიც სწორედ აღმოსავლეთ საქართველოში აღინიშნება, კერძოდ გარდაბნის, დედოფლისწყაროს, გურჯაანის, საგარეჯოს და სხვა რაიონებში. მაგალითად თუ უნაღეჭო პერიოდის უწყვეტი ხანგრძლივობა დასავლეთ საქართველოში არ აღემატება 15 დღეს, ზემოთ ჩამოთვლილ რაიონებში ეს ხანგრძლივობა 25 დღეზე მეტია.

ტემპერატურული ფონიც ყველაზე მაღალი ივრის ზეგანზე და ქვემო ქართლშია, აქ ივლისის საშუალო ტემპერატურა 250-ს აღემატება. მაღალი ტემპერატურების უწყვეტი ხანგრძლივობაც გაცილებით მეტია, ვიდრე საქართველოს სხვა რეგიონებში.

საქართველოს ნიადაგებში არსებული პროდუქტიული ტენის მარაგის დინამიკის გამოკვლევის საფუძველზე გამოყოფილია 5 აგროპედალოგიური ზონა: ძლიერი განწყლიერების, ზომიერი განწყლიერების, სუსტი განწყლიერების, კაპილარული დატენიანების და გაზაფხულის სრული დასველების. თვითოეული ზონა ხასიათდება პროდუქტიული ტენის მარაგის თავისებური დინამიკით. აღმოსავლეთ საქართველოს გვალვასაშიშ რაიონებში გავრცელებუ-

ლია ნიადაგების კაპილარული დატენიანების (II) და გაზაფხულის სრული დასველების (III) ტიპები (იხ. ნახ.1.32). პირველი მათგანის შემთხვევაში ნიადაგის 1 მეტრიან ფენაში პროდუქტიული ტენის მარაგი შეადგენს 100-200მმ-ს, ხოლო მეორე შემთხვევაში 50-150მმ-ს, მაშინ როდესაც დასავლეთ საქართველოში გავრცელებული ტიპებისათვის ტენის მარაგი 400მმ-ს აღემატება.

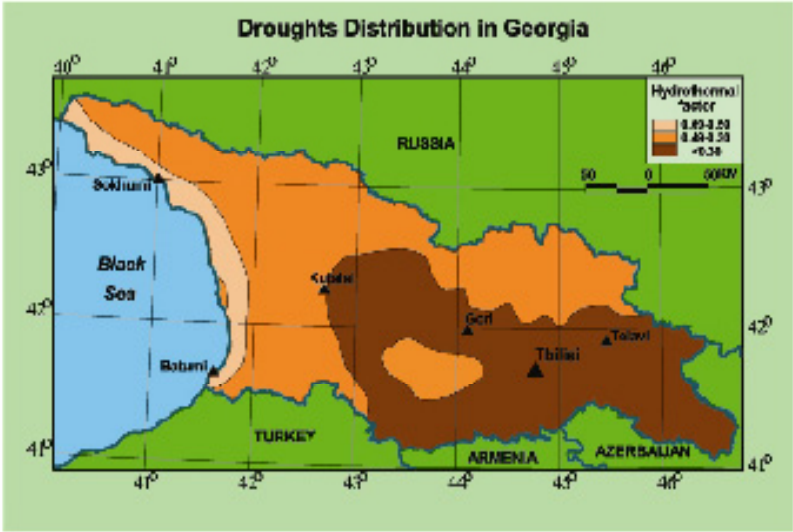


ნახ. 1.27. საქართველოს აგროჰიდროლოგიური რაიონები: II-ა-ძლიერი განწყლოვანების; I-ა-ზომიერი განწყლოვანების; I-სუსტი განწყლოვანების; II-კაპილარული დატენიანების; III-გაზაფხულის სრული დასველების ტიპები

ნახ. 1.28-ზე წარმოდგენილია საქართველოს დარაიონება გვალვის ინტენსივობის მიხედვით. რუკაზე ნაჩვენებია ინტენსივობის სამი რაიონი: ძლიერი ინტენსიური გვალვების რაიონი (ნახ.-ზე ყავისფრად არის აღნიშნული), საშუალო ინტენსივობის (ნარინჯისფერი) და სუსტი ინტენსივობის გვალვის (ზღვის სანაპირო

ზოლი) რაიონები. ძლიერ ინტენსიურ გვალვიან რაიონად მიჩნეულია რაიონი, სადაც ჰიდროთერმული კოეფიციენტი 0.30-ზე ნაკლებია. საშუალოინტენსიურ გვალვიან რაიონში ჰიდროთერმული კოეფიციენტი შეადგენს 0.30-0.40-ს, ხოლო სუსტი ინტენსივობის გვალვიან რაიონში ჰიდროთერმული კოეფიციენტი შეადგენს 0.40-0.50-ს.

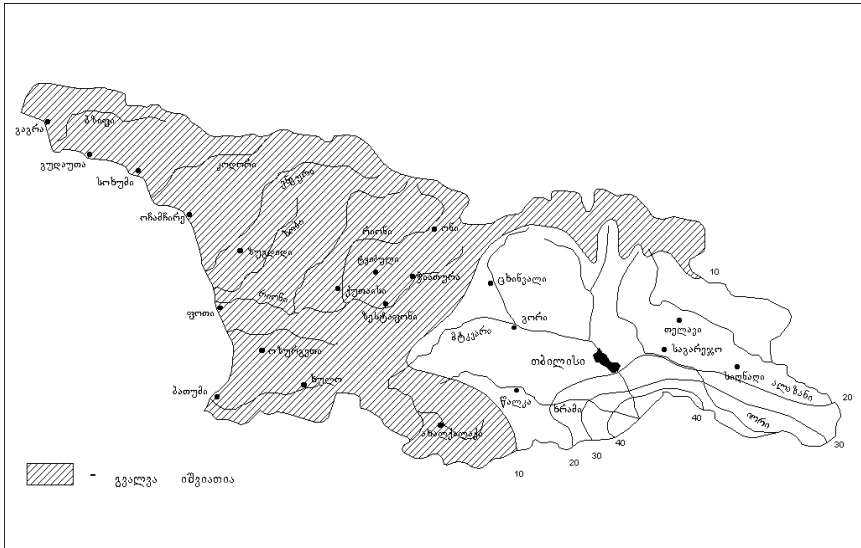
გვალვა



ნახ. 1.28. გვალვის ინტენსივობა

ზემოთ განხილული გვალვის ფორმირების ძირითადი ფაქტორების და აგრეთვე გვალვის ინტენსივობის ანალიზიდან გამომდინარე საქართველოში ყველაზე გვალვასაშიშ რაიონებად შეიძლება ჩაითვალოს მთლიანად აღმოსავლეთ საქართველო, ხოლო განსაკუთრებით გარე კახეთი და ქვემო ქართლი. ამ დასკვნას კარგად შეესაბამება ნახ.1.29-ზე წარმოდგენილი საქართველოში მკაცრი გვალვების განმეორადობის ერთად-ერთი რუკა. მკაცრად

მიჩნეულია გვალვა, რომლის დროსაც სავეგეტაციო პერიოდში ნალექების ჯამი არ აღემატება 150მმ-ს. რუკის განხილვიდან გამომდინარეობს, რომ გვალვების განმეორადობა აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიის დიდ ნაწილზე 10%-ს აღემატება, მაქსიმალური კი ქვემო ქართლში და ივრის ზეგანზე სადაც აღემატება 30-40%-ს. დასავლეთ საქართველოში ასეთი გვალვა იშვიათია.

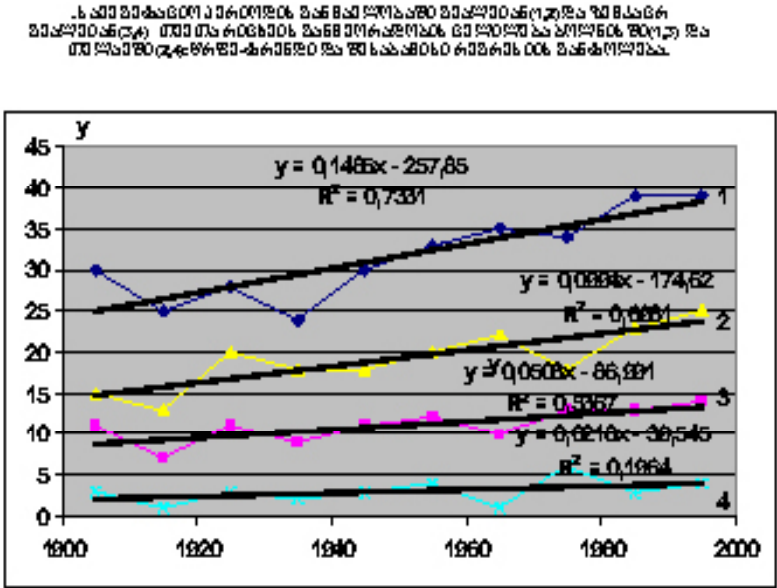


ნახ.1.29. მკაცრი გვალვების განმეორადობა (%)

გვალვის ალბათობა 2-3 წლის შემდეგ შედარებით ნაკლებია, ვიდრე ერთი წლის შემდეგ. ალბათობის რამდენადმე ზრდა აღინიშნება 4 წლის შემდეგ. შემდეგ ალბათობა მცირდება და მომდევნო მაქსიმუმები ემთხვევა 8-13 და 16 წლებს. გვალვის ალბათობის მსგავს სვლაზე მიუთითებდა ჯერ კიდევ გ.სელიანინოვი. ანალოგიური ციკლორობა გამოვლენილ იქნა ო.დროზდოვის მიერ ცენტრალური რუსეთის ვაკისათვის და ყაზახეთისათვის.

ნახ. 1.30-ზე წარმოდგენილია სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში გვალვიან და ძლიერ გვალვიან თვეთა რიცხვის განმეო-

რადობის ცვლილება 1900-2000 წლების განმავლობაში ბოლნისში და თელავში.



ნახ. 1.30. სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში გვალვიან (1,2) და ძლიერ გვალვიან (3,4) თვეთა რიცხვის განმეორადობის ცვლილება 1900-2000 წლების განმავლობაში ბოლნისში (1,3) და თელავში (2,4)

ნახ. 1.30-დან ნათლად ჩანს, რომ გვალვიან თვეთა რიცხვის განმეორადობა 1900-2000 წლების განმავლობაში წრფივად იზრდებოდა. მაგალითად ბოლნისში გვალვიან დღეთა განმეორადობა 1900 წელს 25%-ს შეადგენდა (იხ.ნახ. 1.35, წრფე 1), გასული საუკუნის 50-იან წლებში 32%-მდე გაიზარდა, ხოლო 2000 წელს თითქმის 40% შეადგინა. ამავე ნახ.-ზე მოცემულია განტოლებები, რომელთა საშუალებით შესაძლოა გამოვიანგარიშოთ გვალვიან თვეთა განმეორადობა ნებისმიერი წლისთვის.

საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს ოფიციალური ცნობით, საქართველოს სამხრეთ-

აღმოსავლეთში თითქმის 3000 კვ.კმ ფართობის ტერიტორია, რომელიც მოქცეულია ნახევრადუდაბნოს ზონაში, განუწყვეტლივ ზიანდება გვალვებისა და ქარისმიერი ეროზიისაგან — განიცდის გაუდაბნობას. ამას თან სდევს ნეგატიური სოციალური, ეკონომიკური და ეკოლოგიური ფუნქციების აქტივიზაცია. გაუდაბნობების ზონა მჭიდროდ ესაზღვრება მეჩხერ ტყეებს. გაუდაბნობების პროცესი კარგად არის გამოხატული ქიზიყში, გარე კახეთსა და ქვემო ქართლში. იმავე სამინისტროს ცნობით დედოფლისწყაროს რაიონში ზიანდება 120 ათასამდე ჰა, სიღნაღის და საგარეჯოს რაიონებში თითოეულში 47 ათასამდე ჰა, გარდაბნის რაიონში — 32 ათასი ჰა, ხოლო მარნეულის რაიონში — 30 ათასი ჰა.

თუ როგორ განვითარდება გაუდაბნობების პროცესი ამ რაიონებში შეგვიძლია ვიმსჯელოთ ქართველ კლიმატოლოგთა მიერ ჩატარებული გამოკვლევების საფუძველზე. გამოკვლევების თანახმად, გასულ საუკუნეში აღმოსავლეთ საქართველოში გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით ჰაერის ტემპერატურა იზრდებოდა. საშუალო წლიური ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე ყოველ 10 წელიწადში გარდაბანში შეადგენდა 0,070, მარნეულში — 0,060-ს, შირაქში 0,030-ს, საგარეჯოში 0,020-ს. მსოფლიოს მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის ეგიდით შემუშავებულია მიმდინარე საუკუნეში ტემპერატურის შესაძლო ცვლილების A, B, C და D სცენარები. A სცენარის თანახმად XXI საუკუნეში ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე ყოველ 10 წელიწადში იქნება 0,30, B სცენარის თანახმად — 0,20, C და D სცენარების თანახმად 0,1-0ზე მეტი და 0,10-ის ტოლი შესაბამისად. ამ სცენარების გათვალისწინებით საქართველოს სემიარიდულ ლანდშაფტებში, რომლებიც განიცდიან გაუდაბნობას ტემპერატურა უფრო სწრაფად გაიზრდება, ვიდრე სემიჰუმიდურ და ჰუმიდურ ლანდშაფტებში. ტემპერატურის გაზრდა და ნალექების შემცირება ქვემო ქართლში გამოიწვევს სიმშრალის გაძლიერებას და შესაბამისად სასოფლო-სამეურნეო წარმოების პროდუქტიულობის შემცირებას. ივრის ზეგანზე უკანასკნელ წლებში აღინიშნება ნალექების უმნიშვნელო ზრდა. თუ ეს ტენდენცია შენარჩუნებული იქნება მიმდინარე საუკუნის პირველ

ათნლეულებში, ამან შეიძლება დადებითი როლი ითამაშოს აქ გააქტიურებულ გაუდაბნოების პროცესების შესუსტებაზე. ამ შემთხვევაში გაუდაბნოების ინტენსივობა უპირველეს ყოვლისა ანთროპოგენურ ფაქტორებზე იქნება დამოკიდებული.

1.10. გვალვასა და გაუდაბნობასთან ბრძოლის მეთოდები

ცნობილია გვალვების წინააღმდეგ ბრძოლის მრავალი მეთოდი, მათ შორის ყველაზე ხშირად მიმართავენ:

- ატმოსფერული ნალექების სრულ რაციონალურ გამოყენებას, თოვლის და თავსხმა ნალექების შეკავების გზით;
- ნიადაგების სტრუქტურის გაუმჯობესებას, დროულ თესვას და სასუქის შეტანას სათანადო აგროტექნიკური ღონისძიებების ჩატარებას.

- ნიადაგის ზედაპირიდან არაპროდუქტიული აორთქლების შემცირების მიზნით მინდვრის დამცავი ტყის ზოლების გაშენებას;

- შესაბამისი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების შერჩევას;
- ხელოვნური მორწყვის ყოველმხრივ განვითარებას (მათ შორის ხელოვნური დანვიმება, წვეთოვანი მორწყვა) ოპტიმალური დატენიანების მდგრადობის უზრუნველსაყოფად. მორწყვის ფორმის რეჟიმის მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდების დანერგვას.

სწორედ გაეროს გაუდაბნობასთან ბრძოლის კონვენციის მიღების შემდეგ მოხერხდა გვალვებთან ბრძოლის ზემოთ ჩამოთვლილი და სხვა მეთოდების ერთიან, სახელმწიფოებრივ ჩარჩოებში მოქცევა. კონვენცია მოუწოდებს გვალვიან რაიონებში განლაგებული ქვეყნების მთავრობებს, რომ შექმნან საკონსულტაციო კომიტეტები და ვალდებულება აიღონ სტიქიით დაზარალებულ რაიონებში მოსახლეობის გადასარჩენად, მათი ცხოვრების პირობების გასაუმჯობესებლად. კონვენცია საშუალებას აძლევს ქვეყნებს თავიანთი განვითარების ნაციონალურ პროგრამებში ჩართონ გვალვასთან და გაუდაბნობასთან ბრძოლის ღონისძიებები.

გაუდაბნობასთან ბრძოლა დაკავშირებულია გარემოს დაც-

ვის და რეგულირების ყველა ასპექტებთან. მთავარი როლი მასში მიეკუთვნება წყლის რაციონალურ გამოყენებას. სწორედ მელიორაციის გზით უკანასკნელ ათწლეულებში ჩინეთის ჩრდილოეთ რაიონებში აღორძინდა გაუდაბნოებული მიწების დაახლოებით 10%, ხოლო მიწების 12% ტერიტორიაზე გაუდაბნოების პროცესი შეჩერდა. შუა აზიის ქვეყნებმა შექმნეს არალის ზღვის გადარჩენის ფონდი, თითოეულმა სახელმწიფომ ვალდებულია აიღოს გადარიცხოს ამ ფონდში ეროვნული შემოსავლის 1%.

ავსტრალიის ნაციონალურ პროგრამაში მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია გაუდაბნოებასთან ბრძოლას. პროგრამაში მინანილოვს ფერმერთა ოჯახების თითქმის მესამედი.

სახელში მოქმედებს შვეციის მთავრობის მიერ დაფინანსებული მცენარეული საფარის აღდგენის პროგრამა. პროგრამის ძირითადი მიზანია ბუნებრივი რესურსების გამოყენების რეგულირება და სრულყოფა. ის ემყარება ეკოლოგიური, ეკონომიკური, საორგანიზაციო და სოციალური პრობლემების ერთობრივ ანალიზს.

1999 წლის ნოემბერში ისრაელში ჩატარდა საერთაშორისო კონფერენცია “გაუდაბნოებასთან ბრძოლა მცენარეების დახმარებით”. ცნობილია, რომ ხე-მცენარეები უფრო ნაკლებად არიან მგრძობიარენი კლიმატის ცვლილების მიმართ ვიდრე ერთწლიანი კულტურები, რომლებიც ტენს მოითხოვენ სიმწიფის ფაზაში. ამიტომ მეცნიერთა აზრით, სხვადასხვა ჯიშის ხე-მცენარეები შეიძლება მეურნეობის მდგრადი განვითარების მნიშვნელოვანი ფაქტორი იყოს. ხეების მთელი რიგი ჯიშები იყო გამოყენებული ისრაელის ნახევრადუდაბნოებასა და უდაბნოებში, მათ შორის ფინიკის პალმა, ლელვი, აპელსინი, მანდარინი, მანგო, ქაჯვი და სხვ. ეს გამოცდილება საინტერესო იქნება სხვა ქვეყნებისათვის, რომლებიც განიცდიან გაუდაბნოებას.

საქართველოში გვალვასთან ბრძოლის ისტორიული გამოცდილება არსებობს. აქ სრულყოფილი ირიგაციული სისტემები ჯერ კიდევ საქართველოს სამეფოს შექმნის დროს, ჩვენს წელთაღრიცხვამდე IV საუკუნეში არსებობდა. ცნობილია 7 მსხვილი სარწყავი სისტემის არსებობა, რომელთაგანაც 5 მდინარე ლიახვის აუზს

ეკუთვნოდა, ხოლო 2 — მდინარე ქსნის აუზს. სარწყავი სისტემის განვითარებამ საქართველოში უმაღლეს მწვერვალს XI-XIII საუკუნეში, დავით აღმაშენებლის და თამარის მეფობის დროს მიაღწია. ამჟამად საქართველოში მოქმედებს 7 წყალსაცავი.

გაუდაბნობასთან ბრძოლის გარკვეული გამოცდილება გააჩნია საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტს. ინსტიტუტი სამუშაოებს ასრულებს საველე პირობებში სიღნაღის რაიონში, 100 ჰექტარიან ალაზნის საცდელ-სამელიორაციო სადგურში. ინსტიტუტის გამოკვლევების საფუძველზე დამუშავებულია, აპრობირებულია და წარმოებაში გამოცდილია ძლიერ და საშუალოდ დამლაშებული ნიადაგების ათვისების სრული ციკლი, რომელიც საფუძვლად დაედო 1970-იან წლებში დამლაშებულ-გაუდაბნობული მასივების (ალაზანი, ლაკბე) ფართო მასშტაბით ათვისებას.

გაუდაბნობასთან საბრძოლველად შეიძლება წარმატებით იქნას გამოყენებული საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის სპეციალისტების მიერ შემუშავებული ნალექების ხელოვნურად გამონვევის მეთოდი. აღნიშნული მეთოდი აპრობირებული იყო ჯერ კიდევ საბჭოთა კავშირის არსებობის პერიოდში.

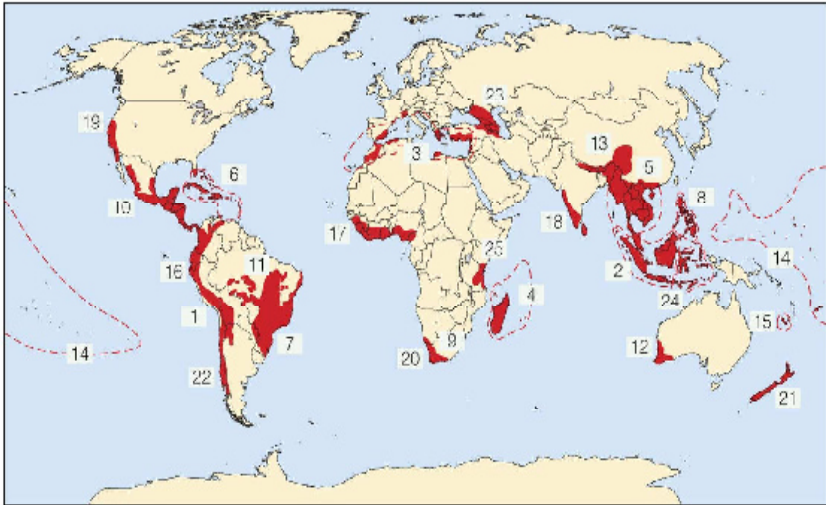
1.11. ბიომრავალფეროვნების შემცირება

ბიომრავალფეროვნება ანუ ბიოლოგიური მრავალფეროვნება ცოცხალი ორგანიზმების მრავალფეროვნებას გულისხმობს, გენეზიდან დაწყებული ბიოსფეროთი დამთავრებული. ვინრო გაგებით ბიომრავალფეროვნება გამოიხატება სამ ძირითად დონეზე: გენეტიკური მრავალფეროვნება; სახეობების მრავალფეროვნება; ეკოსისტემების მრავალფეროვნება. ზოგჯერ გამოიყოფა ლანდშაფტების მრავალფეროვნება. ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ტიპები ურთიერთდამოკიდებულებაში იმყოფებიან. გენეტიკური მრავალფეროვნება უზრუნველყოფს სახეობების მრავალფეროვნებას; ეკოსისტემებისა და ლანდშაფტების მრავალფეროვნება

საფუძველს უმზადებს ახალი სახეობების პირობების წარმოქმნას.

ბიომრავალფეროვნების შემცირება უკანასკნელ წლებში ერთერთ უმნიშვნელოვანეს ეკოლოგიურ პრობლემად იქცა. ეს გამოიწვია იმან, რომ ძალიან შემცირდა ცოცხალი ორგანიზმების მრავალფეროვნება დედამიწაზე, ხოლო ზოგიერთ რეგიონში კატასტროფული ვითარებაა შექმნილი. ამ თვალსაზრისით დედამიწაზე გამოყოფენ ბიომრავალფეროვნების 25 ცხელ წერტილს (ნახ.1.36). ამ წერტილებში გამქრალია მთელი რიგი სახეობები და საჭიროა საგანგებო ღონისძიებების ჩატარება.

როგორც ნახ.2.31-დან ჩანს ბიომრავალფეროვნების ცხელი წერტილები განსაკუთრებით ხშირია ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკაში, აგრეთვე სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში და ოკეანეთში. რაც ყველაზე საგანგაშოა საკმაო ზომის ცხელი წერტილი, უფრო სწორედ „ცხელი ლაქა“ მოიცავს მთელ კავკასიას.



ნახ. 1.31. ბიომრავალფეროვნების 25 ცხელი წერტილი

ბიომრავალფეროვნების შემცირების ძირითადი მიზეზებია: ჭარბი მოპოვება;

საარსებო გარემოს დეგრადაცია (ჰაბიტატის განადგურება და ფრაგმენტაცია);

ინტროდუცირებული ანუ შემოყვანილი (ან შემოსული) სახეობების გავლენა ადგილობრივ სახეობებზე;

გარემოს დაბინძურება;

ადამიანის უშუალო საქმიანობით გამოწვეული საარსებო გარემოს დეგრადაცია (ჰაბიტატის განადგურება და ფრაგმენტაცია) აშკარად იგრძნობა საქართველოში. ამის მიზეზებია ტყის ჩეხვა, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მქონე მიწის ნაკვეთების გაფართოება, წყალსატევებისა და წყალჭარბი სავარგულების (ჭაობები და სხვა) დაშრობა. ამ მიზეზით საქართველოში ფაქტობრივად გადაშენდა ჯიქი)

ბიომრავალფეროვნების შემცირება ნეგატიურად აისახება ეკოსისტემების ფუნქციონირებაზე, რაც თავის მხრივ ზემოქმედებას ახდენს და აჩქარებს კლიმატის ცვლილების პროცესებს. ადამიანის საქმიანობის გამო ბოლო 50 წლის განმავლობაში, სახეობების დაახლოებით მესამედი ისედაც იმყოფება გადაშენების პირას, ხოლო ეკოსისტემების 60%-ზე მეტი დეგრადირდა ბოლო ასწლეულის განმავლობაში, მთელს მსოფლიოში ხორბლის ჯიშების თითქმის 90% მთლიანად გადაშენდა.

ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების ერთერთი მნიშვნელოვანი მოვლენაა დაცული ტერიტორიების შექმნა. დაცული ტერიტორია არის ტერიტორია, რომელსაც მინიჭებული აქვს სპეციალური სტატუსი, რათა დაცული იყოს აღნიშნული ტერიტორიის ფიზიკური მახასიათებლები, დაცული იყოს როგორც კულტურული მემკვიდრეობა. დაცული ტერიტორია შეიძლება იყოს სახელმწიფო ნაკრძალი, ეროვნული პარკი, აღკვეთილი ან მიწის სხვა ფართი. ასეთ ტერიტორიებზე სახელმწიფო უზრუნველყოფს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას.

საქართველოში დაცული ტერიტორიების დაარსებას დიდი ხნის ისტორია აქვს. პირველი დაცული ტერიტორია — ლაგოდეხის სახელმწიფო ნაკრძალი შეიქმნა ჯერ კიდევ 1912 წელს. ამჟამად კი დაცული ტერიტორიების საერთო ფართობი 600 490,04

ჰა, რაც ქვეყნის ტერიტორიის დაახლოებით 8.62 %-ია. დაცული ტერიტორიების დაახლოებით 75 % ტყით არის დაფარული. 2014 წლის მონაცემებით საქართველოში 14 სახელმწიფო ნაკრძალი, 11 ეროვნული პარკი, 19 აღკვეთილი, 41 ბუნების ძეგლი და 2 დაცული ლანდშაფტია. ნახ. 1.32-ზე წარმოდგენილია საქართველოს დაცული ტერიტორიების რუკა.



ნახ. 1.32. საქართველოს დაცული ტერიტორიები

საქართველოს დაცული ტერიტორიებია:

ა). სახელმწიფო ნაკრძალები:

ბაბანეურის სახელმწიფო ნაკრძალი

ბანარის სახელმწიფო ნაკრძალი

ბიჭვინთა-მიუსერას სახელმწიფო ნაკრძალი

ბორჯომის სახელმწიფო ნაკრძალი

ფსხუ-გუმისთის სახელმწიფო ნაკრძალი

ვაშლოვანის სახელმწიფო ნაკრძალი
თუშეთის სახელმწიფო ნაკრძალი
კინტრიშის სახელმწიფო ნაკრძალი
ლაგოდეხის სახელმწიფო ნაკრძალი
ლიახვის სახელმწიფო ნაკრძალი
მარიამჯვრის სახელმწიფო ნაკრძალი
რინის სახელმწიფო ნაკრძალი
სათაფლიის სახელმწიფო ნაკრძალი
ქობულეთის სახელმწიფო ნაკრძალი
ალგეთის ეროვნული პარკი
ბორჯომ-ხარაგაულის ეროვნული პარკი
ვაშლოვანის ეროვნული პარკი

ბ) ეროვნული პარკები:

თბილისის ეროვნული პარკი
თუშეთის ეროვნული პარკი
კოლხეთის ეროვნული პარკი
მტირალას ეროვნული პარკი
ყაზბეგის ეროვნული პარკი
ჯავახეთის ეროვნული პარკი
მაჭახელას ეროვნული პარკი
ფშავ-ხევსურეთის ეროვნული პარკი

თავი 2. გლობალური განვითარების მათემატიკური მოდელები

2.1. სისტემური დინამიკის მოდელი

ბუნება წარმოადგენს რთულ სისტემას, რომელიც შედგება ერთმანეთთან დაკავშირებული მრავალი ფაქტორისაგან. ამიტომ მისი აღწერა ანუ მოდელირება შესაძლებელია მხოლოდ მათემატიკურ ენაზე. ეს კი მოითხოვს რთული მათემატიკური მოდელების გამოყენებას. მეცნიერები ბუნების და საერთოდ გლობალური განვითარების მოდელირებას ურთულეს მათემატიკურ აპარატს უდებენ საფუძვლად. ურთულესი აპარატი საჭიროა იმისათვის, რომ მან უზრუნველყოს იმ ურთულესი პროცესების გათვალისწინება, რომლებიც შევისწავლეთ სახელმძღვანელოს პირველ ნაწილში, მათ შორის ეკოლოგიის უმნიშვნელოვანესი პროცესების განვითარება, კერძოდ, გარემოს დაბინძურება, გლობალური დათბობა, მათთან დაკავშირებული ბიომრავალფეროვნების შემცირება, მინების დეგრადაცია, დემოგრაფიული პრობლემები, ბუნებრივი რესურსების ამონურვა და სხვ.

ჩვენ განვიხილავთ გლობალური განვითარების ყველაზე ცნობილ მოდელებს, რომლებიც წარმოადგენს იძლევიან დედამიწის ეკოლოგიური პროგნოზების შესახებ. დავინყოთ ერთერთი ყველაზე მარტივი მოდელით - სისტემური დინამიკის მეთოდით.

მოდელირება სისტემური დინამიკის მეთოდის გამოყენებით სრულდება რამოდენიმე ეტაპად (იხ. ცხრილი 2.1). პირველ ეტაპს წარმოადგენს კონცეფტუალიზაცია. ის იწყება რაიმე სისტემის ან პროცესის სიტყვიერი აღწერით, შეიცავს საკითხის ზუსტ ფორმულირებას, ძირითადი ცვლადების განსაზღვრას, დროის ინტერვალის დადგენას და სხვა საწყისი მონაცემების შეფასებას. პირველი ეტაპი მთავრდება ე.წ. მიზეზობრივი დიაგრამის შედგენით. დიაგრამა უჩვენებს თუ როგორ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი სისტემის შემადგენელი ცვლადები.

მოდელირების მეორე ეტაპს წარმოადგენს სისტემის მოდელის მათემატიკური აღწერა. ამისათვის უპირველეს ყოვლისა ხდება ე.წ.

ნაკადობრივი დიაგრამის შედგენა, რომელიც შეესაბამება პირველ ეტაპზე მიღებულ მიზეზობრივ დიაგრამას. ნაკადობრივი დიაგრამის საფუძველზე მოინახება მოდელის ანალიზური სახე, ანუ მათემატიკური გამოსახულება.

მოდელირების მესამე ეტაპს წარმოარგენს მოდელის ანალიზი. ამისათვის ახდენენ მოდელის რიცხვით ინტეგრირებას, მოდელით მიღებული რიცხვითი მაჩვენებლების შედარებას ფაქტიურ მონაცემებთან და ამონებენ მათ ურთიერთ თანხვედრას. თუ თანხვედრა მოდელირებულ და ფაქტიურ მონაცემებს შორის არადაამაკმაყოფილებელია, მაშინ განმეორებით ხდება ყველა ეტაპების გავლა, მანამდის სანამ თანხვედრა დამაკმაყოფილებელი არ აღმოჩნდება.

ცხრილი 2.1. მოდელირების ეტაპები

ეტაპი	ამოცანა	პროცესი
პირველი	კონცეფტუალიზაცია	ინყება სისტემის ან პროცესის სიტყვიერი აღწერით, შეიცავს საკითხის ზუსტ ფორმულირებას, ძირითადი ცვლადების განსაზღვრას, დროის ინტერვალის დადგენას და სხვა საწყისი მონაცემების შეფასებას. ეტაპი მთავრდება მიზეზობრივი დიაგრამის შედგენით. დიაგრამა უჩვენებს თუ როგორ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებულნი სისტემის შემადგენელი ცვლადები.

მეორე	მოდელის მათემატიკური აღწერა	ხდება ნაკადობრივი დიაგრამის შედგენა, რომელიც შეესაბამება პირველ ეტაპზე მიღებულ მიზეზობრივ დიაგრამას. ნაკადობრივი დიაგრამის საფუძველზე მოინახება მოდელის ანალიზური სახე, ანუ მათემატიკური გამოსახულება.
მესამე	მოდელის ანალიზი	მოდელით მიღებული რიცხვითი მაჩვენებლების შედარება ფაქტიურ მონაცემებთან და მათი ურთიერთ თანხვედრის შემოწმება

ამ მიდგომით შესაძლებელია გამოკვლეულ იქნას გლობალური განვითარების ნებისმიერი ფაქტორი. მაგალითისათვის განვიხილოთ მსოფლიო მოსახლეობის ზრდის მოდელირება. ვთქვათ მოსახლეობის საწყისი რაოდენობაა P_0 , შობადობა B , სიკვდილიანობა D . ვთქვათ P მოსახლეობას ნორმალური არსებობისათვის ესაჭიროება G —რაოდენობის დოვლათი (ცხოვრების მატერიალური დონე, კვების დონე, კეთილდღეობა, გარემოს მდგომარეობა, გაჭუჭყიანება, კლიმატური პირობები და სხვ.). მსოფლიო მოსახლეობის ზრდის მოდელირებისათვის საწყისი პირობები მოცემულია ცხრილის სახით (ცხრილი 2.2).

ცხრილი 2.2. მსოფლიო მოსახლეობის ზრდის მოდელირება

საწყისი პირობები	მოსახლეობას ნორმალური არსებობისათვის საჭირო პირობა
მოსახლეობის საწყისი რაოდენობაა P_0 , შობადობა B , სიკვდილიანობა D .	G – რაოდენობის დოვლათი (ცხოვრების მატერიალური დონე, კვების დონე, კეთილდღეობა, გარემოს მდგომარეობა, გაჭუჭყიანება, კლიმატური პირობები და სხვ.).

ცხადია, რომ შობადობა დამოკიდებული იქნება მოსახლეობის სანყის რაოდენობაზე P_0 და ერთ სულ მოსახლეზე მოსულ დოვლათის რაოდენობაზე $GP=G/P$, სადაც G — დედამიწაზე არსებული დოვლათია, ხოლო P - მოსახლეობის რაოდენობა.

ამავე (GP) პარამეტრზეა დამოკიდებული სიკვდილიანობა, ოღონდ ეს კავშირი შებრუნებულია. მოყვანილი სქემა გამოსატავს მიზეზობრივ დიაგრამას, ანუ მოდელირების პირველ ეტაპს.

მეორე ეტაპზე საჭიროა ემპირიული მასალის საფუძველზე მოინახოს კავშირები შობადობასა და GP — შორის, აგრეთვე სიკვდილიანობასა და სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობას შორის. მაშინ მოსახლეობის ზრდის ტემპი განისაზღვრება სხვაობით:

$$(P - P_0)/t = B - D, \quad (2.1.1.),$$

სადაც B დროა, ხოლო B და D უკვე ცნობილი მათემატიკური გამოსახულებებია, შესაბამისად შობადობა და სიკვდილიანობა.

მოდელირების მესამე ეტაპზე მიღებული მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ხდება შობადობისა და სიკვდილიანობის პირობითი მნიშვნელობების გამოთვლები და შედეგი მონმდება ფაქტიურ მონაცემებთან შედარებით. ამით სრულდება აღნიშნული მოდელირების სრული კურსი. მოდელირების სამივე ეტაპი თავისი ამოცანებით და სრული პროცესით წარმოდგენილია ცხრილში 2.3.

ცხრილი 2.3. მოსახლეობის მოდელირების ეტაპები

ეტაპი	ამოცანა	პროცესი
პირველი	კონცეფტუალურიზაცია	შობადობა დამოკიდებული იქნება მოსახლეობის სანყის რაოდენობაზე P_0 და ერთ სულ მოსახლეზე მოსულ დოვლათის რაოდენობაზე $GP = G/P$. ამავე პარამეტრზეა დამოკიდებული სიკვდილიანობა, ოღონდ ეს კავშირი შებრუნებულია. მოყვანილი სქემა გამოსატავს მიზეზობრივ დიაგრამას.

მეორე	მოდელის მათემატიკური აღწერა	საჭიროა ემპირიული მასალის საფუძველზე მონიხხოს კავშირები შობადობასა და GP შორის, აგრეთვე სიკვდილიანობასა და სიცოცხლის საშუალო ხანგრძლივობას შორის. მაშინ მოსახლეობის ზრდის ტემპი განისაზღვრება სხვაობით: $(P - PO)/t = B - D$, (2.1.1.), სადაც t დროა, ხოლო B და D უკვე ცნობილი მათემატიკური გამოსახულებებია.
მესამე	მოდელის ანალიზი	მიღებული მათემატიკური მოდელის გამოყენებით ხდება შობადობისა და სიკვდილიანობის პირობითი მნიშვნელობების გამოთვლები და შედეგი მონმდება ფაქტიურ მონაცემებთან შედარებით.

(2.1.1)-განტოლება გამოხატავს ბალანსს შობადობასა და სიკვდილიანობას შორის. მას დემოგრაფიული სექტორის განტოლებას უწოდებენ. განტოლებაში შემავალი შობადობა და სიკვდილიანობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის ცხოვრების მატერიალურ დონეზე, კვების დონეზე, კეთილდღეობაზე, გარემოს მდგომარეობაზე, გსჭუჭყიანებაზე, კლიმატურ პირობებზე და სხვ. ამასთანავე, თუ შობადობის კავშირი თითოეულ მათგანთან გარკვეულია, სიკვდილიანობის კავშირი ამავე ფაქტორებთან შეზღუდებულია. ამის გამო კავშირი მათ შორის უკუპროპორციულია, ანუ შობადობის ზრდით კლებულობს სიკვდილიანობა და პირიქით, შობადობის კლება იწვევს სიკვდილიანობის ზრდას.

2.2. გლობალური მოდელი

განვითარების გლობალური მოდელი შემუშავებული იყო ამერიკელი მეცნიერის ფორესტერის ხელმძღვანელობით. ის გაცილებით ფართო და ამავე დროს რთულია, ვიდრე ზემოდ განხილული სისტემური დინამიკის მოდელი. ამიტომ განვიხილოთ მხოლოდ მთავარი, მოდელირების მეორე ეტაპი, რაც გულისხმობს მოდელის სტრუქტურის განხილვას და დიფერენციალური განტოლების შედგენას.

გლობალურ მოდელში ბუნებისა და საზოგადოების თანაარსებობა განიხილება 5 განტოლების სახით, რომლებიც ითვალისწინებენ 5 ცვლადი ფუნქციის ტ დროში ცვლილებას.

ეს ფუნქციებია:

- დედამიწის მოსახლეობა-P,
- მსოფლიო კაპიტალი, ანუ ძირითადი ფონდები-K, აქედან სასოფლო-სამეურნეო კაპიტალის წილი-X,
- დედამიწის არაგანახლებადი (ამონურვადი) ბუნებრივი რესურსები-R,
- დედამიწის დაბინძურება-Z.

მოდელის შედგენისას იგულისხმება, რომ კომპონენტების, ანუ P, K, X, R და Z-ის გავლენა ერთმანეთზე გამოიხატება ბუნებრივი პროცესების საშუალებით და აგრეთვე შემდეგი ფაქტორების მეშვეობით:

- მოსახლეობის შეფარდებითი რაოდენობა – $PP=P/P_0$, სადაც P_0 – საწყისი მისახლეობის რაოდენობაა;
- ხვედრითი კაპიტალი-; $KP=K/P$;;
- ხვედრითი დაბინძურება- $ZP=Z/P$;
- ცხოვრების მატერიალური დონე- C;
- კვების დონე- $FP=F/P$, სადაც F – დედამიწაზე არსებული საკვებია.

ამ ზოგადი სტრუქტურის საფუძველზე განიხილება გლობალური მოდელის კერძო შემთხვევები. ქვემოთ ჩვენ განვიხილავთ ორ მათგანს.

1. ცხოვრების მატერიალური დონე და არაგანახლებადი

რესურსების ხარჯვის განტოლება. ცხოვრების მატერიალური დონე დაკავშირებულია არაგანახლებადი რესურსების ხარჯვასთან შემდეგი კანონზომიერებით. ცხოვრების მატერიალური დონე რესურსების ხარჯვასთან ერთად თავდაპირველად იზრდება. გარკვეულ დონემდე მიღწევის შემდეგ კი რესურსების ხარჯვა აღარ არის საჭირო, ცხოვრების მატერიალური დონე სულ უფრო იზრდება. ცხოვრების მატერიალური დონე განისაზღვრება დამოკიდებულებით:

$$C=ER(1-X)KP, \quad (2.2.1.)$$

სადაც ER — მამრავლია, რომელიც ითვალისწინებს რესურსების მოპოვების სირთულის ზრდას მათი ამონურვის შემთხვევაში. დანარჩენი პარამეტრები ცნობილია. თუ რესურსები ამოიჭურა, მაშინ $ER=0$ და (2.2.1.)-განტოლებიდან ვღებულობთ $C=0$, ე.ი. მატერიალური კეთილდღეობა ნულია.

2. განტოლებები მსოფლიო კაპიტალისა და დედამიწის დაბინძურების დონისათვის. რაღაც ტ დროის განმავლობაში მსოფლიო კაპიტალის ცვლილების განტოლება განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით;

$$(K-K_0)/t=K_2-K_1, \quad (2.2.2.)$$

სადაც K_0 —საწყისი კაპიტალია, K_2 -კაპიტალის ნაზრდია ერთეულოვან დროში, ის პირდაპირპროპორციულია მოსახლეობისა, K_1 -კაპიტალის დანაკარგია.

ანალოგიურად დაინერება დედამიწის დაბინძურების დონის ცვლილების განტოლება

$$(Z-Z_0)/t=Z_2-Z_1, \quad (2.2.3.)$$

აქ Z_0 -დაბინძურების საწყისი დონეა, d_2 -გამოხატავს დაბინძურების ზრდას და აგრეთვე მოსახლეობის რაოდენობის პრო-

პორციულია. ბუნებრივია, რომ სწორედ მოსახლეობა, თავისი სამეურნეო საქმიანობით გამსაზღვრავს დაბინძურების დონეს. Z1—დაბინძურების ის ნაწილია, რომელიც შთაინთქმევა და შეინოვება.

ამავე ტიპის განტოლებებს მიეკუთვნება ზემოდ განხილული დემოგრაფიული სექტორის განტოლება.

2.3. გლობალური მოდელის გამოკვლევის შედეგები

გლობალური მოდელის საფუძველზე ამერიკელმა მეცნიერმა ფორესტერმა გამოიკვლია გლობალური განვითარების ძირითადი მიმართულებანი 2100 წლამდე. მან საწყის მასალად აიღო გლობალური განვითარების პირობები 1900-1979 წლების განმავლობაში და გამოიკვლია აღნიშნულ პერიოდში ყველა ძირითადი ცვლადის-მსოფლიო მოსახლეობის (P), მსოფლიო საერთო და სასოფლო-სამეურნეო კაპიტალის (K,X), დედამიწის ამონურვადი ბუნებრივი რესურსების(R) და დედამიწის დაბინძურების(C) ხასიათი. მიღებული კანონზომიერებები ფორესტერმა საფუძველად დაუდო გლობალური განვითარების მოდელირებას 2100 წლამდე. მოდელირების შედეგები წარმოდგენილია ნახ.2.1-ზე.

როგორც ნახ. 2.1-დან ჩანს, ფორესტერის გამოკვლევის თანახმად, მსოფლიო მოსახლეობა იზრდება 2025 წლამდე, შემდეგ კლებულობს და 2100 წლისათვის მცირდება. ეს შემცირება მოდელის შეფასებით 2 მილიარდს შეადგენს. ბუნებრივი რესურსების მოპოვება, მოსახლეობის შემცირებასთან ერთად აგრეთვე შემცირდება. დედამიწის დაბინძურების დონე ამავე მოდელის თანახმად (იხ. ნახ.2.1) 2050 წლამდე იზრდება, შემდეგ კი მოსახლეობისა და ბუნებრივი რესურსების შემცირების გამო კლებულობს. ამრიგად, მოდელირების თანახმად, არსებული ტემპების შენარჩუნების პირობებში უკვე 2100 წლისათვის მოსალოდნელია კრიზისის დასაწყისი. ყოველივე ნათქვამი კარგად ჩანს ნახ.2.1-ზე.

1900 2000 2100 წლები

ნახ. 2.1. გლობალური მოდელის შედეგები

ასეთი არასასურველი შედეგის მიღების შემდეგ, ფორესტერმა მოდელში შეიტანა გარკვეული შესწორებები. კერძოდ მან შეზღუდა მოსახლეობას ზრდა, ანუ ჩათვალა, რომ მოსახლეობა არ იზრდება, შობადობა უდრის სიკვდილიანობას ($B=D$). შეზღუდა აგრეთვე რესურსების გამოყენება, შესაბამისად შეიზღუდა დედამიწის დაბინძურების ზრდა. ამ პირობების დადების საფუძველზე ფორესტერმა მიიღო ე.წ. “გლობალური წონასწორობა”, როდესაც მუდმივი იქნება მსოფლიო მოსახლეობა, კაპიტალი, არაგანახლებადი რესურსები და გაჭუჭყიანების დონე. ამ თეორიული შედეგის განხორციელება საზოგადოებასა და ბუნების თანაარსებობაში ძალზე ძნელია.

2.4. მიდოუზის მოდელის სტრუქტურა და ძირითადი განტოლებები

გლობალური განვითარების საკუთარი მოდელი დაამუშავა აგრეთვე ამერიკელმა მეცნიერმა მიდოუზიმ. მიდოუზის მოდელში ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთქმედება აღინერება აგრეთვე გლობალური მოდელის მსგავსად შემდეგი ცვლადებით:

- მსოფლიო მოსახლეობა-P,
- მსოფლიო ბუნებრივი რესურსები-R,
- მსოფლიო კაპიტალი-K,
- დედამიწის დაბინძურება-Z.

ამავე მოდელში, გლობალური მოდელისაგან განსხვავებით, გამოიყენება აგრეთვე შემდეგი ძირითადი პარამეტრები:

- ხელოვნურად მოყვანილი მარცვალეული-A, და
- ბუნებრივი მოსავლიანობა-Y.

მიდოუზმა მოსახლეობა, მარცვალეული და მსოფლიო კაპიტალი განიხილა დიფერენცირებულად. კერძოდ, მსოფლიო მოსახლეობის რაოდენობა შეიძლება განხილულ იქნას, როგორც ოთხი შესაკრების ჯამი:

$$P=P1+P2+P3+PZ, \quad (2.4.1.)$$

სადაც

P1-- 15 წლამდე ასაკის მოსახლეობის რაოდენობაა;

P2- 15-45 წლის ასაკის მოსახლეობის რაოდენობაა;

P3-45-65 წლის ასაკის მოსახლეობის რაოდენობაა;

PZ-65 წელზე მეტი ასაკის მოსახლეობაა.

მიდოუზმა აგრეთვე მოახდინა ხელოვნურად მოყვანილი მარცვალეულის დიფერენციაცია და წარმოადგინა შემდეგი სახით:

$$A=AT-AP-AY-AW, \quad (2.4.2.)$$

სადაც

AT — მუდმივაა;

AP - -პოტენციურად ვარგისი, მაგრამ ჯერ კიდევ დაუმუშავებელი ფართობებია;

AY--ურბანიზებული ფართობებია (მშენებლობა, გზები, კომუნიკაციები და ა.შ.);

AW —დეგრადირებული მიწის ფართობებია, სადაც განვითარებულია ეროზია, გაუდაბნოება და ნიადაგი გამოუსადეგარია. მსოფლიო კაპიტალი მიდოუზის მოდელში წარმოდგენილია ორი შესაკრების ჯამით:

$$K=K1+KS, \quad (2.4.3.)$$

სადაც K1-სამრეწველო კაპიტალია, ე.ი. კაპიტალის ის ნაწილი, რომელიც ინდუსტრიული საწარმოების ძირითად ფონდს შეადგენს, ხოლო KS-მომსახურეობის ფონდებია, მათ შორის ჯანდაცვის, განათლების და ა.შ.

ეს ძირითადი ცვლადები გამოიყენება მიდოუზის მოდელში.

2.5. მსოფლიო სისტემის განვითარება მიდოუზის მოდელის მიხედვით

როგორც ვნახეთ მიდოუზის მოდელი ფორესტერის მოდელთან შედარებით უფრო ფართოა, ინფორმაციული და საიმედო. მიდოუზის ჯგუფმა ეს მოდელი გამოიკვლია ფორესტერის ანალოგიურად-გააანალიზა მსოფლიო სისტემის განვითარება 1900-1970 წლების პერიოდისათვის და მიღებული კანონზომიერებები საფუძვლად დაუდო მისი განვითარების მოდელირებას 2100 წლამდე. საინტერესოა, რომ ამ ჯგუფის მიერ მიღებული შედეგები თითქმის დაემთხვა ფორესტერის შედეგებს, რასაც ადასტურებს ნახ. 2.2.

1900 1950 2000 2050 2100 წლები

ნახ. 2.2. მიდოუზის მოდელის შედეგები

ნახ.2.2-ზე F- დედამიწაზე არსებული საკვებია. ნახ-დან ჩანს, რომ დედამიწაზე არსებული საკვების რაოდენობამ გასული საუკუნის ბოლოდან შემცირება დაიწყო. მისი შემცირება განსაკუთრებით ინტენსიური იქნება მიმდინარე საუკუნეში. კანონზომიერედ კლებულობს ბუნებრივი რესურსები. მოდელის თანახმად მოსახლეობის ზრდა გრძელდება 2050 წლამდე, შემდეგ იწყებს შემცირებას. დედამიწის დაბინძურება პიკს მიმდინარე საუკუნის დასაწყისში მიაღწევს, შემდეგ კი, საკვების და ბუნებრივი რესურსების შემცირების გამო, ინტენსიურად კლებულობს.

ამ შედეგის შემდეგ მიდოუზმა განიხილა მოდელი, სადაც დაშვებული იყო ბუნებრივი რესურსების ამოუწურვადობა. ამან კატასტროფულად გაზარდა დედამიწის დაბინძურების დონე უკვე 2030 წლისათვის. ამავე დროისათვის დაიწყო მოსახლეობის მკვეთრი შემცირება და 2100 წლისათვის კატასტროფა გარდუვალი აღმოჩნდა (იხ.ნახ. 2.3.).

ამასთან დაკავშირებით მიდოუზის ჯგუფმა გლობალური

ნონასწორობის შენარჩუნების მიზნით წამოაყენა პირობა- მოსახლეობის, მსოფლიო კაპიტალის და გაჭუჭყიანების დონის მუდმივობა. და თქმა უნდა ამ პირობის განხორციელება პრაქტიკულად შეუძლებელია.

1900 1950 2000 2050 2100 წლები

ნახ. 2.3. მიდოუზის მოდელი ბუნებრივი რესურსების მუდმივობის დაშვებით

2.6. მესაროვიჩისა და პესტელის მოდელი

მესაროვიჩმა და პესტელმა შეიმუშავეს მსოფლიო განვითარების ე.წ. “კიბერნეტიკული” მოდელი და მისი საშუალებით გამოიკვლიეს ადამიანთა საზოგადოებასა და გარემოს თანაარსებობა. ამ მოდელში მსოფლიოს ქვეყნები დაყოფილია სოციალური და ეკონომიკური ნიშნების გათვალისწინებით. განხილულია ქვეყნების 10 ჯგუფი:

1. ჩრდილოეთ ამერიკა;

2. დასავლეთ ევროპა;
3. იაპონია;
4. ავსტრალია და სამხრეთ აფრიკა;
5. საბჭოთა კავშირი და აღმოსავლეთ ევროპა;
6. ლათინური ამერიკა;
7. ახლო აღმოსავლეთი და ჩრდილოეთ აფრიკა;
8. აფრიკის დანარჩენი ნაწილი;
9. სამხრეთ-აღმოსავლეთი აზია;
10. ჩინეთი.

თითოეული რეგიონი აღინერება სპეციალური ქვემოდელით. ქვემოდელის სტრუქტურა ერთი და იგივეა ყველა რეგიონისათვის, მაგრამ განსხვავებულია სანყისი მონაცემები. ასეთი მიდგომით ჩატარებული გამოკვლევის ძირითადი შედეგები შემდეგში მდგომარეობს: მსოფლიოს განვითარების არსებული ტემპების შენარჩუნების პირობებში, მსოფლიოს კატასტროფა მოელის არა XXII საუკუნის დასაწყისისათვის, როგორც ეს მიიღეს ფორესტერმა და მიდოუზმა, არამედ გაცილებით ადრე და სხვადასხვა რეგიონში სხვადასხვა დროს განსხვავებული მიზეზებით. ასე მაგალითად, მათი გამოთვლების თანახმად შიმშილი მოელის სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიას, აგრეთვე აფრიკის ზოგიერთ ქვეყანას, უკვე XX საუკუნის დასასრულს, რაც პრაქტიკულად გამართლდა კიდევ.

სამწუხაროდ, მოდელში საბჭოთა კავშირი ცალკე არ განიხილება, აღმოსავლეთ ქვეყნების ჯგუფშია მოქცეული, არადა ის იყო ქვეყანა, რომელიც ვითარდებოდა თავისი განსხვავებული კანონზომიერებებით. ამიტომ საინტერესო იყო მოდელი დამუშავებულიყო იმ ფაქტორების გათვალისწინებით, რომლებიც წარმოიშვა საბჭოთა კავშირის დაშლასთან დაკავშირებით და დაშლის შემდეგ. მაშინ შეიძლებოდა მიგველო საბჭოთა კავშირის შემადგენლობაში შემავალი ცალკეული ქვეყნების, მათ შორის საქართველოს განვითარების მოდელი. სამწუხაროა აგრეთვე, რომ მოდელის შემდგომი დამუშავება ავტორებმა შეწყვიტეს და ბოლომდე არ დაასრულეს.

2.7. გლობალური განვითარების ლათინურ-ამერიკული მოდელი

გლობალური განვითარების ლათინურ-ამერიკული მოდელი 1974 წელს შექმნეს არგენტინელმა მეცნიერებმა ა.ერერას ხელმძღვანელობით. მოდელის ავტორები გამოდიოდნენ შემდეგი მოსაზრებებიდან: არ არის აუცილებელი, რომ ველოდოთ 80-100 წლის გასვლას, როდესაც განვითარებული ქვეყნები იგრძნობენ ბუნებრივი რესურსების დეფიციტს და გარემოს დაბინძურებას. მათი აზრით კრიზისი დაიწყო უკვე გასული საუკუნის 70-80-იან წლებში, რადგანაც მოსახლეობის დიდი ნაწილი ცხოვრობს შიმშილში, უსახლკაროდ. მაღალია ბავშვთა სიკვდილიანობა, გაუნათლებლობა და სხვ.

ამ კრიზისიდან ერთ-ერთ გამოსავალს ავტორები თვლიან, რომ განვითარებულმა ქვეყნებმა უნდა დახმარება გაუწიონ განვითარებად ქვეყნებს, რაც საშუალებას მისცემს მათ დაძლიონ ჩამორჩენა და გამოვიდნენ კრიზისიდან. ამით გაიზრდება მოსახლეობის ცხოვრების საერთო დონე და შესაბამისად-შობადობაც.

ლათინურ-ამერიკული გლობალური განვითარების მოდელი მსოფლიოს განიხილავს, როგორც 4 რეგიონისაგან შემდგარ სისტემას:

1. განვითარებული ქვეყნები;
2. ლათინური ამერიკა;
3. აფრიკა
4. აზია.

თითოეული რეგიონისათვის მოდელი იქმნება სტანდარტული სისტემით და შეიცავს შემდეგ ქვემოდელებს: ეკონომიკა, დემოგრაფია, ურბანიზაცია, განათლება, კვების პროდუქტების წარმოება, ბუნებრივი რესურსები, ენერჯია და გარემოს დაბინძურება.

2.8. გლობალური განვითარების მოდელების მიდოუზის ანალიზი

მიდოუზმა თავის ჯგუფთან ერთად გააანალიზა გლობალური განვითარების ყველა არსებული მოდელი და განსაზღვრა წონასწორობის პირობები, როდესაც მოხდება ცვლადების სტაბილიზაცია. მათი დასკვნით გლობალური წონასწორობა დამყარდება, თუ კი შენარჩუნდება მოდელის ცვლადების შემდეგი სიდიდეები:

- მსოფლიო მოსახლეობა-5 მილიარდი ადამიანი;
- რესურსების გამოყენება- 1970 წლის 1/8 დონე;
- გარემოს დაბინძურება- 1970 წლის 1/4 დონე;
- სამრეწველო კაპიტალი- მუდმივი 1990 წლიდან;
- ოჯახის სასურველი წევრიანობა- 4 ადამიანი.

ამავე დროს ავტორებმა ვერ ახსნეს თუ როგორ უნდა შეენარჩუნებინათ მითითებული დონეები, ამიტომ ჯერ-ჯერობით გაურკვეველი რჩება შესაძლებელია თუ არა პრაქტიკულად ასეთი წონასწორობის მიღწევა.

2.9. მსოფლიოს მოსახლეობის დინამიკა

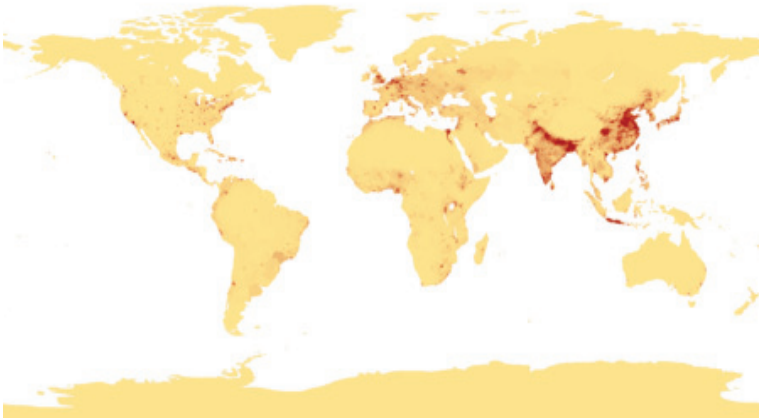
ეკოლოგიური პროგნოზების და სცენარების შედგენა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული დედამიწის მოსახლეობაზე, მის დინამიკაზე.

ჩვენს პლანეტაზე 2010 წლის ივნისში, მოსახლეობის რაოდენობა 6,825,900,000-ზე მეტი იყო, შეერთებული შტატების ბიუროს აღწერის მიხედვით. 2012 წლის 1 ივნისი მონაცემებით კი მოსახლეობის რაოდენობამ 7 მილიარდს გადააჭარბა და ყოველ 5 დღეში კიდევ მილიონი იზადება. ახლა მსოფლიოში 10-ჯერ მეტი ადამიანია, ვიდრე 400 წლის წინ იყო. მოსახლეობის ზრდის ტემპის დაჩქარებაში დიდი როლი ითამაშა, ისეთმა ფაქტორებმა, როგორცაა სოფლის მეურნეობის მექანიზაცია და მსოფლიოში მოსავლიანობის გაზრდა, ცხოვრების პირობებისა და სამედიცინო მომსახურების გაუმჯობესება, რისი წყალობითაც გაიზარდა სი-

ცოცხლის ხანგრძლივობა. ამასთან, შობადობის დონე მსოფლიოს ბევრ ნაწილში კვლავინდებურად მაღალია. დემოგრაფთა შეფასებით, თუ მოსახლეობის ზრდა ამ ტემპით გაგრძელდა, 2200 წლისთვის, შესაძლოა, 20 მილიარდ კაცს მიაღწიოს. ამჟამად მოსახლეობის ზრდა იმ ქვეყნების ხარჯზე ხდება, რომელთა მრეწველობა და ტექნოლოგიები სათანადოდ არ არის განვითარებული.

შობადობის ტემპის მიხედვით ევროპა და ჩრდილოეთი ამერიკა, სადაც განვითარებული მრეწველობისა და მონინავე ტექნოლოგიების მქონე ქვეყნების უმეტესობა შედის, ძალზე ჩამორჩება აზიასა და აფრიკას, ასევე ცენტრალურ და სამხრეთ ამერიკას.

დედამიწაზე მოსახლეობა უთანაბროდ არის განლაგებული. რეგიონების მიხედვით დედამიწაზე ყველაზე მჭიდროდ არის დასახლებული სამხრეთი და სამხრეთ-აღმოსავლეთი აზია. სიმჭიდროვით მეორე რეგიონია დასავლეთ ევროპა (იხ. ნახ. 2.4).



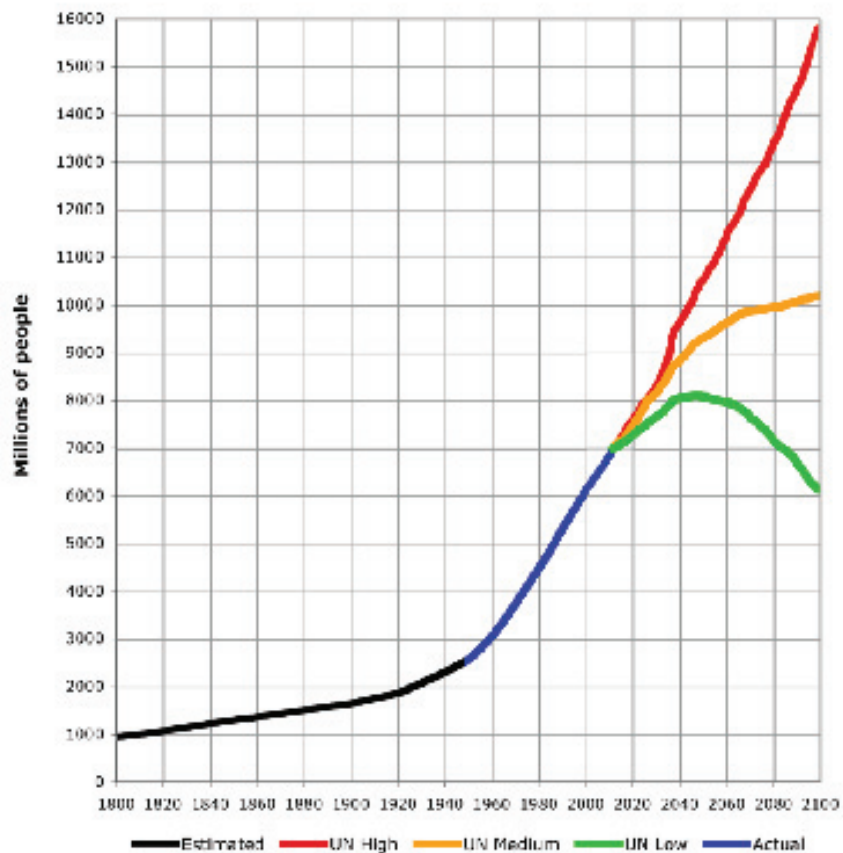
ნახ.2.4. მოსახლეობის სიმჭიდროვე

მსოფლიო მოსახლეობა ქვეყნების მიხედვით აგრეთვე უთანაბროდ არის განაწილებული (იხ.ნახ.2.5). ყველაზე ქარბი მოსახლეობაა ჩინეთში, ინდოეთში, აგრეთვე ამერიკის შეერთებულ შტატებში და ბრაზილიაში. მოსახლეობის ნაკლები სიმჭიდროვეა

აღმოსავლეთ ევროპის, აგრეთვე ცენტრალური აზიის და აფრიკის ქვეყნებში.



ნახ. 2.5. მსოფლიოს მოსახლეობა ქვეყნების მიხედვით



ნახ. 2.6. მსოფლიოს მოსახლეობა 1800-2100, გაეროს 2004 პროგნოზებზე და აშშ-ს აღწერის ბიუროს შეფასებაზე დაყრდნობით

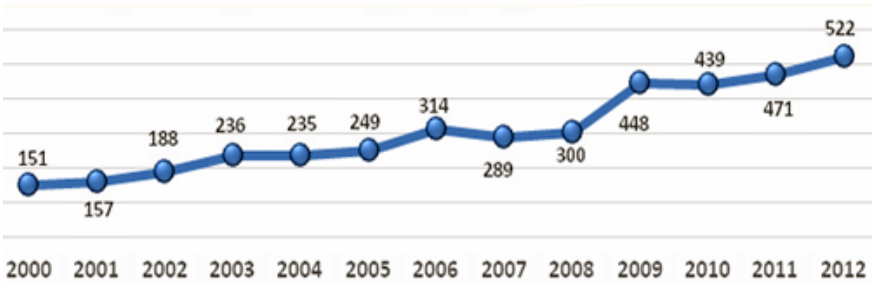
**მსოფლიოს 16 უდიდესი ქვეყანა მოსახლეობის მაჩვენებლის მიხედ-
ვით:**

№	ქვეყანა / ტერიტორია	მოსახლეობა	თარიღი	% მსოფლიოს მოსახლეობი- დან
1	ჩინეთი	1,338,010,000	11 ივნისი, 2010	19.6%
2	ინდოეთი	1,181,790,000	11 ივნისი, 2010	17.31%
3	ამერიკის შეერთებული შტატები	309,473,000	11 ივნისი, 2010	4.53%
4	ინდონე- ზია	231,369,500		3.39%
5	ბრაზილია	193,037,000	11 ივნისი, 2010	2.83%
6	პაკისტანი	169,724,500	11 ივნისი, 2010	2.49%
7	ბანგლა- დეში	162,221,000	2009	2.38%
8	ნიგერია	154,729,000		2.27%
9	რუსეთი	141,927,297	1 იანვარი, 2010	2.08%
10	იაპონია	127,530,000	1 დეკემ- ბერი, 2009	1.87%
11	მექსიკა	107,550,697		1.58%
12	ფილი- პინები	92,226,600	2009	1.35%
13	ვიეტნამი	85,789,573	1 აპრილი, 2009	1.26%
14	გერმანია	81,882,342	31 მარ- ტი, 2009	1.2%
15	ეთიოპია	79,221,000	ივლისი, 2008	1.16%

მსოფლიოს 16 უდიდესი ქვეყანა მოსახლეობის მაჩვენებლის მიხედ-
ვით:

№	ქვეყანა / ტერიტორია	მოსახლეობა	თარიღი	% მსოფლიოს მოსახლეობი- დან
16	ეგვიპტე			

სუნთქვის ორგანოთა დაავადებები (ათასი), 2000-2012



წყარო: საქსტატი

ძირითადი ლიტერატურა:

1. მ.ალფენიძე, ე.ელიზბარაშვილი, კ.ხარაძე. ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია. თბ. თსუ, 2003.
2. ე.ელიზბარაშვილი, ნ.სულხანიშვილი. გლობალური ეკოლოგია. თბ. 2009/
3. ე.ელიზბარაშვილი. საქართველოს კლიმატური რესურსები. თბილისი, 2007.
4. ე.ელიზბარაშვილი. საქართველოს ჰავა. თბილისი, 2017.
5. ე.ელიზბარაშვილი და სხვ. საქართველოს კლიმატის ცვლილება გლობალური დათბობის პირობებში. თბილისი, 2013.
6. ნ.ბერძენიშვილი „საქართველოს ეკოლოგიური პრობლემები“. 2016 წ.
7. Будыко М.И. Глобальная экология. М. Мысль, 1977.
8. Егоров В.А., Каллистов Ю.Н., Митрофанов В.Б., Пионтковский А.А. Математические модели глобального развития. критический анализ моделей природопользования. л, 1980.
9. Федоров Е.К. Взаимодействие природы и общества, л. 1972

სარჩევი

შესავალი	3
თავი 1. თანამედროვეობის გლობალურ ეკოლოგიური პრობლემები	5
1.1. გეოეკოლოგიის პრობლემები	5
1.2. დედამიწის კლიმატის ცვლილება	7
1.3. კლიმატის ცვლილების მიზეზები	17
1.4. გარემოს დაბინძურების პრობლემა	30
1.5. გლობალური დათბობა და მისი რეგიონალური გამოვლინებები	37
1.6. კლიმატის ცვლილების სცენარები	49
1.7. გაუდაბნობა, მისი ძირითადი რაიონები და მიზეზები	55
1.8. კლიმატის თანამედროვე ცვლილება და გაუდაბნობა	67
1.9. გვალვები და გაუდაბნობის პრობლემა საქართველოში	70
1.10. გვალვასა და გაუდაბნობასთან ბრძოლის მეთოდები	79
1.11. ბიომრავალფეროვნების შემცირება	83
თავი 2. გლობალური განვითარების მათემატიკური მოდელები	89
2.1. სისტემური დინამიკის მოდელი	89
2.2. გლობალური მოდელი	97
2.3. გლობალური მოდელის გამოკვლევის შედეგები	100
2.4. მიდოუზის მოდელის სტრუქტურა და ძირითადი განტოლებები	102
2.5. მსოფლიო სისტემის განვითარება მიდოუზის მოდელის მიხედვით	104
2.6. მესაროვიჩისა და პესტელის მოდელი	107
2.7. გლობალური განვითარების ლათინურ-ამერიკული მოდელი	109
2.8. გლობალური განვითარების მოდელების მიდოუზის ანალიზი	110
2.9. მსოფლიოს მოსახლეობის დინამიკა	111
ძირითადი ლიტერატურა	119