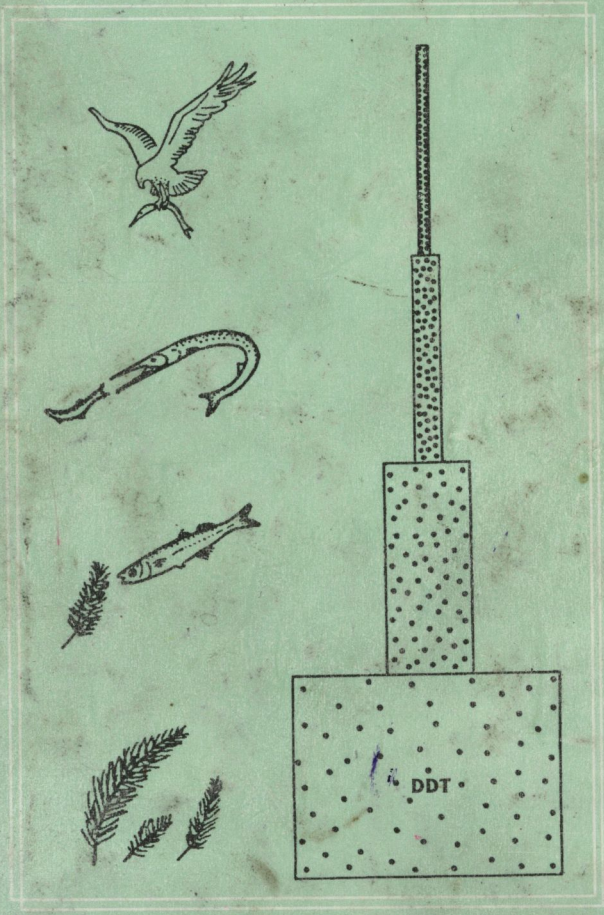
გია ქავჯავია

გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

გია ქაჯაია

გამოყენებითი ეკოლოგიის საფუძვლები

(გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები)

საქართველოს განათლების სამინისტროს მიერ
დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ უმაღლესი
სასწავლებლების სტუდენტებისათვის

თბილისი 2002

უაკ (UDC) 574 (207)
ქ. 341

წიგნში აღწერილია ბიოსფეროს უარყოფითი ცვლილება ბოლო 100–1
წლის მანძილზე. ტრადიციული ეკოლოგიის ძირითადი პრინციპების დახას
თების შემდეგ, გაშუქებულია ანთროპოგენური ფაქტორის წარმოშობის
განვითარების პირობები, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს უა
ყოფითი ცვლილება.

სპეციალურ თავებში განხილულია გარემოს უარყოფითი ცვლილების გა
ლენა ცოცხალ სისტემებზე და ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ანთროპოგენუ
ფაქტორით გამოწვეული გლობალური მოვლენები, გარემოს დაცვის ეკოლო
გიური პრინციპები და ა. შ.

სათანადო ადგილი აქვს დათმობილი საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერ
თობის სტრატეგიისა და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების ზოგიერთი შ
დეგის აღწერას საქართველოში.

წიგნი გათვალისწინებულია სტუდენტების, უფროსი კლასების მოსწავლე
ბისა და ეკოლოგიის საკითხებით დაინტერესებული ფართო მკითხველისათვ

რედაქტორები: აკადემიკოსი **ოთარ ნათიშვილი**,
საქართველოს მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენ-
ტი **ირაკლი ელიავა**,
საქართველოს მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტი-
ტუტის წამყვანი მეცნიერ მუშაკი **ირინე ქორქია**

რეცენზენტები: საქართველოს მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენ-
ტი **გურამ მჭედლიძე**, დოც. **სერგო ადამია**

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2002

ქ $\frac{1903040000}{608(06)-02}$

ISBN 99940-13-02-5

წინათქმა

კაცობრიობის ისტორია შეიძლება განვიხილოთ არა მხოლოდ როგორც საზოგადოებრივი ფორმაციების, საწარმოო ძალების, კულტურისა და პოლიტიკური ცხოვრების განვითარების ეტაპების მონაცვლეობა. იგი ამავე დროს საზოგადოებისა და ბუნებრივი სისტემების ურთიერთობათა ცვლის პროცესიცაა.

მატერიალური კულტურის ყოველ დონეს გარემოზე ზემოქმედების სპეციფიკური ფორმები და საზღვრები ახასიათებს. სამწუხაროდ, საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების პროცესში, ისინი ხშირად შეუმჩნეველი ან გაუაზრებელი რჩებოდა. მეცხოველეობის განვითარების კვალდაკვალ საძოვრების უწესრიგო გამოყენებას მათი გადაგვარება მოყვა; მიწათმოქმედების განვითარებამ ბევრად გაუადვილა ადამიანს ცხოვრება, მაგრამ აქაც, მიწების უგეგმო ექსპლუატაციამ ნიადაგების გამოფიტვა გამოიწვია, ხოლო ხელოვნურმა რწყვამ მათ დამლაშებას და დაჭაობებას შეუწყო ხელი. ამის შედეგია ის, რომ დაახლოებით 6 000 წლის მანძილზე კაცობრიობამ 20 მლნ კმ^2 მიწა დაკარგა, მაშინ, როდესაც დღეს მთელი სახნავი მიწების საერთო ფართი მსოფლიოში 15 მლნ კმ^2-ს არ აღემატება.

გარემოში მიმდინარე ცვლილებების მასშტაბები საზოგადოებამ მხოლოდ ბოლო საუკუნის მანძილზე გააცნობიერა, როდესაც შეუქცევადმა პროცესებმა კატასტროფული ხასიათი მიიღო. ამ მხრივ XX საუკუნე განსაკუთრებით ტრაგიკული გამოდგა. გასულ საუკუნეებში ძნელი იყო იმის წარმოდგენა, რომ ტექნიკური პროგრესი გარემოში უარყოფითი ცვლილებების მიზეზი გახდებოდა, რაც, თავის მხრივ, ცოცხალი ორგანიზმების ნორმალურ ზრდა-განვითარებას შეაფერხებდა. 136 წლის წინათ, როდესაც გამოჩენილმა გერმანელმა მეცნიერმა ე. ჰეკელმა ეკოლოგიის ცნება დაამკვიდრა, იგი მას განმარტავდა, როგორც მეცნიერებას ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთობის შესახებ. ცხადია, ჰეკელი ვერც კი წარმოიდგენდა, რომ გავიდოდა დრო და გარემო ადამიანის ზეინტენსიური ზეგავლენის ქვეშ მოექცეოდა, ხოლო ე. წ. „ანთროპოგენური ფაქტორი“ თავისი მნიშვნელობით სხვა ეკოლოგიურ ფაქტორებს გაუტოლდებოდა. სამწუხაროდ, ჰეკელის შემდგომი თაობის წარმომადგენლები ამაში იოლად დარწმუნდნენ. დღეს კი აშკარაა, რომ ტექნიკის შემდგომი განვითარებისა და ბუნებრივი რესურსების ინტენსიური ათვისების ფონზე გარემოს ოპტი-

მალური მდგომარეობის შენარჩუნება — კაცობრიობის არსებობის ერთადერთი პირობაა.

ეკოლოგია ჩვენი დროის თავისებურ სიმბოლოდ იქცა, იგი ცხოვრების ყველა სფეროში შეიჭრა და სახალხო მეურნეობის მრავალ დარგს დაუკავშირდა. შეიქმნა „ქიმიური“, „სამრეწველო“, „აგრარული“, „გლობალური“, „სოციალური ეკოლოგია“.

ამ მიმართულებებს გამოყენებითი მნიშვნელობა აქვთ. ბუნებრივი მოვლენების კომპლექსური შესწავლის საფუძველზე, ისინი ითვალისწინებენ გარემოს დაცვის სტრატეგიას და ტაქტიკას ადგილობრივი და პლანეტარული მოვლენების ფონზე.

გამოყენებითი ეკოლოგიის ყველა დარგის კრებით სახელად შემოიღეს ტერმინი „ინვაირონმენტოლოგია“ (environmentology — სწავლება გარემო პირობების შესახებ), თუმცა ფართო აღიარება ამ ტერმინმა ჩვენში ჯერჯერობით ვერ მოიპოვა.

ეკოლოგები ერთსულოვანი არიან იმაში, რომ გამოყენებითი ეკოლოგიის მიზანი, პირველ რიგში, ანთროპოგენური ფაქტორის და მისი ზემოქმედების შედეგების ყოველმხრივი ანალიზია. ამავე დროს, ცალკეული საკითხების ინტერპრეტაციაში ავტორებს შორის ხშირად აზრთა სხვადასხვაობაც იჩენს თავს.

ჩვენ უპირატესობას ვანიჭებთ შემდეგ განმარტებას:

გამოყენებითი ეკოლოგია მეცნიერების კომპლექსური დარგია, რომელიც ტრადიციული ეკოლოგიის პრინციპებისა და კანონების საფუძველზე შეისწავლის გარემოს უარყოფითი ცვლილებების მიზეზებს და წყაროებს, ამ ცვლილებების თავიდან აცილების და გარემოს სტაბილური მდგომარეობის შენარჩუნების გზებს, ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების შესაძლებლობებს საზოგადოებისა და მისი საარსებო გარემოს ურთიერთობის სრულყოფის მიზნით.

ამ განმარტებაში სამ ძირითად ასპექტს გამოვყოფთ:

I გულისხმობს ტრადიციულ ეკოლოგიას, რომლის გარეშე გარემოს დაცვასთან დაკავშირებული პრაქტიკული საკითხები წარმატებით ვერ იქნება შეფასებული და გადაწყვეტილი;

II ასპექტი გულისხმობს ანთროპოგენური ფაქტორის წარმოშობას, განვითარებას, ცოცხალ და არაცოცხალ გარემოზე მისი უარყოფითი ზემოქმედების შედეგების გამოვლენას;

III ასპექტია გარემოს სტაბილიზირების გზების ძიება ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების გათვალისწინებით.

ბიოსფეროს თანამედროვე პრობლემების სიმრავლის გამო, ყველა ამ საკითხის მეტ-ნაკლები სისრულით დახასიათება შეუძლებელია. მაგრამ ავტორი იმედოვნებს, რომ დაინტერესებული მკითხველი შეძლებს მისთვის საჭირო დამატებითი ინფორმაციის ამოკრეფას წიგნის ბოლოს დართული ლიტერატურის სიიდან.

წიგნზე მუშაობისას საგულისხმო რჩევებს და დახმარებას ვიღებდი კოლეგებისაგან. ესენია, პირველ რიგში, წიგნის რედაქტორები — ბიოლ. მეცნ. კანდიდატი ირ. ქორქია, აკად. ო. ნათიშვილი და საქართველოს მეცნ. აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი ირ. ელიავა. ზოგადი ხასიათის რჩევები მივიღე აკად. გ. გიგაურისაგან და აკად. ც. მირცხულავასაგან. საგულისხმო დახმარება ცალკეულ თავებზე მუშაობისას გამიწიეს აკად. გ. სანაძემ („მზის სხივური ენერგია“ I თავში, „ატმოსფერული მოვლენები“ V თავში), მეცნ. აკად. წევრ-კორესპონდენტებმა გ. მჭედლიძემ (I და V თავები) და გ. ნახუცრიშვილმა („საქართველოს ძირითადი ბიომები“ I თავში), პროფ. თ. ლალიძემ (VI თავი), ბიოლ. მეცნ. დოქტორებმა ო. აბდალაძემ („მცენარეული საფარი“ IV თავში) და ე. ყვავაძემ („ბიოინდიკაცია და ბიოტესტირება“ VII თავში), დოც. ს. ადამიამ (ქიმიური ნაწილი), დოც. ა. დავითულიანმა („ბიოსფეროს ფუნქციონირება“ I თავში), მეცნ. მუშაკმა მ. ბარამიძემ (დანართის შედგენისას). მნიშვნელოვანი რჩევები წიგნის სტრუქტურასთან დაკავშირებით მივიღე ქ-ნ ირ. ქორქიასაგან.

ვსარგებლობ შემთხვევით და თითოეულ მათგანს გულითად მადლობას ვუხდი. მადლობელი ვარ აგრეთვე ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის (WWF) საქართველოს წარმომადგენლობისა და საერთაშორისო ორგანიზაციისა BTC Co წიგნის გამოცემის ხელშეწყობისათვის.

1. ბიოლოგიური სისტემები

ეკოლოგიის საგნის სწორი შეფასებისათვის მიზანშეწონილია განვიხილოთ ბიოლოგიური სისტემების იერარქიული ურთიერთდამოკიდებულების პრინციპი.

თანამედროვე გაგებით, ბიოლოგია არის ცოცხალი ბუნების შემსწავლელი სამეცნიერო დარგების ერთობლიობა. მისი საგანია სიცოცხლის ყოველგვარი გამოვლენის, ცოცხალ არსებათა აგებულებისა და ცხოველქმედების შესწავლა. ბიოლოგია ძველი მეცნიერებაა დიდი და საინტერესო ისტორიით. პირველი ბიოლოგიური დარგები საკვლევი ობიექტების შესაბამისად ჩამოყალიბდა: მცენარეთა შემსწავლელ მეცნიერებას ბოტანიკა დაერქვა, ცხოველთა შემსწავლელ მეცნიერებას — ზოოლოგია; ადამიანისა და ცხოველთა აგებულებას, მათი ორგანოების ცხოველქმედების პროცესებს იმთავითვე ანატომია და ფიზიოლოგია შეისწავლიდა. მოგვიანებით დამოუკიდებელ დარგებად ჩამოყალიბდა მიკრობიოლოგია, ვირუსოლოგია და სხვ.

იყო დრო, როდესაც ბიოლოგები მხოლოდ ორგანიზმებისა და მათი აგებულების შესწავლით კმაყოფილდებოდნენ, რადგან თვლიდნენ, რომ ორგანიზმი — სიცოცხლის ძირითადი ერთეულია. ამ დარგს ხშირად ორგანიზმულ ბიოლოგიას უწოდებენ. მას დღესაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ბიოლოგიურ კვლევებში.

მიკროსკოპის გამოგონებამ (XVII საუკუნე) მძლავრი ბიძგი მისცა ბიოლოგიის შემდგომ განვითარებას. 1838 წელს უჯრედული თეორია ჩამოყალიბდა, ხოლო შემდეგ, მიკროსკოპული ტექნიკის და ქსოვილთა ფიქსაციის მეთოდების სრულყოფის შედეგად — ბიოლოგიის დამოუკიდებელი დარგი, ციტოლოგია.

ელექტრონული მიკროსკოპის შექმნის (1938 წელი) შემდეგ მეცნიერებმა ცოცხალი სისტემების სრულიად ახალი — სუბუჯრედული დონე დაადგინეს, მოგვიანებით კი საფუძველი ჩაეყარა მეცნიერების ახალ დარგს — მოლეკულურ ბიოლოგიას.

ამგვარად, გასული საუკუნის I ნახევარში მეცნიერებაში ფეხი მოიკიდა ბიოლოგიური მიკროსისტემების კონცეფციამ, რომლის თანახმად ნებისმიერი ორგანიზმი შედგება ორგანოთა სისტემებისა და

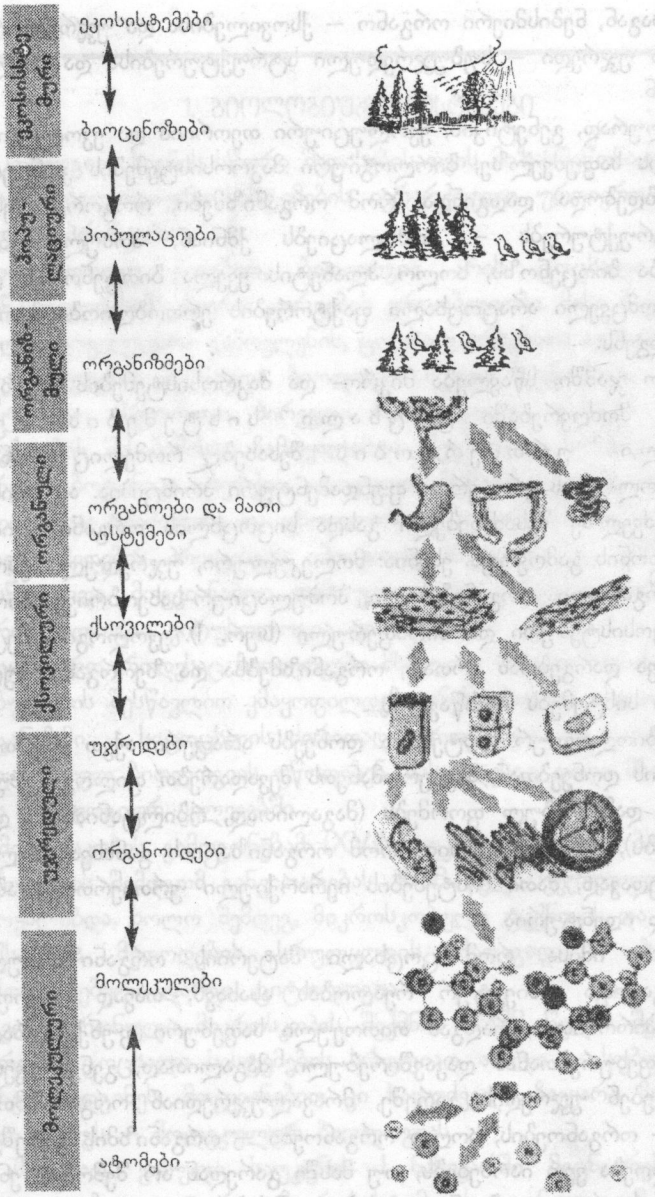
ორგანოებისაგან, ნებისმიერი ორგანო — ქსოვილებისა და უჯრედებისაგან, ხოლო უჯრედი — სუბუჯრედული სტრუქტურებისა და მოლეკულებისაგან.

პარალელურად, გენეტიკის, ევოლუციური თეორიის და ეკოლოგიის განვითარების საფუძველზე, ბიოლოგიური მაკროსისტემების კონცეფციაც ყალიბდებოდა. დადგინდა, რომ ორგანიზმები, როგორც წესი, რთულ სტრუქტურებს — პოპულაციებს ქმნიან. პოპულაციების ერთობლიობა ბიოცენოზს, ხოლო პლანეტის ყველა ბიოცენოზის და მათი გარემომცველი არაცოცხალი ფაქტორების ერთობლიობა ბიოსფეროს შეადგენს.

საბოლოო ჯამში, სწავლება მიკრო- და მაკროსისტემების შესახებ გაერთიანდა მოძღვრებაში ცოცხალი სისტემების იერარქიული ურთიერთობის შესახებ, რომელიც თანამედროვე ბიოლოგიის ერთ-ერთი ფუნდამენტური პრინციპია. ამ პრინციპის საფუძველზე შესაძლებელი გახდა სიცოცხლის ორგანიზაციის რამდენიმე დონის გამოყოფა. ესენია: მოლეკულური, უჯრედული, ქსოვილური, ორგანული, ორგანიზმული, პოპულაციურ-სახეობრივი, ბიოცენოზურ-ეკოსისტემური და ბიოსფერული (სურ. 1). ეკოლოგია, მეცნიერების სხვა დარგებთან ერთად, ორგანიზმებსა და ზეორგანიზმულ ბიოლოგიურ სისტემებს შეისწავლის.

ცხადია, ბიოლოგიურ სისტემათა დონეებს არაფერი აქვთ საერთო ორგანიზაციის დონეებთან. თუ ერთმანეთს შევადარებთ ფილოგენეზურად ძლიერ დაშორებულ ფორმებს (მაგალითად, რბილტანიანებს და ძუძუმწოვრებს), დავრწმუნდებით, რომ ორგანიზაციის განსხვავებული დონის მიუხედავად, მათი სისტემების იერარქიული ურთიერთობა აბსოლუტურად იდენტურია.

მიუხედავად იმისა, რომ ცოცხალი მატერიის ორგანიზაციულ დონეებად გაყოფა ობიექტურ რეალობას ასახავს, თავად დაყოფა ერთგვარად პირობითია, რადგან თითოეული საფეხური ფუნქციურად მეზობელ საფეხურებთანაა დაკავშირებული. მაგალითად, გენები ვერ ფუნქციონირებენ უჯრედის გარეშე, მრავალუჯრედიან ორგანიზმთა უჯრედები — ორგანოების, ხოლო ორგანოები — ორგანიზმის გარეშე. თანასაზოგადოება ვერ იარსებებს, თუ მასში გარედან არ შემოდის ენერგია და არ ხორციელდება ნივთიერებათა წრებრუნვა.



სურ. 1. ცოცხალი სისტემების იერარქიული ურთიერთობა; რადკევიჩის (1977) მიხედვით, დამატებებით

მთლიანის თავისებურებები ყოველთვის არაა დამოკიდებული მისი შემადგენელი ნაწილების თავისებურებათა ჯამზე. მაგალითად, ყველამ იცის, რომ წყალბადისა და ჟანგბადის გარკვეული თანაფარდობა წყალს ქმნის, რომლის თავისებურებები არაფრით გავს შემადგენელი ელემენტების თავისებურებებს. აღნიშნული მოვლენა ცოცხალი ბუნების იერარქიული ორგანიზაციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თავისებურებაა. ბიოლოგიური სისტემების უფრო მსხვილ ფუნქციურ ერთეულებად გაერთიანებისას სისტემას უჩნდება თვისებები, რომლებიც შემადგენელი კომპონენტებისათვის არაა დამახასიათებელი. ამას ეკოლოგიაში ემერჯენტობის პრინციპს უწოდებენ (ინგლ. „ემერჯენტ“ – მოულოდნელად წარმოშობილი), ხოლო სისტემაში წარმოქმნილ ახალ თავისებურებას – ემერჯენტულს.

ემერჯენტობის დადასტურებაა პოპულაცია, რომელიც სხვადასხვა სქესის, ასაკის და განსხვავებული ფიზიოლოგიური თავისებურებების ინდივიდებისაგან შედგება; ასევე ბიოცენოზი, რომელშიც ასობით სახეობის მცენარის, ცხოველისა და მიკროორგანიზმის პოპულაცია შედის; თვით ბიოსფეროც კი, რომელიც უსასრულო რაოდენობის ეკოსისტემას მოიცავს.

იერარქიის აღმავალ საფეხურზე მყოფ სისტემათა გართულებასთან ერთად, მათი ცალკეული თავისებურებები ხშირად მეტი მდგრადობით ხასიათდება. მაგალითად, ფოტოსინთეზის ინტენსივობა ტყის თანასაზოგადოებაში ნაკლებად ცვალებადია ცალკეული ხე-მცენარეების ფოტოსინთეზთან შედარებით. ეს იმიტომ, რომ თუ რაიმე მიზეზით ტყის ერთ ნაწილში ფოტოსინთეზი იკლებს, შესაძლოა მეორე ნაწილში ის მკვეთრად გაძლიერდეს. საბოლოო ჯამში კი ტყის ეკოსისტემაში ფოტოსინთეზის ინტენსივობა მეტ-ნაკლებად თანაბარია.

ისტორიულად მკვლევართა დამოკიდებულება მთელისა და მისი შემადგენელი ნაწილებისადმი ერთნაირი არ იყო. უმეტეს შემთხვევაში მეცნიერები ცდილობდნენ მოვლენები მთლიანობაში განეხილათ, მაგრამ ხშირად ეს შეუძლებელი იყო შემადგენელი კომპონენტების დეტალური შესწავლის გარეშე. მაგალითად, კვებითი ჯაჭვების შესწავლისათვის აუცილებელია ბიოცენოზის მცენარეთა და ცხოველთა სახეობრივი შედგენილობის ცოდნა, მაგრამ წყალსატევის პირველადი პროდუქციის დადგენისათვის აუცილებელი არაა ფიტოპლანქტონის სახეობრივი სტრუქტურის დადგენა.

ამგვარად, მკვლევარის მიზნებისა და ბიოლოგიური სისტემების სპეციფიკის შესაბამისად, მთელისა და მისი შემადგენელი ნაწილებისადმი დამოკიდებულება ერთმანეთს ავსებს.

2. ბიოლოგიური სისტემების მდგრადობა

მდგრადობა ცოცხალი სისტემების ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა. ამასთან, იერარქიული რიგის აღმავალ საფეხურებზე ის თანდათან იზრდება და მაქსიმუმს რიგის ბოლო საფეხურებზე განლაგებულ სისტემებში — პოპულაციებსა და თანასაზოგადოებებში აღწევს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზეორგანიზმული სისტემების მდგრადობა არაა აბსოლუტური, რადგან ქვესისტემებს შორის მიმდინარეობს ნივთიერებისა და ენერგიის მუდმივი გადანაცვლება, სახეობათა რიცხოვნობისა და სიმჭიდროვის ცვლილება, მიგრაციული პროცესები და ა. შ.

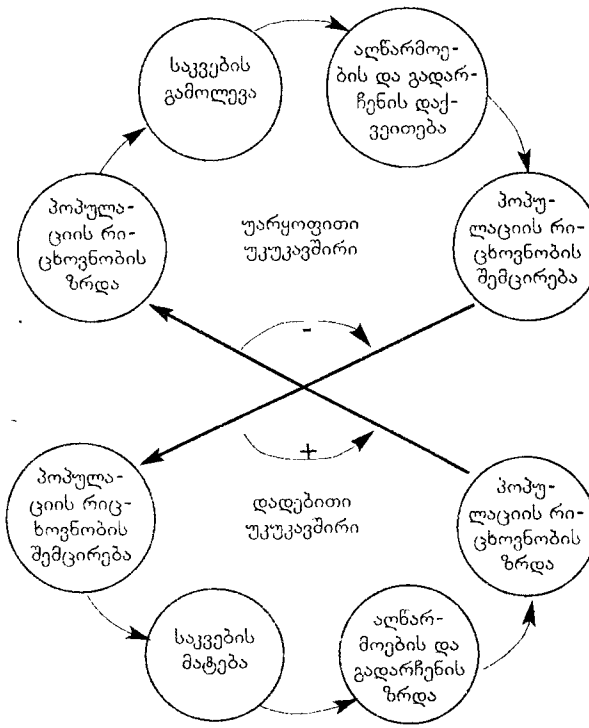
გარემოს ცვალებად პირობებში ცოცხალი სისტემების მიერ საკუთარი მარეგულირებელი მექანიზმებით დინამიური წონასწორობის შენარჩუნების უნარს ჰომეოსტაზი ეწოდება (ბერძნ. „ჰომოიოს“ — იგივე, მსგავსი; „სტაზის“ — უძრაობა).

ბიოსისტემის წონასწორობა ხორციელდება უკუკავშირების რთული მექანიზმებით. ამ მოვლენის არსი ისაა, რომ სისტემის ესა თუ ის ელემენტი იღებს ინფორმაციას სხვა ელემენტებისაგან და შესაბამის ცვლილებებს იწვევს მომდევნო საფეხურებზე.

პოპულაციებსა და ბიოცენოზებში ჰომეოსტაზის ერთ-ერთი ფაქტორი — კვებითი ურთიერთობაა. როგორც მე-2 სურათიდან ჩანს, ცხოველთა რიცხოვნობის მკვეთრი ზრდა საკვების შემცირებას იწვევს, რაც პოპულაციის ბიომასის დაქვეითების მიზეზი ხდება. მაგრამ გარკვეული დროის შემდეგ ეს ხელს უწყობს საკვები რესურსების აღდგენას და ცხოველთა ინტენსიური ზრდა-განვითარების განახლებას.

ასევეა სისტემაში „მტაცებელი — მსხვერპლი“. თუ სამსხვერპლოს რიცხოვნობა იზრდება, მტაცებლის რიცხოვნობაც უნდა იზრდებოდეს. ამ შემთხვევაში საქმე დადებით უკუკავშირთან გვაქვს. მაგრამ რადგან მტაცებელი იკვებება მსხვერპლით, მისი რიცხოვნობა მეტისმეტად ვერ გაიზრდება, გარკვეულ ეტაპზე კი იგი შემცირებას დაიწყებს. ამაში ვლინდება უარყოფითი უკუკავშირი.

ჩვეულებრივ, დადებითი და უარყოფითი უკუკავშირები კანონზომიერად მონაცვლეობენ: მსხვერპლის რიცხოვნობის შემცირებას



სურ. 2. ჰომეოსტაზი ცხოველთა პოპულაციაში, დედიუს (1990) მიხედვით.

მტაცებელი განაპირობებს, მაგრამ გარკვეულ ეტაპზე ეს მტაცებლის რიცხოვნობის დათრგუნვას იწვევს, რის შემდეგ მსხვერპლის რიცხოვნობა კვლავ იზრდება.

თუ რაიმე მიზეზით მსხვერპლის რიცხოვნობა მეტისმეტად გაიზარდა და მას არ მოჰყვა მტაცებლის რიცხოვნობის ზრდა, ანუ არ განხორციელდა დადებითი უკუკავშირი, სისტემამ შესაძლოა შეწყვიტოს არსებობა, რადგან მსხვერპლის სიმრავლე მისი საკვები ბაზის გამოლევას შეუწყობს ხელს.

საწინააღმდეგო სიტუაციაში, თუ, მაგალითად, გარემოში გაჩნდა სხვა მტაცებელი, ან მსხვერპლის პოპულაციაში თავი იჩინა რაიმე დაავადებამ, მისი რიცხოვნობა შესაძლოა მეტისმეტად შემცირდეს, რაც ასევე შეუწყობს ხელს სისტემის დაშლას.

განვიხილოთ კონკრეტული სიტუაცია ჩაკეტილ წყალსაცავში. ეს სისტემა რამდენიმე კომპონენტისაგან შედგება. ესენია: წყალში გახსნილი მინერალური ნივთიერებები, მათი მომხმარებელი წყალმცენარეები; ცხოველები, რომლებიც წყალმცენარეებით და სხვა ცხოველებით იკვებებიან, მკვდარი ორგანული მასა, ანუ დეტრიტი და ბაქტერიები, რომლებიც დეტრიტს მინერალურ ნივთიერებებამდე შლიან.

ასეთ სიტუაციაში თუ საარსებო პირობები, ინტენსიური ფოტოსინთეზის შედეგად, ოპტიმალურია, წყალმცენარეთა მასა იზრდება, რაც იწვევს მინერალურ ნივთიერებათა მარაგის შემცირებას, ცხოველთა ბიომასის და დეტრიტის ზრდას. ეს, თავის მხრივ, განაპირობებს ბაქტერიების რიცხოვნობის ზრდას.

გარკვეულ ეტაპზე, წყალმცენარეების გადამეტებული მოხმარების გამო, მათი მასა მცირდება, რაც იწვევს მინერალური ნივთიერებების მატებას და ცხოველთა ბიომასის შემცირებას. ეს ორი გარემოება ხელს უწყობს წყალმცენარეების მასის აღდგენას, რასაც ციკლის ახალი ტალღა მოსდევს. როგორც ვხედავთ, სისტემას თვითრეგულაციის უნარი აქვს, რადგან მასში დადებითი და უარყოფითი უკუკავშირები ერთმანეთს ენაცვლება.

თუ წყალსატევში აღმოჩნდა მეტისმეტად ბევრი ბიოგენური ელემენტი (მაგალითად, წყალში მინერალური სასუქების სისტემატური მოხვედრის გამო), ციკლი შესაძლოა დაირღვეს. ამ შემთხვევაში დაიწყება წყალმცენარეთა ინტენსიური განვითარება, მისი ფენა თანდათან გასქელდება, სინათლის შეღწევა წყლის ქვედა შრეებში დაბრკოლდება. პარალელურად, გაიზრდება ორგანული ნივთიერებების ლპობის პროცესი. მის დაშლაზე დაიხარჯება წყალში გახსნილი ჟანგბადის დიდი ნაწილი, რაც არა მხოლოდ ცხოველების, არამედ დეტრიტის დამშლელი ბაქტერიების დაღუპვას გამოიწვევს. განხილულ მაგალითში უარყოფითი უკუკავშირები აშკარად გამორიცხულია. წყალსატევში სასუქის შეღწევა თუ არ შეწყდა, თვითგაწმენდის ბუნებრივი პროცესი დაირღვევა, რაც სისტემის დაშლას გამოიწვევს.

ხშირად ეკოსისტემაში კატასტროფულად იზრდება მცენარეთა მავნე ფეხსახსრიანთა რიცხოვნობა. თუ უარყოფითი უკუკავშირები არ განხორციელდა, რომელიც მავნებელთა რიცხოვნობის სტაბილიზაციას შეუწყობს ხელს, ეკოსისტემა სერიოზული საფრთხის წინაშე აღმოჩნდება. ასე მოხდა გასული საუკუნის 50-იან წლებში ბორჯომის

ხეობაში, სადაც თავი იჩინა ნაძვის მავნებელმა – ლაფანჭამიამ. ადგილობრივი პირობები მწერისათვის ოპტიმალური გამოდგა; მას არც კონკურენტი გამოუჩნდა, არც ბუნებრივი მტერი, ამიტომ მავნებლის რიცხოვნობამ სწრაფად იწყო ზრდა. შედეგად, ბორჯომის ხეობის მთელმა ეკოსისტემამ საგრძნობლად იცვალა სახე.

ადამიანი მუდმივად ზემოქმედებს ბიოცენოზებზე. ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყენება, სარეწაო ცხოველების მასობრივი ხოცვა, ხე-ტყის გადაჭარბებული ჭრა და სხვა ხელს უშლის უკუკავშირების ნორმალურ მსვლელობას. ეს კი ხშირად მთელი თანასაზოგადოების ან მისი ფრაგმენტის დაშლას იწვევს.

ბუნებრივ დაბრკოლებებსა და ანთროპოგენური ფაქტორებით გამოწვეულ დაბრკოლებებს შორის არსებითი განსხვავებაა. ბუნებრივი დაბრკოლება იშვიათად იწვევს სისტემის დაშლას (რაც არ უნდა დიდი იყოს მტაცებლის რიცხოვნობა, ის მაინც დამოკიდებულია მსხვერპლის რიცხოვნობაზე). ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედების დროს ასეთი უკუკავშირები გამორიცხულია. ასე, ჰერბიციდების გამოყენება სერიოზულ დაბრკოლებებს ქმნის ბიოცენოზში: იღუპება ბალახი, რაც იწვევს ბალახით მკვებავი ცხოველების (ფიტოფაგების) რიცხოვნობის მკვეთრ შემცირებას და ღრმა ცვლილებებს კვებითი ჯაჭვის შემდგომ რგოლებში. ძლიერი ხანძრების ან ტყეების გაჩეხვის შემდეგ პირველ რიგში მცენარეები ისპობა. რაც შეეხება ფიტოფაგებს, მათი არსებობა დამოკიდებულია არა მხოლოდ ხანძარზე, არამედ იმ მცენარეებზეც, რომლითაც ისინი იკვებებიან.

3. ეკოლოგიის საგანი და ამოცანები. ეკოლოგიის დონეები

სიტყვა „ეკოლოგია“ დღეს ისეთივე პოპულარულია, როგორც, მაგალითად, „ცივილიზაცია“, „ეკონომიკა“ და სხვ. თანამედროვე პრობლემებით დაინტერესებული მრავალი მკვლევარი, ნებსით თუ უნებლიედ, ეკოლოგიასთანაა დაკავშირებული. მაგრამ საკითხები, რომელთაც, მაგალითად, ბიოლოგი შეისწავლის, თავისი შინაარსით განსხვავდება გეოფიზიკოსის, ქიმიკოსის, სოციოლოგის, იურისტის ან ეკონომისტის პრობლემებისაგან. შესაბამისად, ყველა სპეციალისტი ამ ტერმინს იმდენად განსხვავებულ მნიშვნელობას ანიჭებს, რომ არასპეციალისტისათვის ძნელია გაგება: მაინც რა არის ეკოლოგია?

გერმანელმა ზოოლოგმა ე. ჰეკელმა 1866 წელს სათავე დაუდო მეცნიერების ახალ დარგს, რომელიც მან ასე განმარტა: ეკოლოგია — ესაა მეცნიერება ცოცხალი ორგანიზმების ურთიერთდამოკიდებულების შესახებ გარემოს ორგანულ და არაორგანულ კომპონენტებთან, მცენარეთა და ცხოველთა ანტაგონისტური თუ არაანტაგონისტური ურთიერთობის ჩათვლით. ეკოლოგია შეისწავლის ბუნებაში არსებულ ურთიერთკავშირებს და ურთიერთდამოკიდებულებებს, რომელთაც ჩ. დარვინი განიხილავდა როგორც არსებობისათვის ბრძოლის პირობებს.

იმ დროიდან მოყოლებული, მეცნიერთა შეხედულება ეკოლოგიის საგნისა და შინაარსის შესახებ იცვლებოდა, თუმცა ჰეკელისეული განმარტების არსი უცვლელი რჩებოდა. ერთნი თვლიდნენ, რომ ეკოლოგია შეისწავლის მცენარეთა და ცხოველთა არსებობას და განვითარებას მათ ბუნებრივ ადგილსამყოფელში; სხვების აზრით, ეკოლოგია მოძღვრებაა ბუნების სტრუქტურისა და ფუნქციონირების შესახებ; ბოლო წლების განმარტებით ეკოლოგიის ძირითადი მიზანია ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთობის შესწავლა პოპულაციების დონეზე.

XX საუკუნის II ნახევარში ეკოლოგიის ამოცანები მნიშვნელოვნად გაფართოვდა. გამოიკვეთა დედამიწაზე მიმდინარე პროცესებისა და მოვლენებისადმი ეკოლოგიური მიდგომის აუცილებლობა. საზოგადოებამ ნათლად დაინახა ეკოლოგიური კრიზისის შესაძლო შედეგები.

სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესისა და თანამედროვე მეცნიერების მიღწევების გათვალისწინებით, **ეკოლოგია შეიძლება დავახა-**

სიათოთ, როგორც დარგი, რომელიც ცალკეული ინდივიდების, პოპულაციებისა და თანასაზოგადოებების დონეზე შეისწავლის ორგანიზმთა ურთიერთდამოკიდებულებას მათ გარემომცველ ცოცხალ და არაცოცხალ ფაქტორებთან იმ ცვლილებების გათვალისწინებით, რომელიც გარემოში ადამიანს შეაქვს (ელიავა და სხვ., 1992; ქაჯაია, 1999).

ეს განსაზღვრება არ აზუსტებს, ვრცელდება თუ არა ეკოლოგიის კანონები ადამიანთა საზოგადოებაზე. თუ ეკოლოგიას ამ თვალსაზრისით განვიხილავთ, უნდა გამოიკვეთოს ორი, ერთმანეთისაგან განსხვავებული მიდგომა — ა ნ თ რ ო პ ო ც ე ნ ტ რ უ ლ ი (ტექნოკრატული) და ბ ი ო ც ე ნ ტ რ უ ლ ი (ეკოცენტრული).

პირველის თანახმად, მცენარეთა და ცხოველთა სიცოცხლისა და განვითარების განმსაზღვრელი კანონები არ ვრცელდება ადამიანზე, ან, უკიდურეს შემთხვევაში, მათ მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვთ. ცოცხალი ბუნება და ადამიანთა საზოგადოება ორი განსხვავებული სისტემაა, ხოლო მათი ურთიერთდამოკიდებულება ადამიანის მიერ დაწესებული კანონებით ხორციელდება; ბუნების კანონებს არ შეუძლია ხელი შეუშალოს კაცობრიობის ეკონომიკურ განვითარებას, სამეცნიერო-ტექნიკურ და სოციალურ პროგრესს.

მეორე — ბიოცენტრული მიდგომის თანახმად, ადამიანი, როგორც ბიოლოგიური სახეობა, რჩება ძირითადი ეკოლოგიური კანონების კონტროლის ქვეშ და ემორჩილება მათ. ანთროპოცენტრიზმისაგან განსხვავებით, ბიოცენტრული მიდგომა ემყარება ერთიანი პლანეტარული სისტემის არსებობას, რომელშიც ყველა ორგანიზმი — ბაქტერიები, სოკოები, მცენარეები, ცხოველები, ადამიანი, მისი რესურსებისა და ტექნიკის ჩათვლით — ურთიერთქმედებს ერთმანეთთან და გარემოსთან.

ხშირად ცნება „ეკოლოგია“ გარემოს დაცვასთანაა გაიგივებული, რაც არაა სწორი. ტერიტორიის გამწვანებისათვის, ქუჩების დასუფთავებისათვის, ნაგავსაყრელების ექსპლუატაციისათვის, სასმელი წყლის ქლორირებისა თუ საკვამლე მილებზე ფილტრების დაყენებისათვის აუცილებელი არაა ეკოლოგიის კანონების ცოდნა, ეს წმინდა ორგანიზაციული და ტექნიკური პრობლემებია. მაგრამ აღნიშნულ ღონისძიებებს წინ უნდა უსწრებდეს სანიტარულ-ჰიგიენური და გარემოსდაცვითი მოთხოვნების დასაბუთება, რაც, პირველ რიგში, ეკოლოგიურ

პრინციპებს უნდა ეფუძნებოდეს. შესაბამისად, „ეკოლოგია არის ადამიანის საარსებო გარემოს დაცვის, ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებისა და აღდგენის მეცნიერული საფუძველი“ (რეიმერსი და სხვ., 1987).

ჰეკელი აღნიშნავდა, რომ ნებისმიერ ორგანიზმზე ერთდროულად მრავალი ფაქტორი მოქმედებს. იმის მიხედვით, თუ როგორ გარემოში ბინადრობს იგი, ფაქტორთა მოქმედების სპეციფიკა განსხვავებულია. შესაბამისად, ეკოლოგია ცოცხალ ორგანიზმებზე გარემო ფაქტორთა მოქმედების ზოგად პრინციპებს შეისწავლის. ამ მიმართულებას ფაქტორიალურ ეკოლოგიას ან აუტეკოლოგიას უწოდებენ.

ცალკეულ ინდივიდებზე გარემო ფაქტორების უშუალო ზემოქმედების მიუხედავად, შეგუება ამ ინდივიდთა ერთობლიობების — პოპულაციების დონეზე ხორციელდება. ამის საფუძველზე ჩამოყალიბდა და განვითარდა ეკოლოგიის მეორე მიმართულება — დემეკოლოგია ანუ პოპულაციური ეკოლოგია, რომელიც სახეობრივი პოპულაციების ზოგად თავისებურებებსა და გარემოსთან მათი შეგუების მექანიზმებს შეისწავლის.

სახეობათა პოპულაციები იზოლირებულად არ ბინადრობენ, ისინი ასობით სხვა სახეობის პოპულაციებთან არიან დაკავშირებული. მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა პოპულაციების ერთობლიობას ბიოცენოზი ქვია; ბიოცენოზისა და გარემოს არაცოცხალი კომპონენტების ერთობლიობას — ეკოსისტემა*, ხოლო ეკოლოგიის დარგს, რომელიც ეკოსისტემებს შეისწავლის სინეკოლოგიას უწოდებენ.

ეკოლოგიის კვლევის საგანი ბიოსფეროცაა, რომელიც შეიძლება განიმარტოს როგორც პლანეტის ყველა ბიოცენოზისა და მათი გარემომცველი არაცოცხალი ელემენტების ერთობლიობა. ბიოსფერო ის არენაა, სადაც უსასრულოდ მრავალფეროვან საარსებო გარემოსთან შეგუებული მილიონობით სახეობის მცენარე, ცხოველი და მიკროორგანიზმი ბინადრობს.

* ეკოსისტემებს ზოგჯერ ბიოგეოცენოზებს უწოდებენ, ხოლო მათ შემსწავლელ მეცნიერებას — ბიოგეოცენოლოგიას.

4. გარემო და მისი თავისებურებები. ეკოლოგიური ფაქტორები

გარემოს უწოდებენ მატერიალური სხეულების ერთობლიობას, ენერგიასა და მოვლენებს, რომლებიც პირდაპირ ან არაპირდაპირ მოქმედებს ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედებასა და განვითარებაზე. გარემო — არენაა, სადაც მიმდინარეობს ცოცხალი არსებების განვითარება, შეგუება, გადაშენება. ცნებაში „გარემო“ ადამიანის გარემოც შედის. აქ სხვა თავისებურებებთან ერთად იგულისხმება სოციალურ-ეკონომიკური და ფსიქოლოგიური ფაქტორები, რომლებიც ზეგავლენას ახდენენ ადამიანზე და მის შესაბამის ქმედებებს განაპირობებენ.

სამეცნიერო ლიტერატურაში „გარემოს“ სხვადასხვა შინაარსით მოიხსენიებენ, მაგალითად, აბიოტური და ბიოტური, ბიოგენური და ანთროპოგენური, გეოგრაფიული და გეოლოგიური, ბუნებრივი, ეკოლოგიური და მრავალი სხვა. ეს ცნებები, ჩვეულებრივ, კონკრეტულ გარემოს აღნიშნავს.

შემოთავაზებულ წიგნში, „გარემოსთან“ ერთად, გამოყენებულია მეორე, უფრო ვიწრო ცნება — საარსებო გარემო. იგი შეიძლება დავახასიათოთ, როგორც სიცოცხლისათვის აუცილებელი გარემო, რომელთანაც შეგუებულია ორგანიზმები. მაგალითად, ხმელეთზე მცხოვრებ ორგანიზმთა საარსებო გარემო მკვეთრად განსხვავდება წყლის ბინადართა გარემოსაგან. მაგრამ თვით ხმელეთის ორგანიზმები სხვადასხვა გარემოსთან არიან შეგუებული. ამიტომ როდესაც ლაპარაკია საარსებო გარემოზე, მხედველობაშია ის კონკრეტული ორგანიზმები, რომლებიც მასთან არიან დაკავშირებული.

უნდა აღინიშნოს კიდევ ერთი ცნება — საარსებო პირობები, ანუ ორგანიზმთა ცხოველქმედებისათვის აუცილებელი კონკრეტული ფაქტორები. როგორც რუსი ეკოლოგი დ. კაშკაროვი აღნიშნავს, საარსებო პირობები — ესაა სახეობის ევოლუციის პროცესში ჩამოყალიბებული ეკოლოგიური მოთხოვნილებების ერთობლიობა.

ბუნებრივი გარემო მდგრადი სისტემაა და მას ფონურს ან ნორმალურს უწოდებენ. ნორმალურ გარემოში იგულისხმება ცოცხალი და არაცოცხალი კომპონენტების ისეთი ურთიერთქმედება, როდესაც ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერგიის ნაკადი მეტ-ნაკლებად

სტაბილურად ხორციელდება, რაც უზრუნველყოფს გარემოს გაწონასწორებულ მდგომარეობას.

ცხადია, მდგრადი გარემო არ გამორიცხავს სტიქიურ მოვლენებს — ვულკანების ამოფრქვევას, მიწისძვრებს, წყალდიდობებს და მრავალ სხვას. რამდენადაც ეს მოვლენები ისტორიულად კონკრეტულ გარემოსთან ერთად ყალიბდებოდა, ისინი უნდა განვიხილოთ როგორც მისი განუყოფელი კომპონენტები.

ჩვენს პლანეტაზე გარემოს თავისებურებებს სხვადასხვა პარამეტრი განსაზღვრავს. ესენია: ენერგეტიკული, ჰიდროლოგიური, ბიოლოგიური, გეოქიმიური. მათგან პირველი პარამეტრი — მზის ენერგიას და წარსულ ეპოქებში ლითოსფეროში აკუმულირებულ ენერგიას გულისხმობს, მეორე — წყლის საერთო რაოდენობას და მის ცირკულაციას. ბიოლოგიური პარამეტრი გულისხმობს დედამიწის ბიომასას და ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას, ხოლო გეოქიმიური — ბიოლოგიურ და გეოლოგიურ წრებრუნვას და ნივთიერებათა განაწილებას პლანეტაზე (როზანოვი, 1984).

გარემოს ყველა პარამეტრი ურთიერთკავშირშია, ამიტომ ერთის ცვლილება დანარჩენი პარამეტრების ადეკვატურ ცვლილებას იწვევს. ამავე დროს, გარემოს აქვს გარეშე ზემოქმედებაზე უკურეაგირების უნარი. ეს ხორციელდება გარემოს ისეთი თავისებურებებით, როგორიცაა მდგრადობა, ინერცია და სხვა. ზემოქმედების ინტენსივობისა და კონკრეტული პირობების შესაბამისად ჩამოთვლილი თავისებურებების მნიშვნელობა და მერყეობის საზღვრები განსხვავებულია.

გარემოს თავისებურებებს, რომლებიც პირდაპირ ან არაპირდაპირ ზემოქმედებენ ორგანიზმებზე, გარემო (ეკოლოგიურ) ფაქტორებს ვუწოდებთ. ისინი 3 ჯგუფად შეიძლება გაიყოს: აბიოტური, ბიოტური და ანთროპოგენური. აბიოტური ფაქტორები — ცოცხალ ორგანიზმებზე მოქმედი არაცოცხალი ბუნების ყველა ელემენტია: ტემპერატურა, სინათლე, მზის რადიაცია, წნევა, ტენიანობა, წყლის მარილიანობა, ქარი და სხვ.

ნებისმიერი ორგანიზმი, აბიოტური ფაქტორების გარდა, სხვა ორგანიზმთა ზემოქმედებასაც განიცდის და, ამავე დროს, თავად ზემოქმედებს მათზე. ცოცხალ ორგანიზმთა ურთიერთზემოქმედების ყველა ფორმას ბიოტურ ფაქტორებში ვაერთიანებთ.

ბოლო ხანებში სპეციალურ ლიტერატურაში ხშირად იხმარება გამოთქმა ანთროპოგენური ფაქტორი. აქ იგულისხმება გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების ყველა ფორმა, რომელიც თითქმის ყოველთვის მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა საარსებო პირობების უარყოფით ცვლილებას იწვევს. ანთროპოგენური ფაქტორი იცვლება აბიოტური და ბიოტური ფაქტორების ცვლილებასთან ერთად, რასაც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა განსაზღვრავს. ამდენად, ანთროპოგენური ფაქტორი ერთგვარად პირობითი ცნებაა.

გარემო ფაქტორების მერყეობის ხარისხი განსხვავებულია. ზოგიერთი მათგანი განუსაზღვრელად ხანგრძლივი დროის მანძილზე შედარებით უცვლელია; ასეთია დედამიწის მიზიდულობის ძალა, მზის რადიაცია, ოკეანური წყლის მარილიანობა, ატმოსფეროს თვისებები და სხვ. ფაქტორთა უმრავლესობა — ტემპერატურა, ტენიანობა, ქარი, ნალექები, საკვები, ადგილსამყოფელი — მეტად ცვალებადია როგორც სივრცეში, ისე დროში. თითოეული მათგანის ცვალებადობის ხარისხი კონკრეტულ გარემოზეა დამოკიდებული. მაგალითად, ტემპერატურა ხმელეთზე, როგორც წესი, ძლიერ მერყეობს, მაგრამ იგი თითქმის უცვლელია ოკეანეთა ფსკერზე.

5. აბიოტური ფაქტორები. ხმელეთის გარემო

მაკროკლიმატი, მეზოკლიმატი, მიკროკლიმატი. კლიმატს, როგორც ეკოლოგიურ ფაქტორს, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ორგანიზმისათვის. ამავე დროს ერთსა და იმავე კლიმატურ პირობებში, რელიეფის თუ მცენარეული საფარის მიხედვით, აბიოტური ფაქტორები შესაძლოა განსხვავებული იყოს. ამის შესაბამისად, ეკოლოგიაში განასხვავებენ მაკროკლიმატს (რეგიონის კლიმატს), მეზოკლიმატს (ადგილობრივ კლიმატს) და მიკროკლიმატს (ადგილსამყოფელის კლიმატს). მაგალითად, აღმოსავლეთ საქართველოში შირაქის ველის კლიმატი შეიძლება ჩაითვალოს მაკროკლიმატად; შირაქის ველის შემადგენელი ტყის მასივი, რომელიც გამოირჩევა აბიოტური ფაქტორების თავისებურებით, სპეციფიკურ მეზოკლიმატს შეიცავს; ამა თუ იმ ცხოველის კონკრეტული ადგილსამყოფელი ტყის მასივში კი სპეციფიკური მიკროკლიმატით ხასიათდება. ამგვარად, ნებისმიერი მეზოკლიმატის გარემო შესაძლოა მრავალ მიკროკლიმატურ პირობებს აერთიანებდეს.

ტემპერატურა. ორგანიზმის არსებობის, განვითარების და გავრცელების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი ტემპერატურაა. ამასთან მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ სითბოს საერთო რაოდენობას, არამედ მის განაწილებას დროში, ანუ სითბოს რეჟიმს. ტროპიკულ ზონაში სითბოს რეჟიმი წლის მანძილზე მეტ-ნაკლებად მუდმივია, ეკვატორიდან დაცილების შესაბამისად, ტემპერატურის სეზონური და დღეღამური მერყეობა იზრდება.

მცენარეთა და ცივსისხლიან ცხოველთა განვითარებისათვის მნიშვნელობა აქვს სითბოს საერთო რაოდენობას, რომელსაც ისინი გარემოდან იღებენ. მას ეფექტური ტემპერატურების ჯამი, ან სითბოს ჯამი ეწოდება. ყველა სახეობისათვის ეს მაჩვენებელი სპეციფიკურია. სითბოს ჯამი გამოიხატება ფორმულით:

$$C=(t-t_1)n,$$

სადაც t — რეალური ტემპერატურაა, t_1 — განვითარების ქვედა ზღვარი, n — განვითარების ხანგრძლივობა (დღეებში ან საათებში).

ატმოსფერული ჰაერის ტენიანობა. ჰაერის ტენიანობა მისი წყლის ორთქლით გაჯერებაზეა დამოკიდებული, ხოლო ჰაერში წყლის ორთქლის რაოდენობა — ტემპერატურაზე. ამა თუ იმ კონკრეტული ტემპერატურის პირობებში ჰაერის წყლის ორთქლით გაჯერებას თავისი მაქსიმალური ზღვარი აქვს. ჩვეულებრივ, ჰაერის გაჯერება არ აღწევს მაქსიმალურ დონეს; განსხვავებას მაქსიმალურსა და რეალურ გაჯერებას შორის ტენიანობის დეფიციტი ჰქვია, რაც უმნიშვნელოვანესი ეკოლოგიური პარამეტრია. იგი ორ სიდიდეზეა დამოკიდებული — ტენიანობაზე და ტემპერატურაზე.

ატმოსფერული ნალექები ჰაერის ტენიანობასთანაა დაკავშირებული. ის წყლის ორთქლის კონდენსაციის შედეგია. ჰაერის მიწისპირა ფენაში ცვარი ან ნისლი წარმოიქმნება, დაბალი ტემპერატურის დროს კი ტენის კრისტალიზაცია ხდება. კონდენსაციის და წყლის ორთქლის კრისტალიზაციის შედეგად ატმოსფეროს ზედა ფენებში ღრუბლები და ატმოსფერული ნალექი ჩნდება.

ნალექი — დედამიწაზე წყლის წრებრუნვის ერთ-ერთი რგოლია. ნებისმიერ რეგიონში მისი რეჟიმი მკაცრად სტაბილურია, მაგრამ რეგიონების შესაბამისად იგი მეტ-ნაკლებ განსხვავებას ავლენს. უკიდურესი გადახრები ნალექის სიუხვის მხრივ ე. წ. ჰუმიდურ (ტენიან) და

არიდულ (მშრალ) ზონებში შეიმჩნევა. ნალექის მაქსიმალური წლიური რაოდენობა ტროპიკული ტყეებისთვისაა დამახასიათებელი (წელიწადში 2000 მმ და მეტი), მშრალ ზონებში ეს მაჩვენებელი 250 მმ-ს არ აღემატება.

მზის სხივური ენერგია. სინათლე — ნებისმიერ ეკოსისტემაზე მოქმედი ერთ-ერთი უმთავრესი ფაქტორია. სხივური ენერგიის მეშვეობით ხორციელდება ფოტოსინთეზის პროცესი, ანუ მწვანე მცენარეების მიერ გარემოს არაორგანული კომპონენტებისაგან ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნა:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{მწვანე მცენარეები}]{\text{მზის სხივური ენერგია}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

ეს განტოლება მხოლოდ ზოგად წარმოდგენას გვიქმნის ფოტოსინთეზის შესახებ. სინამდვილეში იგი შედგება მრავალი რეაქციისაგან, რომელთა განხორციელება სხვადასხვა ფერმენტის, ანუ ბიოლოგიური კატალიზატორის მეშვეობით ხორციელდება.

ფოტოსინთეზის პროცესში მცენარეები, ორგანული ნივთიერებების სინთეზთან ერთად, გამოყოფენ სხვადასხვა აქროლად ნივთიერებას, რომელთა შორის რაოდენობით და მნიშვნელობით უკეთესი ნახშირწყალბადი იზოპრენი გამოირჩევა. ეს მოვლენა 50-იანი წლების ბოლოს დაადგინა აკადემიკოსმა გ. სანაძემ და სამეცნიერო ლიტერატურაში შევიდა „იზოპრენის ეფექტის“ სახელწოდებით.

ამ აღმოჩენამ, როგორც მანამდე უცნობმა ფოტობიოლოგიურმა მოვლენამ, მნიშვნელოვნად შეცვალა ჩვენი წარმოდგენა ფოტოსინთეზის პროცესის მექანიზმების შესახებ. მცენარეთა მიერ ატმოსფეროში გამოყოფილი იზოპრენის პლანეტარული როლი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია დახასიათებული.

ფოტოსინთეზის პროდუქტებია ჟანგბადი და ნახშირწყლები. ჟანგბადის ნაწილს თვით მცენარეები იყენებენ, დიდი ნაწილი კი ცხოველებისა და მცენარეთა სუნთქვას ხმარდება. შაქრებში ჩართული ენერგია მცენარეთა და მცენარეებით მკვებავ ცხოველთა არსებობას უზრუნველყოფს.

ატმოსფერული მასების მოძრაობა (ქარი). ქარის წარმოშობას დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გათბობა განსაზღვრავს, რაც წნევის ვარდნასთანაა დაკავშირებული. ქარის ნაკადი მიმართულია ნაკლები წნევის მხარისაკენ, ანუ იქით, სადაც ჰაერი უფრო მეტად თბება. ჰაერის მიწისპირა ფენაში ატმოსფერული მასების მოძრაობა კლიმატის ყველა ელემენტზე — ტემპერატურულ რეჟიმზე, ტენიანობაზე, აგრეთვე აორთქლების ინტენსივობაზე, მცენარეთა ცხოველქმედებაზე ახდენს გავლენას.

ატმოსფერული მასების მოძრაობაში ხანგრძლივი ციკლები აღინიშნება, რომლებიც პერიოდულად ცვლის ერთმანეთს. ატმოსფერული ცირკულაციის ტიპთან დაკავშირებულია ცხოველთა მრავალი სახეობის აქტივობაც, მაგალითად, მაფნებელთა მასობრივი გამრავლების პერიოდები.

6. ნიადაგის საფარველი

ნიადაგი — დედამიწის ქერქის ზედა ფხვიერი ფენაა; იგი წარმოქმნილია ატმოსფეროს, ლითოსფეროს და ბიოსფეროს ხანგრძლივი ურთიერთქმედების შედეგად ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების ერთობლივი მოქმედებით.

ნიადაგი შეიცავს მკვრივ, თხევად და გაზობრივ კომპონენტებს. იგი მცენარეებთან, ცხოველებთან და მიკროორგანიზმებთან ერთად ქმნის რთულ ეკოლოგიურ სისტემას, სადაც მუდმივად ხორციელდება ორგანული ნივთიერებების სინთეზი და დაშლა. მისი ერთ-ერთი ფუნქციაა მზის ენერგიის ბიოგენური დაგროვება, ტრანსფორმაცია და განაწილება. ნიადაგი ურთიერთქმედებს ბიოსფეროს სხვა ელემენტებთან და მონაწილეობს რიგი ქიმიური ელემენტების — ჟანგბადის, წყალბადის, აზოტის, ფოსფორის, გოგირდის, კალციუმის, სპილენძის, კობალტის და სხვათა წრებრუნვაში.

ცოცხალი ორგანიზმების როლი ნიადაგის ფორმირებაში მეტად დიდია. ისინი განსაზღვრავენ ნიადაგის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს თავისებურებას — ნ ა ყ ო ფ ი ე რ ე ბ ა ს, რომელიც შეიძლება განიმარტოს როგორც მცენარეების საკვებით, წყლითა და ჰაერით უზრუნველყოფის უნარი.

ნიადაგის ვერტიკალურ ჭრილში აშკარად ჩანს რამდენიმე ფენა. მათ თანმიმდევრობას ნიადაგის პ რ ო ფ ი ლ ი ჰქვია. ზედა ფენის (A —

ჰორიზონტის) სისქე, ბიომის შესაბამისად, 2,5-დან რამდენიმე ათეული სმ-ია. ეს ფენა შეიცავს მცენარეთა ფესვებს, მიკროორგანიზმებს, ნიადაგის ცხოველებს, ორგანიზმთა მკვდარ ნაწილებს.

A-ჰორიზონტში წარმოქმნილი მინერალური და ორგანული ნივთიერებები ილუვიალურ, ანუ B-ჰორიზონტში აღწევს; მას მოსდევს C-ჰორიზონტი, ანუ დედა-ქანი, სადაც იწყება ნიადაგის წარმოქმნის პროცესი.

ნიადაგის მინერალური შედგენილობის დაახლოებით 50% კაჟმიწაზე მოდის, 25% — თიხამიწაა, 1-10% — რკინის ოქსიდებია, 0,1-5% კი — მაგნიუმის, კალიუმის, ფოსფორის, კალციუმის ოქსიდები. ორგანული მასა შეიცავს ნახშირწყლებს (ლიგნინი, ცელულოზა, ჰემიცელულოზა), ცილოვან ნივთიერებებს, ცხიმებს და ა. შ. ისინი აქ მარტივ ნივთიერებებად (წყალი, ნახშირბადის დიოქსიდი, ამონიაკი) იშლება ან შედარებით რთულ მასად — ჰ უ მ უ ს ა დ გარდაიქმნება, რომელიც ხელს უწყობს წყლის დაკავებას და ნიადაგის სიფხვიერის შენარჩუნებას.

7. წყლის გარემო

წყალი ქმნის ცოცხალ ორგანიზმთა თავისებურ გარემოს, რომელიც, ატმოსფერულ ჰაერთან შედარებით, მაღალი სიმკვრივით და სიბლანტით ხასიათდება. წყლის სიმკვრივე დაახლოებით 800-ჯერ, სიბლანტე 55-ჯერ მეტია, ვიდრე ჰაერისა. წყლის სხვა თავისებურებებს შორის აღსანიშნავია: 1 — მუდმივი მოძრაობა, რაც განაპირობებს ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლების მეტ-ნაკლებ ერთგვაროვნებას; 2 — ტემპერატურული სტრატიფიკაცია, ანუ ტემპერატურის სიღრმესთან დაკავშირებული ცვლილება; 3 — გამჭვირვალობა, რაც განსაზღვრავს ფიტოპლანქტონის და უმაღლესი მცენარეების ფოტოსინთეზურ აქტივობას და ორგანული ნივთიერების დაგროვებას.

ცოცხალი ორგანიზმებისათვის მნიშვნელოვან აბიოტურ ფაქტორებს შორის აღსანიშნავია წყლის მარილიანობა (კარბონატების, სულფატების, ქლორიდების შემცველობა), აგრეთვე გახსნილი ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის რაოდენობა. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ჟანგბადი, რომელიც უზრუნველყოფს წყლის ორგანიზმთა (ჰიდრობიონტების) სუნთქვას. მისი კონცენტრაციის კლება იწვევს ორგანიზმის ცხოველქმედების მკვეთრ დაცემას.

ჰიდრობიონტების გავრცელება წყალბადიონთა (pH) კონცენტრაციაზეცაა დამოკიდებული. წყლის ყველა მობინადრე შეგუებულია pH-ის სპეციფიკურ დონეს: ზოგი უპირატესობას მჟავე გარემოს ანიჭებს, სხვები — ტუტეს, მესამენი — ნეიტრალურს. ამ ფაქტორის მკვეთრმა ცვლილებამ (მაგალითად, წყლის სამრეწველო დაბინძურების შედეგად) შესაძლოა ჰიდრობიონტების დაღუპვა გამოიწვიოს.

8. ბიოტური ფაქტორები

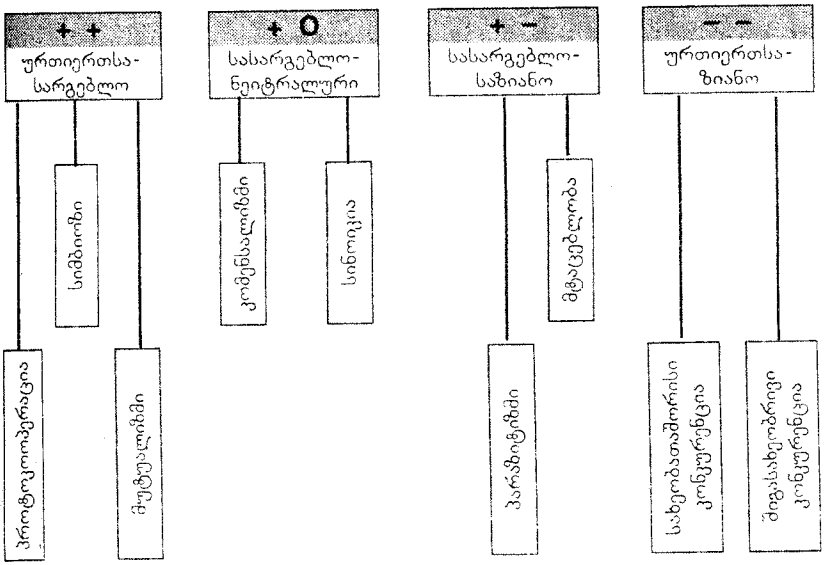
ბიოტურ ფაქტორებში იგულისხმება ორგანიზმთა ურთიერთდამოკიდებულების ყველა ფორმა. მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა ურთიერთობა (ანუ კოაქციები) მრავალგვარია. ერთ შემთხვევაში ორგანიზმები უშუალოდ ზემოქმედებენ ერთმანეთზე; სხვა შემთხვევაში ერთნი ცვლიან გარემოს აბიოტური ფაქტორების რეჟიმს და ამ გზით ზემოქმედებენ დანარჩენ სახეობებზე.

არჩევენ კოაქციების ორ ძირითად ტიპს — *ჰომოტიპურ რეაქციებს*, ანუ ერთი და იმავე სახეობის ინდივიდთა ურთიერთქმედებას და *ჰეტეროტიპულ რეაქციებს*, ანუ სხვადასხვა სახეობის ინდივიდთა ურთიერთქმედებას. სხვადასხვა სახეობის წარმომადგენელთა ურთიერთდამოკიდებულება პირობით 4 ძირითად ჯგუფად შეიძლება გაიყოს: ურთიერთსასარგებლო (++), რომელიც ორივე სახეობისთვისაა ხელსაყრელი; სასარგებლო-ნეიტრალური (+0) — ერთი სახეობისათვის ხელსაყრელია, მეორე კი მისგან არ განიცდის ზიანს; სასარგებლო-საზიანო (+-) — ერთი სახეობისათვის ხელსაყრელია, მეორისათვის კი საზიანო; ურთიერთსაზიანო (--) — არახელსაყრელია ორივე სახეობისათვის (სურ. 3)

კონკურენცია — ურთიერთობის ფორმაა, რომლის დროს საკვების, სივრცის ან სხვა აუცილებელი რესურსებისათვის ორგანიზმები უარყოფითად ზემოქმედებენ ერთმანეთზე;

მტაცებლობა — სახეობათაშორისი ურთიერთობის ფორმაა, რომლის დროს ერთი სახეობა მეორის ხარჯზე არსებობს. ამ ურთიერთობას საფუძვლად უდევს კვებითი კავშირები: მტაცებელი კლავს თავის მსხვერპლს, შემდეგ კი ჭამს მას;

პარაზიტიზმი — ისეთი ურთიერთობაა, რომლის დროს ერთი სახეობის წარმომადგენელი (პარაზიტი) ცხოვრობს მეორის (მასპინძლის) ხარჯზე, რისთვისაც სახლდება მისი სხეულის შიგნით ან ზედა-



სურ. 3. ბიოტურ ურთიერთობათა ძირითადი ტიპები; კრიკსუნოვის და სხვ. (1995) მიხედვით

პირზე. პარაზიტიზმი გავრცელებულია როგორც მცენარეებში, ისე ცხოველებში — ვირუსებში, ბაქტერიებში, სოკოებში, უმარტივესებში, ჭიებში, ფეხსახსრიანებში;

კ ო მ ე ნ ს ა ლ ი ზ მ ი — კვებით კავშირებზე აღმოცენებული ურთიერთობაა, რომელიც ხელსაყრელია ერთ-ერთი პარტნიორისათვის, მაგრამ განურჩეველია მეორისათვის. ჩვეულებრივ, კომენსალიზმის დროს შედარებით მცირე ზომის ორგანიზმი სახლდება უფრო მსხვილი ორგანიზმის სიახლოვეს ან მის სხეულზე და სარგებლობს მისი საცხოვრებელი სივრცით, საკვების ნარჩენებით და ა. შ.

ს ი ნ ო ი კ ი ა — სივრცობრივი თანაარსებობაა, რომელიც სასარგებლოა ერთი სახეობისათვის, მაგრამ განურჩეველია მეორისათვის. განსხვავებით კომენსალიზმისაგან, სინოიკიის დროს კვებითი დამოკიდებულება არ შეიმჩნევა;

ს ი მ ბ ი ო ზ ი — სხვადასხვა სახეობის ურთიერთსასარგებლო თანაარსებობაა. სიმბიოზის მაგალითია ზოგიერთი ჭიანჭველისა და ბუგრის ურთიერთობა: ჭიანჭველები იცავენ ბუგრებს, ბუგრები კი უზრუნველყოფენ ჭიანჭველებს საკვებით;

პ რ ო ტ ო კ ო ო პ ე რ ა ც ი ა — ორი სახეობის თანაცხოვრებაა, რომელიც მათ გარკვეულ უპირატესობას ანიჭებს მტაცებლისაგან თავდაცვის თვალსაზრისით;

მ უ ტ უ ა ლ ი ზ მ ი — სიმბიოზური ურთიერთობაა, რომლის დროს თითოეული სახეობის არსებობა აუცილებელია მეორისათვის.

ცხადია, კოაქციის ამ ფორმებს შორის მრავალი გარდამავალი სახე და გამონაკლისია.

9. ორგანიზმები და გარემო. გარემოსთან შეგუების ზოგადი კანონები

ორგანიზმთა გამრავლების პოტენციური შესაძლებლობა. ყველა ორგანიზმი მოკვდავია, მაგრამ სახეობა, რომელსაც იგი ეკუთვნის, არსებობს და ვითარდება. სახეობის ეს თვისება მისი აღწარმოების უნარით ხორციელდება.

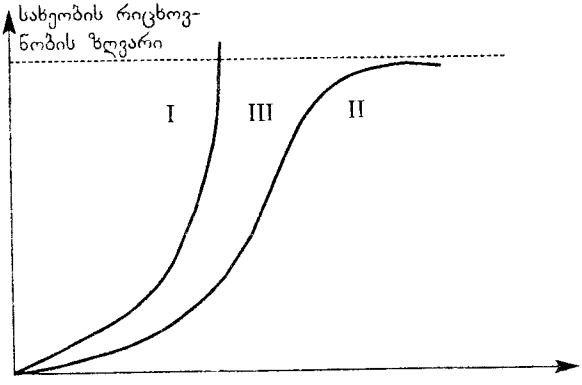
თეორიულად, ნებისმიერ სახეობას, თუ იგი არაა შეზღუდული გარემო ფაქტორების უარყოფითი ზემოქმედებით, რიცხოვნობის განუსაზღვრელი ზრდა ახასიათებს. ასეთ შემთხვევაში სახეობის რიცხოვნობა დამოკიდებულია მის ბიოტურ პოტენციალზე. ბ ი ო ტ უ რ ი პ ო ტ ე ნ ც ი ა ლ ი — ესაა ერთი წყვილის (ან ერთი ინდივიდის) შთამომავლობის თეორიული მაქსიმუმი სიცოცხლის მანძილზე.

როგორც დარვინი (1952) აღნიშნავდა, „ორგანიზმები ბუნებრივად იმდენად სწრაფად მრავლდებიან, მოსპობის ფაქტორი რომ არ მოქმედებდეს, ერთი წყვილი მოკლე დროში მთელ დედამიწის ზურგს დაფარავდა“. მაგალითად, ბუგრი (მცენარის ტილი) სულ რაღაც ხუთი თაობის მანძილზე, ანუ ზაფხულის 1,5 თვეში 300 მლნ-ზე მეტ კვერცხს დებს; მთვარა თევზი წლის მანძილზე 3 მლრდ-მდე ქვირითს ყრის, ხოლო ვირთევზას დედალს 10 წელიწადში შეუძლია დასაბამი მისცეს 800 მლნ-იან გუნდს, რომელსაც 100 წლის შემდეგ ვერ დაიტევს მსოფლიო ოკეანე.

თუ დავუშვებთ, რომ სახეობის ბიოტური პოტენციალი რეალიზებულია, ხოლო საკვები არაა ლიმიტირებული, იგი გეომეტრიული პროგრესიით გაიზრდება. თუ ასეთ ზრდას გრაფიკულად გამოვსახატავთ, მივიღებთ უსასრულობისაკენ მიმართულ მრუდს, რომელსაც ე ქ ს პ ო ნ ე ნ ც ი უ რ ს უწოდებენ (სურ. 4).

სურათი 5 ასახავს ინფუზორიის ექსპონენციურ ზრდას. როგორც ვხედავთ, რიცხოვნობის ზრდის მრუდი სულ უფრო და უფრო დამრეცი ხდება, შემდეგ კი თითქმის ვერტიკალურ სახეს იღებს.

ჩავთვალოთ, რომ სახეობა ხასიათდება ექსპონენციური ზრდით. მისი თავდაპირველი რიცხოვნობა აღვნიშნოთ N-ით, დრო t-თი. თუ სიმბოლო გამოხატავს ცვალებად ნიშანს, მას წინ ეწერება ასო Δ (დელტა). ამ შემთხვევაში ΔN გამოხატავს ორგანიზმთა რიცხოვნობის ცვლილე-



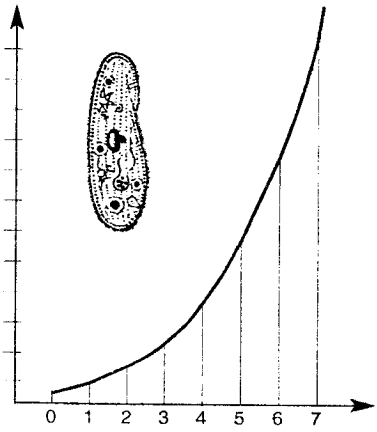
სურ. 4. პოპულაციის ზრდის მრუდეები; დაჟოს (1975) მიხედვით: I — ექსპონენციური ზრდის მრუდი, II — ლოგისტური ზრდის მრუდი, III — გარემოს წინააღმდეგობა

ბას, Δt — განვლილ პერიოდს, ხოლო შეფარდება ΔN/Δt — ორგანიზმთა რიცხოვნობის ცვლილებას დროის მონაკვეთში.

სხვადასხვა პოპულაციის შედარებისათვის სასურველია ვიცოდეთ, თუ როგორ იცვლება რიცხოვნობა ერთ ორგანიზმზე გადაანგარიშებით. ამას ადგენენ შეფარდებით $\frac{\Delta N}{\Delta t \cdot N}$

1920 წელს კუნძულ ტასმანიაზე შეიყვანეს შინაური ცხვარი, რომლის რიცხოვნობა არ აღემატებოდა 200 ათასს. 1950 წლისათვის ცხვრის რაოდენობა მიუახლოვდა 2 მილიონს. ჩვენ არ გაგვაჩნია მონაცემები იმის შესახებ, თუ როგორი იყო ცხვრის შობადობა და სიკვდილიანობა ამ 30 წლის მანძილზე; ცხადია, რომ საერთო ჯამში შობადობა მნიშვნელოვნად სჭარბობდა სიკვდილიანობას. თუ გამოვიყენებთ ზევით მოტანილ ტოლობებს, დავრწმუნდებით, რომ ცხვრის რიცხოვნობის ზრდა შეადგენდა საშუალოდ 60 000-ს წელიწადში:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{2\,000\,000 - 200\,000}{30},$$



სურ. 5. ინფუზორიის რიცხოვნობის ექსპონენციური ზრდა; ჩერნოვას (1998) მიხედვით

ხოლო ზრდის კოეფიციენტი ერთ ინდივიდზე – 0,3-ს

$$\frac{\Delta N}{\Delta t \cdot N} = \frac{1800\,000}{200\,000 \cdot 30}$$

რიცხოვნობის ზრდის უფრო ზუსტი გამოსახვისათვის იყენებენ ფორმულას: $N_t = No \cdot \lambda^t$, სადაც No – თავდაპირველი რიცხოვნობაა, λ^t – რიცხოვნობის ნამატი t დროში.

ჩავსვათ ფორმულაში ცნობილი სიდიდეები ზემოთ მოტანილი მაგალითისათვის: $2\,000\,000 = \lambda^{30} \cdot 200\,000$, საიდანაც $\lambda^{30} = 10$, ხოლო $\lambda = \sqrt[30]{10} = 1{,}08$

ამგვარად, 30 წლის მანძილზე ცხვრის პოპულაციის წლიური ნამატი შეადგენდა 1,08-ს, ანუ 8%-ს.

ლიტერატურაში ცხოველთა ექსპონენციური ზრდის არაერთი ფაქტია აღწერილი. მცენარეთა, მეტადრე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების, მავნებლების მასობრივ გამრავლებას ხშირად დიდი მატერიალური ზარალი მოაქვს. ჩვენს პირობებში ამის მაგალითია ნაძვის მავნებლის — ლაფანჭამიას კატასტროფული გამრავლება ბორჯომის ხეობაში.

ორგანიზმთა რიცხოვნობის უსასრულო ზრდის უნარი ცოცხალი სამყაროს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი თავისებურებაა. ვ. ვერნადსკის სიტყვებით, ეს განაპირობებს „ცოცხალი მასის უწყვეტ გავრცელებას

პლანეტაზე", რაც ხელს უწყობს ნივთიერებათა პლანეტარულ წრებრუნვას, სახეობათა არეალის გაფართოვებას, ევოლუციური პროცესის დაჩქარებას.

ორგანიზმთა ეს უნარი, ამავე დროს, მძლავრი ეკოლოგიური ბერკეტიცაა. როგორც ქვევით დავინახავთ, არცთუ იშვიათად, საარსებო პირობების მკვეთრი გაუარესების გამო, პოპულაციის დიდი ნაწილი იღუპება. ამან შესაძლოა მისი ელიმინაცია გამოიწვიოს. მაგრამ ეს იშვიათად ხდება. როგორც კი საარსებო პირობები სტაბილიზირდება, ამოქმედდება სახეობისათვის დამახასიათებელი მარეგულირებელი მექანიზმები, რაც ბიოტური პოტენციალის რეალიზაციაში იჩენს თავს. ზოგიერთი იშვიათი და გადაშენების პირას მისული სახეობის რიცხოვნობის აღდგენის სტრატეგია სწორედ მათ მაღალ ბიოტურ პოტენციალს ეფუძნება (უფრო დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია აღწერილი).

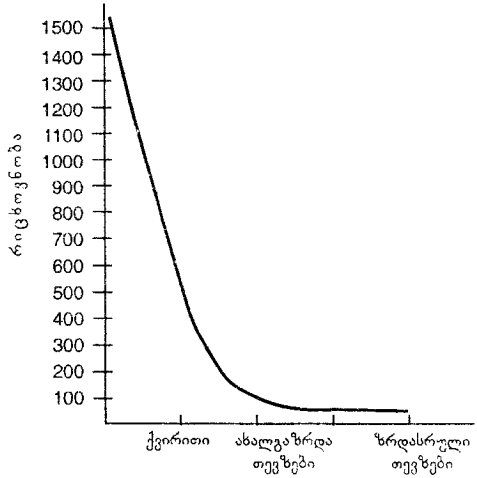
მაგრამ სახეობათა უსაზღვრო გამრავლება მაინც იშვიათი მოვლენაა. ბიოტური პოტენციალის რეალიზაცია შედარებით იშვიათად ხდება. ამის მიზეზია ე. წ. გ ა რ ე მ ო ს წ ი ნ ა ა ღ მ დ ე გ ო ბ ა, ანუ საარსებო რესურსების უკმარობა, არახელსაყრელი კლიმატური ფაქტორები, მტაცებლები, პარაზიტები და ა. შ. მათი ზემოქმედებით ზრდასრულ ასაკამდე ორგანიზმთა მხოლოდ მცირე ნაწილი აღწევს (სურ. 6).

ფრანგმა მათემატიკოსმა ს. ვერხიულსტმა 1845 წელს გამოთქვა ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად მოსახლეობის ზრდა შეესაბამება S-მაგვარ მრუდს, რომელსაც მან ლოგისტური უწოდა (სურ. 4). პერლმა 1925 წელს ეს მრუდი მიუსადაგა ყველა სახეობას, რომლისთვისაც საკვები შემზღუდველი ფაქტორია.

აშკარაა პრინციპული განსხვავება სურათზე გამოხატულ მრუდეებს შორის. ექსპონენციური მრუდი ასახავს სახეობის ბიოტურ პოტენციალს, რომელიც არაა დამოკიდებული რესურსების რაოდენობაზე. ლოგისტური მრუდი კი გამოხატავს რიცხოვნობას რეალურ პირობებში, როდესაც რესურსები მეტ-ნაკლებად შეზღუდულია. ამ მრუდში ვლინდება, ერთი მხრივ, სახეობის მისწრაფება მაქსიმალური გამრავლებისაკენ (ანუ ბიოტური პოტენციალის რეალიზებისაკენ), მეორე მხრივ კი, გარემოს ზემოქმედება; რაც უფრო იზრდება რიცხოვნობა, მით უფრო ძლიერდება გარემოს უკუქმედება. ბოლოს და ბოლოს დგება მომენტი, როდესაც სახეობის შემდგომი ზრდა შეუძლებელი ხდება.

დიდი ხანია შემჩნეულია მნიშვნელოვანი კანონზომიერება: როგორც წესი, მაღალი ნაყოფიერებით ხასიათდებიან სახეობები, რომელთა სიკვდილიანობა ონტოგენეზში ასევე მაღალია. სახეობებს, რომელთაც შთამომავლობაზე ზრუნვა და დაბალი სიკვდილიანობა ახასიათებთ, ნაყოფიერება შედარებით დაბალი აქვთ.

შემზღუდველი ფაქტორის კანონი. გასული საუკუნის შუა პერიოდში გერმანელმა ქიმიკოსმა და ფიზიოლოგმა ი. ლიბიხმა დაადგინა, რომ მცენარეთა ნორმალური ზრდა-განვითარების უზრუნველ-



სურ. 6. შორეულაღმოსავლური „გორბუშას“ გადარჩენის მრუდი; ჩერნოვას (1998) მიხედვით.

საყოფად აუცილებელია ნიადაგში ქიმიური ელემენტების გარკვეული ერთობლიობა. მათგან ზოგიერთი დიდი რაოდენობით უნდა იყოს, სხვები — საშუალო, ხოლო მესამენი შესაძლოა მხოლოდ უკიდურესად დაბალი კონცენტრაციით. ამავე დროს, ერთი ელემენტი ვერ შეცვლის მეორეს. თუ ნიადაგში ყველა ელემენტი ჭარბადაა ერთის გარდა, მცენარის ზრდა უზრუნველყოფილ იქნება მანამ, სანამ ამ უკანასკნელის რაოდენობა არ ამოიწურება. ამგვარად, მცენარის ზრდა იზღუდება მინიმალური რაოდენობის ელემენტის უკმარობით.

ამ აღმოჩენას ლიბიხმა „მ ი ნ ი მ უ მ ი ს კ ა ნ ო ნ ი“ უწოდა. მართალია, ეს კანონი ქიმიური ფაქტორების მიმართ იყო ფორმულირებული, მას გაცილებით უფრო ზოგადი ხასიათი აქვს. ორგანიზმთა

სიცოცხლისათვის საარსებო პირობების გარკვეული ერთობლიობაა აუცილებელი. ქიმიური ელემენტების ანალოგიურად, თუ ყველა ფაქტორი ხელსაყრელია, ერთის გარდა (რომლის რაოდენობა დაბალია), ის ერთი გადამწყვეტ მნიშვნელობას იძენს ორგანიზმის სიცოცხლისათვის. გარემოს ფაქტორს, რომელიც ზღუდავს ორგანიზმის განვითარებას, მ ა ლ ი მ ი ტ ი რ ე ბ ე ლ ი (შემზღუდველი) ჰქვია.

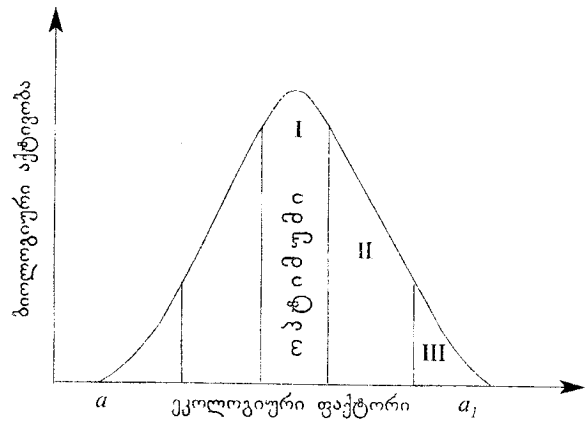
შემზღუდველი ფაქტორის კანონთან მჭიდრო კავშირშია სოფლის მეურნეობის პრაქტიკა. მაგალითად, ხორბლის ზრდა-განვითარება და, შესაბამისად, მოსავალი სხვადასხვა ფაქტორით იზღუდება. ესენია: კრიტიკული ტემპერატურები, ტენიანობის უკმარობა ან სიჭარბე, მინერალური სასუქების დოზები და სხვ. საჭიროა დიდი ძალისხმევა, რათა მცენარის ზრდა-განვითარების ყველა ეტაპზე შენარჩუნდეს ოპტიმალური პირობები, პირველ რიგში, თავიდან იქნეს აცილებული შემზღუდველი ფაქტორის მოქმედება.

ოპტიმუმის კანონი. გადარჩენის დიაგრამა. ორგანიზმზე აბიოტური ფაქტორების ზემოქმედების ეფექტი მათ ინტენსივობაზეა დამოკიდებული. ყველა სახეობას ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდა უნარი, შეეგუოს ფაქტორის გარკვეულ რაოდენობრივ მაჩვენებელს. ამავე დროს, ყველა ორგანიზმისათვის, იქნება ეს მცენარე, ცხოველი თუ მიკროორგანიზმი, არსებობს ფაქტორის კონკრეტული მახასიათებელი, რომელიც მისთვის ოპტიმალურია.

ასეთ პირობებში ორგანიზმების ცხოველქმედება — კვება, გამრავლება, განვითარება — აქტიურად ხორციელდება. ამ მაჩვენებლის შემცირება ან გაზრდა ამუხრუჭებს ორგანიზმის ზრდა-განვითარებას, ხოლო ფაქტორის მაქსიმალურმა ან მინიმალურმა გადახრამ შესაძლოა ორგანიზმის სიკვდილი გამოიწვიოს. რაც უფრო მეტად იხრება ფაქტორი ოპტიმალური მაჩვენებლიდან, მით მეტად ითრგუნება ცხოველქმედება. საზღვრებს, რომლის იქით ორგანიზმის არსებობა შეუძლებელია, გ ა მ ძ ლ ე ო ბ ი ს ქ ვ ე დ ა და ზ ე დ ა ზ ღ ვ ა რ ი ჰქვია, ხოლო ფაქტორის რაოდენობრივ მაჩვენებელს, რომელიც ამ საზღვრებს შორისაა — გ ა დ ა რ ჩ ე ნ ი ს დ ი ა პ ა ზ ო ნ ი (ფაქტორის ბიოინტერვალი).

თუ ავაგებთ გრაფიკს, რომელიც ასახავს ორგანიზმის ბიოლოგიური აქტივობის დამოკიდებულებას გარემოს ამა თუ იმ ფაქტორის გრადიენტთან, იგი თაღისებურ ფორმას მიიღებს, რომლის ცენტრალური

ნაწილი ბიოლოგიური ოპტიმუმის ზონას შეესაბამება. ასეთ გრაფიკს გადარჩენის დიაგრამა ჰქვია (სურ. 7).



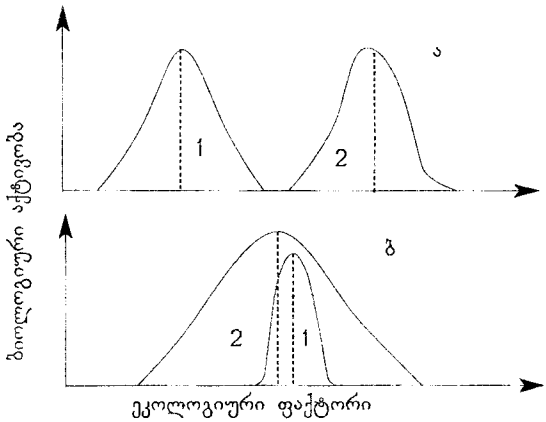
სურ. 7. გადარჩენის დიაგრამა; რიკლეფსის (1979) მიხედვით, ცვლილებით: I — ოპტიმუმის ზონა, II — დათრგუნვის ზონა, III — ექსტრემალური პირობების ზონა; a-a_1 — გადარჩენის დიაპაზონი.

ორგანიზმთა სასიცოცხლო ფორმები, ეკოლოგიური პლასტიკურობა. ორგანიზმებზე ერთდროულად მრავალი ფაქტორი მოქმედებს. ამ ფაქტორების მიმართ სხვადასხვა ორგანიზმის დამოკიდებულება განსხვავებულია.

შევადაროთ ერთმანეთს სხვადასხვა სახეობის გადარჩენის დიაგრამები (სურ. 8). პირველ შემთხვევაში (ა) სახეობათა გადარჩენის დიაპაზონები ერთმანეთისაგან აშკარად დაშორებულია: ერთი სახეობა შეგუებულია ფაქტორის დაბალ მაჩვენებლებს, მეორე — შედარებით მაღალს. ეს შესაძლოა იყვნენ სიცივის ამტანი და სითბოს მოყვარული, ან სიმშრალის მოყვარული და ტენის მოყვარული მცენარეები და ცხოველები, ჩრდილის მოყვარული და სინათლის მოყვარული მცენარეები, მტკნარი წყლისა და მლაშე წყლების ორგანიზმები და ა. შ. ასეთ გადახრებს სისტემატიკურად ახლო მდგომ სახეობებს შორის სასიცოცხლო ფორმებს უწოდებენ. ჩვენს პლანეტაზე მცენარეები და ცხოველები აბიოტური ფაქტორების რაოდენობრივი მაჩვენებლების

თითქმის ყველა დიაპაზონს არიან შეგუებული და სასიცოცხლო ფორმების ფართო სპექტრს ქმნიან.

ყველა სახეობისათვის დამახასიათებელია გამძლეობის ხარისხიც. მაგალითად, ზომიერი სარტყლის მცენარეებსა და ცხოველებს შეუძლიათ იარსებონ ტემპერატურის ფართო დიაპაზონის პირობებში, მა-



სურ. 8. განსხვავებული სასიცოცხლო ფორმების გადარჩენის დიაგრამები, აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით

შინ როდესაც ტროპიკული კლიმატის სახეობები ვერ ეგუებიან ამ ფაქტორის უმნიშვნელო მერყეობასაც კი.

მე-8 (ბ) სურათზე შედარებულია ორგანიზმები, რომლებიც განსხვავდებიან არა იმდენად ბიოლოგიური ოპტიმუმით, რამდენადაც გადარჩენის დიაპაზონით. როგორც ვხედავთ, პირველი სახეობა შეგუებულია ფაქტორის მერყეობის ვიწრო დიაპაზონს, მეორე კი შედარებით ფართო დიაპაზონს.

სახეობის უნარი შეეგუოს გარემო ფაქტორთა ცვლილების ამა თუ იმ დიაპაზონს, მის ე კ ო ლ ო გ ი ურ პ ლ ა ს ტ ი კ უ რ ო ბ ა ში (ეკოლოგიურ ვალენტობაში) აისახება. სახეობები, რომელთაც შეუძლია იარსებოს ფაქტორის ოპტიმალური მახასიათებლიდან მხოლოდ შედარებით მცირე გადახრისას, ვიწროდ სპეციალიზებულს, ანუ ს ტ ე ნ ო ბ ი ო ნ ტ უ რ ს — უწოდებენ; სახეობებს, რომლებიც შეგუებული არიან ფაქტორის მნიშვნელოვან მერყეობას — ფართოდ შეგუებულს ანუ ე ვ რ ი ბ ი ო ნ ტ უ ლ ს უწოდებენ.

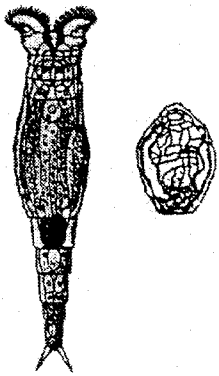
იმისდა მიხედვით, თუ როგორ დამოკიდებულებას ავლენს ორგანიზმი ამა თუ იმ ფაქტორის მიმართ, მის გამომხატველ სიტყვას ემატება პრეფიქსი „ევრი-“ ან „სტენო-“ (ბერძნ. „ეურის“ — ფართო, „სტენოს“ — ვიწრო). ასე, ტემპერატურასთან მიმართებაში ასხვავებენ ევრი- და სტენოთერმულ ორგანიზმებს, მარილების კონცენტრაციასთან მიმართებაში — ევრი- და სტენოჰალინურს, განათებასთან მიმართებაში — ევრი- და სტენოფოტურს, საკვებთან მიმართებაში — ევრი- და სტენოფაგებს და ა. შ.

გარემოს არახელსაყრელ პირობებთან შეგუების გზები. ორგანიზმები სიცოცხლის მანძილზე სხვადასხვა არახელსაყრელი ფაქტორის ზემოქმედებას განიცდიან. ესაა ძლიერი სიცხე და ყინვები, ზაფხულის გვალვა, წყალსატევების დაშრობა, საკვების უკმარობა და სხვა. ექსტრემალურ პირობებს ისინი სხვადასხვაგვარად ეგუებიან.

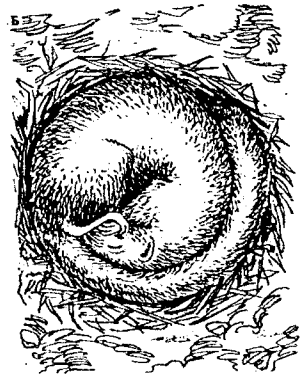
მრავალი სახეობა ფაქტობრივად წყვეტს ცხოველქმედებას და ფარული სიცოცხლის მდგომარეობაში გადადის. ეს მოვლენა პირველად შეამჩნია და აღწერა გამოჩენილმა ჰოლანდიელმა მეცნიერმა ანტონ ლევენჰუკმა XVIII ს-ის დასაწყისში. მან დაადგინა, რომ ზოგიერთი მცირე ზომის ორგანიზმი ძლიერი გვალვის პირობებში შრება და გარეგნულად „უსიცოცხლო“ იერს იძენს. მაგრამ წყლის გარემოში მოხვედრისას ისინი ნორმალურ ცხოველქმედებას უბრუნდებიან. შემდგომში ამ მოვლენას ა ნ ა ბ ი ო ზ ი უწოდეს (ლათ. „ანა“ — არა, „ბიოზი“ — სიცოცხლე).

ღრმა ანაბიოზისათვის დამახასიათებელ მოვლენებს — ნივთიერებათა ცვლის შეწყვეტას, ორგანიზმთა გაუწყლოვებას, უჯრედული სტრუქტურის ნაწილობრივ რღვევას — სახეობათა დიდი ნაწილი ვერ იტანს. ამიტომ ღრმა ანაბიოზი შედარებით იშვიათი მოვლენაა. მცენარეთა თესლები და სპორები, ზოგიერთი უხერხემლო ცხოველი სიცოცხლისუნარიანობას მაშინაც კი ინარჩუნებს, როდესაც ჰაერის ტემპერატურა -190°C-ს ან -259°C-ს უტოლდება.

გაცილებით უფრო ხშირი მოვლენაა არახელსაყრელ კლიმატურ პირობებში სიცოცხლისუნარიანობის ნაწილობრივი შეწყვეტა, რომლის დროსაც ორგანიზმთა გამძლეობა მკვეთრად იზრდება, ენერგიის ხარჯვა კი მინიმალურია. ფარული სიცოცხლის ფორმებია მწერების გარინდული მდგომარეობა, მცენარეთა ზამთრის სვენება, ხერხემლიანთა ძილქუში და ა. შ. ფარული სიცოცხლის მდგომარეობაში შეიძ-



სურ. 9 ციბრუტელა აქტიურ მდგომარეობაში და ანაბიოზის დროს, ჩერნოვას (1998) მიხედვით



სურ. 10 ძილგუდა ზამთარში, ჩერნოვას (1998) მიხედვით

ლება აღმოჩნდნენ ნიადაგში არსებული მცენარეთა თესლები და სპორები, დამშრალ წყალსატევებში მყოფი მცირე ზომის უხერხემლონი, ბაქტერიების მრავალი სახეობა (სურ. 9, 10).

ჩამოთვლილი საშუალებების გარდა გარემოს არახელსაყრელი პირობებისადმი შეგუების სხვა გზაც არსებობს, რომელიც უარყოფითი ფაქტორებისაგან განრიდებაში ვლინდება. შეგუების ეს გზა მხოლოდ აქტიური ცხოველებისთვისაა დამახასიათებელი, რომელთაც შორ მანძილზე გადანაცვლების უნარი აქვთ. განრიდების მკაფიო მაგალითია ფრინველთა შორეული მიგრაციები.

10. ზეორგანიზმული ბიოლოგიური სისტემები. პოპულაციები

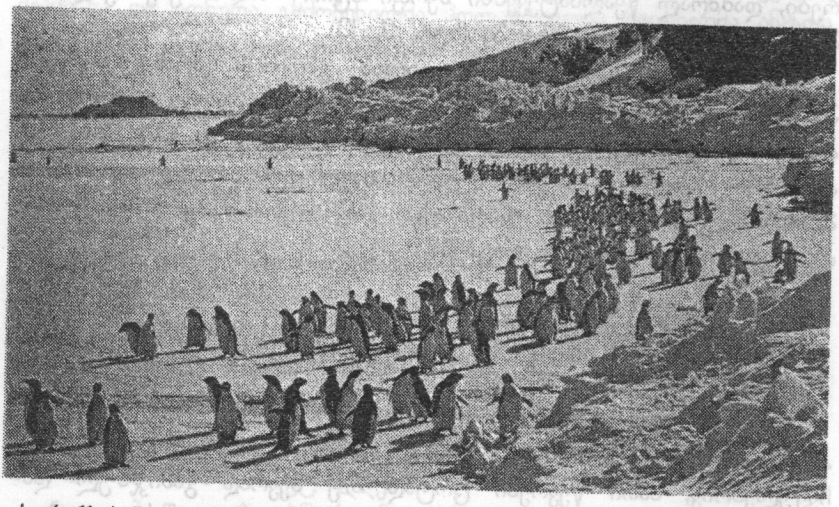
ზოგადი დახასიათება. ცნობილია, რომ სახეობები თავისი არეალის ფარგლებში არათანაბრად არიან განაწილებული და, ჩვეულებრივ, მათი წევრები ცოტად თუ ბევრად გამიჯნულ დაჯგუფებებს -- პოპულაციებს ქმნიან. თანამედროვე შეხედულებით, პ ო პ უ ლ ა ც ი ა — სახეობის არსებობის ძირითადი ფორმა, ანუ ერთი სახეობის ინდივიდთა ერთობლიობაა, რომელსაც გარკვეული ტერიტორია უკავია და უნარი აქვს განუსაზღვრელად ხანგრძლივი დროის მანძილზე იარსებოს. მისი წევრები თავისუფლად ეჯვარებიან

ერთმანეთს და, როგორც წესი, სივრცობრივად იზოლირებული არიან იმავე სახეობის სხვა პოპულაციებისაგან.

სახეობა პოპულაციების სახით არსებობს. ნებისმიერ ბიოცენოზში იგი პოპულაციითაა წარმოდგენილი. ამ თვალსაზრისით პოპულაცია შეიძლება განვიხილოთ როგორც ბიოცენოზის ნაწილი, ბიოცენოზი კი — როგორც სხვადასხვა სახეობის პოპულაციათა ერთობლიობა.

ნებისმიერი ორგანიზმი, მეტადრე თუ იგი სქესობრივად მრავლდება, ამა თუ იმ პოპულაციის წევრია. მისი ხანგრძლივი არსებობა პოპულაციის გარეშე ძნელია, ხშირად შეუძლებელიც. პოპულაციის წევრები მრავალმხრივ არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. ამის გამო პოპულაცია ფუნქციონირებს როგორც ერთიანი სისტემა (სურ. 11).

სახეობების პოპულაციური სტრუქტურა განსხვავებულია: ზოგი სახეობა მხოლოდ ერთი ან რამდენიმე პოპულაციითაა წარმოდგენილი, სხვები — მრავალ ასეულს შეიცავს.



სურ. 11. პინგვინების პოპულაცია ანტარქტიკაში, გრჟიმეკის (1976) მიხედვით

შიგაპოპულაციური დისპერსია. სახეობის სპეციფიკისა და ტერიტორიის შესაბამისად, არჩევენ ორგანიზმთა სივრცობრივი განაწილების, ანუ შიგაპოპულაციური დისპერსიის 3 ძირითად ტიპს — შემთხვევითს, თანაბარსა და ჯგუფურს.

შემთხვევითი განაწილება შედარებით იშვიათი მოვლენაა და ვლინდება მეტ-ნაკლებად ერთგვაროვან პირობებში, როდესაც ორგანიზმები არ მიისწრაფვიან დაჯგუფებისაკენ. თანაბარ განაწილებას ვხვდებით იმ შემთხვევაში, როდესაც ორგანიზმებს შორის კონკურენცია ძლიერია. შედარებით ხშირი მოვლენაა პოპულაციის შიგნით სხვადასხვა ტიპის დაჯგუფებების წარმოქმნა.

ბუნებაში ორგანიზმთა სივრცობრივი განაწილების ყველა აღნიშნულ ტიპს ვხვდებით. მცენარეთა შერეულ ასოციაციებში დომინანტი სახეობები მეტ-ნაკლებად თანაბარი განაწილებით ხასიათდება, დანარჩენ სახეობათა წარმომადგენლები კი სხვადასხვა ზომის დაჯგუფებებს ქმნის. უდაბნოში მცენარეები ხშირად იმდენად თანაბრად არიან განლაგებული, რომ შეიძლება შეიქმნას შთაბეჭდილება, თითქოს ისინი სპეციალურადაა რიგებად დარგული.

აგრეგაცია და ჯგუფის ეფექტი. პოპულაციებში ორგანიზმთა ჯგუფურ არსებობას რამდენიმე ფაქტორი განაპირობებს. ესენია ტერიტორიის კლიმატური თავისებურებები, ამინდის სეზონური და დღე-ღამური ცვლილებები, გამრავლების ხელშემწყობი პირობები, საკვების მოპოვებისა და თავდაცვის აუცილებლობა, ე. წ. „სოციალური მიზიდულობა“.

აგრეგირებულ მცენარეებსა და ცხოველებს მრავალი უპირატესობა აქვთ იზოლირებულ ორგანიზმებთან შედარებით. მცენარეთა ჯგუფები უფრო ამტანია ძლიერი ქარების მიმართ და უფრო ეფექტურად ამცირებენ წყლის დანაკარგს, ვიდრე ერთეული ორგანიზმები. ძლიერ დაბალი ტემპერატურა პრაქტიკულად უვნებელია ფუტკრის ოჯახისათვის, მაშინ როდესაც შესაძლოა სასიკვდილო იყოს იზოლირებული მწერებისათვის.

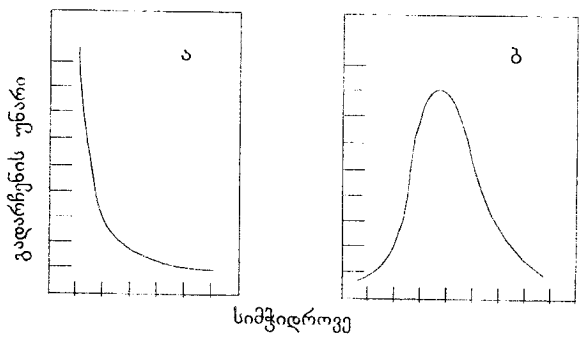
ფიზიოლოგიური პროცესების ოპტიმიზაცია, რომელიც განაპირობებს ორგანიზმთა სიცოცხლისუნარიანობის საერთო ამაღლებას ჯგუფური ცხოვრების დროს ჯ გ უ ფ ი ს ე ფ ე ქ ტ ი ს სახელწოდებითაა ცნობილი. ჯგუფის ეფექტი წარმოადგენს ცხოველთა ფსიქო-ფიზიოლოგიურ რეაქციას თავისი სახეობის სხვა ინდივიდების მიმართ. ცხადია, იგი ვერ გამოვლინდება იმ სახეობებში, რომელთა წარმომადგენლები იზოლირებულ ცხოვრებას ეწევიან. პირიქით, თუ ასეთ ცხოველებს ხელოვნურად შევაჯგუფებთ, მათი ფიზიოლოგიური პროცე-

სები შესამჩნევად დაირღვევა, აღგზნებადობა მოიმატებს, კონფლიქტი პოპულაციის სხვა წევრებთან გახშირდება და ა. შ.

ოლის პრინციპი. ამერიკელმა ეკოლოგმა ოლიმ საფუძვლიანად შეისწავლა აგრეგაციის პრობლემა ცხოველთა სხვადასხვა ჯგუფის წარმომადგენლებში. 40-იან წლებში მან განაზოგადა დიდძალი ფაქტობრივი მასალა და ჩამოაყალიბა რამდენიმე დებულება, რომლებმაც შემდგომში „ოლის პრინციპის“ სახელწოდება მიიღო. ოლიმ დაადგინა, რომ ცხოველთა ყველა სახეობას მისთვის სპეციფიკური აგრეგაცია ახასიათებს, რომელიც კონკრეტული საარსებო პირობების შესაბამისად იცვლება. როგორც მცირე, ისე უჩვეულოდ დიდი სიმჭიდროვე პოპულაციაზე უარყოფითად მოქმედებს.

ოლის პრინციპი სქემატურად გამოხატულია მე-12 სურათზე, სადაც ჩანს, რომ ზოგიერთი სახეობის პოპულაციებში მაქსიმალური გადარჩენა უზრუნველყოფილია დაბალი სიმჭიდროვის პირობებში (ა); სხვა შემთხვევაში ხელსაყრელია შუალედური სიმჭიდროვე, მისგან გადახრა იწვევს პოპულაციის გადარჩენის შესაძლებლობის დაქვეითებას (ბ).

ოლის პრინციპის მოდიფიკაციაა პოპულაციის მინიმალური რიცხოვნობის წესი: თუ პოპულაციის სიმჭიდროვე მინიმალურზე დაბალია, მან შესაძლოა შეწყვიტოს არსებობა.



სურ. 12. ოლის პრინციპის სქემა; ოლის და სხვ. (1949) მიხედვით.

იზოლაცია და ტერიტორიულობა. როგორიც არ უნდა იყოს დისპერსია, ორგანიზმთა შორის თავს იჩენს კიდევ ერთი თავისებურება — მოთხოვნილება „საკუთარი სივრცისადმი“. ეს თვისება მაშინაც ვლინდება, როდესაც ორგანიზმები ჯგუფურად არიან განაწილებული.

ამრიგად, პოპულაციის წევრთა ტერიტორიული განაწილების თვალსაზრისით, ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო ტენდენცია იჩენს თავს. მათგან ერთი — აგრეგაცია — აძლიერებს კონკურენციას, მაგრამ, ამავე დროს, პოპულაციას მრავალ უპირატესობას ანიჭებს; მეორე — ურთიერთგამიჯვნა — ამცირებს კონკურენციას, იცავს ცხოველებს საკვების ნაკლებობისაგან, ხელს უწყობს ენერგიის შენარჩუნებას და პოპულაციის ოპტიმალურ რიცხოვნობას.

ნებისმიერი აქტიური მექანიზმი, რომელიც ხელს უწყობს ინდივიდების ან მათი ჯგუფების ურთიერთგამიჯვნას სივრცეში, ტ ე რ ი ტ ო რ ი უ ლ ო ბ ი ს სახელწოდებითაა ცნობილი. ტერიტორიულობა უნივერსალური მოვლენაა, იგი ამა თუ იმ სახით ვლინდება როგორც ცხოველებში, ისე მცენარეებსა და მიკროორგანიზმებში.

პოლიმორფიზმი. როგორც აღინიშნა, პოპულაცია ფუნქციონირებს როგორც ერთიანი სისტემა, თუმცა ეს იმას არ ნიშნავს, რომ იგი ერთგვაროვანია. პოპულაციების უმრავლესობა რთული სტრუქტურით ხასიათდება. მაგრამ შიგაპოპულაციური ერთეულები, პოპულაციებისაგან განსხვავებით, სივრცობრივად არ გამორიცხავენ ერთმანეთს და მეტ-ნაკლებად მჭიდროდ ურთიერთობენ. პ ო ლ ი მ ო რ ფ ი ზ მ ი ნიშნავს პოპულაციის შიგნით ორ ან რამდენიმე მორფო-ფიზიოლოგიურად განსხვავებული ფორმის არსებობას.

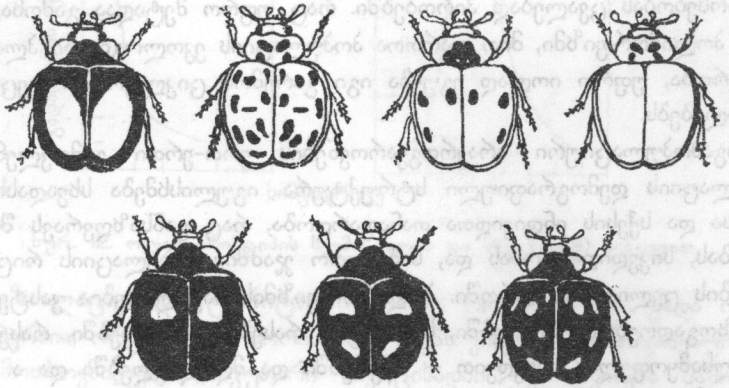
პოლიმორფიზმი შეგუებითი თვისებაა; იგი მნიშვნელოვნად ზრდის პოპულაციის სასიცოცხლო შესაძლებლობებს და ხელს უწყობს სახეობის არსებობას ცვალებად პირობებში. რაც უფრო მეტადაა გამოხატული პოლიმორფიზმი, მით ფართოა პოპულაციის ეკოლოგიური პლასტიკურობა, უფრო იოლად ეგუება იგი გარემოს ციკლურ და უეცარ ცვლილებებს.

შიგაპოპულაციური არაერთგვაროვნების ერთ-ერთი გამოვლენაა პოპულაციის დემოგრაფიული სტრუქტურა. იგულისხმება სხვადასხვა ასაკისა და სქესის ინდივიდთა თანაფარდობა, რაც განსაზღვრავს შობადობას, სიკვდილიანობას და, საბოლოო ჯამში, პოპულაციის რიცხოვნობის ცვლილებას დროში. პოლიმორფიზმის მაგალითებია კასტები — საზოგადოებრივ მწერებში, სეზონური რასები — თევზებში, რასები ადგილსამყოფელის მიხედვით — მწერებში და მღრღნელებში და ა. შ. (სურ. 13). არიან მორფები, რომლებიც გარემოს არახელსაყრელი ფაქტორების გადატანას ემსახურებიან.

საარსებო პირობების გაუარესებას თან სდევს ცხოველთა რიცხოვნობის მკვეთრი შემცირება, მაგრამ ეს იშვიათად ახდენს გავლენას პოპულაციის თვითაღდგენის უნარზე. ექსტრემალური პირობების მიმართ მდგრადი ინდივიდების ხარჯზე პოპულაციის ოპტიმალური სტრუქტურა იოლად აღდგება. ანთროპოგენური ფაქტორებით გამოწვეული ცვლილებები შესაძლოა არც იყოს იმდენად მნიშვნელოვანი, მაგრამ დაირღვეს პოპულაციის ოპტიმალური სტრუქტურა, რასაც მისი თვითაღდგენის უნარის დაქვეითება მოჰყვება.

რიცხოვნობა და სიმჭიდროვე. ოდუმის ცნობილი გამოთქმა „ბიოლოგია მაშინ იქცევა ეკოლოგიად, როდესაც ვაყენებთ კითხვას — რამდენი, ან როგორი“ სწორედ პოპულაციებს მიესადაგება, რადგან მათი როლი ეკოსისტემებში განისაზღვრება არა მხოლოდ იმით, თუ რომელ ორგანიზმებთან გვაქვს საქმე, არამედ იმითაც, თუ რა რაოდენობით არიან ისინი. პოპულაციის რიცხოვნობა — ესაა ამა თუ იმ სახეობის ინდივიდთა საერთო რაოდენობა მოცემულ ტერიტორიაზე.

რიცხოვნობა უფრო კონკრეტულ ხასიათს იღებს, როდესაც იგი სივრცის ერთეულშია გამოხატული. ასეთ შემთხვევაში შეგვიძლია ვიმსჯელოთ პოპულაციის სიმჭიდროვის შესახებ. სიმჭიდროვეს გამოხატავენ ორგანიზმთა რაოდენობით (ან ბიომასით) ფართის (ან მო-



სურ. 13. ჭია-მაიას მორფები; დობჟანსკის (1964) მიხედვით.

ცულობის) ერთეულზე (მაგალითად, 200 ხე 1 ჰა-ზე, 1 გრ წყალმცენარე 1 მ^3 წყალში, 200 კგ თევზი წყლის ზედაპირის 1 ჰა-ზე და ა. შ.).

პოპულაციის რიცხოვნობა და სიმჭიდროვე არაა მუდმივი. ეს დამოკიდებულია აბიოტურ ფაქტორებზე, სხვა სახეობებთან ურთიერთობაზე, მტაცებლების აქტივობაზე და ა. შ., რომელიც ზემოქმედებს პოპულაციის წევრთა გამრავლების ინტენსივობაზე, სიკვდილიანობაზე და მიგრაციაზე. მაგრამ როგორც რიცხოვნობის, ისე სიმჭიდროვის ცვლილება უსასრულო როდია! სახეობის ნებისმიერი პოპულაციისათვის დამახასიათებელია ამ პარამეტრების სპეციფიკური სიდიდე, რომლისგანაც მკვეთრი გადახრა ნორმალურ პირობებში არ ხდება.

რიცხოვნობის დინამიკა. პოპულაციის დინამიკა გულისხმობს მისი რიცხოვნობის ცვლილებას დროში. რაოდენობრივი ცვლილება ყოველთვის განაპირობებს თვისებრივს, რადგან იცვლება პოპულაციის ისეთი პარამეტრები, როგორიცაა სიმჭიდროვე, დემოგრაფიული სტრუქტურა, თავდაცვისა და თავდასხმის უნარი, გავრცელების ხასიათი და ა.შ.

პოპულაციის რიცხოვნობა და მისი ცვალებადობა განპირობებულია ორი ძირითადი და ურთიერთსაწინააღმდეგო მოვლენით — შობადობით და სიკვდილიანობით, რასაც ორგანიზმთა განსახლება (ემიგრაცია) და სხვა პოპულაციების წევრთა შემოსახლება (იმიგრაცია) ემატება.

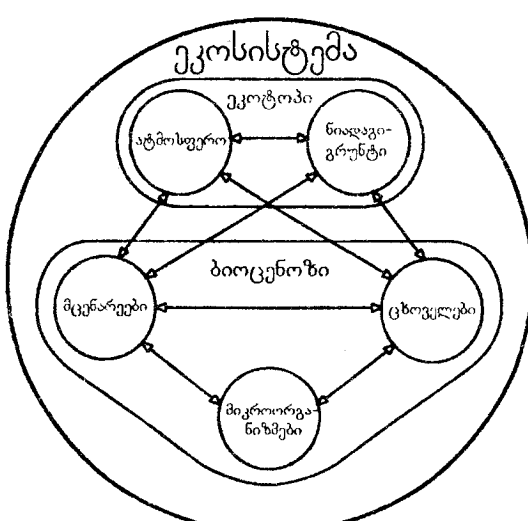
როგორც ზევით აღინიშნა, თეორიულად ნებისმიერ პოპულაციას რიცხოვნობის ზრდის უნარი აქვს; ამას მისი ბიოტური პოტენციალი განსაზღვრავს. როგორც კი რიცხოვნობა გადააჭარბებს ზღვარს, თავს იჩენენ პოპულაციისათვის დამახასიათებელი სპეციფიკური მექანიზმები. ამის შედეგად შობადობა ქვეითდება, სიკვდილიანობა კი მატულობს, რაც, საბოლოო ჯამში, პოპულაციის სიმჭიდროვის დაქვეითებას იწვევს. საწინააღმდეგო ვითარებაში შობადობა სჭარბობს სიკვდილიანობას და პოპულაციის რიცხოვნობა იზრდება. ოპტიმალური სიმჭიდროვის დროს შობადობა და სიკვდილიანობა თითქმის გათანაბრებულია, ხოლო რიცხოვნობა — მეტ-ნაკლებად სტაბილური. პოპულაციის ასეთი მდგომარეობა შეესაბამება ე. წ. გარემოს ტევადობას, რომელიც შეიძლება დავახასიათოთ როგორც გარემოს უნარი, შეინარჩუნოს პოპულაციის განსაზღვრული სიმჭიდროვე.

ზოგადი დახასიათება. მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა პოპულაციების ერთობლიობას, რომელსაც გარკვეული სივრცე უკავია თანასაზოგადოებას ან ბიოცენოზს უწოდებენ. აბიოტურ გარემოს, რომელთანაც კონკრეტული ბიოცენოზია დაკავშირებული ბიოტოპი (ან ეკოტოპი) ქვია, ხოლო ბიოცენოზისა და ეკოტოპის ერთობლიობას — ეკოსისტემა. მაშასადამე,

ეკოსისტემა = ბიოცენოზი + ბიოტიპი

მაგრამ ეკოსისტემა ამ კომპონენტების მექანიკური ჯამი კი არ არის, არამედ თვისებრივად სპეციფიკური, სხვა ეკოსისტემებისაგან მეტ-ნაკლებად განსხვავებული და გამიჯნული სისტემაა, რომელიც მოქმედებს და ვითარდება მხოლოდ მისთვის დამახასიათებელი თავისებურებებით (სურ. 14).

ფუნქციური თვალსაზრისით ბიოცენოზის ელემენტები განსხვავებულია. როგორც აღინიშნა, პირველად ორგანულ ნივთიერებას მცენარეები წარმოქმნიან. ამ უნარის გამო მათ პროდუცენტები (ლათ. „პროდუცენს“ — წარმომქმნელი) ეწოდება. რადგან მცენარეები



სურ. 14. ეკოსისტემის კომპონენტები და მათი ურთიერთობის სქემა, სუკაჩოვის (1964) მიხედვით, ცვლილებებით

თავის მასას თვითონ ქმნიან, მათ თვითმკვებავებს, ანუ ა ვ ტ ო ტ რ ო ფ ე ბ ს ა ც (ბერძნ. „აუტოს“ — თვით, „ტროფე“ — საკვები) უწოდებენ.

ავტოტროფები ორი სახისაა — ფიტოავტოტროფები და ქემოტროფები. ფიტოავტოტროფები ენერგიის წყაროდ მზის სხივურ ენერგიას იყენებენ, ხოლო საკვებ მასალად არაორგანულ ნივთიერებას — CO_2-ს და წყალს. ორგანიზმთა ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ყველა მწვანე მცენარე და ზოგიერთი ბაქტერია. ცხოველქმედებისას ისინი წარმოქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს — ნახშირწყლებს ანუ შაქრებს $(CH_2O)_n$.

ქემოტროფები ქიმიური რეაქციების დროს გამოყოფილ ენერგიას იყენებენ. მათ მიეკუთვნება, მაგალითად, ნიტრიფიკატორი ბაქტერიები, რომლებიც ამონიაკს აზოტის მჟავამდე ჟანგავენ:

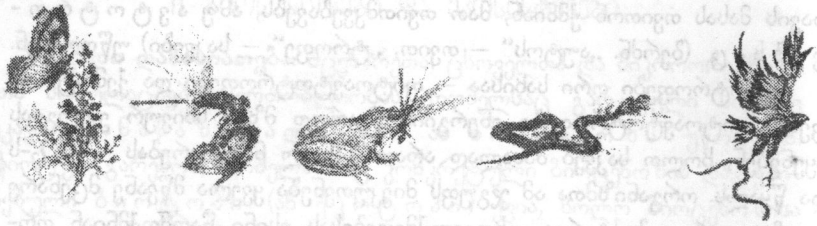
$$2NH_3+3O_2 \rightarrow 2HNO_2+2H_2O+Q$$
$$2HNO_2+O_2 \rightarrow 2HNO_3+Q$$

ენერგია (Q), გამოყოფილი ამ რეაქციების დროს, გამოიყენება ბაქტერიების მიერ CO_2-ის აღდგენისათვის ნახშირწყლებამდე.

ცხოველები იყენებენ მცენარეთა მიერ გამომუშავებულ მზა ორგანულ ნივთიერებას, ამიტომ მათ სხვისით მკვებავებს, ანუ ჰ ე ტ ე რ ო ტ რ ო ფ ე ბ ს (ბერძნ. „ჰეტეროს“ — სხვა) უწოდებენ, ხოლო კვებით ჯაჭვში ფუნქციის შესაბამისად — მომხმარებლებს, ანუ კ ო ნ ს უ მ ე ნ ტ ე ბ ს (ლათ. „კონსუმო“ — ვიყენებ). განასხვავებენ რამდენიმე სახის კონსუმენტებს: პირველი რიგის, ანუ მცენარეებით მკვებავ (ფ ი ტ ო ფ ა გ) ცხოველებს; მეორე რიგის, ანუ ხორცის მჭამელ (ზ ო ო ფ ა გ) ცხოველებს, რომლებიც ფიტოფაგებით იკვებებიან; მესამე რიგის, ანუ მტაცებლებს, რომლებიც დანარჩენი ცხოველებით იკვებებიან და ა. შ.

ეკოსისტემაში მუდმივად გროვდება მკვდარი მცენარეები, ცხოველები და მათი ნაწილები, რომლებიც ორგანიზმთა განსაკუთრებული ჯგუფის — რ ე დ უ ც ე ნ ტ ე ბ ი ს (ლათ. „რედუქციო“ — დაბრუნება) ხარჯზე შედარებით მარტივ არაორგანულ ნივთიერებებად იშლებიან. რედუცენტებს მიეკუთვნებიან ბაქტერიები, სოკოები, უმარტივესნი, მკვდარი ორგანული ნარჩენებით მკვებავი წვრილი უხერხემლონი.

კვებითი ჯაჭვები. ყველა ბიოცენოზში ხორციელდება ნივთიერების გადაცემა ორგანიზმთა ერთი ჯგუფიდან მეორეში. მცენარეთა და



სურ. 15. ხმელეთის კვებითი ჯაჭვი, ფარგის (1971) მიხედვით.

ცხოველთა ასეთი თანმიმდევრული ჯგუფების ერთიანობას კ ვ ე ბ ი თ ი (ტ რ ო ფ უ ლ ი) ჯ ა ჭ ვ ე ბ ი ქვია (სურ. 15, 16).

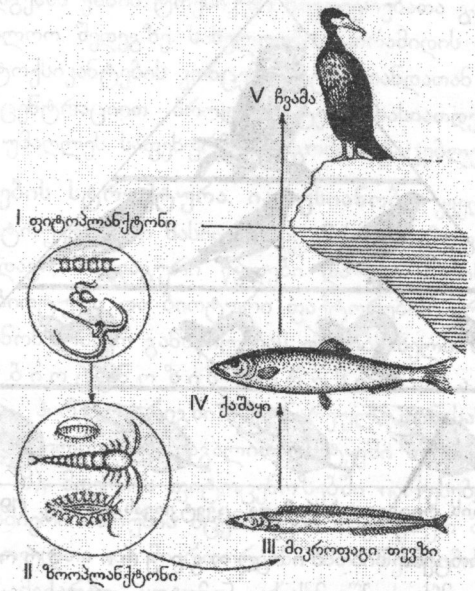
ბუნებაში კვებითი ჯაჭვი სუფთა სახით თითქმის არასოდეს გვხვდება. ერთი და იმავე სახეობის მცენარე თუ ცხოველი, როგორც წესი, სხვადასხვა ჯაჭვის შემადგენელი რგოლია. შესაბამისად, ყველა ბიოცენოზში ყალიბდება ჯაჭვების კომპლექსები, რომლებიც ერთმანეთშია გადახლართული და რთულ სისტემებს, ე. წ. კ ვ ე ბ ი თ ბ ა დ ე ებ ს ქმნის.

თუ კვებითი ჯაჭვის ძირითადი რგოლი კომბოსტოა, მომდევნო რგოლები შეიძლება იყოს კომბოსტოს თეთრულა, კომბოსტოს ჩრჩილი, კომბოსტოს ხვატარი, კურდღელი და ყველა ცხოველი, რომელიც კომბოსტოთი იკვებება. ამგვარად, კომბოსტო ამ შემთხვევაში მრავალი ჯაჭვის ძირითად რგოლს შეადგენს, მომდევნო რგოლებიდან კი შესაძლოა იქმნებოდეს დამოუკიდებელი ჯაჭვები.

ენერგეტიკა. როგორც აღინიშნა, მწვანე მცენარეების მიერ დედამიწაზე დაცემული სხივური ენერგიის მხოლოდ 0,1-0,2% შეითვისება, დანარჩენი — გარემოში იფანტება. ენერგიის ეს მცირე ულუფა ფოტოსინთეზის პროცესს ხმარდება და ამიტომ ნებისმიერი ეკოსისტემის არსებობის წყაროა.

ფოტოსინთეზის შედეგად ნახშირწყლებში ფიქსირებული ენერგიის ნაწილი პირველადი პროდუქციის წარმოქმნაზე იხარჯება, დანარჩენი — მცენარეთა სასიცოცხლო პროცესებს ხმარდება.

მცენარეების მიერ პროდუცირებული ნივთიერებების ნაწილი ფიტოფაგების საკვებად გამოიყენება. ფიტოფაგებში ასიმილირებული პროდუქცია მხოლოდ ნაწილობრივ გამოიყენება მათი ბიომასის წარმოქმნისათვის, დანარჩენი — ცხოველთა სასიცოცხლო პროცესებს ხმარდება. იგივე ითქმის II და III რიგის კონსუმენტებზე.



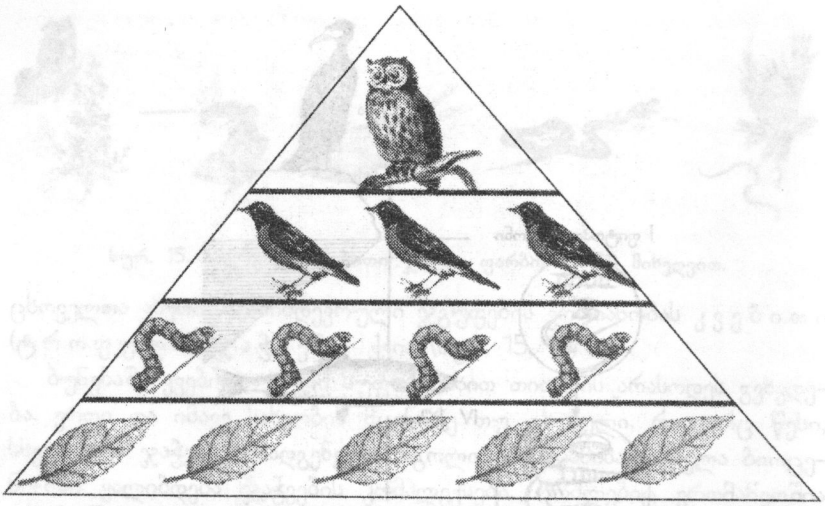
სურ. 16. ზღვის კვებითი ჯაჭვი, რამადის (1981) მიხედვით

ამგვარად, ენერგია, რომელიც კვებითი ჯაჭვის შემადგენელ რგოლებში ფიქსირდება, ყოველ ტროფულ დონეზე მნიშვნელოვნად მცირდება. ამის გამო კვებითი ჯაჭვი არ შეიძლება მეტისმეტად გრძელი იყოს; როგორც წესი, იგი 5-6 რგოლს არ აღემატება.

უფრო დაწვრილებით ბიოცენოზების ენერგეტიკის საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული.

ავტოტროფების ბიომასას პირველად პროდუქციას უწოდებენ, მათ მიერ ორგანული ნივთიერების წარმოქმნის ინტენსიობას — პირველად პროდუქტიულობას. კონსუმენტები, რომლებიც პირველადი პროდუქციით იკვებებიან, თავის ბიომასას ქმნიან, რასაც მეორადი პროდუქცია ქვია, მისი წარმოქმნის ინტენსიობას კი — მეორადი პროდუქტიულობა.

ყველა ბიოცენოზს სპეციფიკური ბიოლოგიური პროდუქტიულობა ახასიათებს, რომელიც შეიძლება განიმარტოს როგორც ბიოცენოზში შემავალ მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა აღწარმოების უნარი. ბიომასის აღწარმოება გარკვეული სისწრაფით ხორციელდება;



სურ. 17. ელტონის რიცხვთა პირამიდა, ცვეტკოვას და სხვ. (1999) მიხედვით

შესაბამისად, ბიოცენოზის ბიოლოგიური პროდუქტიულობა არის მისი ბიომასის ნამატი დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში.

რიცხვთა პირამიდები. კვებითი ჯაჭვის შემადგენელ რგოლებში ორგანული მასის და ენერგიის შემცირების საკითხი თავის დროზე ჩ. ელტონმა შეისწავლა. მანვე ააგო ამ მოვლენის ამსახველი პირამიდა, რომელსაც რიცხვთა (ან ელტონის) პირამიდა ეწოდა (სურ. 17).

პირამიდის ფუძეს პროდუცენტების შესატყვისი მაჩვენებლები იკავებენ, მათ ცვლის ფიტოფაგების, შემდეგ კი II რიგის კონსუმენტების მაჩვენებლები. პირამიდის წვეროზე მსხვილი მტაცებლების მაჩვენებლები თავსდება.

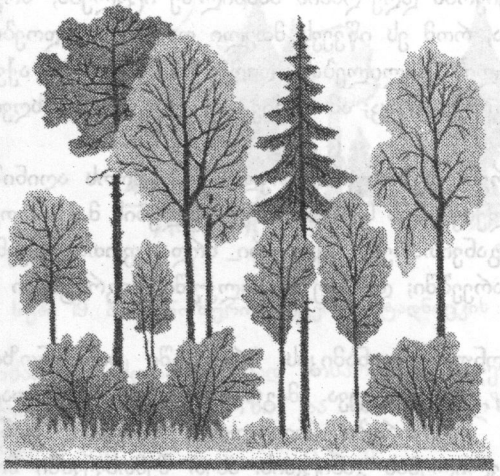
ელტონის პირამიდის პრინციპი უნივერსალურია და იგი ობიექტურად ასახავს ენერგიის ნაკადს ბიოცენოზში. იშვიათი გამონაკლისის გარდა, ის არასოდეს ირღვევა და ეხება როგორც ხმელეთის, ისე წყლის გარემოს.

ქვევით დავინახავთ, რომ კვებითი ჯაჭვი, ენერგიის გადაცემასთან ერთად, ტოქსიკურ ნივთიერებათა დაგროვებასაც უწყობს ხელს. ეს საკითხი დაწვრილებით მომდევნო თავშია განხილული. აქ აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ ჩვენ მიერ დახასიათებული ელტონის პირამიდა უფრო

ნათელ წარმოდგენას ქმნის ტოქსიკურ ნივთიერებათა გადაცემის პრინციპსა და საბოლოო შედეგზე. სახელდობრ, პირამიდის თანმიმდევრულ საფეხურებზე ტოქსიკანტების კონცენტრაცია თანდათან იზრდება; მინიმალური კონცენტრაციით პროდუცენტები ხასიათდებიან, მაქსიმალურით კი — უმაღლეს საფეხურზე მდგომი მტაცებლები.

ბიოცენოზების სტრუქტურა. იარუსიანობა. ყველა ბიოცენოზი სპეციფიკური სტრუქტურით ხასიათდება. ამას განსაზღვრავს კლიმატი, დედა-ქანი, ნიადაგი, ნიადაგური წყლები და სხვ. ნებისმიერ მდგრად ბიოცენოზში აბიოტური და ბიოტური ფაქტორების ურთიერთქმედება ორგანიზმთა კანონზომიერ განაწილებას უწყობს ხელს. ამის ერთ-ერთი გამოხატულება ბიოცენოზის იარუსიანობაა.

იარუსიანობა, პირველ რიგში, მცენარეულ თანასაზოგადოებებში (ფიტოცენოზებში) ვლინდება. მაგალითად, ტყეში ხშირად 5-6 იარუსს ითვლიან (სურ. 18), მდელოს ფიტოცენოზებში იარუსების რაოდენობა ნაკლებია. ნებისმიერი იარუსის მცენარეები თავისებურ მიკროკლიმატს ქმნიან, რაც ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა შესაბამის განაწილებას უწყობს ხელს. ამგვარად, ყოველი იარუსი შეიძლება დავახასიათოთ, როგორც სხვადასხვა მცენარის, ცხოველის და მიკროორგანიზმის პოპულაციების ერთობლიობა.



სურ. 18. იარუსიანობის მაგალითი ტყეში, აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით

ყოველი ბიოცენოზი ხასიათდება სპეციფიკური სახეობრივი შედგენილობით. ამასთან ზოგიერთი სახეობა მრავალრიცხოვანია, სხვები კი მცირერიცხოვანი. ნებისმიერ ბიოცენოზში ვხვდებით ერთ ან რამდენიმე სახეობის მცენარეს, რომლებიც მის ,,გარეგნულ იერს" განსაზღვრავს. ასეთ სახეობებს დ ო მ ი ნ ა ნ ტ ე ბ ი ჰქვიათ.

დომინანტების ხარჯზე მცხოვრებ სახეობებს პ რ ე დ ო მ ი ნ ა ნ ტ ე ბ ს უწოდებენ. მაგალითად, მუხნარში დომინანტური სახეობა მუხაა; მასთან დაკავშირებული მწერები, ფრინველები, მღრღნელები და სხვ. — პრედომინანტებია.

რთული ბიოცენოზები მეტი მდგრადობით ხასიათდება გარემოს უარყოფითი ცვლილების მიმართ. ცალკეული კომპონენტების (მცენარეთა ან ცხოველთა სახეობების) ამოვარდნა, როგორც წესი, არ იწვევს უარყოფით ცვლილებებს, რადგან მათ ადგილს კვებითი ბადის სხვა კომპონენტები იკავებენ. ტროპიკული ტყეების ბიოცენოზებში სახეობათა მასობრივი გამრავლება თითქმის გამორიცხულია, რასაც ვერ ვიტყვით შედარებით მარტივი ცენოზების შესახებ. მაგალითად, ტუნდრაში ხშირია ლემინგების ან მელიების რიცხოვნობის პერიოდული მკვეთრი ზრდა.

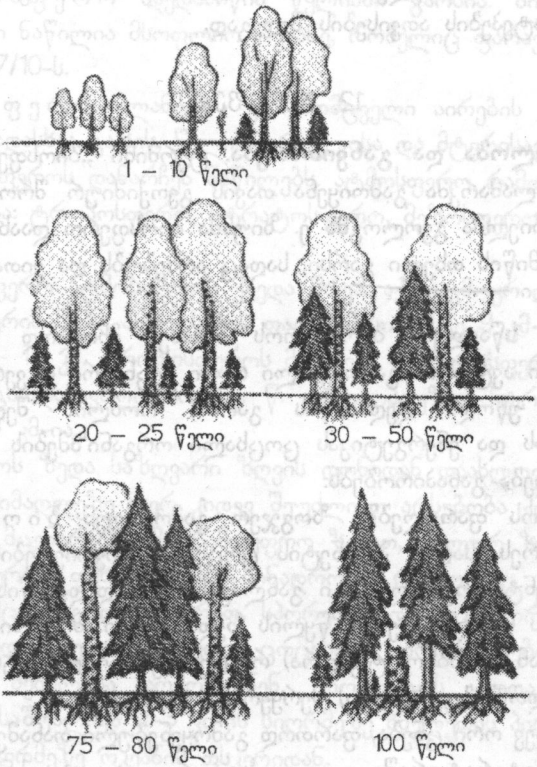
დინამიკა. ბიოცენოზების ერთ-ერთი თავისებურება — დღეღამური და წლიური დინამიკაა. ყველა ბიოცენოზისათვის დამახასიათებელია სახეობები, რომელთა აქტივობა დღე-ღამის მანძილზე იცვლება, ზოგჯერ კი წყდება. გასაგებია, რომ ეს იწვევს მთელი თანასაზოგადოების ცხოველქმედების მეტ-ნაკლებ ცვლილებას. დიდი მნიშვნელობა აქვთ ცხოველთა დღეღამურ მიგრაციებსაც; ამ მხრივ, პირველ რიგში, ზღვის პლანქტორნი გამოირჩევა.

უფრო მკაფიო გადახრები სეზონური მოვლენების დროს აღინიშნება. ორგანიზმთა ცხოველქმედების სეზონური ცვლილების მაგალითებია ყვავილობა, ნაყოფის განვითარება, აქტიური ზრდა, ფოთოლცვენა, ზამთრის სვენება — მცენარეებში; დიაპაუზა, ძილქუში, მიგრაციები — ცხოველებში.

დღეღამური და სეზონური დინამიკის პროცესში ბიოცენოზის მთლიანობა, ჩვეულებრივ, არ ირღვევა. მაგრამ, არცთუ იშვიათად, ეკოსისტემაში მოქმედებს ფაქტორები, რომელთა გავლენით თანასაზოგადოება ძირეულ ცვლილებას განიცდის. ასეთ შემთხვევაში მოცემულ ტერიტორიაზე ვითარდება სხვა, ახალ პირობებთან უფრო

შეგუებული ცენოზი. ბიოცენოზების თანმიმდევრულ თვისებრივ ცვლილებას ეკოლოგიური სუქცესია ქვია, ხოლო ერთმანეთის შემცვლელ თანასაზოგადოებათა ჯაჭვს სუქცესიურ რიგს უწოდებენ. საბოლოოდ ყალიბდება თანასაზოგადოების ახალი ტიპი, რომელსაც კლიმაქსური ეწოდება (სურ. 19).

სუქცესიის ხანგრძლივობა განსხვავებულია. ზოგჯერ იგი ასეულ წლებს მოიცავს, ზოგჯერ კი შედარებით სწრაფად ხორციელდება. ტყის



სურ. 19. ბიოცენოზური სუქცესია, სტადნიცკის და სხვ. (1995) მიხედვით

ხანძარს შეუძლია უეცრად მოსპოს ათასწლეულების მანძილზე ჩამოყალიბებული ბიოცენოზი და მის ადგილზე შედარებით სწრაფად განვითარდეს სხვა თანასაზოგადოება.

განასხვავებენ პირველად და მეორად სუქცესიებს. სუქცესია, რომელიც მეტ-ნაკლებად „ცარიელ“ ადგილზე ვითარდება, პირველადია. ასეთ შემთხვევაში თანასაზოგადოების ჩამოყალიბება დიდი ხნის, ზოგჯერ ასეული წლების მანძილზე გრძელდება. თუ სუქცესია ხორციელდება ადგილზე, რომელიც წინათ სხვა ბიოცენოზს ეკავა, კლიმაქსური თანასაზოგადოება შედარებით მოკლე დროში ვითარდება. ასეთ სუქცესიას მეორადი ეწოდება. თანამედროვე პირობებში მეორადი სუქცესიები ხშირი მოვლენაა; ისინი აღინიშნება ხარძრების, ჭაობების დაშრობის, სტეპების ათვისების შედეგად.

12. ბიოსფერო

შედგენილობა და განვითარება. ტერმინი „ბიოსფერო“ პირველად ჟ. ბ. ლამარკმა გამოიყენა თავის გეოქიმიურ შრომებში. 1875 წელს ავსტრიელმა გეოლოგმა ე. ზიუსმა ბიოსფერო დაახასიათა, როგორც დედამიწის თხელი გარსი, სადაც არსებობს და ვითარდება სიცოცხლე.

მწყობრი სწავლება ბიოსფეროს შესახებ მხოლოდ 1926 წელს შეიქმნა. მისი ავტორია გამოჩენილი რუსი მეცნიერი ვ. ვერნადსკი. მან ბიოსფერო უწოდა დედამიწის გარსს, რომლის შედგენილობას, სტრუქტურას და ენერგეტიკას ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლივი ცხოველქმედება განაპირობებს.

ბიოსფეროს ფარგლებში ზოგჯერ გამოყოფენ ბიოგეოსფეროს — შრეს, სადაც პლანეტის ცოცხალი ნივთიერების ძირითადი მასაა კონცენტრირებული. იგი განლაგებულია დედამიწის ქერქის და ატმოსფეროს საზღვარზე და წყლის ზედა შრეში. მისი სისქე რამდენიმე მეტრიდან (უდაბნო, ტუნდრა) რამდენიმე ათეულ მეტრამდე (ტყის თანასაზოგადოებები, ზღვები) მერყეობს.

არის კიდევ ორი ცნება, ფართოდ გამოყენებული თანამედროვე ეკოლოგიურ ლიტერატურაში — ეკოსფერო და ტექნოსფერო. პირველს განმარტავენ, როგორც პლანეტის ეკოსისტემების ერთობლიობას, მეორეს — როგორც ადამიანის მიერ შექმნილი ტექნიკური ობიექტების ერთობლიობას.

მრავალი მკვლევარი მიზანშეწონილად თვლის ბიოსფეროში გამოყოს ნოოსფერო, ან „შეგნების სფერო“ — ბიოსფეროს განვითარების უმაღლესი საფეხური, დაკავშირებული ადამიანის წარმოშო-

ბასთან. არსებობს შედარებით გაუბრალოებული შეხედულებაც, რომლის თანახმადაც, ბიოსფერო მხოლოდ დღეს მცხოვრები ორგანიზმების მექანიკური ჯამია.

თანამედროვე ბიოსფერო მოიცავს ლითოსფეროს და ატმოსფეროს ნაწილებს და მთელ ჰიდროსფეროს. მათგან ლ ი თ ო ს ფ ე რ ო, ანუ დედამიწის ქერქი, მატერიკების მკვრივი გარსია. სიცოცხლე აქ ძირითადად ზედა შრეში — ნიადაგშია კონცენტრირებული.

ჰ ი დ რ ო ს ფ ე რ ო დედამიწის წყლიანი გარსია. მისი მთავარი შემადგენელი ნაწილია მსოფლიო ოკეანე, რომელიც ფარავს პლანეტის ზედაპირის 7/10-ს.

ა ტ მ ო ს ფ ე რ ო პლანეტის გარემომცველი აირების გარსია. იგი შედგება სხვადასხვა გაზის, წყლის ორთქლისა და მტვრისაგან და გარს აკრავს ბიოსფეროს დანარჩენ ნაწილებს. ატმოსფერო რამდენიმე შრედ იყოფა. ესენია: ტროპოსფერო, სტრატოსფერო, მეზოსფერო და იონოსფერო.

ტროპოსფერო ატმოსფეროს ქვედა შრეა. აქ თავმოყრილია ატმოსფერული ჰაერის 8/10. პოლუსების თავზე მისი სისქე 9 კმ-ია, ეკვატორის თავზე — 15 კმ. ტროპოსფეროს მოსდევს სტრატოსფერო, რომელთა შორის გარდამავალი შრე, ე. წ. ტროპოპაუზაა. სტრატოსფეროს სისქე 35-40 კმ-ია.

ბიოსფეროს ზედა საზღვარი ზღვის დონიდან დაახლოებით 6 კმ-ს აღწევს. ამ სიმაღლეზე ჯერ კიდევ შეუძლიათ არსებობა ქლოროფილის შემცველ მცენარეებს. მაგრამ უფრო ზევით, ეოლურ ზონაში, მხოლოდ ზოგიერთი ფეხსახსრიანი ბინადრობს, რომლებიც ქარის მიერ მოტანილი მცენარეული მტვრით, სპორებით და მიკროორგანიზმებით იკვებება. კიდევ უფრო ზევით ცოცხალი ორგანიზმები მხოლოდ შემთხვევით შეიძლება აღმოჩნდნენ. ბიოსფეროს ქვედა საზღვარი ვრცელდება საშუალოდ 2-3 კმ-ის სიღრმეზე ხმელეთის პირობებში და 1-2 კმ-ის სიღრმეზე ოკეანის ფსკერიდან.

ჩვენს პლანეტაზე სიცოცხლის განაწილება ხმელეთზე და ოკეანურ წყლებში მკვეთრად განსხვავებულია. კონტინენტებზე მცენარეები ჭარბობენ ცხოველებს, ოკეანეში — პირიქით. ხმელეთის ბიომასა ბევრად აღემატება ოკეანისას, რომელიც პლანეტის ბიომასის მხოლოდ 0,13%-ს შეადგენს. ცოცხალი ნივთიერება ძირითადად ხმელეთის მცენარეებშია თავმოყრილი; იმ ორგანიზმების ბიომასა კი, რომლებიც

მცენარეებით იკვებებიან, 1%-ს არ აღემატება. მცენარეული სახეობების რიცხვი სახეობათა საერთო რაოდენობის 21%-ს შეადგენს, თითქმის 70% ცხოველებზე მოდის.

პლანეტის თანამედროვე სახე — ცოცხალ არსებათა ცხოველქმედების შედეგია. თავდაპირველად ატმოსფერო შეიცავდა ჟანგბადის თანამედროვე რაოდენობის მხოლოდ 0,1%-ს, მდიდარი იყო ნახშირორჟანგით, მეთანით, აზოტის ნაერთებით. ავტოტროფული ბაქტერიების და მეტადრე ქლოროფილის შემცველი მცენარეების გავლენით ატმოსფეროს გაზობრივი შედგენილობა თანდათან იცვლებოდა.

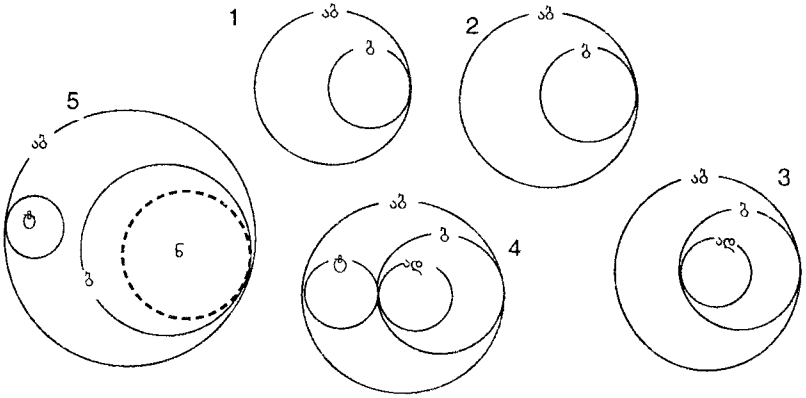
რამადის (1981) მიხედვით, დაახლოებით 2 მლრდ წლის წინათ გაჩნდნენ ფოტოსინთეზის უნარის მქონე პირველი ორგანიზმები — პროკარიოტები, რომელთაც მიეკუთვნებიან ლურჯმწვანე წყალმცენარეები, ბაქტერიები, ვირუსები. 0,5 მლრდ წლის შემდეგ ჩნდებიან ეუკარიოტები — უმაღლესი ორგანიზმები. შედეგად, დაახლოებით 1 მლრდ წლის წინათ ატმოსფეროში ჟანგბადის შემცველობა თანამედროვე რაოდენობის უკვე 1%-ს შეადგენდა. საგრძნობლად გაიზარდა ფიტოპლანქტონის ფოტოსინთეზური აქტივობა. პარალელურად გაჩნდა ატმოსფერული ოზონის შრე, რამაც უმნიშვნელოვანესი როლი შეასრულა ჭარბი ულტრაიისფერი რადიაციის შეკავებასა და სიცოცხლის შემდგომ განვითარებაში.

600 მლნ წლის წინათ ჩნდება უდაბლესი ავტოტროფული მცენარეები, 500 მლნ წლის წინათ — ჭურჭლიანი მცენარეები და მწერები, 350 მლნ წლის წინათ — შიშველთესლიანები, ხოლო 100 მლნ წლის წინათ — ფარულთესლიანები და ძუძუმწოვრები. ცარცული პერიოდის დასაწყისში ატმოსფეროში ჟანგბადის რაოდენობა თანამედროვე შემცველობის უკვე 50%-ს შეადგენდა.

ხმელეთზე ქლოროფილის შემცველი მცენარეების გაჩენამ, ჟანგბადის მკვეთრ ზრდასთან ერთად, ხელი შეუწყო ნიადაგების წარმოქმნას; შემდგომში ეს პროცესი ცხოველთა ზემოქმედებამაც დააჩქარა.

ადამიანის წარმოშობის შემდეგ ბიოსფეროს განვითარების ახალი ეტაპი დაიწყო; იგი ნოოსფეროს შექმნასთანაა დაკავშირებული. ვ. ვერნადსკი ნოოსფეროში ბიოსფეროს ევოლუციის ეტაპს გულისხმობდა, რომელშიც ადამიანმა დომინირებული როლი შეასრულა.

ადამიანის წარმოშობამდე ბიოსფეროს არსებობის პერიოდს ბიოგენეზს უწოდებენ, ხოლო საზოგადოების განვითარების ეტაპს — ნოოგენეზს (სურ. 20).



სურ. 20. ბიოსფეროს ევოლუცია; კამშილოვის (1974) მიხედვით, ცვლილებებით

1 — ნივთიერებათა აბიოტურ წრებრუნვაში (აბ) წარმოიქმნა ბიოსფერო (ბ); 2 — სიცოცხლის განვითარებასთან ერთად ბიოსფეროც ვითარდება; 3 — ბიოსფეროში ჩნდება ადამიანი (ად); 4 — ადამიანთა საზოგადოება იყენებს მისთვის საჭირო ნივთიერებებსა და ენერგიას არა მხოლოდ ბიოსფეროდან, არამედ აბიოტური გარემოდანაც, რაც ხელს უწყობს ტექნოსფეროს (ტ) წარმოქმნას; 5 — ბიოსფეროში წარმოიქმნება ნოოსფერო (ნ), რომელიც ადამიანის უშუალო კონტროლს ექვემდებარება (ნოოგენეზი).

ფუნქციონირება. ბიოსფეროს არსებობას და განვითარებას ორი გლობალური პროცესი განაპირობებს — ნივთიერებათა მიმოქცევა და ენერგიის უწყვეტი ნაკადი. როგორც ი. ოდუმი (1986) აღნიშნავს, „ქიმიური ელემენტების ცირკულაცია და ენერგიის ცალმხრივი ნაკადი ფუნდამენტური პროცესებია, რამეთუ ისინი ერთნაირად მიესადაგება როგორც ნებისმიერ თანასაზოგადოებას, ისე ნებისმიერ ორგანიზმს (ადამიანის ჩათვლით)“.

დედამიწაზე ყოველწლიურად $5\text{-}10^{20}$ კკალ სხივური ენერგია ეცემა; ამ ენერგიის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი — 0,1-0,2% შეითვისება მწვანე მცენარეების მიერ. მზის ენერგია ნივთიერებათა ორ წრებრუნვას უზრუნველყოფს — დიდს, ანუ გეოლოგიურს და მცირეს, ანუ ბიოლოგიურს. გეოლოგიური წრებრუნვა ხელს უწყობს მინერალურ ნივთიერებათა გადატანას მთელი პლანეტის მასშტაბით.

განსაკუთრებით მკაფიოდ გეოლოგიური წრებრუნვა წყლისა და ატმოსფეროს ცირკულირებაში ვლინდება. პლანეტაზე დაცემული სხი-

ვური ენერგიის თითქმის ნახევარი წყლის აორთქლებაზე იხარჯება. ეს წყალი დედამიწას ნალექის სახით უბრუნდება. ოკეანიდან მეტი წყალი ორთქლდება; ხმელეთზე პირიქით — მეტი ნალექი მოდის, რომლის დიდი ნაწილი მდინარეებში, შემდეგ კი კვლავ ოკეანეში ჩაედინება.

ცოცხალი ნივთიერების გაჩენასთან ერთად გეოლოგიური წრებრუნვის წიაღში ჩაისახა ბიოლოგიური, ანუ მცირე წრებრუნვა. ამ წრებრუნვისათვის დამახასიათებელია ორგანული ნაერთების სინთეზი და დაშლა — ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესი, რომელიც გარკვეულ თანაფარდობაში იმყოფება და სიცოცხლის ძირითად თავისებურებას შეადგენს. ბიოლოგიურ წრებრუნვაში ჩართული ენერგია უზარმაზარ სამუშაოს ახორციელებს, რომელიც, პირველ რიგში, პირველადი პროდუქციის წარმოქმნაში გამოიხატება.

ბიოსფეროს შექმნის შემდეგ ქიმიური ელემენტები განუწყვეტელ მიმოქცევას განიცდიან ცოცხალ ორგანიზმებსა და არაცოცხალ გარემოს შორის. ელემენტების ასეთ მიმოქცევას ბიოგეოქიმიური ციკლები ეწოდება. ბიოსფეროში მიმდინარე ძირითადი ციკლებია: ჟანგბადის, ნახშირბადის, წყლის, აზოტის, ფოსფორის, გოგირდის და ა.შ.

ნივთიერებების მიგრაცია ბიოგეოქიმიურ ციკლებში შეიძლება განვიხილოთ ნახშირბადის მაგალითზე. ხმელეთზე იგი ხორციელდება მცენარეების მიერ ფოტოსინთეზის პროცესში ნახშირორჟანგის შეთვისებით. CO_2-ისა და წყლისაგან წარმოიქმნება ნახშირწყლები და გამოიყოფა ჟანგბადი. CO_2-ის შემადგენლობაში მყოფი ნახშირბადი ნაწილობრივ მცენარეთა სუნთქვისას გამოიყოფა. მცენარეებში ფიქსირებული ნახშირბადი შეითვისება ცხოველების მიერ, რომლებიც სუნთქვის პროცესში ასევე გამოყოფენ CO_2-ს. მკვდარი მცენარეული და ცხოველური ნარჩენები მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით იშლება, შედეგად ორგანული ნივთიერების ნახშირბადი იჟანგება CO_2-მდე და კვლავ ატმოსფეროს უბრუნდება. ნახშირბადის ანალოგიური წრებრუნვა ოკეანეშიც ხორციელდება.

ყველა ქიმიური ელემენტის ცირკულაცია მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული, მათი ერთობლიობა კი ნივთიერებათა გლობალურ წრებრუნვას ქმნის. ბიოგეოქიმიური ციკლების ძირითადი რგოლები ორგანიზმებია, რომელთა მრავალფეროვნება ამ პროცესის პლანე-

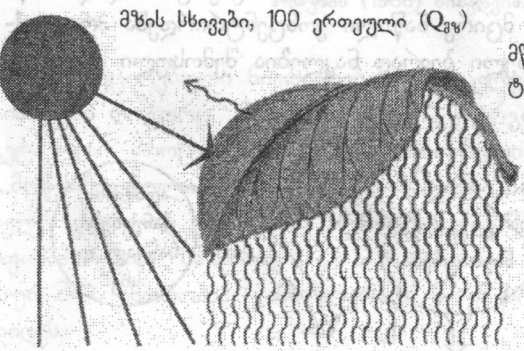
ტარულ ხასიათს უზრუნველყოფს და მასში დედამიწის ქერქის ყველა ელემენტს რთავს.

რაც შეეხება მეორე გლობალურ მოვლენას – ენერგიის ნაკადს, იგი თერმოდინამიკის ორ ფუნდამენტურ კანონს ემორჩილება. როგორც ზევით აღინიშნა, ფოტოსინთეზის დროს მზის ენერგიის ნაწილი ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნაზე იხარჯება, ნაწილი კი სითბოს სახით გარემოში იფანტება. ფოთლის ზედაპირზე დაცემული ენერგია $Q_{ფზ}$ არის გაბნეული (არეკლილი) და ორგანული ნივთიერებების სახით კონცენტრირებული ენერგიების ჯამი:

$$Q_{ფზ}=q_{გაბნ.}+q_{კონც.}$$

ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს თერმოდინამიკის პირველ, ანუ ენერგიის შენახვის კანონთან, რომელიც შემდეგში მდგომარეობს: სისტემაში „მზე – დედამიწა“ ენერგია მუდმივი სიდიდეა და იგი ერთი ფორმიდან მეორეში გადადის. ეკოლოგია შეისწავლის კავშირს მზის ენერგიასა და იმ ეკოლოგიურ სისტემებს შორის, სადაც სინათლის ენერგიის გარდაქმნა ხორციელდება.

ენერგია, რომელიც მწვანე მცენარეების მიერ მათი ბიომასის პოტენციურ ენერგიად გარდაიქმნება, ბევრად ნაკლებია დაცემულზე: $q_{კონც.}<Q_{ფზ.}$ მცენარეებში პროდუცირებული ნივთიერების ნაწილს მცე-



სურ. 21 თერმოდინამიკის კანონების მოქმედება ფოტოსინთეზის დროს, ცვეტკოვას და სხვ. (1999) მიხედვით: $Q_{ფზ}=q_{გაბნ.}+q_{კონც.}$ – პირველი კანონი; $q_{კონც.}<Q_{ფზ}$ – მეორე კანონი

ნარეებით მკვებავი ცხოველები იყენებენ. ეს ნივთიერება მხოლოდ ნაწილობრივ გამოიყენება ცხოველთა ბიომასის წარმოქმნისათვის; დიდი ნაწილი კი სასიცოცხლო პროცესებს ხმარდება და სითბოს სახით იფანტება. იგივე ითქმის ცხოველებით მკვებავ სხვა ცხოველებზე.

თერმოდინამიკის მეორე კანონის თანახმად, ენერგიის ნებისმიერი სახე საბოლოო ჯამში გარდაიქმნება ისეთ ფორმად, რომელიც ვერ გამოიყენება და სივრცეში იფანტება (სურ. 21)

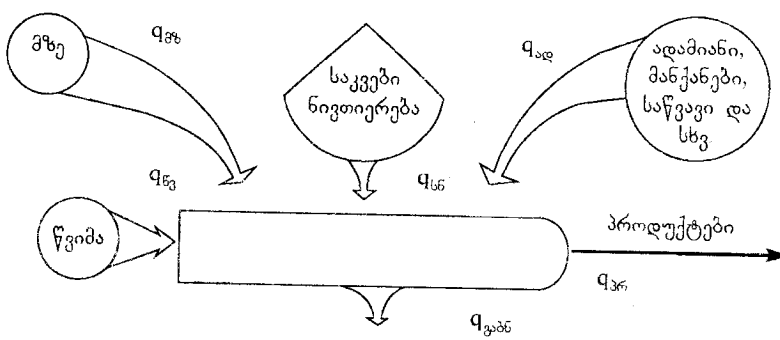
თერმოდინამიკის კანონებს უნივერსალური მნიშვნელობა აქვს და ისინი არა მხოლოდ ბუნებრივ, არამედ ხელოვნურ სისტემებშიც მოქმედებენ.

დავუშვათ, რომ ფერმაში ენერგიის 4 ნაკადი იყრის თავს: მზის $Q_{მზ}$, წვიმის $q_{წვ}$, საკვები ნივთიერების (ნიადაგიდან) $q_{სნ}$ და ადამიანის შრომით და მანქანების მუშაობით წარმოქმნილი ენერგია $q_{ად}$. ენერგიის ეს წყაროები საკვები პროდუქტების წარმოების პროცესში ურთიერთქმედებენ (სურ. 22)

სისტემაში შესული ენერგიის ოთხივე წყარო კონცენტრირებულ ანუ საკვები პროდუქტების ენერგიად $q_{პრ}$ და გაბნეულ თბურ ენერგიად $q_{გაბნ}$ გარდაიქმნება:

$$Q_{მზ}+q_{წვ}+q_{სნ}+q_{ად}=q_{გაბნ}+q_{პრ}$$

პროდუქციის შექმნის პროცესში დახარჯული ენერგიის დიდი ნაწილი იბნევა და მხოლოდ მცირე ნაწილი კონცენტრირდება პროდუქტებში, თანაც ეს უკანასკნელი ბევრად ნაკლებია შემოსული ენერგიის საერთო რაოდენობაზე:

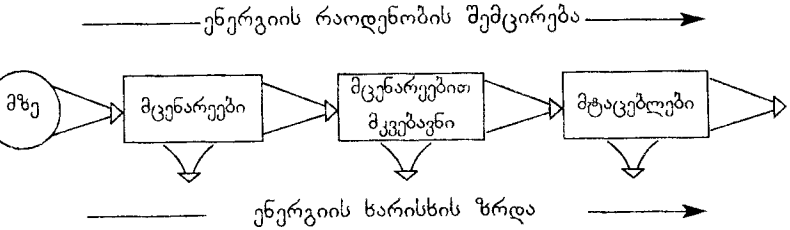


სურ. 22. ენერგიის ნაკადი ფერმის პირობებში; ოდუმის (1978) მიხედვით.

$$q_{პრ.} < Q_{ვზ} + q_{წვ} + q_{სნ} + q_{ად}$$

ენერგიის ნაკადის ანალოგიური სურათი აღინიშნება ნებისმიერ ეკოსისტემაში – სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებზე, ხეხილის ბაღებში და ა. შ. თანაფარდობა სისტემაში შესულ და სისტემიდან გასულ (გაბნეულ) ენერგიებს შორის, ტექნოლოგიური პროცესების შესაბამისად, განსხვავებულია.

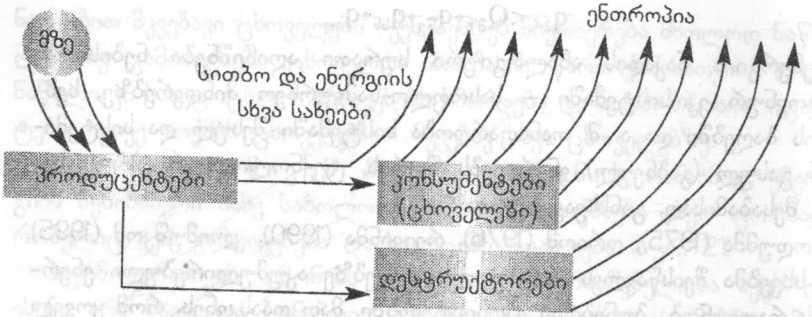
ოდუმმა (1975), დრიომ (1976), რეივნმა (1990), კლიმუშკომ (1995) და სხვებმა შეისწავლეს ტროფულ დონეებზე აკუმულირებული ენერგიის რაოდენობა ბუნებრივ ეკოსისტემებში. მათ დაასკვნეს, რომ ყოველ დონეზე ტრანსფორმირებული ენერგიის რაოდენობა 10-20-ჯერ მცირდება, მაგრამ მისი ხარისხი ასეთივე ოდენობით იზრდება (სურ. 23).



სურ. 23. ენერგიის რაოდენობისა და ხარისხის ცვლილება კვებით ჯაჭვში; ოდუმის (1986) მიხედვით

პროდუცირებული ნივთიერების გავრცელება კვებით ჯაჭვებში გაიხილება როგორც „მოწესრიგებული“ ენერგიის ნაკადი. ყველა ენერგეტიკული პროცესისათვის დამახასიათებელია მაღალორგანიზებული („მოწესრიგებული“) ენერგიის დაბალორგანიზებულ („მოუწესრიგებელ“) ენერგიად გარდაქმნა. თერმოდინამიკაში ენერგიის ასეთი ტრანსფორმირების საზომად ე ნ თ რ ო პ ი ი ს ცნებაა შემოღებული. (სურ. 24). ენთროპია განსაზღვრავს მოუწესრიგებელი ენერგიის სიდიდეს.

თუ ორგანიზმის მთელი ენერგია გაიბნა, ანუ „მოუწესრიგებელ“ ფორმად გარდაიქმნა, იგი იღუპება. ეს რომ არ მოხდეს, სისტემა რეგულარულად უნდა იღებდეს ენერგეტიკულ დოტაციას – „მოწესრიგებულ“ ენერგიას, რომელსაც სხვაგვარად უარყოფით ენთროპიას ანუ



სურ. 24. ენერგიის ნაკადი ბიოსფეროში; რამადის (1981) მიხედვით

ნეგენთროპიას უწოდებენ. ცხოველები ნეგენთროპიას მცენარეული ან ცხოველური საკვებიდან იღებენ.

ამგვარად, ყველა ორგანიზმში ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო პროცესი ხორციელდება — „მოწესრიგებული" ენერგიის მიღება და „მოუწესრიგებელი" ენერგიის პროდუცირება. მათგან პირველი გამოიყენება ორგანიზმის ცხოველქმედებისათვის, მეორე — ორგანიზმის ცხოველქმედების თანმხლები პროცესია. მაქსიმალური ენთროპია დამახასიათებელია ორგანიზმისათვის, თუ იგი კარგავს გარემოდან ენერგიის მიღების შესაძლებლობას. იგივე მოვლენები განვითარდება თანასაზოგადოებაში, თუ ამა თუ იმ მიზეზით შეწყდება მზის ენერგიის ნაკადი და დაირღვევა მისი ტრანსფორმირების მექანიზმი.

ამგვარად, სიცოცხლე უნდა განვიხილოთ როგორც ენერგიის უწყვეტი ნაკადი, რომელიც კანონზომიერად ვრცელდება კვებით ჯაჭვებში და აქ გარდაიქმნება თერმოდინამიკის კანონების შესაბამისად.

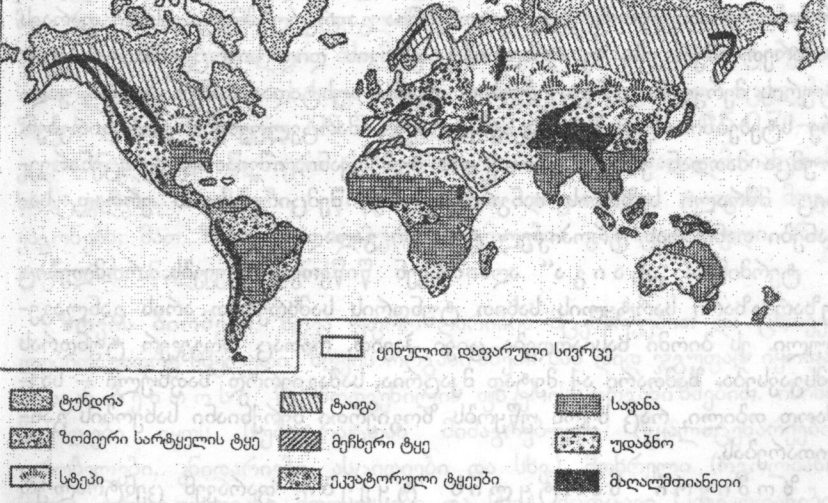
ბიოსფეროს სტრუქტურა. როგორც აღინიშნა, ბიოსფეროს სტრუქტურული ერთეულია ეკოსისტემა, ანუ მოცემულ ტერიტორიაზე არსებულ მცენარეთა, ცხოველთა, მიკროორგანიზმთა და გარემოს არაცოცხალი კომპონენტების ერთობლიობა. ერთი შეხედვით, ეკოსისტემები ჩვენს პლანეტაზე უწესრიგოდ არიან განაწილებული, მაგრამ ეს ასე არ არის. სინამდვილეში ისინი გარკვეული კანონზომიერებით არიან დაჯგუფებული. ეკოსისტემების განაწილების შესწავლა, როგორც წესი, მსხვილი რეგიონული ერთეულების — მაკროეკოსისტემების, ანუ ბიომების დონეზე ხორციელდება. ბიომი შეიძლება განიმარტოს

როგორც „მსხვილი სისტემურ-გეოგრაფიული ქვედანაყოფი ბუნებრივ-კლიმატური ზონის ფარგლებში (რეიმერსი, 1990). ყველა ბიომისათვის სპეციფიკური ეკოსისტემებია დამახასიათებელი.

ბიომები სამი სახისაა: ხმელეთის, ზღვის და მტკნარი წყლების. ხმელეთის ბიომების თავისებურებებს რეგიონის ჰავა და, მასთან დაკავშირებული, მცენარეული საფარი განსაზღვრავს. ზღვის და მტკნარი წყლების ბიომები ნაკლებადაა დამოკიდებული ჰავაზე. მათ თავისებურებებს ძირითადად ფსკერის სიღრმე, მარილიანობა, წყლის დინება განსაზღვრავს.

მოგვყავს ბიოსფეროს ძირითადი ბიომების ჩამონათვალი დრიოს (1976) მიხედვით:

ხმელეთის ბიომები. ხმელეთის ბიომებს პირობით ორ ჯგუფად ყოფენ: ღია (ტუნდრა, უდაბნო, სტეპი, სავანა და სხვ.) და ჩაკეტილი (ტყე) (სურ. 25). ტ უ ნ დ რ ა ჩრდ. პოლუსის გარშემოა გადაჭიმული. იგი იყოფა პოლარულ ტუნდრად, რომელიც მდებარეობს უკიდურეს ჩრდილოეთ ნაწილში და ტყე-ტუნდრად — სამხრეთში. პოლარულში ძირითადად ხავსები და ლიქენები ხარობს, ტყე-ტუნდრაში —



სურ. 25. ხმელეთის ბიომები, დრიოს (1976) მიხედვით

ზოგიერთი ბუჩქოვანი მცენარეც. ცოცხალ ორგანიზმთა ზრდა-განვითარების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორი აქ დაბალი ტემპერატურა და მოკლე სავეგეტაციო პერიოდია.

ტუნდრისგან განსხვავებით, უდაბნოში შემზღუდველი ფაქტორი სიმშრალეა. არჩევენ ზომიერი სარტყლის და ტროპიკული სარტყლის უდაბნოებს. მცენარეული საფარი აქ უკიდურესად ღარიბია. იგი წარმოდგენილია სახეობებით, რომელთაც აქვთ წყლის დაკავების უნარი, ან სახეობებით, რომელთა თესლი ხანგრძლივი დროის მანძილზე სვენების მდგომარეობაშია, მაგრამ წვიმიან დღეებში სწრაფად აღმოცენების უნარით ხასიათდება. კლიმატის მიხედვით, უდაბნოებსა — ერთის მხრივ და სტეპებსა და სავანებს შორის რიგი გარდამავალი საფეხურია.

სტეპებს უზარმაზარი სივრცე უკავიათ ზომიერი კლიმატის ოლქებში — აზიასა და ავსტრალიაში, ჩრდ. ამერიკაში (პრერიები), სამხრეთ ამერიკაში (პამპასები). სტეპები ძირითადად კონტინენტების შიგნითაა განლაგებული, სადაც ტემპერატურის მერყეობა მეტ-ნაკლებად მკაფიოდაა გამოხატული. მათთვის დამახასიათებელია მაღალი ნალექიანობა — წლის ერთ სეზონში და შედარებით მაღალი სიმშრალე — დანარჩენში, რაც ხელს უშლის მერქნიან მცენარეთა განვითარებას.

სტეპებისაგან განსხვავებით, სავანები უფრო თბილ და შედარებით ტენიან ტროპიკულ რაიონებშია გავრცელებული. ისინი ფარავს სამხრეთ ამერიკის, ავსტრალიის, აფრიკის დიდ სივრცეებს. ტემპერატურის მერყეობა აქ გაცილებით უფრო სუსტადაა გამოხატული, ვიდრე სტეპებში. სტეპების მსგავსად, აქაც მარცვლოვნები დომინირებენ, თუმცა მათთან ერთად იზრდებიან ბუჩქოვანი, იშვიათად ხე-მცენარეებიც. მშრალი სეზონის ხანგრძლივობის შემცირებასთან ერთად, სავანები თანდათან ტროპიკულ ტყეებში გადადიან.

ტერმინით „ტაიგა“ აღნიშნავენ წიწვოვან ტყეებს, რომლებიც უზარმაზარი სარტყლის სახით ტუნდრის სამხრეთით არის განლაგებული. ეს ბიომი ხასიათდება ცივი ჰავით, რითაც ზოგჯერ ტუნდრას ემსგავსება. ზამთარი აქ მეტად მკაცრია, სამაგიეროდ ზაფხული — საკმაოდ თბილი, რაც ხელს უწყობს ზოგიერთი მერქნიანი სახეობის განვითარებას.

ზომიერი სარტყლის ტყეები ფარავენ ცენტრალურ ევროპას ტაიგის სამხრეთით, აშშ აღმოსავლეთს, აგრეთვე ჩინეთისა და

იაპონიის მნიშვნელოვან ნაწილს. ისინი ძირითადად ფოთლოვანი სახეობებითაა წარმოდგენილი. ჰავა აქ ზომიერია, ტენიანობა მაღალი, წლის დროები მკაფიოდაა გამოხატული.

ხმელთაშუაზღვისეული ჰავის ქვეყნებში ეს ტყე მეჩხერი ტყის სახეს ღებულობს. სხვადასხვა კონტინენტზე და სხვადასხვა ქვეყანაში ზომიერი სარტყლის ტყეები სხვადასხვა სახეობის მცენარეებითაა წარმოდგენილი და მათ სახელწოდებაც განსხვავებული აქვთ. ესაა გარიგა — ხმელთაშუაზღვეთში, ჩაპარალი — კალიფორნიასა და მექსიკაში, მელლესკრაბი — ავსტრალიის სამხრეთ სანაპიროზე და ა. შ.

მარადმწვანე ტროპიკული ტყეები გადაჭიმულია ეკვატორის გასწვრივ სამხრეთ ამერიკაში, ცენტრალურ აფრიკაში და მალაიზიაში. ეს ბიომი ჩამოყალიბდა ცხელი ჰავის და უხვი ნალექის პირობებში, რომელიც წლის მანძილზე თითქმის თანაბრადაა განაწილებული. მცენარეული საფარი აქ უაღრესად მდიდარია; განსაკუთრებული მრავალფეროვნებით ხე-მცენარეები, ბუჩქები, ლიანები და ეპიფიტები გამოირჩევიან; ბალახოვანი საფარველი, სინათლის ნაკლებობის გამო, სუსტადაა განვითარებული. მცენარეთა ბიომასა აქ ორჯერ, ხოლო პირველადი პროდუქტიულობა 4-5-ჯერ აღემატება ტაიგის შესატყვის მაჩვენებლებს.

ზევით ჩამოთვლილი ბიომებისაგან განსხვავებით, მთის ეკოსისტემები არ არის დაკავშირებული ლანდშაფტურ-გეოგრაფიულ ზონებთან, ამიტომ მათ აზონალურ ბიომებს უწოდებენ. მთის ეკოსისტემებში სიმაღლესთან ერთად სასიცოცხლო პირობები მკვეთრად იცვლება: ზღვის დონიდან ყოველ 100 მ სიმაღლეზე ტემპერატურა 0,5-0,7°-ით ეცემა, ნალექების წლიური რაოდენობა კი იზრდება. მაღალმთიანეთის სარტყელები, რომლებიც წიწვოვნებითაა დაფარული, ტაიგას მოგვაგონებს; მათ ზევით კი ალპური მდელოებია გავრცელებული, რაც ტუნდრის ანალოგიას ქმნის.

ზღვის ბიომები. ზღვა უფრო ღარიბია მცენარეებით და ცხოველებით, ვიდრე ხმელეთი. ზღვის ორგანიზმები სამ დიდ ჯგუფად იყოფა; მათგან ბენთოსი წარმოდგენილია ფსკერის ორგანიზმებით. ისინი შეიძლება იყოს სუბსტრატთან მიმაგრებული (წყალმცენარეები, ღრუბელები, კნიდარიები, ასციდიები და სხვ.), მთხრელი (რგოლიანი ჭიები, ორსაგდულიანი მოლუსკები და სხვ.), მცოცავი (კანეკლიანები,

კიბოსნაირები და სხვ.) და თავისუფლადმცურავი ფსკერის სიახლოვეს (კიბოსნაირნი, თევზები, თავფეხიანი მოლუსკები).

პ ლ ა ნ ქ ტ ო ნ ი წარმოდგენილია წყალში პასიურად შეწონილი ორგანიზმებით. ფიტოპლანქტონი შედგება წყალმცენარეთა, ძირითადად, ერთუჯრედიანთა წარმომადგენლებისაგან (დიატომები, პერიდინეები და სხვ.) და ბაქტერიებისაგან. ზოოპლანქტონი წარმოდგენილია უმარტივესებით, ციბრუტელებით, მუცელფეხიანი მოლუსკებით, სალპებით, კიბოსნაირთა სხვადასხვა ჯგუფით.

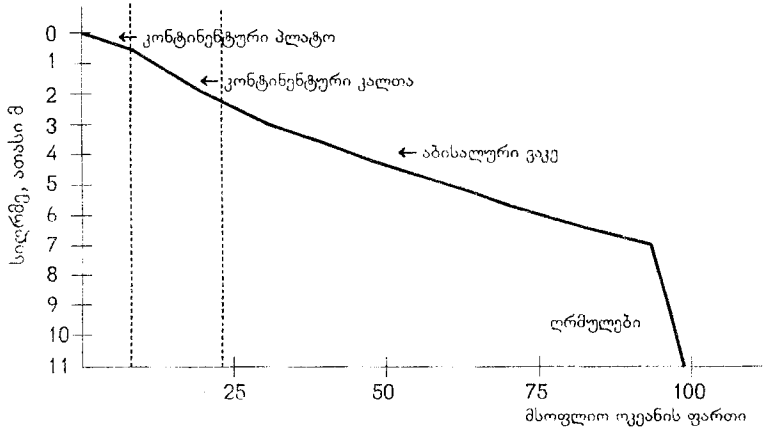
ნ ე ქ ტ ო ნ ი შედგება წყლის სიზრქეში მცურავი სახეობებისაგან, რომლებიც, წყლის დინების მიუხედავად, თავისუფლად მოძრაობენ. ნექტონს განეკუთვნებიან თავფეხიანი მოლუსკები, თევზები, ვეშაპისნაირნი და სხვ. ღია წყლებში გავრცელებულ ნექტონს და პლანქტონს ხშირად პ ე ლ ა გ ი უ რ ო რ გ ა ნ ი ზ მ ე ბ ს უწოდებენ, ფსკერთან დაკავშირებულ ორგანიზმებს კი ბ ე ნ თ ა ლ უ რ ს.

ზღვის ნაპირიდან დაცილების და სიღრმის ზრდასთან ერთად, ჰიდრობიონტების საარსებო პირობები იცვლება. კონტინენტების სიახლოვეს განლაგებულ ზონას, რომლის სიღრმე 200 მ-ს არ აღემატება, კ ო ნ ტ ი ნ ე ნ ტ უ რ ი პ ლ ა ტ ო ეწოდება (მისი ფართი შეადგენს ოკეანის საერთო ფართის 7,6%-ს). ოკეანის დიდი ნაწილი გაცილებით უფრო ღრმაა (2-6 ათასი მ), შედარებით სწორი და მას ა ბ ი ს ა ლ უ რ ვ ა კ ეს უწოდებენ (82,2%). ეს ზონები ე. წ. კ ო ნ ტ ი ნ ე ნ ტ უ რ ი კ ა ლ თ ე ბ ი თ ა ა შეერთებული (8,1%). აბისალურ ვაკეში ადგილადგილ ღრმულებია (6-11 ათასი მ), რომელთა ერთობლიობა ი ნ ფ რ ა - ა ბ ი ს ა ლ უ რ ზ ო ნ ა ს (2,1%) ქმნის (სურ. 26).

კონტინენტური პლატო დაფარულია წყლის შედარებით თხელი ფენით, რომელსაც ნ ე რ ი ტ უ ლ პ რ ო ვ ი ნ ც ი ა ს უწოდებენ. იგი მაღალი პროდუქტიულობით ხასიათდება, აქ პელაგიური და ბენთალური ორგანიზმები მკაფიოდ არაა ერთმანეთისაგან გამიჯნული.

ოკეანის დანარჩენი ნაწილი ო კ ე ა ნ უ რ პ რ ო ვ ი ნ ც ი ა ს უკავია. აქ პროდუქტიულობა შედარებით დაბალია, ხოლო პელაგიური და ბენთალური ორგანიზმები მკვეთრადაა გამიჯნული.

მტკნარი წყლის ბიომები. მტკნარი წყლის ეკოსისტემები მკაფიოდაა ერთმანეთისაგან გამიჯნული. სახეობრივი მრავალფეროვნების თვალსაზრისით ისინი გაცილებით უფრო ღარიბია, ვიდრე ზღვისა. აქ საერთოდ არ გვხვდება კანკლიანები და კნიდარიები, ღრუბელები კი



სურ. 26. მსოფლიო ოკეანის განაწილება ზონებად; დრიოს (1976) მიხედვით

მცირერიცხოვანი სახეობებითაა წარმოდგენილი. სამაგიეროდ მტკნარ წყლებში მრავალი მწერი ბინადრობს. ზოგიერთ მათგანს აქვს წყლის ზედაპირზე გადაადგილების უნარი. ისინი ჰიდრობიონტების განსაკუთრებულ ჯგუფს — ნ ე ი ს ტ ო ნ ს ქმნიან.

მტკნარი წყლების ბიომები ორი სახისაა — მდგარი წყლებისა და მდინარეებისა. ისინი განსხვავდებიან ტემპერატურული რეჟიმით, ქიმიზმით, მცენარეთა და ცხოველთა სახეობრივი შედგენილობით, კვებითი ჯაჭვების სპეციფიკით და ა. შ. გასაგებია, რომ პლანეტის სხვადასხვა ნაწილში მტკნარი წყლების ფორმაციები განსხვავებულია.

საქართველოს ძირითადი ბიომები. საქართველო ხმელეთის ბიომების დიდი მრავალფეროვნებით ხასიათდება, რაც, პირველ რიგში, ქვეყნის ფიზიკურ-გეოგრაფიული, განსაკუთრებით კი, კლიმატური პირობებით უნდა აიხსნას. აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს კლიმატურმა თავისებურებებმა ეკოსისტემების კონტრასტულობა განაპირობა. ტყე დასავლეთ საქართველოში ზღვის დონიდანვე იწყება, აღმოსავლეთ საქართველოში 600-700 მ-ის ზევითაა გავრცელებული. დასავლეთ საქართველოში 5 ბუნებრივი სარტყელია, აღმოსავლეთ საქართველოში — 6, ხოლო ვაკე ადგილებზე არიდული მცენარეულობაა გავრცელებული (ნახევრადუდაბნო, სტეპი, არიდული მეჩხერი ტყე).

გ. ნახუცრიშვილის (2000) მონაცემებით, საქართველოსათვის შემდეგი ძირითადი ბიომებია დამახასიათებელი: უდაბნოს და ნახევრადუდაბნოს (150-

600 მ ზღვ დ-დან), რომლის ფიტოცენოზები (დამლაშებული უდაბნოს ფრაგმენტები, ავშნიანები და სხვ.) შიდა ქართლში, ქვემო ქართლში, ივრის ზეგანზე, მესხეთში და ელდრის დაბლობზეა გავრცელებული;

სტეპის ბიომის (300-700 მ) ძირითადი ეკოსისტემებია ურიოიანი, ხოლო შედარებით მცირე ფართობებზე (შირაქ-ელდრის ზეგანი, გარეჯი, თბილისის მიდამოები) ვაციწვერიანი ველები;

მთის სტეპები და მდელო-სტეპები სამხრეთ საქართველოს ჩრდილო და სამხრეთ ფერდობებზეა წარმოდგენილი (1800-2500 მ);

არიდული მეჩხერი ტყის ძირითად კორომებს (საღსაღაჯის, აკაკის, ღვიის ნათელი ტყეები) ვხვდებით აღმოსავლეთ საქართველოს ნახევრად უდაბნოების და სტეპების სარტყელში — მდ. ალაზნისა და ივრის ზეგნებს შორის, ვაშლოვანის სახელმწიფო ნაკრძალში, მცხეთის სიახლოვეს და სხვ.

ჰემიქსეროფილურ ბუჩქნარს (შიბლიაკი, ფრიგანა, ძეძვი, ბროწეული და სხვ.) ვხვდებით აღმ. საქართველოს მთისწინეთის სამხრეთ ფერდობებზე;

გ. ნახუცრიშვილის (2000) მონაცემებით, ტყის ბიომებს ქვეყნის ტერიტორიის თითქმის 40% უკავიათ; აქედან წიფლის ტყეებს — 51%, სოჭის ტყეებს — 10%, მუხნარს — 3,5%, აღმოსავლეთის ნაძვის ტყეებს — 6,3%, ფიჭვნარს — 3,6%.

აღმოსავლეთ საქართველოს ქვედა სარტყელში (600-1000 მ) ქართული მუხის ეკოსისტემებია გავრცელებული; უფრო ზევით (1000-2400 მ) — წიფლნარი, ნაძვნარი, ფიჭვნარი, რომელიც ასევე ქმნის მრავალრიცხოვან ეკოსისტემებს. ალაგ-ალაგ ვხვდებით მუხნარ-ფიჭვნარს (800-1100 მ), აგრეთვე ნეკერჩხლის (1000 მ-მდე), უთხოვარის (900-1300 მ), ძელქვის, წაბლის და სხვათა დომინანტობით წარმოქმნილ ასოციაციებს.

დასავლეთ საქართველოში ერთმანეთს ცვლიან მურყნარები, ლაფნარები, მუხნარები, რცხილნარები, წაბლნარები და სხვ. ტყის ფორმაციებს შორის განსაკუთრებული ადგილი აღმ. წიფლის ტყეებს უკავია, რომელიც მეტნაკლებად მთელ საქართველოშია გავრცელებული. წიფლნარის ფიტოცენოზური სპექტრი მეტად მრავალფეროვანია. ესაა წიფლნარ-სოჭნარი, წიფლნარ-ნაძვნარ-სოჭნარი, წიფლნარ-წაბლნარ-რცხილნარი და სხვ.

მუქწიწვოვანი ტყეების ბიომი (1400-2000 მ) წარმოდგენილია ძირითადად აღმ. ნაძვით და ნორდმანის სოჭით. წიფლნარების ანალოგიურად, ეს ბიომიც მრავალრიცხოვანი ეკოსისტემით ხასიათდება. მისი აღმოსავლეთი საზღვარი არაგვის ხეობის მახლობლად გადის.

სუბალპური სარტყლის ბიომისათვის (2400-2700 მ) დამახასიათებელია რამდენიმე ფორმაცია: მეჩხერი და ტანბრეცილი ტყეების, გართხმული ბუჩქნარის, მაღალბალახეულისა და ფართოფოთლოვანი მდელოების.

ალპური სარტყლის ბიომისათვის (2400-3000 მ) დამახასიათებელია ალპური მდელოების, ალპური ხალების, ბუჩქნარების (ძირითადად დეკიანის) ეკოსისტემები, კლდისა და ნაშალის მცენარეული დაჯგუფებები;

სუბნივალური და ნივალური ბიომი (3000-3900 მ) წარმოდგენილია ერთი ან რამდენიმე სახეობისაგან შემდგარი მიკროეკოსისტემებით ან ცალკეულ სახეობათა ინდივიდების მცირერიცხოვანი პოპულაციებით.

13. გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების თავისებურებები

ადამიანი, სხვა ორგანიზმების მსგავსად, თავის საარსებო გარემოზეა დამოკიდებული. ეს ურთიერთობა რთულია და წინააღმდეგობრივი. იგი ადამიანის ევოლუციის პარალელურად მუდმივად იცვლებოდა. დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ენერგოალჭურვილობასაც, რომელიც, საზოგადოებრივი ფორმაციების შესაბამისად, იცვლებოდა: ადამიანის საკუთარ ენერგიას შინაური პირუტყვის ენერგია ცვლიდა, მას კი — ქარისა და წყლის ენერგია, შემდეგ დენთის და ორთქლის ენერგია, ელექტროენერგია, ატომის ენერგია.

ენერგიის განვითარებასთან ერთად, იზრდებოდა გარემოსთან ადამიანის ურთიერთობის ფორმები და გარემოზე ზემოქმედების ინტენსიობა. ანთროპოგენური ფაქტორი თანდათან იკრებდა ძალას. თუ საზოგადოების განვითარების ადრეულ საფეხურებზე, სხვა ბუნებრივ ფაქტორებთან შედარებით, იგი სუსტი იყო, შემდეგ თავისი მასშტაბებით და მნიშვნელობით გაუტოლდა მათ და გადააჭარბა კიდეც.

თუ რა შედეგები გამოიღო ამან, ეს წიგნის შესაბამის თავებშია განხილული. აქ უნდა აღინიშნოს პრობლემის ზოგადი მხარე: გარემოზე ზემოქმედება ხშირად ისეთ მოვლენებს იწვევს, რომელთა წინასწარ გათვალისწინება თითქმის შეუძლებელია, ხოლო ზემოქმედების შემდგომი გაღრმავება თვით ადამიანის ჯანმრთელობას და, საბოლოო ჯამში, მის არსებობას უქმნის საფრთხეს.

კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე ბიოსფეროს ლოკალური თუ გლობალური ცვლილებების არაერთი მაგალითია ცნობილი. რაც შეეხება გლობალურ ანთროპოგენურ ცვლილებებს, ის ათასწლეულების მანძილზე შედარებით ნელა, შეუმჩნევლად ვითარდება და თავის მაქსიმუმს მხოლოდ ჩვენს დროში აღწევს.

ეს ცვლილებები გარემოს ყველა პარამეტრშია ასახული. ასე, მაგალითად, ენერგეტიკული ბალანსი, რომელიც მზის ენერგიითაა უზრუნველყოფილი, პრაქტიკულად არ შეცვლილა. სამაგიეროდ შემცირდა

ორგანული წარმოშობის ქანებში (წიაღისეული საწვავი), ნიადაგის ჰუმუსში — წარსულ ეპოქათა აკუმულირებული ენერგიის მარაგი;

წყლის საერთო რაოდენობა პლანეტის მასშტაბით თითქმის იგივეა, რაც წარსულში იყო. მაგრამ ხმელეთის მტკნარი წყლები, რომელთაც პლანეტის ჰიდროსფეროს 1%-ზე ნაკლები უკავიათ, შემცირდა. შეიცვალა მათი ხარისხიც. ამის შედეგად პლანეტის ცალკეულ რეგიონებში შეიმჩნევა სასმელი წყლის დეფიციტი;

ბიოლოგიურმა პარამეტრმა ასევე განიცადა ცვლილება. ეს, პირველ რიგში, ბიომასას და პლანეტის ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას ეხება, რომელიც ხმელეთის 10%-ზე პრაქტიკულად გაჭრა, 10-15%-ზე — მნიშვნელოვნად დაქვეითდა; ასევე შეიცვალა გარემოს გეოქიმიური პარამეტრი, რაც უწინარესად ნივთიერებათა წრებრუნვის ცვლილებაში იჩენს თავს. ბიოლოგიური წრებრუნვა პლანეტის თითქმის ნახევარზეა დარღვეული: დღეს ანთროპოგენურ უდაბნოებს ხმელეთის 5% უკავიათ, ანთროპოგენურ „ბედლენდს" (უვარგისი მიწა) — 3%, ინდუსტრიულ და ქალაქის ტერიტორიებს — 2%, ბაღებსა და სახნავ-სათესებს — 13%, მეორად დაბალპროდუქტიულ ტყეებს — 15%, დეგრადირებულ საძოვრებს — 10%. დარღვეულია გეოლოგიური წრებრუნვაც, რაც უმეტესად გარემოში ტოქსიკურ ნივთიერებათა დაგროვებით აიხსნება. ასეთ ვითარებაში ხშირად ისმის კითხვა: ხომ არ აღმოჩნდა ბიოსფერო ეკოლოგიური კრიზისის წინაშე?

პლანეტის ან მისი ცალკეული რეგიონების ეკოლოგიური კრიზისის შესახებ დღეს ბევრი იწერება. სხვადასხვა ავტორს ეს ცნება სხვადასხვაგვარად ესმის; ხშირად ამა თუ იმ რესურსის ამოწურვა ეკოლოგიურ კრიზისთანაა გაიგივებული, რაც, ცხადია, არაა სწორი.

სპეციალურ ლიტერატურაში ეკოლოგიური კრიზისი დახასიათებულია როგორც გარემოსა და ადამიანის ისეთი ურთიერთობა, რომლის დროს საზოგადოების საწარმოო ძალებისა და წარმოებითი ურთიერთობის განვითარება ვერ თავსდება გარემოს რეალურ შესაძლებლობებში. ეკოლოგიური კრიზისი არ უნდა გავაიგივოთ გარემოზე ადამიანის გავლენის გაზრდასთან.

ბიოსფეროს თანამედროვე მდგომარეობა აკადემიკოსმა ვ. კოვდამ ამგვარად შეაფასა: გლობალური ეკოლოგიური კრიზისი ჯერჯერობით არ შეიმჩნევა. ამავე დროს არის საფუძველი ვილაპარაკოთ გარემოს

ანომალურ მდგომარეობაზე, რომელიც შეიძლება გადაიზარდოს კრიზისულში, თუ არ იქნა მიღებული სათანადო ზომები.

გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბები სხვადასხვაგვარია. კონკრეტული ობიექტისა და შედეგების მიხედვით, ეს ზემოქმედება პირობითად სამგვარი შეიძლება იყოს:

I — ლოკალური, როდესაც საქმე გვაქვს სახეობრივ პოპულაციებთან, ან თანასაზოგადოებებთან;

II — რეგიონალური, როდესაც ზემოქმედების ობიექტი მთელი რეგიონია;

III — გლობალური, როდესაც ზემოქმედებას პლანეტარული მნიშვნელობა აქვს.

მკითხველი იოლად დარწმუნდება, რომ უმრავლეს შემთხვევაში საქმე გვაქვს პირველი ტიპის ზემოქმედებასთან. მაგალითად, ინტენსიური ნადირობის შედეგად პოპულაციის რიცხოვნობა მკვეთრად მცირდება, რაც იწვევს შესატყვის ცვლილებებს კვებით ჯაჭვში, საბოლოოდ კი მთელს თანასაზოგადოებაში.

საბოლოო შედეგი ზემოქმედების ხარისხზეა დამოკიდებული. შედარებით სუსტი ზემოქმედებისას პოპულაციის ოპტიმალური რიცხოვნობა რამდენიმე თაობის მანძილზე შესაძლოა აღდგეს. მაგრამ თუ ზემოქმედება ძლიერია, ირღვევა პოპულაციის დემოგრაფიული სტრუქტურა, რის შედეგადაც მისი რიცხოვნობის აღდგენა პრაქტიკულად შეუძლებელია და გარკვეული დროის შემდეგ სახეობამ შესაძლოა შეწყვიტოს არსებობა.

კიდევ უფრო რთული სიტუაცია იქმნება ტყეების მასობრივი მოსპობისას, თუმცა ამ შემთხვევაშიც ბევრია დამოკიდებული ზემოქმედების ხარისხზე. ძლიერი ხანძრის შედეგად ისპობა მთელი თანასაზოგადოება და მასთან ერთად მცენარეთა და ცხოველთა ასობით პოპულაცია. ასეთ შემთხვევაში პირველადი თანასაზოგადოების აღდგენა პრაქტიკულად არ ხდება, ხოლო გავერანებულ ადგილზე სხვა, გაცილებით უფრო გაღარიბებული თანასაზოგადოება იკიდებს ფეხს.

ჩვენ ყოველთვის არ შეგვიძლია კორელაციის დადგენა გარემოზე ზემოქმედებასა და საბოლოო შედეგებს შორის. ანთროპოგენური ზემოქმედება მრავალმხრივი პროცესია, მისი შედეგები ასევე განსხვავებული შეიძლება იყოს. ერთი კია: გარემოს ლოკალური ცვლილებები უფრო მასშტაბურ მოვლენებს უდევს საფუძვლად, საბოლოო ჯამში კი

ანთროპოგენური ცვლილება გლობალურ ხასიათს იძენს. ეს, თავის მხრივ, მიზეზია ისეთი უარყოფითი მოვლენებისა, როგორიცაა ტემპერატურის გლობალური მომატება, ცვლილებები ოზონურ შრეში, მჟავე წვიმები, ბოლნისლი და ა. შ.

ანთროპოგენური ფაქტორის მძლავრი განვითარება შედარებით ახლო წარსულში დაიწყო, როდესაც ერთმანეთს ორი მოვლენა დაემთხვა:

— ტექნიკური პროგრესი და

— მოსახლეობის რიცხოვნობის მკვეთრი ზრდა.

ამ მოვლენების არსი და გლობალური შედეგები წიგნის მომდევნო განყოფილებებშია ასახული. მათი განვითარების გარკვეულ ეტაპზე ანთროპოგენური ფაქტორის მოქმედება ექსპონენციალურ ხასიათს იძენს, რასაც გარემოს ადეკვატური ცვლილება მოსდევს.

14. ტექნოგენეზი

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპს წინ უსწრებდა წარმოების საშუალებათა, ტექნიკის და ტექნოლოგიების განვითარების ხანგრძლივი ისტორია, რომელიც ტ ე ქ ნ ო გ ე ნ ე ზ ი ს სახელწოდებას ატარებს.

ცივილიზაციის ისტორიის თვალსაზრისით, ტექნოგენეზი საზოგადოების განვითარების თანმხლები პროცესია, რომელიც მისი კეთილდღეობის ამაღლებას უწყობს ხელს. ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ტექნოგენეზი არის ტექნიკის განვითარების თანმიმდევრული ეტაპები, რომლის შედეგად წარმოქმნილი ძალები და პროცესები ხელს უშლიან ბიოსფეროს ნორმალურ ფუნქციონირებას.

აგრარული ცივილიზაციის პერიოდი. ჩვენი შორეული წინაპრები ქვედა პალეოლითიდან წარმოადგენდნენ ბიოცენოზების შემადგენელ ნაწილს და, ცხოველთა სხვა სახეობების მსგავსად, მონაწილეობდნენ ნივთიერებათა ბუნებრივ წრებრუნვაში. მაგრამ როგორც კი პალეოლითის მონადირეებმა აითვისეს ცეცხლი, მათი როლი ბიოცენოზებში საგრძნობლად შეიცვალა.

ცეცხლი კაცობრიობის პირველი ტექნიკური მონაპოვარია, რომელმაც მნიშვნელოვანი უპირატესობა მიანიჭა ჩვენს წინაპრებს სხვა ცხოველებთან შედარებით. შეიცვალა მათი ნადირობის ფორმები და, შე-

საბამისად, კვების რაციონი; სტიმული მიეცა შრომის იარაღების სრულყოფას, რამაც, საბოლოო ჯამში, დააჩქარა ადამიანის ევოლუციის პროცესი.

მაგრამ, ამავე დროს, ცეცხლი იყო უზარმაზარ ტერიტორიებზე ხანძრების გაჩენისა და პირველადი ტყეების მასობრივი მოსპობის მიზეზიც. თავდაპირველად ამ პროცესს შემთხვევითი ხასიათი ჰქონდა, მაგრამ შემდეგ ხანძრების გაჩენა შეგნებულად ხდებოდა – საძოვრების შექმნის მიზნით.

მასობრივმა ხანძრებმა პრაქტიკულად ყველა კონტინენტი მოიცვა; მეტადრე დაზარალდა აფრიკა, ცენტრალური ევროპა, აზია და ტროპიკული ამერიკა; მრავალ ადგილას გაჩანაგებული ტყეების ადგილზე სავანები გაჩნდა.

ნეოლითის დასაწყისში, სოფლის მეურნეობის განვითარებასთან ერთად, ბიოსფეროზე ადამიანის ზემოქმედება მნიშვნელოვნად იზრდება. ბუნებრივი თანასაზოგადოებები ხელოვნურით იცვლება. სოფლის მეურნეობის განვითარება და ადამიანის საკვებად გამოსაყენებელი კულტურების მოყვანა პირვანდელი მცენარეული საფარის ხარჯზე ხდებოდა. ტყეების მასობრივი მოსპობა, მიწების არარაციონალური გამოყენება – ათასეული წლების მანძილზე ჩამოყალიბებული თანასაზოგადოებების განადგურებას უწყობდა ხელს. მოგვიანებით ამას ემატებოდა შუა საუკუნეების ადამიანისათვის დამახასიათებელი შიში ტყეების მიმართ; დასტურად თუნდაც ჩინეთი კმარა, სადაც ტყეებს წინათ ამ ტერიტორიის თითქმის 90% ეკავათ.

პირვანდელი ბიოცენოზების მოსპობამ მსოფლიოს მრავალ რეგიონში მიწების დეგრადირება გამოიწვია. ამის მაგალითია დღევანდელი სამხრეთი პალესტინა, სირიისა და მესოპოტამიის ჩრდილოეთი რაიონები აღმოსავლეთ ირანამდე. მიწათმოქმედება აქ დაახლოებით 10000 წლის წინათ ჩაისახა, რასაც სასოფლო-სამეურნეო ცივილიზაციის გაფურჩქვნა მოჰყვა. მაგრამ ბიოცენოზების გადამეტებულმა ექსპლუატაციამ ამ ტერიტორიების გაუდაბნოებას შეუწყო ხელი.

მექანოენერგეტიკის პერიოდი. ზევით აღნიშნული მოვლენების გლობალური ხასიათის მიუხედავად, ტექნოგენეზის დონე და მასშტაბები ჩვენი წელთაღრიცხვის შუა პერიოდამდე არ იყო მაღალი. სხვადასხვა საზოგადოებრივმა ფორმაციამ შეინარჩუნა ერთი ეკონომიკური საფუძველი, რომელმაც ნეოლითში მოიკიდა ფეხი. რო-

გორიც არ უნდა ყოფილიყო ამ ფორმაციების სოციალურ-ეკონომიკური ბაზა, ისინი აგრარული ცივილიზაციის ნაირსახეობებს წარმოადგენდნენ. ქალაქების ზრდისა და ინდუსტრიალიზაციის განვითარების მიუხედავად, მოსახლეობის უმეტესი ნაწილი მაინც სოფლის მეურნეობის ხარჯზე ცხოვრობდა და გარემოსაც შესაბამისად ითვისებდა.

აგრარულ ცივილიზაციას საგრძნობლად არ შეუცვლია ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერგიის ნაკადი ბიოსფეროში. ბიოცენოზებში ადამიანი ერთ-ერთი მომხმარებელი იყო; სხვა ცხოველებთან ერთად იგი არსებობდა პირველადი მწარმოებლებისა (პროდუცენტების) და ზოგიერთი კონსუმენტის (საქონელი, ნადირ-ფრინველი) ხარჯზე და, ამავე დროს, სარგებლობდა მათ მიერ გამომუშავებული მასალით (ხეტყე, მცენარეული ბოჭკო, ბეწვი და ა. შ.).

ადამიანის მიერ გამოყენებული ენერგია არ იყო დიდი. ნეოლითში იგი შეადგენდა დაახლოებით 10 000 კკალ-ს დღე-ღამეში, ხოლო შუა საუკუნეების ბოლოს დაახლოებით 20 000 კკალ-ს სულზე, რაც რამდენჯერმე ნაკლებია თანამედროვე მაჩვენებლებზე.

VIII-IX საუკუნეებში ადამიანი სწავლობს წყლისა და ქარის ენერგიის ათვისების გზებს. მისი ტექნიკური შესაძლებლობა იზრდება, რაც ხელს უწყობს გარემოზე ზემოქმედების გააქტიურებას.

აღორძინების ეპოქაში (XV-XVII სს), მოსახლეობისა და ქალაქების ზრდამ, ვაჭრობის განვითარებამ, მშენებლობამ, გემთმშენებლობამ, სამხედრო საქმემ და გეოგრაფიულმა აღმოჩენებმა ხელი შეუწყო ახალი მიწების ათვისებასა და სოფლის მეურნეობის შემდგომ განვითარებას; სტიმული მიეცა მადნეულის მოპოვებას და მეტალურგიას, რამაც განაპირობა მექანიკური მანქანა-იარაღების შექმნა.

თბოენერგეტიკის პერიოდი. სამრეწველო რევოლუციამდე ბევრად ადრე, როდესაც ხე-ტყის, როგორც საწვავის, დეფიციტი აშკარა გახდა, ხოლო მიწათმოქმედების ეფექტურობა შემდგომ ამაღლებას საჭიროებდა, ენერგიის მექანიკური გარდამქმნელები ველარ აკმაყოფილებდა ადამიანს; მას დაჭირდა კონცენტრირებული ენერგიის წყარო, მისი ხარისხის, სიმძლავრისა და საიმედოობის ზრდა. გაჩნდა თბური ენერგიის პირველი გარდამქმნელები.

XVIII საუკუნის დასაწყისიდან მეცნიერებაში მნიშვნელოვანი ძვრები აღინიშნება. საფუძველი დაედო ტექნიკურ პროგრესს, რომელსაც ინდუსტრიალიზაციის განვითარება მოჰყვა. ახალი მანქანა-იარაღების

გამოგონება, ისევე როგორც ტექნიკის გამოყენება საზოგადოებრივი ცხოვრების სხვადასხვა სფეროში, სწრაფად ცვლის ევროპის წამყვანი სახელმწიფოების ეკონომიკურ სტრუქტურას.

მრეწველობის პარალელურად სოფლის მეურნეობაც ვითარდება, რაც ხელს უწყობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სრულყოფას, საძოვრების პროდუქტიულობის ამაღლებას, შინაური ცხოველების ჯიშების ზრდას.

XIX ს-ის მეორე ნახევრიდან, მეტადრე ინდუსტრიალიზაციის მძლავრ განვითარებასთან ერთად, ადამიანის ზემოქმედება ბუნებრივ პროცესებზე კიდევ უფრო მასშტაბური ხდება. ანთროპოგენური ფაქტორი თანდათან ძლიერდება. თავდაპირველად გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება პლანეტის მხოლოდ ცალკეულ რეგიონებში შეიმჩნეოდა, მაგრამ შემდეგ ამ პროცესმა გლობალური ხასიათი მიიღო.

XX საუკუნე. გასული საუკუნე ტექნოგენეზის მძლავრი აღმავლობით აღინიშნება. ამ მხრივ განსაკუთრებით II მსოფლიო ომის შემდგომი პერიოდი გამოირჩევა, რაც რამდენიმე მიზეზთანაა დაკავშირებული. ესენია: წარმოების ზრდა (1960–80 წლებში საზოგადოებრივი პროდუქცია მსოფლიო მასშტაბით საშუალოდ 2,5-ჯერ გაიზარდა), მოსახლეობის რიცხვნობის მატება, ურბანიზაციის პროცესი და ა. შ. თუ წინათ ანთროპოგენური ზემოქმედება უპირატესად ლითოსფეროთი შემოიფარგლებოდა, XX საუკუნეში მან მოიცვა ზედაპირული წყლები, საჰაერო სივრცე, მსოფლიო ოკეანე.

80-იანი წლების მონაცემებით, დედამიწის წიაღიდან ყოველწლიურად 100 მლრდ-მდე ტ მადანი მოიპოვება, იწვება 7 მლრდ ტ სათბობი, სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებზე 500 მლნ ტ მინერალური სასუქი და 4 მლნ ტ შხამქიმიკატი იფანტება. ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მონაცემებით, ბოლო დრომდე სხვადასხვა მიზნით 500 000-მდე ქიმიური ნაერთი გამოიყენებოდა, აქედან 40 000-მდე მავნეა, 12 000-მდე ტოქსიკური. დედამიწაზე ყოველწლიურად $1 \cdot 10^{10}$ ტ ჟანგბადი იხარჯება, რაც მრავალჯერ აღემატება XIX საუკუნის მაჩვენებლებს.

ბიოსფეროზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ერთ-ერთი პარამეტრი ენერგეტიკული ბალანსის ცვლილებაა. ჩვენს საუკუნეში ყოველ მოსახლეზე იხარჯება საშუალოდ 100 ათასამდე კკალ დღეში, რაც რამდენჯერმე აღემატება ჩვენი შორეული წინაპრების მაჩვენებლებს.

ენერგიის ხარჯვა XX საუკუნეში მნიშვნელოვნად უსწრებს მოსახლეობის ზრდას. 1900-1970 წლებში მოსახლეობის რაოდენობა დაახლოებით 2-ჯერ გაიზარდა, ენერგიის ხარჯვა კი 12-ჯერ. ენერგიის გამოყენება უკანასკნელი საუკუნის მანძილზე ექსპონენციალურად იზრდება: 1850 წლიდან — დაახლოებით 2,5%-ით წელიწადში, 1950 წლიდან — 5%-ით, ამჟამად კი დაახლოებით 9%-ით წელიწადში.

ენერგიის გამოყენება პლანეტის სხვადასხვა რეგიონში არათანაბარია. მაგალითად, აშშ-ის მოსახლეობა დედამიწის მოსახლეობის 7-8%-ს შეადგენს. ამავე დროს, 1970 წლის მონაცემებით, ეს ქვეყანა იყენებს მსოფლიოში გამომუშავებული ენერგიის მესამედს. ყოველ მოსახლეზე აქ დღეში 230 000 კკალ იხარჯება.

ინდუსტრიული საზოგადოების მიერ ენერგიის ხარჯვის ასეთი ზრდა სერიოზული ამოცანის წინაშე გვაყენებს და გვაიძულებს ვიფიქროთ მეორე პრობლემაზე, რომელიც ენერგიის ალტერნატიული გზების გამოძებნაში მდგომარეობს.

თანამედროვე პირობებში ინდუსტრიალიზაციის მძლავრი განვითარების ერთ-ერთი სავალალო შედეგი — ბუნებრივი ეკოსისტემების საერთო წილის შემცირებაა. რამადის (1981) მონაცემებით, კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე ზომიერი სარტყლის ტყეების ფართი დაახლოებით 70%-ით შემცირდა და ყოველწლიურად რამდენიმე მლნ ჰა-თი მცირდება. ამ პერიოდში უდაბნოდ იქცა 9 225 000 კმ^2, ამჟამად გაუდაბნოების პროცესი 20 ჰა/წთ-ს შეადგენს. უკანასკნელი 140 წლის მანძილზე დედამიწის საერთო ბიომასა დაახლოებით 21%-ით შემცირდა; ხმელეთის პროდუქტიულობამ 20%-ით იკლო, ოკეანისამ — 30%-ით.

ამგვარად, რაც უფრო იზრდება სახალხო მეურნეობის დონე, მით უფრო რეალური ხდება ეკოლოგიური კრიზისის საფრთხე. ამიტომ გასაგებია რამადის (1981) განცხადების არსიც: არც ერთ ორგანიზმს არ შეუძლია გარემოს ათვისება ნივთიერებათა წრებრუნვის კანონების გაუთვალისწინებლად. ნებისმიერი არსება, რომელიც შეეცდება მიიღოს მეტი, ვიდრე წარმოქმნის მისი გარემომცველი ეკოსისტემა, ანუ იკვებება არა მხოლოდ პროცენტით, არამედ ძირითადი კაპიტალითაც, განწირულია გადაშენებისათვის.

15. ტექნოსფერო

ტექნოგენეზის შედეგი ტექნოსფეროს გაჩენაა. ტ ე ქ ნ ო ს ფ ე რ ო შეიძლება დავახასიათოთ, როგორც ბიოსფეროს ნაწილი, სახეშეცვლილი ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით. ტექნოგენეზის ზოგიერთი შედეგი და ტექნოსფეროს მასშტაბები პირველ ცხრილშია ასახული.

ცხრილი 1. ტექნოგენეზის ზოგიერთი მაჩვენებელი XX საუკუნეში; აკიმოვას და სხვ. (2000) მიხედვით

მაჩვენებელი	საუკუნის დასაწყისი	საუკუნის ბოლო
მოსახლეობის რაოდენობა, მლრდ	1,6	6,0
სასმელი წყლის გამოყენება, კმ^3 წელიწადში	360	5000
პირველადი პროდუქციის გამოყენება, %	1	40
ტყით დაფარული ტერიტორია, მლნ კმ^2	57,5	50,0
გაუდაბნოება, მლნ კმ^2	–	1,7
სახეობათა რიცხვის შემცირება, %	–	20
ტექნოსფეროთი დაკავებული ხმელეთის ფართი, %	20	60

XX საუკუნეში ტექნოსფერო საგრძნობლად გასცდა ბიოსფეროს საზღვრებს. იგი შეიჭრა ახლო და შორეულ კოსმოსში, ლითოსფეროს სიღრმეში, ოკეანის ფსკერის ქვეშ. შედეგად წარმოიქმნა თავისებური მატერიალურ-ენერგეტიკული შრე, რომელიც მოიცავს პლანეტის (მეტადრე მისი სახმელეთო ზედაპირის) მნიშვნელოვან ნაწილს.

სხვადასხვა შეფასებით, ტექნოსფეროს საერთო მასა 10–20 ათას გიგა-ტონას (გიგა = 10^6) შეადგენს (ეს მეტია, ვიდრე მთელი ბიოსფეროს ცოცხალი ნივთიერების მასა). ესაა: წიაღისეული საბადოების მოპოვებისას დარჩენილი დაშლილი მასივები, გადაადგილებული გრუნტი, საწარმოო ობიექტები, სამრეწველო ნარჩენები, მიტოვებული ნაგებობები, ნანგრევები და სხვ., ანუ კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე მის სამეურნეო საქმიანობასთან დაკავშირებული ტექნოგენური ობიექტები.

„მოქმედი“ ტექნოსფერო, ანუ ათვისების პროცესში მყოფი საწარმოო ობიექტები, სხვადასხვა ტიპის ნაგებობები, სამრეწველო იარაღი და სხვ. ტექნოსფეროს საერთო მასის შედარებით მცირე ნაწილს — 150-200 გიგა-ტონას შეადგენს.

ტექნოსფეროს „აქტიური“ ნაწილის, ანუ მანქანა-იარაღების, მექანიზაციის, აგრეგატების, მოქმედი კომუნიკაციების და სხვ. ერთობლიობა არ აღემატება 10-15 გიგა-ტონას.

ტექნოსფეროს შემადგენელ ელემენტებს შორის გარემოს გაბინძურების თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა საწარმოო ნარჩენებს აქვთ, რომელთაც ხშირად უზარმაზარი ტერიტორიები უკავიათ. ეკოსისტემების დესტაბილიზაციას ისინი ხშირად 10-12-ჯერ ვრცელ ტერიტორიაზე იწვევენ, რაც გარემოს ცოცხალ და არაცოცხალ ელემენტებში აისახება.

აღსანიშნავია, რომ სახალხო მეურნეობის ყველა სახის პროდუქციას მოპოვებული ნედლეულის მხოლოდ მცირე ნაწილი ხმარდება, დანარჩენი გარემოში იფანტება. აკიმოვას და სხვ. (2000) მონაცემებით, წლის მანძილზე მსოფლიო ეკონომიკის მიერ გამოყენებული 125 გიგა-ტონა ნამარხი მასალიდან და ბიომასიდან მხოლოდ 9,4 გიგა-ტონა (7,5%) ხმარდება მატერიალურ პროდუქციას. აქედან 80%-ზე მეტი კვლავ წარმოებას უბრუნდება და მხოლოდ 1,6 გიგა-ტონა საზოგადოების პირადი სარგებლობისათვის მოიხმარება.

16. დემოგრაფიული აფეთქება

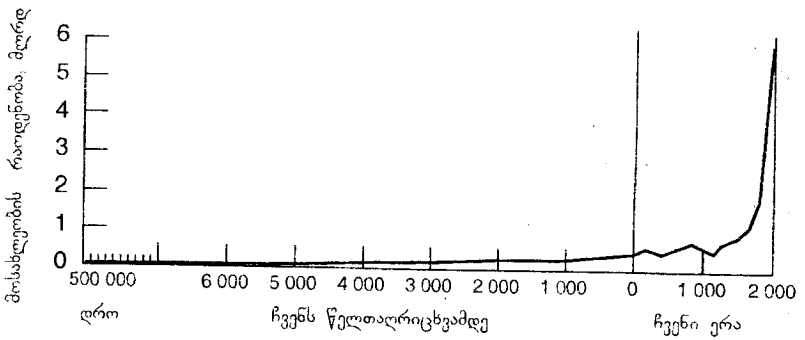
როგორც ზევით აღინიშნა, ნებისმიერ ორგანიზმს აქვს რიცხოვნობის განუსაზღვრელი ზრდის უნარი, თუ იგი არაა შეზღუდული გარემო ფაქტორების უარყოფითი ზემოქმედებით. ასეთ ზრდას ექსპონენციალური ეწოდება.

არც ერთი სახეობის მცენარის და ცხოველის რიცხოვნობა არ იზრდება ექსპონენციალური კანონით. თუკი ასეთი ზრდა მაინც ხორციელდება, ეს მხოლოდ დროის გარკვეულ მონაკვეთში, ან განსაკუთრებულ პირობებში. ადამიანი, როგორც ბიოლოგიური სახეობა, განსხვავდება დანარჩენებისაგან. მოსახლეობის ცვლილება დროში, მეტადრე ბოლო საუკუნის მანძილზე, ახლოა ექსპონენციალურ ზრდასთან. მართალია, იგი არ შეესატყვისება ადამიანის ბიოტურ პოტენციალს, რაც დაკავშირებულია სოციალურ-ეკონომიკურ და

ზოგიერთ სხვა ფაქტორთან, მაგრამ ადამიანი მაინც ერთადერთი სახეობაა, რომლის რიცხოვნობა განუხრელად იზრდება (სურ. 27).

დოკუმენტური მასალის სიმწირის მიუხედავად, ჩვენთვის ცნობილია ზოგიერთი მონაცემი კაცობრიობის დემოგრაფიული ისტორიიდან. გვარ Homo-ს პირველი წარმომადგენლები დაახლოებით 1700 000 წლის წინათ გაჩნდნენ. მილიონი წლის წინათ მცხოვრები ავსტრალოპითეკების, შემდეგ კი პირველი პალეანთროპების რიცხოვნობა 130 000-ს არ აღემატებოდა. 100 000 წლის წინათ დედამიწის მოსახლეობა მილიონს უახლოვდებოდა, 10 000 წლის წინათ — 5 მილიონს, ხოლო ორი ათასი წლის წინათ — 150 მილიონს აღემატებოდა.

ჩვენს ერაში მოსახლეობის რიცხოვნობა მკვეთრად იზრდება; 1650 წელს იგი აღემატებოდა 500 მლნ-ს, 1800 წელს — 906 მლნ-ს, 1850 წელს უახლოვდებოდა 1 მლრდ-ს. „პასტერის ერაში“, როდესაც სიკვდილიანობა მკვეთრად შემცირდა, მოსახლეობამ კიდევ უფრო სწრაფად იწყო ზრდა: 1930 წელს იგი 2 მლრდ-ზე მეტი იყო, 1962 წელს — დაახლოებით 3 მლრდ, 1975 წელს — 4 მლრდ, ხოლო გასული საუკუნის დასასრულისათვის დედამიწის მოსახლეობა 6 მლრდ-ს უახლოვდებოდა.



სურ. 27. მოსახლეობის ზრდა დედამიწაზე, ბრაუნის (1970) მიხედვით

9 000 წლის წინათ მოსახლეობის გაორმაგებისათვის 2 500 წელი იყო საჭირო, ჩვენი ერის დასაწყისისათვის — 1000 წელი, ხოლო გასული საუკუნის II ნახევარში — მხოლოდ 40 წელი. მოსახლეობის ზრდის ტემპი ხანგრძლივი დროის მანძილზე შეადგენდა დაახლოებით 0,002%-ს წელიწადში, ჩვენი წელთაღრიცხვის შემდეგ, 18 საუკუნის

მანძილზე — 0,1%-ს, ხოლო 70-იან წლებში ამ მაჩვენებელმა 1,9-2,0%-ს მიაღწია. ამგვარად, გამოთქმა „დემოგრაფიული აფეთქება", როგორც ჩანს, სავსებით შეესაბამება რეალობას.

აქ მოტანილი მონაცემები საშუალებას გვაძლევს გავაანალიზოთ ზოგიერთი მოსაზრება პლანეტის მოსახლეობის შესახებ და დემოგრაფიული პერსპექტივები XXI საუკუნისათვის. ექსპერტთა შეხედულებები ორ ჯგუფად შეიძლება გაიყოს: ერთნი თვლიან, რომ დედამიწის მოსახლეობა კვლავაც გაიზრდება ექსპონენციალური კანონით; სხვებს მიაჩნიათ, რომ მოსახლეობის ზრდა საბოლოოდ ლოგისტურ კანონს დაემორჩილება. მართალია, ჩვენ ამჟამად S-მაგვარი მრუდის აღმავალ შტოზე ვიმყოფებით, მაგრამ ვუახლოვდებით გარდატეხის ფაზას, რომლის შემდეგ მოსახლეობის რიცხოვნობა სტაბილიზირდება.

„პირველი" შეხედულების ერთ-ერთი გამოხატულებაა დ. მიდოუზის კონცეფცია. თავის ნაშრომში „ზრდის საზღვრები" (1971) მიდოუზმა ჩამოაყალიბა 3 პარამეტრი, რომლებიც, მისი აზრით, განსაზღვრავენ ჩვენს დემოგრაფიულ პერსპექტივებს. ესენია: მოსახლეობის რიცხოვნობა, ინდუსტრიალიზაცია და ჯანდაცვის საერთო დონე.

მიდოუზი თვლის, რომ სამივე პარამეტრი ექსპონენციალურად იზრდება, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ გარდატეხის ფაზა და მასთან დაკავშირებული მოსახლეობის სტაბილიზაცია არარეალურია. უფრო დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის ბოლო თავშია განხილული.

ცნობილი სახელმწიფო მოღვაწე რ. მაკნამარა 1984 წელს პლანეტის მოსახლეობის პრობლემებისადმი მიძღვნილ კონფერენციაზე აღნიშნავდა: მოსახლეობის ზრდა ბოლოს და ბოლოს შეჩერდება და თანამედროვე მაჩვენებელზე დაბლა დავა. ეს განხორციელდება ძველი მალთუსიანური ფაქტორების გავლენით, ან, რაც უფრო რეალურია, იძულებითი საშუალებების გამოყენებით მთავრობის მხრიდან.

ჯ. საიმონი (1984) ეყრდნობა ისტორიულ პრეცედენტებს და ამტკიცებს, რომ ბუნებრივი რესურსების დეფიციტის პირობებში, ადამიანი, ახალ ტექნოლოგიებზე და მეცნიერების მიღწევებზე დაყრდნობით, შეძლებს დამატებითი რესურსების შექმნას, რათა დააკმაყოფილოს პლანეტის მზარდი მოსახლეობის მოთხოვნები.

ი. ტომპსონის თანახმად, პლანეტის მოსახლეობის ზრდა 3 ძირითად ფაზად იყოფა: პირველ, ე. წ. მალთუსიანურ ფაზაში, ზრდა შედარებით

სუსტია, რადგან ინტენსიურ შობადობასთან ერთად, სიკვდილიანობის კოეფიციენტიც მაღალია.

მეორე ფაზა შეესაბამება დემოგრაფიულ აფეთქებას; შობადობა რამდენადმე ჩამორჩება წინა ფაზის მაჩვენებელს, სამაგიეროდ სიკვდილიანობის ინდექსი, ჯანდაცვისა და სოფლის მეურნეობის საერთო დონის ზრდის გამო, ამ ფაზაში საგრძნობლად დაბალია.

მესამე, სტაბილიზირების ფაზა, გამოირჩევა დემოგრაფიული აღმავლობის შესუსტებით, შემდეგ კი შეწყვეტით, რაც განპირობებული იქნება შობადობის შეკნებული შეზღუდვით. ტომპსონის აზრით, ახალშობილთა საშუალო რაოდენობა ამ ფაზაში უნდა მერყეობდეს 2,11-დან 2,34-მდე ოჯახზე.

როგორც აღინიშნა, ევროპის ზოგიერთი სახელმწიფო დღეს ახლოა ამ მაჩვენებელთან, ხოლო ავსტრიაში, შვედეთსა და გერმანიაში მოსახლეობის ნამატი არ აღემატება 0,4%-ს წელიწადში.

როგორც ვხედავთ, არც ერთი პროგნოზი არ გამორიცხავს პლანეტის მოსახლეობის ზრდას უახლოეს ათეულ წლებში. ყველაზე ზომიერი მონაცემების მიხედვითაც კი, მოსახლეობის მაქსიმუმი დაახლოებით ორჯერ გადააჭარბებს თანამედროვე მაჩვენებელს. ეს, თავის მხრივ, გამოიწვევს საზოგადოების მატერიალური კეთილდღეობისათვის აუცილებელი დანახარჯების გაორმაგებას. ამის შედეგად ანთროპოგენური ზემოქმედება ბიოსფეროზე, ცხადია, კიდევ უფრო მეტად გამძაფრდება.

60-იანი წლებიდან მოსახლეობის რაოდენობის რეგულირების საკითხი ყოველმხრივი ანალიზისა და ფართო დისკუსიის საგანს შეადგენს. დემოგრაფები იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ მოსახლეობის ზრდის შენელება რეალურია, თუმცა სხვადასხვა ქვეყანაში, ადათ-ჩვევების, რელიგიისა და საზოგადოებრივი წყობის შესაბამისად, ეს პროცესი სხვადასხვაგვარად განხორციელდება. გასათვალისწინებელია, რომ შობადობის რეგულაციის ნებისმიერი ღონისძიება მხოლოდ გარკვეული დროის შემდეგ გამოიღებს სასურველ შედეგს. უკვე დაბადებულ ბავშვებს, რომელთა რაოდენობა ხშირ შემთხვევაში ბევრად მეტია, ვიდრე ოჯახის აღწარმოებისათვისაა აუცილებელი, ცხადია, იგი არ შეეხება.

გარემოს ცვლილებას ორი მიზეზი განსაზღვრავს — ბუნებრივი, რომელიც დაკავშირებულია ბუნებრივ (სტიქიურ) მოვლენებთან და ანთროპოგენური. ბუნებრივს მიეკუთვნება ვულკანების მიერ ამოტყორცნილი ნაცარი და გაზები, ტყის ხანძრების პროდუქტები, ეროდირებული ნიადაგისა და უდაბნოს მტვერი, კოსმიური მტვერი, მცენარეული მტვრის მარცვალი და სხვ. ჩვეულებრივ, ბუნებრივი წყაროები არ იწვევენ ჰაერის რამდენადმე მნიშვნელოვან უარყოფით ცვლილებებს, თუმცა განსაკუთრებულ შემთხვევებში ისიც შეიძლება აღმოჩნდეს ატმოსფეროს ძლიერი გაბინძურების მიზეზი. ასე, ვულკანმა კრაკატაუმ კუნძულ იავაზე 1883 წელს მტვრისა და ნაცრის ისეთი რაოდენობა ამოტყორცნა, რომ რეგიონის მნიშვნელოვან ნაწილზე მზის რადიაცია 2-3 წლის მანძილზე რამდენადმე დაქვეითებული იყო, რამაც თბური ბალანსის საგრძნობი ცვლილება გამოიწვია.

100 წლით ადრე ევროპის დიდი ნაწილი დაფარა ისლანდიის ერთერთი ვულკანიდან ამოფრქვეულმა ფერფლმა. განადგურდა საძოვრები, ამას კი საქონლის მასობრივი გაწყვეტა მოჰყვა შედეგად.

ვულკანებიდან აირების გამოყოფა მშვიდ პერიოდშიც ხდება. სუპატაშვილის და სხვ. (2001) მონაცემებით, იაპონიის ვულკანის ასამას მიერ გოგირდის დიოქსიდის (SO_2) დღეღამური გამონაბოლქვი აქტივობის პერიოდში 780 ტ-ს შეადგენს, მშვიდ პერიოდში — 5-ჯერ ნაკლებს. საერთოდ კი ვულკანური წარმოშობის SO_2 მისი ბუნებრივი ემისიის დაახლოებით 15%-ს შეადგენს.

გარემოს გაბინძურებას მტვრის ქარიშხლებიც იწვევენ. სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებიდან, დამშრალი წყალსატევებიდან, ღია კარიერებიდან ჰაერის ნაკადს ზოგჯერ ათასობით კილომეტრზე გადააქვს ნიადაგი, ქვიშა და სხვა ტერიგენული მასალა. 1934 წელს აშშ „დიდი ველიდან“ ქარიშხალმა აიტაცა და 30 მლნ-მდე ნოყიერი ნიადაგი გაავრცელა მრავალ ასეულ კილომეტრზე.

1960-61 წლებში მტვრიანმა ქარიშხალმა საქართველოსაც გადაუარა. შედეგად, მხოლოდ 1960 წელს ჩვენს ტერიტორიაზე დაახლოებით $2 \cdot 10^5$ ტ წვრილი ქვიშა დაილექა; ამას „ჭალახიანი წვიმაც“ მოჰყვა (სუპატაშვილი და სხვ., 2001). არაფერს ვამბობთ წყალდიდობებზე, ღვარცოფებზე, მეწყერებზე, რომლებიც პერიოდულად მთელს

საქართველოში იჩენს თავს (მირცხულავა, 1987; მირცხულავა და სხვ., 1992; ნათიშვილი და სხვ., 2002).

მიუხედავად ამისა, გარემოს გაბინძურების ძირითადი მიზეზი ბოლო 100-150 წლის მანძილზე მაინც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაა.

17. ანთროპოგენური გაბინძურების არსი

გარემოს ანთროპოგენური გაბინძურება შეიძლება განიმარტოს როგორც მისი უარყოფითი ცვლილება ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად. გარემოს ცვლილება ადამიანის წარმოშობასთან ერთად დაიწყო და მისი ევოლუციის პარალელურად ძლიერდება. პლანეტის მოსახლეობასთან ერთად, იზრდება მრეწველობის და სოფლის მეურნეობის მასშტაბები. ეს განაპირობებს ბუნებრივი რესურსების სულ უფრო ინტენსიურ ხარჯვას, რაც, არასრულყოფილი ტექნოლოგიების პირობებში, იწვევს ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროს უარყოფით ცვლილებას. ზიანდება ბიოსფეროს ცოცხალი ელემენტები — მცენარეები, ცხოველები, მიკროორგანიზმები; სუსტდება ბიოცენოზების თვითრეგულირების უნარი, რაც საბოლოოდ მათ დეგრადირებას უწყობს ხელს.

ბიოსფეროს უარყოფითი ცვლილების ეს ზოგადი პროცესი კატასტროფულად ვითარდება. მისი შეჩერების (ან თუნდაც შენელების) პერსპექტივები კი ჯერჯერობით არ ჩანს.

გარემოს გაბინძურების წყაროებია: სამრეწველო და თბოენერგეტიკული კომპლექსები, საყოფაცხოვრებო, სამშენებლო, სასოფლო-სამეურნეო ობიექტები, ტრანსპორტი, ადამიანის მიერ ეკოსისტემებში შეტანილი ქიმიური ნივთიერებები (მაგალითად, სარეველებთან ბრძოლის ან მცენარეთა დაცვის მიზნით) და სხვა მრავალი.

ყველა შემთხვევაში გაბინძურების ობიექტია ბიოსფეროს სტრუქტურული ერთეული — ეკოსისტემა. ტოქსიკურ ნივთიერებათა ჭარბი რაოდენობა ეკოლოგიურ ფაქტორთა რეჟიმის ცვლილებას იწვევს, ამის გამო ცოცხალი ორგანიზმები მათთვის უჩვეულო პირობებში ექცევა. შედეგად, ირღვევა ნივთიერებათა ცვლის პროცესები, კვებითი ჯაჭვების ოპტიმალური სტრუქტურა და ფუნქციონირება და, საბოლოოდ, ბიოცენოზების პროდუქტიულობაც.

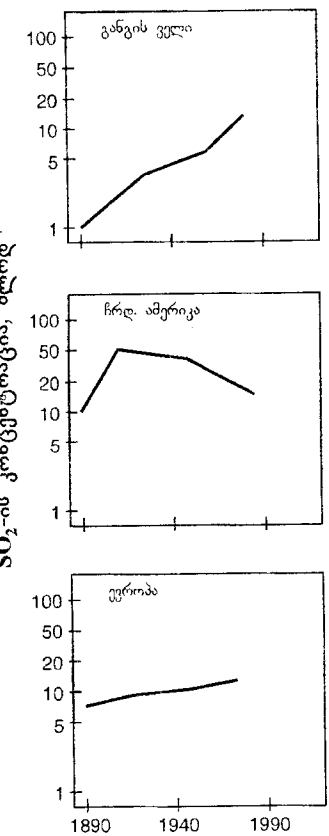
გარემოს გაბინძურება ყოველთვის ერთბაშად როდი იჩენს თავს! ნახტომისებურ მოვლენებს ხშირად ფარული პროცესები ცვლის.

ტოქსიკურ ნივთიერებათა ნაწილი ქიმიური აქტივობით გამოირჩევა, მრავალ მათგანს ორგანიზმთა ქსოვილებში დაგროვების უნარი გააჩნია, რაც უარყოფით შედეგს მხოლოდ ხანგრძლივი დროის შემდეგ გამოიღებს.

ინდუსტრიალიზაციის მასშტაბების, საწვავის სახეობის და ზოგიერთი სხვა ფაქტორის შესაბამისად, გარემოს გაბინძურების დონე შესაძლოა განსხვავებული იყოს. ამაზე მეტყველებს ამერიკელ ეკოლოგთა გამოკვლევა, რომელიც უკანასკნელი 100 წლის მანძილზე გოგირდის დიოქსიდის კონცენტრაციის დინამიკას ეხება პლანეტის 3 რეგიონში — აშშ ჩრდილო-აღმოსავლეთში, ევროპაში და მდ. განგის ველზე (ინდოეთი). როგორც გაირკვა აშშ-ში 1890-1940 წწ-ში SO_2-ის სწრაფი მატება აღინიშნებოდა, რაც პირდაპირ კავშირშია ახალი ქარხნების და ელექტროსადგურების რიცხვის ზრდასთან. შემდეგ კონცენტრაცია გათანაბრდა, ხოლო 1960-70 წწ-ში მან შემცირება იწყო. ავტორების აზრით, ეს გარემოება დაკავშირებულია საწვავის ახალი სახეობის — ნავთობის გამოყენებასთან და ჰაერის რეგულარული კონტროლის განხორციელებასთან.

ევროპაში SO_2-ის კონცენტრაცია 1890-1940 წწ-ში იზრდებოდა, შემდეგ ზრდა შეწყდა, მაგრამ კონცენტრაციის შემცირება არ მომხდარა, რადგან აქ კონტროლი გამონაბოლქვზე დაწესებული არ ყოფილა.

განგის ველზე, სადაც საწარმოო ობიექტები არც ისე დიდი ხნის წინ გაჩნდა, SO_2-ის კონცენტრაციამ შედარებით მოკლე



სურ. 28. SO_2-ის კონცენტრაციის ცვლილება დედამიწის სხვადასხვა რეგიონში, გრეიდელის და სხვ. (1989) მიხედვით.

დროში მოიმატა და ევროპის მაჩვენებლებს გაუთანაბრდა. ამას ავტორები ხსნიან ინდოეთში ქვანახშირის ინტენსიური გამოყენებით (სურ. 28).

ავტორები ასკვნიან, რომ თუ ენერგიისადმი დამოკიდებულება ჩვენს პლანეტაზე რადიკალურად არ შეიცვალა, სახელდობრ, არ მოხდა ახალი ტექნოლოგიების დამუშავება და ათვისება, ატმოსფეროში SO_2-ის შემცველობა კვლავაც გაიზრდება. ეს, პირველ რიგში, განვითარებადი ქვეყნების ხარჯზე მოხდება, სადაც, ერთი მხრივ, მოსახლეობა სწრაფად მატულობს და, ამასთან, აქ შედარებით იაფფასიან საწვავს — ქვანახშირს იყენებენ, რომელიც გოგირდის მაღალი შემცველობით ხასიათდება.

18. ანთროპოგენური ნარჩენების გავრცელება

ბიოსფეროს გაბინძურება უმრავლეს შემთხვევაში ლოკალური მოვლენაა, მაგრამ საბოლოოდ იგი მაინც გლობალურ ხასიათს ატარებს. ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის პროცესში წარმოქმნილი ნივთიერებები არ რჩება ადგილზე, როგორც წესი, ის შორ მანძილზე გადაიტანება.

ანთროპოგენური ნარჩენების გავრცელების თვალსაზრისით უპირველესი მნიშვნელობა ატმოსფერულ ნაკადებს აქვთ. როგორიც არ უნდა იყოს ნივთიერება — ორგანული თუ მინერალური, გაზობრივი, თხევადი თუ მკვრივი, იგი ადვილად ხვდება ატმოსფეროში. თხევადი ნივთიერება აეროზოლის სახით ვრცელდება, ან ორთქლდება; მკვრივი ნივთიერება გადაიტანება მტვრის სახით.

ინდუსტრიულ და ჭარბდასახლებულ რაიონებიდან ტოქსიკანტების ინტენსიური გავრცელება მრავალი ფაქტით დასტურდება. მაგალითად, პესტიციდები აღმოაჩინეს ანტარქტიკის თოვლის საფარში, გამოყენების ადგილიდან მრავალი ათასი კილომეტრის დაშორებით.

დღეს კარგადაა ცნობილი ძირითადი ატმოსფერული ნაკადების მიმართულება და სიჩქარე. საშუალო განედებში გაბატონებულია დასავლეთის ნაკადი, რომლის სიჩქარე ტროპოპაუზის სიახლოვეს 35 მ/წმ-ს შეადგენს. ასეთ პირობებში ჰაერში გაბნეული ნაწილაკები დედამიწის ირგვლივ შემოვლას დაახლოებით 12 დღეს უნდება. სტრატოსფეროში ჰაერის მასების მოძრაობა არ აღემატება რამდენიმე სანტიმერტს წუთში. ამის გამო ანთროპოგენური ნივთიერებები აქ

აცილებით უფრო ნელა ვრცელდება. ჰორიზონტალურ ნაკადებთან რთად დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰაერის ვერტიკალურ მოძრაობას, რომლის დროს ატმოსფერული მინარევების გადაადგილების სიჩქარე ზოგჯერ 30 მ/სეკ-ს აღწევს.

ხშირ შემთხვევაში სტრატოსფეროში ანთროპოგენური ნარჩენები -2 წელს ყოვნდება, ტროპოსფეროს სიახლოვეს — 3-4 თვეს, ზედა ტროპოსფეროში — ერთ თვეს, ქვედა ტროპოსფეროში — 6-10 დღეს. ტროპოსფეროში ანთროპოგენური გაზების ცირკულაცია ხშირად 2-4 ვეს გრძელდება. ნაკლებად აქროლადი ნივთიერებების, მეტადრე შვიათი გაზების, ატმოსფეროში დაყოვნება ზოგჯერ საგრძნობლად ჭიანურდება. იგივე ითქმის რადიოაქტიური იზოტოპების შესახებ.

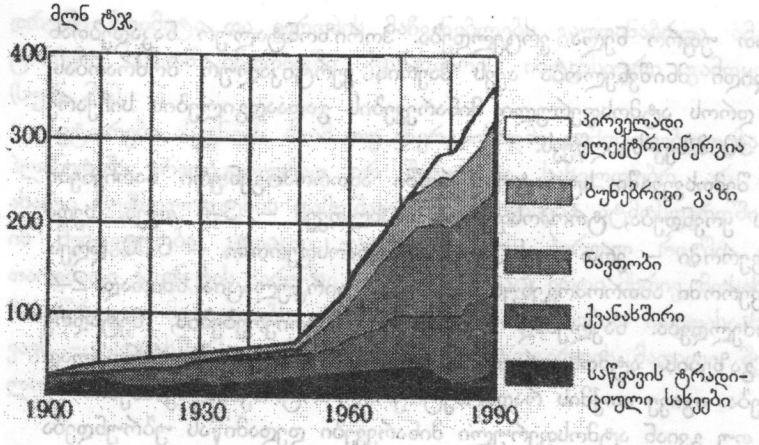
ადრე თუ გვიან ატმოსფერული მინარევები დედამიწას უბრუნდება და აქ სხვადასხვა ბიოცენოზში გროვდება.

ატმოსფერული ნაკადების გარდა, ანთროპოგენური ნარჩენების გავრცელებაში დიდი მნიშვნელობა ცხოველებსაც აქვთ, რომელთა ორგანიზმში ტოქსიკური ნივთიერება წყალთან და საკვებთან ერთად ხვდება. ასე, ვერცხლისწყლის ნაერთით მოწამლული თევზი შეიძლება ემსხვერპლოს მტაცებელს მისი გავრცელების მთელ არეალზე. ფრინველები, რომლებიც ბუდეებს დასავლეთ ევროპაში იკეთებენ, ხშირად დიდი რაოდენობით შეიცავენ ქლორორგანულ ინსექტიციდებს. ზამთრის დადგომისას ისინი ცენტრალური აფრიკის რაიონებში მიგრირებენ, რასაც მოსდევს ინსექტიციდის შორ მანძილზე გადატანა და მისი ჩართვა სხვადასხვა კვებით ჯაჭვში.

19. ანთროპოგენური გაბინძურების მიზეზები

თბოენერგეტიკა. ჩვენს პლანეტაზე მოსახლეობის რიცხოვნობა, ენერგეტიკული რესურსების ხარჯვა და გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედება ერთმანეთთანაა დაკავშირებული; სამივე ექსპონენციალურად იზრდება.

მართლაც, ბოლო საუკუნის მანძილზე პლანეტის მოსახლეობა დაახლოებით 3,5-ჯერ გაიზარდა, რესურსების ხარჯვა კი — თითქმის 32-ჯერ (იხ. სურ. 29). ენერგიის ხარჯვის დიდი წილი ინდუსტრიულ ქვეყნებზე მოდის, სადაც ეს მაჩვენებელი ერთ სულ მოსახლეზე დაახლოებით 10-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე განვითარებად ქვეყნებში. ექსპერტების აზრით, თუ განვითარებადი ქვეყნები ენერგიის მოხმარე-



სურ. 29. ენერგიის გამოყენება მსოფლიოში; მიდოუზის და სხვ. (1992) მიხედვით.

ბის მხრივ ინდუსტრიულ ქვეყნებს გაუტოლდება, ენერგიის გლობალური სარჯვა 5-ჯერ გაიზრდება. თუ გავითვალისწინებთ სარჯვის დღევანდელ მასშტაბებს და მის შედეგებს, იოლად დავრწმუნდებით, რომ პლანეტის ეკოსისტემას აშკარად გაუჭირდება ასეთი დატვირთვის ატანა.

ამავე დროს, საწვავი რესურსების სარჯვის დღევანდელი ტემპებით თუ ვიმსჯელებთ, ნავთობის რაოდენობა პლანეტას მხოლოდ 4-5 ათეულ წელს ეყოფა, ბუნებრივი გაზისა — 130-150 წელს, ქვანახშირისა — 300 წელს.

ენერგიის წყაროების გამოყენების მხრივ კაცობრიობის ისტორიაში ორი მნიშვნელოვანი ცვლილება მოხდა: მერქნის შეცვლა ქვანახშირით XIX ს-ში და ქვანახშირის შეცვლა ნავთობით XX ს-ში. როგორც ჩანს, დღევანდელი თაობა კიდევ ერთი გლობალური ცვლილების წინაშე დგას. მაგრამ ძნელია თქმა — რამდენად მასშტაბური იქნება და როგორი ტემპით გაგრძელდება იგი, ექნება მას ტექნოლოგიური რევოლუციის თუ ევოლუციის ხასიათი.

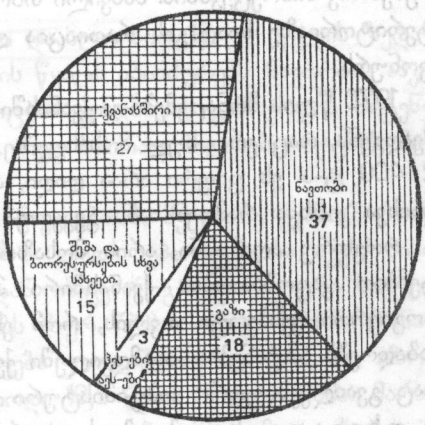
ტექნოლოგიურ რევოლუციაში უნდა ვიგულისხმოთ, პირველ რიგში, ენერგიის ალტერნატიული წყაროების ათვისება (დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული). მაგრამ თუ პროცესმა ევოლუციის ხასიათი მიიღო, მსოფლიო განვითარდება ენერ-

გიის ტრადიციული წყაროების ხარჯზე და ისინი უფრო რაციონალურად გამოიყენება.

პირველადი ენერგიის გამომუშავებაში ენერგეტიკული რესურსების წილი სხვადასხვაა (სურ. 30). ქვანახშირს, როგორც ერთ-ერთ ტრადიციულ საწვავს, უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა კაცობრიობისათვის. სწორედ ქვანახშირმა შეცვალა XIX ს-ში ადამიანის საკუთარი ენერგია. დღეს ქვანახშირის როლი მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში განსხვავებულია. მაგალითად, აშშ-ში იგი გამოიყენება უპირატესად თბოელექტროსადგურებისათვის, მაშინ როდესაც მრავალ განვითარებად ქვეყანაში — როგორც ძირითადი სათბობი.

ქვანახშირის მოხმარებას დიდი ხნის ისტორია აქვს. „ქვა, რომელიც იწვის“ პირველად ჩინეთში, შემდეგ ინდოეთში დაახლოებით 2 000 წლის წინათ აითვისეს. ქვანახშირი ენერგიის ეფექტური წყაროა. ევროპაში ქვანახშირის გამოყენება ინგლისელებმა დაიწყეს; ამას ხელი შეუწყო ქვეყანაში ტყეების მასობრივმა გაჩეხვამ და სხვა ქვეყნებიდან მერქნის შემოზიდვასთან დაკავშირებულმა სიძნელეებმა. XIX ს-ის მანძილზე ქვანახშირი თანდათან იქცა ინდუსტრიალიზაციის და ტექნიკური პროგრესის სიმბოლოდ.

ბოლო წლებში ქვანახშირის მოხმარების ინტენსივობა ეცემა. ამის მიზეზია მის მოპოვებასთან დაკავშირებული სიძნელეები. არანაკლები მნიშვნელობა აქვს იმასაც, რომ ქვანახშირი არის გარემოს გაბინძურების ერთ-ერთი ძლიერი წყარო და მეტად მავნე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის. მისი წვის პროცესში დიდი რაოდენობით ჟანგბადი იხარჯება, ხოლო ატმოსფეროს გლობალური გაბინძურების 29%-ს მისი წვის პროდუქტები შეადგენს.



სურ. 30. ენერგეტიკული რესურსების წილი პირველადი ენერგიის გამომუშავებაში (%-ობით), 80-იანი წლები; რეიმერსის (1990) მიხედვით.

ქვანახშირი შეიცავს 0,5-დან 5-6%-მდე გოგირდს. ელექტროსადგურებისათვის გამოყენებულ ქვანახშირში მისი საშუალო რაოდენობა 2,5%-ია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მილიონი ტ ასეთი ქვანახშირი წვისას 25 000-მდე ტ SO_2-ს და SO_3-ს გამოყოფს, რომლებიც ჰაერის ორთქლთან და ჟანგბადთან რეაქციაში H_2SO_4-ად გარდაიქმნება.

ქვანახშირის წვისას დიდი რაოდენობით რჩება ნაცარი, ჭვარტლი, აგრეთვე კალციუმის და რკინის ოქსიდები, რომელიც H_2SO_4-ის გავლენით კალციუმის და რკინის სულფატებად გარდაიქმნება. სხვა მკვრივ ნაწილაკებთან შედარებით, ისინი ძალზე მცირე ზომისაა, ამიტომ დიდ ხანს რჩება ჰაერში, მისი ნაკადებით კი შორ მანძილზე გადაიტანება.

სუპატაშვილის და სხვ. (2001) მონაცემებით, ყოველწლიურად, ქვანახშირის წვის შედეგად გარემოში $4 \cdot 10^8$ ტ ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2), $2 \cdot 10^7$ ტ SO_2, $6,5 \cdot 10^7$ ტ აზოტის მონოქსიდი და დიოქსიდი, ამდენივე ნახშირწყალბადები, $2,5 \cdot 10^8$ ტ აეროზოლები და ზოგიერთი სხვა ტოქსიკური თუ რადიოაქტიური ნივთიერება ხვდება. ქვანახშირის წვის შედეგად გარემოში 8700-ჯერ მეტი ვერცხლისწყალი, 125-ჯერ მეტი დარიშხანი, 60-ჯერ მეტი ურანი იფანტება, ვიდრე ბუნებრივ მიმოქცევაშია. მსხვილი თბოელექტროსადგურების მიმდებარე ტერიტორიაზე ნიადაგის რადიაცია დაახლოებით 100-ჯერ აღემატება ფონურს.

1970 წლის მონაცემებით, ქვანახშირის მარაგი 7 900 მლრდ ტონას შეადგენს, რაც ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით არ აღემატება 2 400 ტ-ს. ეს ციფრი არაა დიდი, ამიტომ უკვე 70-იანი წლებიდან დაისვა კითხვა: რამდენ ხანს გვეყოფა ეს მარაგი?

როგორც აღინიშნა, არის მოსაზრება, რომ ხარჯვის დღევანდელი ტემპით კაცობრიობას ქვანახშირი 300-400 წელს ეყოფა. მაგრამ ზოგიერთი ექსპერტი თვლის, რომ ეს ვარაუდი მხოლოდ დადგენილ საბადოებს ეფუძნება; სინამდვილეში ქვანახშირის მარაგი უფრო დიდია, რაც გვაძლევს უფრო ოპტიმისტური განწყობის საფუძველს.

თხევადი საწვავის „კარიერა" XIX ს-ის 50-იანი წლებიდან დაიწყო. თავდაპირველად ნავთობი გამოიყენებოდა ფარმაკოქიმიაში და ძვირად ფასობდა. გასული საუკუნის ბოლოსათვის ნავთობის მოპოვებამ კოლოსალურ მასშტაბებს მიაღწია და იგი იქცა

საერთაშორისო მეურნეობისა და პოლიტიკის ერთ-ერთ ძირითად ღერძად.

რამადის (1981) მიხედვით, ნავთობის მსოფლიო მარაგი 80 მლრდ ტ-ს შეადგენს (საერთო მარაგი, როგორც ჩანს, სამჯერ უფრო დიდია), მისი მოპოვება ყოველ 10 წელიწადში თითქმის ორმაგდება, მან ამჟამად გადააჭარბა 3 მლრდ ტ-ს წელიწადში.

ნავთობის მოხმარების ექსპონენციალურ ხასიათს საფრანგეთის მაგალითი გვიჩვენებს: 1939 წელს აქ დაიხარჯა მხოლოდ 5 მლნ ტ, 1960 წელს — 30 მლნ, 1972 წელს — 100 მლნ, ხოლო 1980 წელს 180 მლნ ტ. ვარაუდობენ, რომ 2042 წლისათვის ეს მაჩვენებელი 1,8 მლრდ-ს მიაღწევს.

ქვანახშირთან შედარებით, ნავთობი ბევრად უფრო სუფთა საწვავია, თუმცა გადაზიდვისას ზოგჯერ იღვრება და ბიოსფეროს (მეტადრე ოკეანური წყლების) ძლიერ გაბინძურებას იწვევს. უფრო დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული.

არსებული მონაცემებით, მსოფლიო ოკეანეში სხვადასხვა მიზეზით წელიწადში საშუალოდ 5 მლნ (სხვების აზრით, 10 მლნ) ტ ნავთობი ხვდება. შავ ზღვაში ნავთობის კონცენტრაცია ხშირად 1 მგ/ლ-ს შეადგენს.

ერთი ტ ნავთობის თხელი აპკი დაახლოებით 12 კმ^2 წყლის ზედაპირს ფარავს და მლნ-მდე ტ ზღვის წყალს აბინძურებს. ნავთობის აპკი ამუხრუჭებს ფოტოსინთეზის პროცესს, ჟანგბადის გამოყოფის ინტენსივობას ფიტოპლანქტონის მიერ, რაც ხშირად ჰიდრობიონტების მასობრივი დაღუპვის მიზეზია.

ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ნავთობთან, მეტადრე ქვანახშირთან შედარებით, ბ უ ნ ე ბ რ ი ვ გ ა ზ ს დიდი უპირატესობა აქვს. მისი წილი სათბობის საერთო მარაგიდან, ისევე როგორც წლიური ხარჯი, ჩამორჩება ნავთობის მაჩვენებლებს (სურ. 30). რამადის (1981) მონაცემებით, ბუნებრივი გაზის მოპოვება ყოველწლიურად 6,6%-ით იზრდება, ასე რომ, გაორმაგების პერიოდი 19,5 წელს შეადგენს. მისი მარაგი ლითოსფეროში $3{,}4 \cdot 10^{14}$ მ^3-ს უახლოვდება, ამიტომ თუ ხარჯვის ტემპი დღევანდელ დონეზე დარჩა, ბუნებრივი გაზი 2-3-ჯერ მეტ ხანს ეყოფა პლანეტას, ვიდრე ნავთობი.

ბ ი ო მ ა ს ა, როგორც ენერგიის წყარო, მერქნისა და სხვა ორგანული ნივთიერების სახით, წარმატებით გამოიყენება ინდუსტრიულ,

მეტადრე განვითარებად ქვეყნებში. შვედი სპეციალისტები მერქნის ბიომასას „მწვანე ნავთობს“ უწოდებენ, რომელიც ბუნებრივი ნავთობის შემცვლელია. შვედეთში დამუშავებულია „ხის სრული გამოყენების“ ტექნოლოგია, რომელიც ითვალისწინებს არა მხოლოდ მერქანს, არამედ ფიტომასის სხვა კომპონენტებსაც — ტოტებს, გირჩებს, ფოთლებს, ფესვებს, კუნძებს. ყოველწლიურად აქ 25–30 მლნ $м^3$ ხე-ტყის ნარჩენი გამოიყენება, რაც დაახლოებით 5 მლნ ტ ნავთობის ტოლფასია.

ერთი შეხედვით, ბიომასა ენერგიის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური წყაროა, რადგან მისი რაოდენობა პრაქტიკულად უსასრულოა. მართლაც, არსებული მონაცემებით, ყოველწლიურად ფოტოსინთეზის გზით დედამიწაზე $8 \cdot 10^{10}$ ტ ორგანული მასა წარმოიქმნება, რაც 14-ჯერ აღემატება მოპოვებული სათბობის საერთო რაოდენობას. მიუხედავად ამისა, მერქანი, დაბალი კალორიულობის გამო, დიდ ენერგეტიკაში არ გამოიყენება. განვითარებად ქვეყნებში, სადაც ბიომასა ბოლო დრომდე ენერგიის ძირითადი წყაროა, მცენარეული საფარის წვა მნიშვნელოვანი რაოდენობით ჭვარტლსა და ზოგიერთ მავნე აირს გამოყოფს (იხ. ცხრილი 3).

ენერგიის ყველა განახლებად სახეებს შორის ჰიდროელექტროენერგიას ფართო გავრცელება აქვს. ამავე დროს, მისი გამომუშავება, პოტენციალურ შესაძლებლობებთან შედარებით, ბევრად მცირეა (იხ. სურ. 30). აფრიკაში ეს მაჩვენებელი საშუალოდ 5%-ს შეადგენს, ლათინურ ამერიკაში — 8%-ს, აზიაში — 9%-ს. ჩინეთის ჰიდროელექტროენერგეტიკული პოტენციალი მსოფლიოს ყველა ქვეყნის შესაძლებლობებს აღემატება. მიუხედავად ამისა, 80-იანი წლების მონაცემებით, აქ რეალურად ამ ენერგიის მხოლოდ 10% გამოიყენება.

ინდუსტრიულ ქვეყნებში ჰიდროელექტროენერგიის მოპოვების შესაძლებლობანი უკეთაა რეალიზებული. „ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების“ წევრ-სახელმწიფოებში ეს მაჩვენებელი 26%-ს, აშშ-ში — 52%-ს შეადგენს.

ენერგიის სხვა წყაროებთან შედარებით, ჰიდროენერგეტიკას მრავალი უპირატესობა აქვს; ესაა წყლის დაგროვების შესაძლებლობა წყალსატევებში და მისი გეგმაზომიერი ხარჯვა, ენერგიის გამომუშავების რეგულირება და სხვ. წიაღისეულ სათბობთან შედარებით, ჰიდროენერგიის ელექტროენერგიად გარდაქმნის მარგი ქმედების კოეფი-

ციენტი 2,3-ჯერ მაღალია, ხოლო ენერგიის თვითღირებულება 4-ჯერ დაბალი.

ამავე დროს, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ჰიდროენერგეტიკას გარკვეული ნაკლიც გააჩნია. დიდი წყალსატევების ზონაში ძლიერდება სეისმური აქტივობა, ირღვევა თევზების მიგრაციის გზები; წყალსატევები ხშირად სოფლის მეურნეობისათვის განკუთვნილი მიწების მნიშვნელოვან ნაწილს იკავებს. მაგალითად, მდ. ვოლგის წყალსატევმა 25 მლნ-მდე ჰა ტერიტორია დაფარა, შეფერხდა თევზების ბუნებრივი მიგრაციაც (სუპატაშვილი და სხვ. 2001).

ტრანსპორტი. ტრანსპორტის სხვა სახეებს შორის, ბენზინის ძრავაზე მომუშავე ავტომანქანების მნიშვნელობა გარემოს გაბინძურებაში ძალზე დიდია. 80-იანი წლების მონაცემებით, ინდუსტრიულ ქვეყნებში გაბინძურების 60% ავტომანქანებზე მოდის, ზოგიერთ ქალაქში კი ეს მაჩვენებელი 80%-ს აღწევს. ატმოსფეროს გაბინძურების დონე ქალაქის თავზე დაახლოებით 15-ჯერ მაღალია, ვიდრე სოფლად და 100-150-ჯერ მაღალი, ვიდრე ოკეანურ სივრცეში.

ავტომანქანების გამონაბოლქვი 200-მდე კომპონენტს შეიცავს, რომელთაგან განსაკუთრებული ტოქსიკურობით CO, NOx, ზოგიერთი ნახშირწყალბადი და, მეტადრე, ტყვია ხასიათდება. გამოთვლილია, რომ 300 მლნ-მდე ავტომანქანა დღე-ღამეში 800 000-მდე ტ CO-ს, 150 000-მდე ტ ნახშირწყალბადებს, 50 000-მდე ტ აზოტის ოქსიდებს და თითქმის 1000 ტ ტყვიას გამოყოფს. მათგან CO წარმოიქმნება ავტომანქანის ძრავაში ნახშირბადის არასრული წვის შედეგად: $C + 1/2\ O_2 \rightarrow CO$. აზოტის ოქსიდების 90% აზოტის მონოქსიდია, დანარჩენი — აზოტის დიოქსიდი. მაგრამ ჰაერში, რეაქციების შედეგად, NO-ს დიდი ნაწილი უფრო საშიშ NO_2-ად გარდაიქმნება.

არსებული მონაცემებით, დღეს მსოფლიოში 500 მლნ-მდე ავტომანქანაა. ამ საუკუნის I ნახევრის ბოლოსათვის მისი რაოდენობა შესაძლოა გაორმაგდეს. თუ არ იქნა მიღებული სათანადო ზომები, ავტოტრანსპორტით გამოწვეული გარემოს გაბინძურება მკვეთრად გაიზრდება.

საბედნიეროდ, გარემოს გაჯანსაღების რეალური შესაძლებლობები არსებობს. სრულყოფის პროცესშია ახალი კონსტრუქციის შიგაწვის ძრავები, რომლებიც, ძველთან შედარებით, 2-2,5-ჯერ ნაკლებ საწვავს ხარჯავენ. გამონაბოლქვი აირების უვნებელსაყოფად ფართოდ ინერგე-

ბა ე. წ. ნეიტრალიზატორები, რომელთა დანიშნულებაა დამატებითი ჰაერის მეშვეობით CO-ს დაჟანგვა CO_2-მდე ან CO-სა და NOx-ის ურთიერთქმედებით CO_2-ის და N_2-ის მიღება. მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვთ დიზელის ძრავაზე მომუშავე ავტომანქანებს. ამ შემთხვევაში გამონაბოლქვში შემცირებულია CO_2-ის, ნახშირწყალბადების, ალდეჰიდების და სხვათა კონცენტრაცია (სუპატაშვილი და სხვ., 2001).

გარემოს გაჯანსაღების რადიკალური გზაა ბენზინის შეცვლა წყალბადით, მეთანით, მეთანოლით, ეთანოლით და სხვ. პერსპექტიულია საწვავად სპირტის გამოყენება, თუმცა ამ შემთხვევაში იქმნება ეკონომიკური ხასიათის სიძნელეები: სპირტზე გაზრდილი მოთხოვნილება შაქრის ჭარხლის ნათესების ზრდას იწვევს, ეს კი ხშირად სხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ხარჯზე ხდება.

ტრანსპორტის სხვა სახეების წილი გარემოს გაბინძურებაში შედარებითი მცირეა: ავიაციაზე მოდის დაახლოებით 5%, რკინიგზაზე — 2, ნაოსნობაზე — 2%. საჰაერო ტრანსპორტის ძირითადი ნაკლი — დიდი რაოდენობით ჟანგბადის ხარჯვაა. ამის გარდა, ზოგიერთი თვითმფრინავის მოძრაობისას ტროპოსფეროს ზედა ფენებში და სტრატოსფეროში დიდძალი აზოტის ოქსიდი ხვდება, რაც ოზონის შრის დაშლას უწყობს ხელს. დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული.

მრეწველობა. მრეწველობა (ინდუსტრია) — საზოგადოებრივი მატერიალური წარმოების წამყვანი სფეროა. წარმოების ეტაპების მიხედვით იგი იყოფა მომპოვებელ და გადამამუშავებელ, ხოლო პროდუქციის მიხედვით — მძიმე და მსუბუქ დარგებად. მათგან პირველი გულისხმობს წარმოების საშუალებათა დამზადებას, მეორე კი ფართო მოხმარების საგნებს.

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ერთ-ერთი სფერო სამთომომპოვებელი წარმოებაა. ცნობილია, რომ ბუნებრივ პირობებში ნივთიერებები უმეტეს შემთხვევაში ნაკლებად ტოქსიკურია; მაგალითად, მეტალები ნაკლებადხსნადი ოქსიდების ან სულფიდების სახით გვხვდება, ფთორი — კალციუმის ფთორიდის ან აპატიტის სახით. მაგრამ შემდგომში, პროდუქციის მიღებისას წარმოქმნილ ნარჩენებში, მძიმე მეტალები და ფთორი ხშირად ისეთ ნივთიერებებში გადადის, რომელიც უფრო ტოქსიკურია და უარყოფითად მოქმედებს ცოცხალ სისტემებზე.

თანამედროვე არასრულყოფილი ტექნოლოგია არ იძლევა ნედლეულის უდანაკარგოდ გადამუშავების საშუალებას, ამიტომ სახალხო მეურნეობის ყველა სახის პროდუქციას მოპოვებული ნედლეულის 10%-ზე ნაკლები ხმარდება, დანარჩენი — გარემოში იფანტება. ამის შედეგად ბიოსფეროში ყოველწლიურად დაახლოებით 30 მლრდ ტ ნარჩენი გროვდება გაზობრივი, მკვრივი და თხევადი სახით. მათი ნაწილი „საშიში ნარჩენების" კატეგორიას განეკუთვნება. მაგალითად, ვერცხლისწყლის მსოფლიო წარმოებამ დიდი ხანია გადააჭარბა 10 000 ტ-ს წელიწადში. აქედან მხოლოდ 20% გამოიყენება მრეწველობაში, დანარჩენი გარემოში იფანტება.

არსებული მონაცემებით*, რაჭაში დარიშხანის სამთო-ქიმიური ქარხნის მიერ მხოლოდ 1988 წლის მანძილზე დამუშავებული იყო 95 ტ დარიშხანი; აქედან 12 ტ (თეთრი დარიშხანის სახით) ატმოსფეროში გაიფანტა, 23 ტ (არსენიტების და დარიშხან (III) ქლორიდის სახით) — მდინარეებში ჩავიდა, 45 ტ სულფატების სახით მდინარისპირა ფერდობებზე დაილექა. ამგვარად, პროდუქციის სახით მიიღეს მხოლოდ 15 ტ, ანუ მოპოვებული მასალის 11%.

გარემოს ინტენსიური გაბინძურების გამო, სამთომომპოვებელი წარმოების როლი სხვადასხვა დაავადების აღმოცენება-გავრცელებაში ძალზე დიდია. მაგალითად გამოდგება იაპონიის გახმაურებული ტრაგედია: წლების მანძილზე სამთო-გადამამუშავებელი კომბინატი „მიცუი" იაპონიის ერთ-ერთ მდინარეში კადმიუმის შემცველ ნარჩენებს უშვებდა; ამ მდინარის წყლით ბრინჯის ნათესები ირწყვებოდა, ბრინჯთან ერთად კადმიუმი ადამიანის ორგანიზმში ხვდებოდა და ძვლებში გროვდებოდა. შედეგი მძიმე აღმოჩნდა: კადმიუმის შემცველი ძვალი არაჩვეულებრივად მყიფეა და სხეულის უმნიშვნელო მოძრაობისას იოლად ტყდება.

მრეწველობის სხვა დარგებს შორის მეტალურგია გარემოს გაბინძურების ერთ-ერთი ძლიერი წყაროა. სუპატაშვილის (2001) მონაცემებით, 1990 წელს ყოფილ სსრკ-ში ამ დარგზე ტექნოგენურ ნივთიერებათა 21% მოდიოდა. ერთი ტ ფოლადის გამოდნობისას წარმოიქმნება 128 კგ მტვერი, 73 კგ SO_2, 146 კგ CO და სხვ. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ამ პერიოდში სსრკ-ში ფოლადის წლიური წარმოება

* იხ. საქართველოს სსრ მინისტრთა საბჭოს 1991 წლის დასკვნა ლუხუნის და ცანას დარიშხანის საბადოების მდგომარეობისა და მათი შემდგომი გამოყენების შესახებ.

180 მლნ ტ-ს შეადგენდა, იოლად წარმოვიდგენთ გარემოს გაბინძურების მასშტაბებს.

კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე გამოდნობილია 20 მლრდ-მდე ტ რკინა. მისი რაოდენობა მანქანა-დანადგარებში, ნაგებობებში, სხვადასხვა მოწყობილობაში ამჟამად 6 მლრდ ტ-ს უახლოვდება. შესაბამისად, დაახლოებით 14 მლრდ ტ გარემოშია გაბნეული. სხვა მეტალების დანაკარგი ასევე მაღალია. ფერადი მეტალურგია SO_2-ის მძლავრი წყაროა. ერთ ტ ალუმინის დამზადებისას ატმოსფეროში 20-30 კგ ფთორი გამოიყოფა.

ორგანული ნივთიერებების დიდი რაოდენობა ნავთობქიმიურ და კოქსოქიმიურ წარმოებაზე მოდის. ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნების ჩამდინარე წყლები ხშირად 40 გრ/ლ-მდე ნახშირწყალბადებს შეიცავს. ერთი ტ კოქსის წარმოებისას 300 $მ^3$-მდე აირების ნარევი გამოიყოფა; აქედან 5-7% გარემოში ხვდება. სხვა ტოქსიკურ ნივთიერებებთან ერთად, კოქსის აირები კანცეროგენულ ნივთიერებას – 3,4-ბენზპირენს შეიცავს. მისი კონცენტრაცია ხშირად 50 მკგ/$მ^3$-ს აღწევს, რაც რამდენიმე ასეულჯერ აღემატება ზღვრულ კონცენტრაციას (სუპატაშვილი და სხვ., 2001).

მაღალი ტოქსიკურობით ხასიათდება ქიმიური მრეწველობაც. ჩამდინარე წყლების გაბინძურების ხარისხით ცელულოზის წარმოება გამოირჩევა. მაღალი სიმძლავრის ცელულოზ-ქაღალდის კომბინატი წყალს თითქმის ისევე აბინძურებს, როგორც ნახევარმილიონიანი ქალაქი. ფინეთში ცელულოზ-ქაღალდის წარმოების ნარჩენები ყველა სამრეწველო ნარჩენის 84%-ს შეადგენს, შვედეთში – 80%-ს, აშშ-ში – 13%-ს.

ტექნოგენური აეროზოლების მძლავრი გენერატორია სამშენებლო წარმოება, პირველ რიგში, ცემენტის ქარხნები. ცემენტის წვრილდისპერსიული მტვერი ჰაერის ნაკადით ხშირად ასეულ კილომეტრებზე გადაიტანება.

სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია. ჰესტიციდების გამოყენება. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია, ანუ აგროქიმიური მეცნიერების და ქიმიური მრეწველობის მიღწევებზე დამყარებულ ღონისძიებათა კომპლექსი გულისხმობს ქიმიური საშუალებების და მეთოდების გეგმაზომიერ გამოყენებას მოსავლიანობის გაზრდის, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების ხარისხის გაუმჯობესების, ნიადაგის თვისებების და

მეცხოველეობის პროდუქტიულობის ამაღლების, სასარგებლო ორგანიზმების დაცვის და სხვათა მიზნით.

ყოველწლიურად საკვები პროდუქტების მსოფლიო მარაგის თითქმის 1/2 მრავალრიცხოვანი მავნებლის — მწერების, ტკიპების, მღრღნელების, სოკოების, ფრინველებისა და სხვა მიზეზით ისპობა ან ზიანდება. მოსავალი ნადგურდება მინდორში, მისი გადაზიდვისას, შენახვის პირობებში. სპეციალისტები თვლიან, რომ ფესვსახსრიანთა და დაავადებათა წინააღმდეგ ბრძოლის ეფექტური საშუალებების გამოყენების შემთხვევაში, მოსავლის წლიური ნამატი შესაძლოა 200 მლნ ტ-ით იყოს გაზრდილი. ეს საკმარისია ერთ მილიარდამდე ადამიანის გამოსაკვებად. ამის გარდა, რომ შევძლოთ მღრღნელებისა და ფესვსახსრიანთა უვნებელყოფა საცავების პირობებში, სასურსათო მარცვლის რაოდენობა კიდევ 25%-ით მოიმატებს. სპეციალისტების შეფასებით, ინდოეთის ზოგიერთ რაიონში სურსათის 70% მავნებელთა და დაავადებათა მიზეზით სწორედ საცავებში იკარგება.

ქიმიური შენაერთების გამოყენებას მავნებელთა წინააღმდეგ დიდი ხნის ისტორია აქვს. რამდენიმე საუკუნის წინათ ფერმერები ფართოდ იყენებდნენ დარიშხანის, ტყვიის, ვერცხლისწყლის შემცველ პრეპარატებს, ან მცენარეთაგან დამზადებულ სხვადასხვა ბუნებრივ პროდუქტს. მაგრამ 40-იან წლებში მავნებლებთან და პარაზიტებთან ბრძოლის ახალი ერა დაიწყო.

ქიმიურ ნივთიერებას, რომელიც მცენარეთა, სოფლის მეურნეობის პროდუქტების, მერქნის, მატყლის, ტყავის, ბამბის და სხვათა დაცვისათვის, აგრეთვე ცხოველთა ექტოპარაზიტებისა და დაავადებათა გადამტანების წინააღმდეგ გამოიყენება, პ ე ს ტ ი ც ი დ ი ქვია. ნებისმიერ ორგანიზმს, რომელიც ადამიანის კონკურენტია საკვების, მერქნის, ბოჭკოს, ტყავის და სხვათა გამოყენებაში მ ა ვ ნ ე ბ ე ლ ს ვუწოდებთ.

სიტყვა პესტიციდი ორი ლათინური სიტყვისაგან შედგება: „პესტის" — სენი და „ცედო" — მკვლელი. ცოცხალ ორგანიზმთა წინააღმდეგ გამოყენებული პესტიციდების სახელწოდება შედგება მცენარეთა თუ ცხოველთა კონკრეტული ჯგუფის ლათინური სახელწოდებისაგან, „ციდის" დამატებით. ასე, მწერების წინააღმდეგ გამოყენებულ პესტიციდებს ინსექტიციდები ქვია, სოკოების წინააღმდეგ — ფუნგიციდები,

სარეველების წინააღმდეგ – ჰერბიციდები, ცხოველთა წინააღმდეგ – ზოოციდები და ა. შ.

შედგენილობის მიხედვით, პესტიციდები რამდენიმე სახისაა – არაორგანული, ქლორორგანული, ფოსფორორგანული, კარბომატები, ტრიაზინები და მრავალი სხვა. ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული ქლორორგანული პესტიციდია „დდტ“ (დიქლორდიფენილტრიქლორეთანი).

თავდაპირველად პესტიციდებმა გადატრიალება მოახდინა სოფლის მეურნეობაში. მათი გამოყენებით შესაძლებელი გახდა პროდუქციის თვითღირებულების შემცირება, შრომის ნაყოფიერების გაზრდა, მოსავლის დანაკარგის მინიმუმამდე დაყვანა. განსაკუთრებული პოპულარობა ამ პრეპარატმა II მსოფლიო ომის დროს მოიპოვა, როდესაც იგი გამოიყენეს ტილებით და რწყილებით დასნებოვნებულ მებრძოლთა განკურნებისათვის. მაგრამ, ამავე დროს, აშკარა იყო პესტიციდების უარყოფითი თვისებებიც.

თითქმის ნახევარი საუკუნეა, რაც უპრეცედენტო ქიმიური ბრძოლა ხორციელდება სოფლის მეურნეობის მავნებლებთან. დრო საკმარისად დიდია სათანადო დასკვნებისათვის. უნდა ვაღიაროთ, რომ მავნებელთა სწრაფი ლიკვიდაციის კურსი ჩაიშალა, დღეს კი მათთან ბრძოლა ბევრად უფრო რთულია, ვიდრე ამ 30-40 წლის წინათ. უწინარესად, აღსანიშნავია ცოცხალ ორგანიზმებში მათი ინტენსიური დაგროვება, რაც შეიძლება გახდეს ადამიანისა და სასარგებლო ცხოველების მასობრივი ინტოქსიკაციის მიზეზი.

პესტიციდები მაღალი მდგრადობით გამოირჩევა, ამიტომ გამოყენების შემდეგ ხანგრძლივი დროით რჩება გარემოში. ქლორირებული ნახშირწყალბადები, მათ შორის დდტ, აგრეთვე დარიშხანის, ტყვიის, ვერცხლისწყლის შემცველი პესტიციდები, მდგრადი შენაერთების ჯგუფს განეკუთვნებიან. ეს იმას ნიშნავს, რომ სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე მზისა და ბაქტერიების მოქმედებით ისინი არ იშლებიან. დდტ-ს ნახევრადდაშლის პერიოდი 20 წელს შეადგენს (ანუ 20 წლის შემდეგ თავდაპირველად გამოყენებული პრეპარატის მხოლოდ ნახევარი დაიშლება მარტივ შენაერთებად). ვერცხლისწყალი და დარიშხანი ბოლომდე არასოდეს იშლება, ისინი ცირკულირებენ ეკოსისტემებში ან მიწის ღრმა ფენებში და შლამში იძირებიან. ნიადაგში მოხვედრილი

პესტიციდები გრუნტის წყლების გაბინძურებას იწვევს, რაც საქართველოშიც ხშირად შეინიშნება (მირცხულავა, 1993).

პესტიციდების გამოყენება ხშირად გარემოს მეორად გაჭუჭყიანებას იწვევს: მტვერთან ერთად ისინი ჰაერის ნაკადით აიტაცება და სხვა ტერიტორიაზე გადაიტანება. ამიტომ არცთუ იშვიათად პესტიციდებს ვხვდებით იქ, სადაც მათ არამც თუ არ იყენებენ, არამედ მიწათმოქმედებასაც კი არ ეწევიან. 60-იან წლებში ინგლისის ტერიტორიაზე, სადაც პესტიციდები არასოდეს გამოუყენებიათ, ნალექთან ერთად ყოველწლიურად 20-მდე ტ დდტ იყრებოდა და საძოვრებზე და სასაფლო-სამეურნეო სავარგულებზე იფანტებოდა.

პესტიციდებთან დაკავშირებული სერიოზული პრობლემაა მათ მიმართ მავნებელთა შეგუების უნარი, რის შედეგად შხამქიმიკატი უვნებელი ხდება. პრეპარატის გამოყენებას, როგორც წესი, მავნებლის რიცხოვნობის მკვეთრი შემცირება მოსდევს, მაგრამ ეს ყოველთვის არ ახდენს გავლენას პოპულაციის თვითაღდგენის უნარზე. გადარჩენილი ინდივიდების ხარჯზე პოპულაციის რიცხოვნობა შესაფერის მომენტში შესაძლოა სწრაფად აღდგეს, რადგან მუტაციების შედეგად მათ რამდენადმე განსხვავებული ნიშნები შეიძინეს და უფრო მდგრადნი აღმოჩნდნენ პრეპარატის მიმართ.

1968 წელს ტეხასში, რიო-გრანდეს ველზე ბამბის მავნებლებმა ყველა გამოყენებული ინსექტიციდის მიმართ თითქმის 100%-იანი რეზისტენტობა შეიძინეს. იმის მიუხედავად, რომ სეზონის მანძილზე მინდვრები ყველა შესაძლებელი კომბინაციით 15-20-ჯერ მუშავდებოდა, რამდენიმე წლის მანძილზე მავნებლების გამო მოსავალი აქ თითქმის მთლიანად იკარგებოდა.

ანტარქტიკის ყინულში დდტ-ს შემცველობა 0,03-1,1 ნგ/ლ-ს შეადგენს, რაც პესტიციდების გლობალურ გავრცელებაზე მიუთითებს. ყოველწლიურად ატმოსფერულ ნალექებთან ერთად ოკეანეში 24 000-მდე ტ დდტ ჩადის. 1998 წლის მონაცემებით აშშ-ში 1 ლ წვიმის წყალში 11 სახის პესტიციდია აღმოჩენილი; ნისლში პესტიციდების კონცენტრაცია 50-3000-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ჰაერში (გორდეზიანი, კვესიტაძე, 2000)

არცთუ შორეულ წარსულში მალარიას ერთ-ერთი პირველი ადგილი ეკავა ადამიანთა სნეულებებს შორის. 50-იან წლებში მალარიის აღმოფხვრის მიზნით კოღოს წინააღმდეგ ფართო კომპანია დაიწყო:

დასაწყისში ამ ნაბიჯებს წარმატება მოჰყვა, მაგრამ შემდეგ მდგომარეობა მკვეთრად შეიცვალა. კოღოები შეეგუენ ჯერ დდტ-ს, შემდეგ „პროპოქსურს", რომელმაც დდტ შეცვალა. მალარიით დაავადებულთა რაოდენობამ 70-იანი წლებისათვის მატება დაიწყო: თუ 1955 წელს რეგისტრირებული იყო დაავადების 250 მლნ შემთხვევა, რომლის შედეგად 1.5 მლნ ადამიანი დაიღუპა, 1965 წელს მხოლოდ 107 მლნ შემთხვევა აღინიშნა, მაგრამ 1976 წელს დაავადებულთა რიცხვმა 150 მლნ-ს გადააჭარბა.

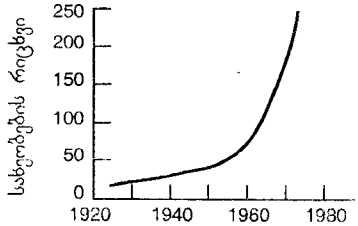
ვ. იაბლოკოვის 1990 წლის მონაცემებით, თუ 40-იანი წლების დასაწყისში პესტიციდების მიმართ რეზისტენტული იყო მხოლოდ 12 სახეობის მწერი, 50-იანი წლებისათვის მათი რიცხვი ყოველ 6 წელიწადში ორმაგდებოდა, 1980 წელს კი მეტ-ნაკლები მდგრადობით უკვე 300-ზე მეტი სახეობის მწერი და 100-მდე სახეობის სოკო და ბაქტერია ხასიათდებოდა (სურ. 31). ფაქტობრივად აღარ გვეგულება ეფექტური პრეპარატები ისეთი საშიში მავნებლების წინააღმდეგ, როგორიცაა კოლორადოს ხაჭო, კომბოსტოს ჩრჩილი და ზოგიერთი სხვა.

არცთუ იშვიათად პესტიციდები მავნებლის ბუნებრივ მტრებზე უფრო მოქმედებენ, ვიდრე თვით მავნებლებზე. ამის მაგალითია ჭია-მაია, რომელიც ეფექტურად არეგულირებს კულტურული მცენარეების მრავალი მავნე სახეობის რიცხვოვნობას. მაგრამ ხშირად, მინდვრების პესტიციდებით დამუშავების შედეგად, ჭია-მაია იღუპება, ხოლო მავნებელთა ნაწილი ცოცხალი რჩება, რასაც მოსდევს მათი მასობრივი გამრავლების ახალი ტალღა.

პერუს ერთ-ერთ რაიონში ხანგრძლივი დროის მანძილზე ბამბა მოჰყავდათ. II მსოფლიო ომამდე მავნებლების წინააღმდეგ დარიშხანს და ნიკოტინსულფატს იყენებდნენ. 1949 წელს პლანტაციებში ახალი მავნებლები — ხვატარი და ბუგრები გაჩნდა. ამან აიძულა ფერმერები გამოეცადათ სხვა პრეპარატები — დდტ და ტოქსაფენი. დასაწყისში შედეგებმა ყოველგვარ მოლოდინს გადააჭარბა, მაგრამ 1955 წელს მდგომარეობა შეიცვალა: მხამ-ქიმიკატებმა მოსპო მტაცებელი მწერები, ადრინდელმა მავნებლებმა რეზისტენტობა გამოიმუშავეს სინთეზური პრეპარატების მიმართ, ბამბის პლანტაციებს კი რიგი ახალი მავნებლები გაუჩნდა.

90-იან წლებში პესტიციდებით აშშ-ის სასოფლო-სამეურნეო მინდვრების 61% მუშავდებოდა, სსრკ-ში — 87%. ამ პერიოდში მსოფლიო

მასშტაბით წელიწადში 2 მლნ-მდე ადამიანი იწამლებოდა, რომელთაგან დაახლოებით 50 000 იღუპებოდა. ყოფილ სსრკ-ში 400-მდე ნებადართული პრეპარატიდან კონტროლს მხოლოდ 30 ექვემდებარებოდა.



სურ. 31. პესტიციდების მიმართ მდგრადი სახეობების რიცხვის ზრდა 1920–70 წლებში, რამადის (1981) მიხედვით

გ. სუპატაშვილის (2001) მონაცემებით, 1990 წელს საქართველოში 32 დასახელების 22 700 ტ შხამქიმიკატი იყო გამოყენებული; წამყვანი ადგილი შაბიამანს და გოგირდს ეკავა. ბოლო დრომდე სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციის თვალსაზრისით საქართველო ერთ-ერთი „მოწინავე" რესპუბლიკა იყო. დღეს პესტიციდების გამოყენება ჩვენში უმნიშვნელოა.

ქიმიური ბრძოლის კურსმა ჩიხში შეიყვანა საზოგადოება. ჩვენ ვერ შევძელით კულტურულ მცენარეთა საიმედო დაცვა, ვერ შევამცირეთ მავნებელთა საერთო რიცხოვნობა, სამაგიეროდ მნიშვნელოვნად გავზარდეთ ნიადაგის, წყლისა და საკვები პროდუქტების ქიმიური გაჭუჭყიანება.

ეკოსისტემებში ბიოაკუმულირებისა და ბიოტრანსფორმირების პროცესში პესტიციდები წამლავენ მცენარეებს, შინაურ ცხოველებს და მიკროორგანიზმებს. მათ ერთ-ერთი პირველი ადგილი უკავიათ გარემოს მუტაგენურ ფაქტორებში; ადამიანის ორგანიზმში შეჭრისას, იწვევენ საერთო ავადობის ზრდას, ორსულობის პათოლოგიას, თანდაყოლილ ანატომიურ და ფიზიოლოგიურ დეფექტებს, ბავშვის ფიზიკური განვითარების შეფერხებას, სასქესო ფუნქციის მოშლას, ფსიქიურ დეპრესიებს, მეხსიერების დაქვეითებას, კანცეროგენული პროცესების სტიმულირებას და ა. შ.

ყველა ეს ფაქტი იმაზე მეტყველებს, რომ სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მავნებლებისაგან დაცვის სტრატეგია და ტაქტიკა მკვეთრად უნდა შეიცვალოს; მოსახლეობის ჯანმრთელობისა და სიცოცხლისუნარიანი ბიოსფეროს შენარჩუნების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი სოფლის მეურნეობის ეკოლოგიზაცია უნდა იყოს. ცხადია, ეს არ ნიშნავს ბრძოლის ქიმიურ მეთოდებზე უარის თქმას, მაგრამ ის

უპირატესად კრიტიკული სიტუაციიდან გამოსვლის საშუალებას უნდა წარმოადგენდეს და არა ყოველდღიურ პრაქტიკულ ნაბიჯებს.

მინერალური სასუქების გამოყენება. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია, პესტიციდების გარდა, მინერალური სასუქების დამზადებას და გამოყენებასაც გულისხმობს. ცნობილია, რომ მოსავალთან ერთად, ადამიანი ნიადაგს აცლის მცენარეთათვის აუცილებელ ელემენტებს — აზოტს, ფოსფორს, კალიუმს, ნაკლები რაოდენობით — გოგირდს, კალციუმს, მაგნიუმს და სხვ.; უარესდება ნიადაგის სტრუქტურაც. მცენარეთა ნორმალური ზრდა-განვითარების, მოსავლიანობის გაზრდის და ნიადაგის სტრუქტურის აღდგენის უზრუნველსაყოფად სასუქებს მიმართავენ.

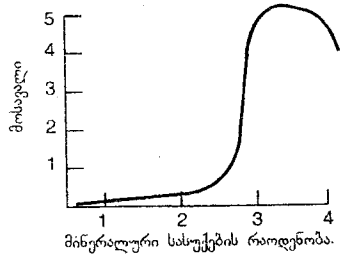
მ ი ნ ე რ ა ლ უ რ ი ს ა ს უ ქ ი — ესაა წიაღიდან მოპოვებული ან ხელოვნურად დამზადებული ქიმიური ნაერთები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ მცენარეთა კვებისათვის აუცილებელ ერთ ან რამდენიმე ძირითად ელემენტს (აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი), მცენარის სიცოცხლისათვის საჭირო მიკროელემენტებს (ბორი, სპილენძი და სხვ.), ბუნებრივ პროდუქტებს (კირი, ნაცარი და სხვ.), რომლებიც ნიადაგის ქიმიური და სტრუქტურული თავისებურებების გაუმჯობესებას უწყობენ ხელს.

შედარებით ფართოდ გამოყენებული სასუქებიდან აღსანიშნავია ამონიუმის და კალიუმის ნიტრატი, ამონიუმის სულფატი, კალიუმის ქლორიდი, შარდოვანა, რომელიც ნიტრიფიკატორ ბაქტერიების მეშვეობით ნიტრატებად გარდაიქმნება. ფოსფორი გამოიყენება სუპერფოსფატის სახით.

მინერალური სასუქების სწორი გამოყენებისას მოსავლიანობა და პროდუქციის ხარისხი მატულობს. ამიტომ სხვადასხვა ტიპის სასუქების დამზადება, მეტადრე ბოლო საუკუნის მანძილზე, განუხრელად იზრდება. სუპატაშვილის და სხვ. (2001) მონაცემებით, 1969 წელს მინერალური სასუქების მსოფლიო წარმოება $3 \cdot 10^7$ ტ-ს შეადგენდა, 1980 წელს — $2{,}2 \cdot 10^8$ ტ-ს. 1945-65 წლებში მათი წლიური გამოყენება თითქმის 6-ჯერ გაიზარდა; 1970-87 წლებში მხოლოდ ევროპის ქვეყნებში გაიზარდა 1,3-1,7-ჯერ, აშშ-ში — 1,2-ჯერ, სსრკ-ში კი — 2,6-ჯერ. საქართველოში 1990 წელს გამოყენებული იყო 100 000 ტ-ზე მეტი მინერალური სასუქი.

დადებით მხარეებთან ერთად, მინერალურ სასუქებს სერიოზული ნაკლი აქვთ. დანიშნულებისამებრ დახარჯული სასუქების მხოლოდ 40-50% გამოიყენება, დანარჩენი ატმოსფერული ნალექებით სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებიდან ირეცხება და მდინარეებში, ტბებსა და ზღვებში ხვდება. წყალსატევებში ბიოგენური ელემენტები ევტროფიკაციას უწყობს ხელს. უფრო დაწვრილებით ეს საკითხი წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული.

ანგარიშგასაწევია მინერალური სასუქების დოზირების მნიშვნელობაც: მოსავლის შესამჩნევ ზრდას იწვევს სასუქის მხოლოდ გარკვეული რაოდენობა. მისი გადამეტების შემთხვევაში კი მოსავალი მკვეთრად მცირდება (სურ. 32).



სურ. 32. მოსავლის ცვლილების მრუდი მინერალური სასუქების რაოდენობის ზრდისას (პირობითი სიდიდეები); რეიმერსის (1990) მიხედვით.

ხშირად სოფლის მეურნეობის პროდუქტებში, მეტადრე ბოსტნეულში, ნიტრატები მეტად ტოქსიკურ ნიტრიტებად გარდაიქმნება. ადამიანის ორგანიზმში ნიტრიტები ხელს უწყობს ჰემოგლობინის გარდაქმნას მეტჰემოგლობინად, რომელსაც აღარ გააჩნია ჟანგბადის ტრანსპორტირების უნარი. მცენარეებში დაგროვებასთან ერთად, მინერალური სასუქების ზედმეტი რაოდენობა ნიადაგის სტრუქტურის მკვეთრ გაუარესებას იწვევს. კომონორის (1970) მონაცემებით, სისტემატური დამუშავების შედეგად, ნიადაგის ორგანული კომპლექსი სწრაფად კნინდება, მისი ფიზიკური სტრუქტურა ირღვევა, ფილტრაციის და ტენიანობის შენარჩუნების უნარი ქვეითდება. მდგომარეობას ისიც ართულებს, რომ მხვნელ-მთესველები ხშირად ივიწყებენ ნიადაგის გამდიდრებას ჰუმუსით, რომელიც უზრუნველყოფს მისი ნაყოფიერების აღდგენას.

გარემოს გაბინძურების სხვა მიზეზები. გარემოს უარყოფითი ცვლილებების ერთ-ერთი მიზეზი — რ ა დ ი ო ა ქ ტ ი უ რ ი გ ა ბ ი ნ ძ უ რ ე ბ ა ა. ცოცხალი ნივთიერება ბუნებრივი რადიოაქტიური ფონის ზემოქმედებას მრავალი ათასწლეულის მანძილზე განიცდიდა. ამან მნიშვნელოვანი როლი შეასრულა სიცოცხლის გართულებასა და ბიოს-

ფეროს ევოლუციაში. ბუნებრივი რადიოაქტიური ფონის წყაროებია რადიოაქტიური ელემენტები, რომლებიც დედამიწის შრეების, მათ შორის, ბიოსფეროს, შემადგენლობაშია; ამას ემატება კოსმიური გამოსხივების მუდმივი ნაკადი.

ხანგრძლივი დროის მანძილზე ბუნებრივი რადიონუკლიდები მაიონიზირებელი გამოსხივების ერთადერთი მიზეზი იყო, მაგრამ XX ს-ის დასაწყისში გაჩნდა ანთროპოგენური წარმოშობის არაერთი სხვა წყარო. მათ მიეკუთვნება დედამიწის სიღრმიდან სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვებისას ამოტანილი ბუნებრივი რადიონუკლიდები. ამ შემთხვევაში გარემოს გაბინძურებას იწვევენ ქვანახშირზე მომუშავე ელექტროსადგურები, ზოგიერთი სამშენებლო მასალა, სასოფლო-სამეურნეო სასუქების წარმოება და სხვა.

II მსოფლიო ომის შემდეგ დედამიწაზე გაჩნდა გარემოს უარყოფითი ცვლილების გამომწვევი კიდევ ერთი წყარო — ბირთვული დაშლის პროდუქტები, რომლებიც გარემოს რადიოაქტიურ დაბინძურებას იწვევენ. ამ მხრივ ყველაზე სახიფათოა ატომური ყუმბარების გამოცდა, რომელსაც მოსდევს ათასობით კილომეტრზე რადიოაქტიური ნარჩენების გაბნევა. როგორც სხვა ნივთიერებები, ისინიც ბოლოს და ბოლოს ოკეანურ წყლებში ხვდებიან.

1945-86 წლებში მსოფლიოში 1500-მდე ბირთვული აფეთქება განხორციელდა; შედეგად, ატმოსფეროში რადიონუკლიდების უზარმაზარი რაოდენობა გავრცელდა და შემდეგ დედამიწის სხვადასხვა რეგიონში დაილექა. ამან მნიშვნელოვნად შეცვალა პლანეტის რადიოეკოლოგიური სიტუაცია.

60-იანი წლებიდან, ატომური ელექტროსადგურების, სამთომომპოვებელი და სამთოგადამამუშავებელი საწარმოების და რადიოქიმიური ქარხნების მიერ დაგროვილ რადიოაქტიურ ნარჩენებთან ერთად, აღმოცენდა გარემოს გაბინძურების ახალი წყარო — ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებზე. ატომური ენერგეტიკის არსებობის მანძილზე სხვადასხვა ტიპის 150-ზე მეტი ავარია მოხდა, რომელთა შორის, როგორც რადიაციის დონით, ისე გაბინძურებული ტერიტორიის სიდიდით, ჩერნობილის ავარია ერთ-ერთი ყველაზე დიდი იყო.

შ ე ი ა რ ა ღ ე ბ ა — გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების მნიშვნელოვანი წყაროა. სამხედრო პოტენციალის ზრდა თავისთავად გულისხმობს მრეწველობის მრავალი დარგის განვითარებას.

სუპატაშვილის (2001) მონაცემებით, გასული საუკუნის 80-იან წლებში ყოველდღიურად მსოფლიოში სამხედრო მიზნებისათვის 2,2 მლრდ დოლარი იხარჯებოდა, მაშინ როდესაც, მაგალითად, მალარიასთან ბრძოლის პროგრამის რეალიზება არ აღემატებოდა 29 მლნ დოლარს.

გარემოს ზიანს აყენებს სხვადასხვა სახის პოლიგონი, საწყობები, სამარხები. განსაკუთრებით გადაულახავ პრობლემებს ქიმიური და ატომური იარაღებისათვის განკუთვნილი ობიექტები, ბირთვული იარაღის წარმოების და ატომური წყალქვეშა ნავების ბირთვული საწვავის ნარჩენები ქმნიან.

ბირთვული ომის შემთხვევაში ძალზე დიდია ეკოლოგიური საშიშროება. მსოფლიოში დაგროვილი ბირთვული იარაღის საერთო სიმძლავრე 12 000 მეგა-ტონას შეადგენს. მისი ამოქმედებისას შესაძლოა განვითარდეს შეუქცევადი გლობალური პროცესები, რომელთა ყველა შედეგის პროგნოზი დღეს ძნელია.

მელიორაციული და წყალსამეურნეო ობიექტების მშენებლობა ხშირად უდიდეს ზარალთანაა დაკავშირებული. ესაა ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების ცვლილება, ნიადაგებისა და წყლის გაბინძურება, მცენარეული საფარის დაზიანება, ეროზიული პროცესების გააქტიურება და ა. შ. შესაბამისად, ხანგრძლივი პროგნოზის მეთოდების დადგენას ასეთი სამუშაოების განხორციელების დროს უაღრესად დიდი გარემოსდაცვითი მნიშვნელობა აქვს (მირცხულავა, 1992).

სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები — გარემოს გაბინძურების ერთ-ერთი ყველაზე საშიში წყაროა. ჯერ კიდევ 60-იან წლებში ზღვებში ყოველწლიურად 700 მლრდ $მ^3$ ნახმარი წყალი ჩაედინებოდა; აქედან 2/3 — საყოფაცხოვრებო იყო. რ. პარსონის მონაცემებით, 60-იანი წლების ბოლოსათვის აშშ-ის მდინარეებში ჩაღვრილი საყოფაცხოვრებო წყლების თითქმის 25% დაუმუშავებელი იყო, 31% მხოლოდ პირველად დამუშავებას გადიოდა, 44%-ს სრულად ამუშავებდნენ, მაგრამ წყლის სისუფთავის აღდგენა მხოლოდ 80%-ით ხერხდებოდა. ეს საკითხი დაწვრილებით წიგნის მომდევნო განყოფილებაშია განხილული.

20. ატმოსფერო და მისი გაბინძურება

თანამედროვე ატმოსფერო სიცოცხლის განვითარებასთან ერთად ჩამოყალიბდა. მოლეკულური ჟანგბადი, რომელსაც პირველადი ატმოსფერო არ შეიცავდა, მწვანე მცენარეების განვითარების პარალელურად გროვდებოდა. ჩვენს დროში ატმოსფეროს შედგენილობა მისი ძირითადი კომპონენტების მიხედვით მეტ-ნაკლებად სტაბილურია (იხ. ცხრილი 2.). მისი საერთო მასა $5{,}2 \cdot 10^{19}$ ტ-ს შეადგენს, აქედან 9/10 – ტროპოსფეროშია.

დედამიწაზე დაცემული მზის ენერგიის „დოზას“ ატმოსფერო არეგულირებს. ეს რომ არა, დღისით მზე დედამიწის ზედაპირს 100°C-მდე გააცხელებდა, ღამე კი ტემპერატურა -100°C-მდე დაეცემოდა. ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე მუდმივად ეცემა მზისა და სხვა კოსმიური გამოსხივების მძლავრი ნაკადი. იგი დედამიწის ზედაპირს შეუფერხებლად რომ აღწევდეს, აქ სიცოცხლე ვერ განვითარდებოდა. კოსმიური გამოსხივების შეკავებას ატმოსფერო არეგულირებს.

ცხრილი 2. ატმოსფეროს გაზობრივი შედგენილობა

გაზები	მოცულობა (%-ობით)
აზოტი	78,1
ჟანგბადი	20,9
არგონი და სხვა ინერტული გაზები	0,95
ნახშირორჟანგი	0,03
ოზონი	0,000002

ატმოსფეროს ერთ-ერთი თავისებურებაა მისი გამჭვირვალობა, რომელსაც უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივებისათვის და, ამდენად, ყველა ორგანიზმის სიცოცხლისათვის. ფოტოსინთეზს — მზის ენერგიის ფიქსაციის ერთადერთ წყაროს — სწორედ ამ სხივების ინტენსივობა განსაზღვრავს. ულტრაიისფერი გამოსხივების დონის მატება სხვადასხვა ხასიათის ავადმყოფურ მოვლენებს იწვევს, გამოსხივების დონის დაცემა — პათოგენურ მიკროორგანიზმთა მასობრივ გამრავლებას. დიდია ატმოსფეროს გამჭვირვალობის როლი დედამიწაზე სითბოს ბალანსის რეგულირების თვალსაზრისითაც.

ატმოსფეროსთანაა დაკავშირებული ჟანგბადის, ნახშირბადის, აზოტის, წყლის და სხვათა წრებრუნვა. საჰაერო სივრცე გიგანტური რეზერვუარის როლს ასრულებს, სადაც ეს ნივთიერებები გროვდება და, ამავე დროს, მთელ დედამიწაზე ნაწილდება.

უკანასკნელი 100–150 წლის მანძილზე ატმოსფეროში გარკვეული ცვლილებები შეინიშნება. ეს ეხება ატმოსფეროს ძირითად კომპონენტებს და მათ წყაროებს. ამ მხრივ ყურადღებას, პირველ რიგში, ჟანგბადი იმსახურებს. მას შემდეგ, რაც ატმოსფეროში ჟანგბადის რაოდენობამ 1%-ს გადააჭარბა, ცოცხალმა ნივთიერებამ ინტენსიური განვითარება დაიწყო, შეიქმნა ოზონური ეკრანი, რომელიც ბიოსფეროს მაღალი ენერგიის კოსმიური სხივებისაგან იცავს. ატმოსფეროში O_2-ის შემცირება გამოიწვევდა ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედების დაცემას და მის თანმხლებ სხვა უარყოფით მოვლენებს.

ყოველწლიურად ჩვენს პლანეტაზე $1 \cdot 10^{10}$ ტ ჟანგბადი იწვის. უკანასკნელი საუკუნეების მანძილზე გამოყენებულია თითქმის იმდენივე ჟანგბადი, რამდენიც ბოლო მილიონი წლის განმავლობაში; ეს შეადგენს მარაგის დაახლოებით 0,02%-ს. ვარაუდობენ, რომ თუ პროცესი ასე გაგრძელდა, 100–150 წლის შემდეგ ჟანგბადის შემცველობა 1,5–2%-ით დაიკლებს.

ბიოსფეროში ჟანგბადის დაგროვებას მცენარეული საფარი განაგებს. ამას ემატება მსოფლიო ოკეანეში მწვანე წყალმცენარეთა როლი. მათი საერთო მასა კატასტროფულად ეცემა, რაც, უპირველესად წყლის გაბინძურებასთანაა დაკავშირებული. ჰაერის გაბინძურება მცენარის ზრდას საგრძობლად ამუხრუჭებს, ჟანგბადის გამოყოფის ინტენსივობა ინდუსტრიულ რაიონებში საშუალოდ ორჯერ დაბალია, ვიდრე სუფთა გარემოში.

ატმოსფეროსთან დაკავშირებული მეორე პრობლემა — ნახშირორჟანგის ინტენსიური ემისიაა. ამ გაზის შემცველობა ატმოსფეროში 0,03%-ს არ აღემატება. არის მოსაზრება, რომ XXI ს-ის I ნახევარში CO_2-ის რაოდენობა 0,04%-მდე გაიზრდება. ერთი შეხედვით, ასეთი ცვლილება არ უნდა იყოს საგანგაშო, რადგან CO_2-ის კონცენტრაციის ზრდა აუმჯობესებს მცენარეთა სასიცოცხლო პირობებს. მაგრამ, რეალურად, ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მომატება პროცენტის მეასედებშიც კი გამოიწვევს ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შესამჩნევ

ცვლილებას და დაბრკოლებას შეუქმნის დედამიწის ზედაპირიდან არეკლილ თბურ გამოსხივებას.

ჰაერის მოცულობის 3/4-ზე მეტს აზოტი შეადგენს. მისი რაოდენობა, ერთი მხრივ, აზოტმაფიქსირებელი მიკროორგანიზმების და წყალმცენარეების, მეორე მხრივ, დენიტრიფიკატორ ბაქტერიების ცხოველმოქმედების შედეგად მეტ-ნაკლებად გაწონასწორებულია. მაგრამ აზოტის სამრეწველო გამოყენებამ შესაძლოა მნიშვნელოვნად შეცვალოს ბალანსი. ვარაუდობენ, რომ ამჟამად სამრეწველო მიზნებისათვის წელიწადში იხარჯება მილიარდამდე ტ აზოტი, ანუ რამდენჯერმე მეტი, ვიდრე მას დენიტრიფიკატორები გამოიმუშავებენ. მიუხედავად უზარმაზარი ატმოსფერული მარაგისა, ეს გარემოება სერიოზულ პრობლემებს ქმნის.

უცვლელი არც ატმოსფერული ორთქლია. ამ მხრივ ყურადღებას ჰაერის ზედა ფენები, პირველ რიგში, სტრატოსფერო იმსახურებს, სადაც ზებგერითი თვითმფრინავების გავლენით დიდი რაოდენობით კონდენსირებული წყალი იტყორცნება. ამ მოვლენის როლი ჯერჯერობით არაა ბოლომდე დადგენილი. არ გამორიცხავენ, რომ წყლის გაჩენა სტრატოსფეროში ოზონის შემცირებას და, შედეგად, მისი დამცველი ფუნქციის შესუსტებას უწყობს ხელს.

ატმოსფეროს გაბინძურება გლობალური პრობლემაა. ამის ერთერთი დასტურია გაბინძურების ფაქტები ადამიანის საცხოვრებელი გარემოდან ძლიერ დაშორებულ რეგიონებში. ასე, 60-იანი წლების მონაცემებით, იელოუსტონის ნაციონალურ პარკში, სადაც ჰაერი როგორც თვლიან, ყველაზე სუფთაა აშშ-ში, სულ რაღაც 10 წლის მანძილზე გაბინძურება 2-3-ჯერ გაიზარდა.

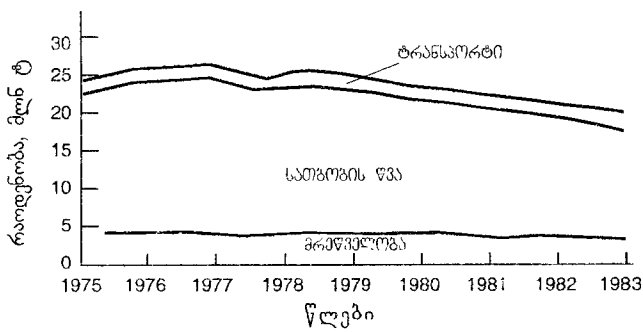
ადამიანის მოღვაწეობის რომელი სფერო განაპირობებს ემისიის კონკრეტულ სახეობას? რატომ იწვევს გაზობრივი მინარევები ატმოსფერული ეფექტების ასეთ დიდ მრავალფეროვნებას? რამდენად სერიოზულია ამ ეფექტების როლი პლანეტის მომავლისათვის? სამწუხაროდ, ამომწურავი პასუხი ყველა ამ კითხვაზე ჯერ არაა გაცემული. საქმე ისაა, რომ ატმოსფეროში გაზების აქტივობის მექანიზმები და მათი ურთიერთქმედების განმსაზღვრელი პროცესები მეტად რთულია, ზოგჯერ ბუნდოვანიც. გაზობრივი შედგენილობის, ტემპერატურის, მზის რადიაციის, ღრუბლიანობის, ატმოსფერული ნალექების და სხვათა შესაბამისად, ქიმიური პროცესები მნიშვნელოვნად იცვლება.

ცხრილი 3. ზოგიერთი მავნე აირის ანთროპოგენური წყაროები, თ. გრეიდელის და პ. კრუტცენის (1989) მიხედვით

აირი	ძირითადი წყაროები
ნახშირბადის მონოქსიდი (CO)	წიაღისეული სათბობის და ბიომასის წვა, ავტოტრანსპორტი
ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2)	წიაღისეული სათბობის და ტყეების წვა
მეთანი (CH_4) და სხვა ნახშირწყალბადები	წიაღისეული სათბობის მოპოვება, ავტოტრანსპორტი, ნაგავსაყრელები, ბრინჯის ნათესები
აზოტის მონოქსიდი (NO) და დიოქსიდი (NO_2) – NOx	წიაღისეული სათბობის და ბიომასის წვა, ავტოტრანსპორტი
აზოტის სუბოქსიდი (N_2O)	ბიომასის წვა, აზოტის სასუქები
გოგირდის დიოქსიდი (SO_2)	წიაღისეული სათბობის წვა, მეტალურგია, ავტოტრანსპორტი
ქლორფთორნახშირბადი (ფრეონი)	აეროზოლები, ფრეონები, ქაფები, მეტალურგია

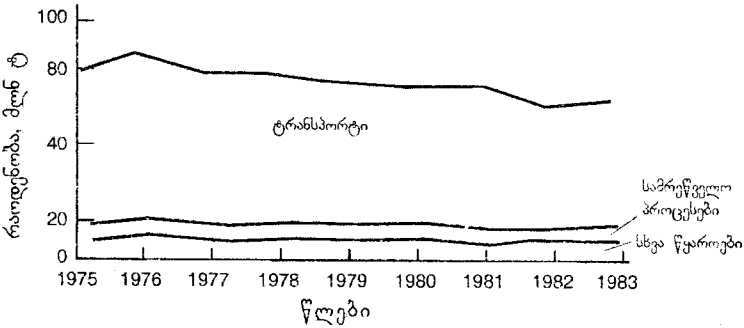
მონაცემები ატმოსფეროს გაბინძურების ძირითადი წყაროების შესახებ მე-3 ცხრილშია შეჯამებული.

80-იანი წლების მონაცემებით, წლის მანძილზე ატმოსფეროში 200 მლნ-მდე ტ ნახშირბადის ოქსიდი, 150 მლნ-მდე ტ გოგირდის დიოქსიდი, 53 მლნ ტ აზოტის ოქსიდები, 250 მლნ-მდე ტ მტვერი, 120 მლნ-მდე ტ ნაცარი, 50 მლნ-მდე ტ სხვადასხვა ნახშირწყალბადი გამოიყოფა.



სურ. 33. გოგირდის ოქსიდების წყაროები და რაოდენობა აშშ-ში (აშშ გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემები), პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

გარემოს გამაბინძურებელ ნივთიერებათა კოლოსალური რაოდენობის მიუხედავად, ატმოსფეროს ძირითადი კომპონენტების (აზოტი, ჟანგბადი, კეთილშობილი გაზები, რომელთა საერთო მოცულობა 99,9%-ს შეადგენს) კონცენტრაცია ჯერჯერობით შედარებით უმნიშვნელოდ იცვლება; ატმოსფეროში მიმდინარე უარყოფითი მოვლენები დაკავშირებულია ზოგიერთი მეორეხარისხოვანი კომპონენტების კონცენტრაციის მატებასთან. მაგალითის სახით მოგვყავს ზოგი მავნე აირის წყაროები და მათი რაოდენობა აშშ-ში 70-80-იან წლებში (სურ. 33-36).

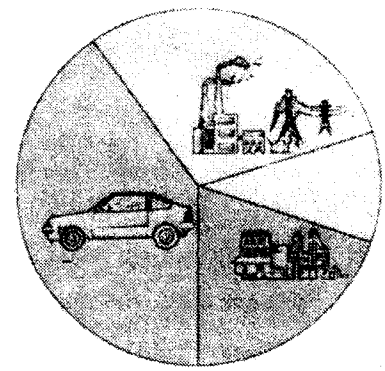


სურ. 34. ნახშირბადის ოქსიდების წყაროები და რაოდენობა აშშ-ში (აშშ გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემები), პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

SO_2-ის შემცველობა ატმოსფეროში იშვიათადაა 50 მლრდ$^{-1}$-ზე მეტი, მაგრამ ესეც საკმარისია ისეთი უარყოფითი მოვლენებისათვის, როგორიცაა მჟავე წვიმები, ქვის და მეტალის კოროზია, დაბალი ხილვადობა და სხვა. NO_x, რომლის კონცენტრაცია ასევე მეტად დაბალია, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მჟავე ნალექის და ბოლნისლის წარმოქმნაში. ქლორფთორნახშირბადი (ფრეონი), რომლის შემცველობა ატმოსფერულ ჰაერში მხოლოდ ერთ მემილიარდედს შეადგენს, ოზონის შრის გათხელების ძირითადი მიზეზია სტრატოსფეროში. ამის გარდა, მეთანთან (CH_4), აზოტის სუბოქსიდთან (N_2O) და ნახშირორჟანგთან (CO_2) ერთად, იგი არის გლობალური დათბობის მიზეზი.

21. ჰიდროსფერო და მისი გაბინძურება

ჰიდროსფერო — დედამიწის წყლიანი გარსი — მოიცავს ოკეანეებს, ზღვებს, ტბებს, მდინარეებს, ჭაობებს, მიწისქვეშა წყლებს. დედამიწაზე



სურ. 35. აზოტის ოქსიდების წყაროები აშშ-ში, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

წყლის საერთო რაოდენობა დაახლოებით 1 386 მლნ კმ^3-ს შეადგენს. ოკეანეებისა და ზღვების საერთო ფართი 2,5-ჯერ აღემატება ხმელეთისას. მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე 3 704 მ-ია, მაქსიმალური – 11 034 მ. მისი მოცულობა დედამიწის საერთო მოცულობის 0,1%-ს არ აღემატება.

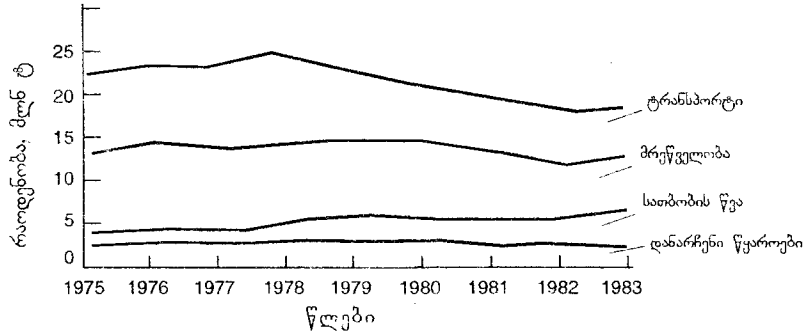
ჰიდროსფეროს 2,5% მტკნარია და შეადგენს დაახლოებით 7 მლნ მ^3-ს პლანეტის თითოეულ მაცხოვრებელზე. მაგრამ მისი დიდი ნაწილი ძნელადმისაწვდომია. თითქმის 70% პოლარული ქვეყნებისა და მთების ყინულოვან საფარშია დაკავებული.

ტბების საერთო ფართი 2 მლნ კმ^2-ზე ცოტა მეტია. ყველაზე მსხვილი მტკნარი წყალსაცავი წყლის სარკის მიხედვით (82 680 კმ^2) – ზედა ტბაა (აშშ), მაგრამ წყლის მოცულობით (11600 კმ^3) იგი ბევრად ჩამორჩება ბაიკალის ტბას (24 000 კმ^3). ჭაობების ფართი დაახლოებით 3 მლნ კმ^2-ია, აქედან 60% ყოფილ სსრკ-შია.

მდინარეები შეადგენენ წყლის მსოფლიო მარაგის 0,002%-ს, მიწისქვეშა წყლები – 1,7%-ს, ატმოსფერული წყლები – 0,001%-ს, ბიოლოგიური ანუ ცოცხალი ორგანიზმების შემცველი წყლები – 0,0001%-ს.

წყლის გამოყენება მრეწველობაში და სოფლის მეურნეობაში წლიდან წლამდე იზრდება; ამჟამად მატება 3,1%-ს შეადგენს წელიწადში. თანამედროვე მოსახლეობა იყენებს 3000 კმ^3-ზე მეტ მტკნარ წყალს წელიწადში. ყველაზე მეტი რაოდენობით იგი სოფლის მეურნეობაში იხარჯება. მაგალითად, 1 ტ ხორბალი საჭიროებს 1500 ტ წყალს, 1 ტ ბრინჯი – 7000 ტ, 1 ტ ბამბა – 10000 ტ წყალს.

1 ტ ფოლადისა და თუჯის დამზადებაზე იხარჯება 15-20 მ^3 წყალი, აბრეშუმზე – 300-400, სინთეზურ ბოჭკოზე – 500, სპილენძზე – 500, პლასტმასებზე – 500-1000, სინთეზურ კაუჩუკზე – 2-3 ათასი მ^3 წყალი.



სურ. 36. ნახშირწყალბადების წყაროები და რაოდენობა აშშ-ში (აშშ გარემოს დაცვის სააგენტოს მონაცემები), პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

«წყლის გაბინძურება თანამედროვეობის ერთ-ერთი სერიოზული პრობლემაა. თუ ატმოსფეროს ცვლილება ჯერჯერობით მხოლოდ პოტენციურ საშიშროებას უქმნის ბიოსფეროს, კონტინენტური და ოკეანური წყლების გაბინძურება, შეიძლება ითქვას, ჩვენი ყოველდღიური საზრუნავია.»

«მსოფლიო ოკეანე მილიონი წლების მანძილზე გიგანტური საფილტრაციო სისტემის ფუნქციას ასრულებდა. მაგრამ ამ ფუნქციას იგი თანდათან კარგავს, რადგან არ ძალუძს გადაამუშაოს აურაცხელი შხამქიმიკატი, სარეცხი საშუალება, პლასტიკური მასა, რომლის დიდი ნაწილი მისთვის ბოლო დრომდე უცხო იყო.»

150-200 წლის წინათ მტკნარი წყლის პრობლემა ჯერ კიდევ არ იდგა კაცობრიობის წინაშე. მაგალითად, მდ. ტემზა XIX ს-ის დასაწყისში საკმაოდ სუფთა იყო და მასში შეიძლებოდა ორაგულის ჭერა. XVIII ს-ის ბოლომდე პარიზელები სასმელ წყალს პირდაპირ მდ. სენიდან იღებდნენ. ტემზაში ორაგული დიდი ხანია მოისპო, სენა კი მდინარისა და ჩამდინარე წყლების ნარევია.

უკეთეს მდგომარეობაში არც სხვა მდინარეებია. მაგალითად, რეინში 80-იანი წლების მონაცემებით, ყოველწლიურად 941 ტ ვერცხლისწყალი, 1740 ტ დარიშხანი, 1700 ტ ტყვია, 1400 ტ სპილენძი, 13 000 ტ თუთია, 100 ტ ქრომი, 20 მლნ ტ სხვადასხვა მარილი იყრება.

იაპონიაში თითქმის აღარ დარჩა მეტ-ნაკლებად დიდი მდინარე, რომელშიც ბანაობა შეიძლებოდეს; ეს მდინარეები სამრეწველო ჩამდინარე წყლებითაა გაბინძურებული.

50-იან წლებში ბაიკალის ტბის სიახლოვეს ცელულოზ-მუყაოს ორი ქარხანა აშენდა. უგულებელყოფილი იყო ტბის სასმელი წყლის უნიკალურობა (იგი შეიცავს მტკნარი წყლის მსოფლიო მარაგის დაახლოებით 1/6-ს) და ცხოველთა მრავალი ენდემური სახეობა. რამდენიმე წლის შემდეგ ტბის ჰიდროქიმიურ რეჟიმში სერიოზული ცვლილებები აღინიშნებოდა.

როგორც შემდეგ გაირკვა, ყოველდღიურად ქარხნიდან ტბაში 150 000 მ³ წყალი ჩაედინება, რომლის მუტაგენური თვისებები შენარჩუნებულია მისი 50-100-ჯერადი გაზავების შემდეგაც კი; ყოველდღიურად ატმოსფეროში 100 ტ-მდე მავნე ნივთიერება იფრქვევა, საიდანაც 19 ტ — აეროზოლია, 3,5 ტ — გოგირდის დიოქსიდი; წლის განმავლობაში ტბაში 18 000 ტ ქლორი ჩადის. ულან-უდე დღეში 120 000 მ³ საწარმოო ჩამდინარე წყალს გამოიმუშავებს, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ცხიმებს, ნავთობპროდუქტებს, მძიმე ლითონებს. ყოველწლიურად მდ. სელენგას ბაიკალში 12 000 ტ მინერალური, 3,5 ათასი ტ ორგანული, 135 ტ შეტივტივებული ნივთიერება ჩააქვს.

ხმელთაშუა ზღვის სახელგანთქმული პლაჟები ხშირადაა გაბინძურებული მდგრადი მიკროორგანიზმებით. ძირითადი მიზეზი სანაპირო ქალაქების ფეკალური წყლებია. არანაკლები მნიშვნელობა აქვთ ცელულოზ-ქაღალდის კომბინატების, კვების მრეწველობის სხვადასხვა ობიექტის (სასაკლაოები, რძის, შაქრის, ყველის ქარხნები) გაბინძურებულ წყლებს.

არტაშონის აუზი (ბისკაის ყურე, საფრანგეთი) ამ თვალსაზრისით სავალალო მაგალითია. ცელულოზ-ქაღალდის კომბინატებმა ნამდვილ კლოაკად აქციეს ეს უნიკალური მხარე. არტაშონის აუზის ზოგიერთ რაიონში ზღვა თანდათან კვდება, მცენარეები და ცხოველები ისპობა, ზღვის პროდუქტების საკვებად გამოყენება საშიშია, ერთ დროს განთქმული სახამანწკე ფერმები წყვეტენ მუშაობას; მხოლოდ 1960-65 წწ-ში წყლის გაბინძურების გამო 60-ზე მეტი ფერმა გაუქმდა.

გაბინძურებულია ბალტიის ზღვაც, სადაც 200-მდე მდინარე ჩაედინება. მის 20 000 კმ-იან სანაპირო ზოლზე 60-მდე მსხვილი ქალაქია გაშენებული. იგივე შეიძლება ითქვას შავ ზღვაზეც, სადაც ყოველწლიურად რამდენიმე ათასი ტ ბიოგენური, 1,5-2 მლნ ტ ორგანული ნივთიერება ჩადის. შავ ზღვაში გოგირდწყალბადის კონცენ-

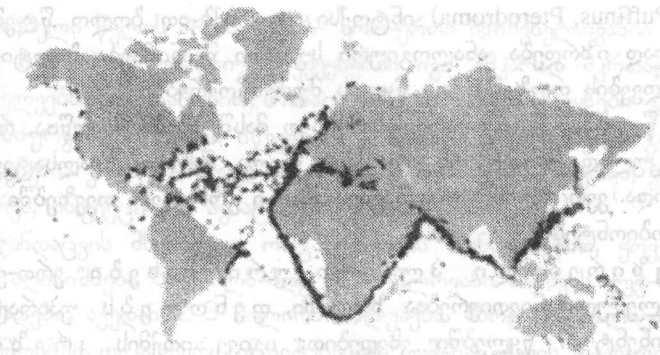
ტრაცია მატულობს, რაც, პირველ რიგში, ორგანულ ნივთიერებებთანაა დაკავშირებული.

როგორც აღინიშნა, ტყვიის ერთ-ერთი წყარო ავტოტრანსპორტია. ვარაუდობენ, რომ ჰიდროსფეროში ყოველწლიურად 25000 (სხვა მონაცემებით 150–200 ათასი) ტ ტყვია ხვდება; ჩრდ. ატლანტიკის წყლებში 1920–65 წწ-ში ამ მეტალის კონცენტრაციამ 0,01-დან 0,07 მგ/ლ-მდე მოიმატა.

ვერცხლისწყლის წლიურმა მსოფლიო მარაგმა 10000 ტ-ს გადააჭარბა. აქედან ყოველწლიურად ოკეანეში 5000-მდე ტ ხვდება. კანადაში მდ. ინგლიშ-რივერი ქლორისა და კაუსტიკური სოდის დამამზადებელი ქარხნების ჩანარეცხით წლების მანძილზე იწამლებოდა ვერცხლისწყლით. სპეციალისტების დასკვნით, 70-იან წლებში ეს ქარხნები ყოველ ტონა დამზადებულ პროდუქტზე ჩამდინარე წყლებში 100–200 გრ ვერცხლისწყალს უშვებდნენ.

ბუნებრივ წყლებში დარიშხანის დასაშვები კონცენტრაცია 1–3 მკგ/ლ-ს შეადგენს, მაგრამ ხშირად ეს მაჩვენებელი მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი. ჩვენ მიერ ხსენებულ რაჭის და ქვემო სვანეთის სამთო-ქიმიური ქარხნების ახლომდებარე მდინარეთა წყლებში დარიშხანის კონცენტრაცია ზოგჯერ ორ-სამ ათეულ მკგ/ლ-ს აღწევდა, ხოლო სოფელ ურავთან თოვლში კონცენტრაცია ხშირად 45–100 მკგ/ლ-მდე იზრდებოდა.

ნახშირწყალბადები კონტინენტური და ოკეანური წყლების გაბინძურების მნიშვნელოვანი წყაროა. ნავთობის მოპოვებასთან ერთად ამას ხელს უწყობს მისი ტრანსპორტირება და ნავთობპროდუქტების მრავალმხრივი გამოყენება. დღეს ზღვებში ყოველწლიურად 1 მლრდ-ზე მეტი ტ ნავთობი გადაიტანება; 0,1–0,2% — ტანკერების რეცხვისას გემის განტვირთვის შემდეგ ოკეანეში მეტ-ნაკლებად „ლეგალურად“ ხვდება. ამ მხრივ მსოფლიოში ერთ-ერთი ყველაზე გაბინძურებული რეგიონი ლა-მანშია და პა-დე-კალეს სრუტეა; აქ ყოველდღიურად 300-მდე გემი გადის, რომელთა დიდი ნაწილი ბალასტიან წყალს ოკეანეში ღვრის (სურ. 37). არაფერს ვამბობთ ნავთობსაზიდი გემების ავარიების შესახებ. მხოლოდ 1960–70 წწ-ში ავარიების რაოდენობა მსოფლიო მასშტაბით 500-ს აღწევდა.



სურ. 37. ნავთობის ლაქები მსოფლიო ოკეანეში 80-იანი წლების დასაწყისში, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

არანაკლებ საშიშია ზღვაში ნავთობის ჭაბურღილების მწყობრიდან გამოსვლა. პირველი ავარია კალიფორნიის შელფზე მოხდა, რომლის დროს ზღვაში აუარებელი ნავთობი ჩაიღვარა.

ორგანულ სინთეზირებულ ნაერთებს შორის ჰიდროსფეროს გაბინძურების თვალსაზრისით დიდი მნიშვნელობა აქვს სარეცხ საშუალებებს, პოლიქლორბიფენილებს, ფენოლებს, პლასტმასის ნაწარმს. სარეცხი საშუალებები შეიცავს აქტიურ ნაერთებს — დეტერგენტებს და დამატებით ინგრედიენტს — არომატულ ნივთიერებებს, მათეთრებელ საშუალებებს, რომლებიც მაღალი ტოქსიკურობით გამოირჩევა. მდინარეებში მოხვედრილი დეტერგენტები ხშირად ძლიერ ქაფდება, ისე, რომ წყლის ზედაპირზე გადაკრული ქაფის სქელი ფენა თევზებისა და სხვა ჰიდრობიონტების მასობრივ გაგუდვას იწვევს.

პესტიციდების წარმოება და გამოყენება დიდ საშიშროებას უქმნის ჰიდროსფეროს. ერთი მხრივ, ხდება ზღვებისა და კონტინენტური წყლების გაბინძურება მათი წარმოების ნარჩენებით. ამის გარდა ტყეებისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დამუშავება ხელს უწყობს ტოქსიკური ნივთიერებების დაგროვებას ნიადაგის ზედა ფენებში, საიდანაც ისინი წვიმისა და გრუნტის წყლებით მდინარეებში ჩადიან.

პოლიქლორბიფენილების (პქბ) მოლეკულური სტრუქტურა ახლოა დდტ-სთან. ისინი უპირატესად პლასტმასის წარმოებაში გამოიყენება. პქბ-ს ვხვდებით როგორც ტბებში, ისე ოკეანურ წყლებში. შვედი მეცნიერების მონაცემებით, ზღვის ფრინველების (გვარები

Fulmarus, Puffinus, Pterodroma) ინტოქსიკაცია პქბ-ით ბოლო წლებში საგრძნობლად იზრდება. ანალოგიური სურათი შეინიშნება ბალტიისა და ჩრდ. ზღვების თევზებსა და წყლის ძუძუმწოვრებში.

80-იან წლებში პქბ-ის წარმოებამ ისეთ მასშტაბებს მიაღწია, რომ ის პრაქტიკულად მსოფლიოს თითქმის ყველა მსხვილ წყალსატევში აღინიშნებოდა. ვერცხლისწყლის მსგავსად, იგი გროვდება თევზებში და სხვა ჰიდრობიონტებში.

სინთეზირებული პლასტიკური მასები ერთ-ერთი გავრცელებული ნივთიერებაა ზღვებში, ფენოლებს უპირატესად კონტინენტურ წყლებში ვხვდებით; იგივე ითქმის კრეზოლების და მათი ჰომოლოგების შესახებ.

ატომური რეაქტორების გაცივებისათვის წყლის დიდი რაოდენობაა საჭირო; 1000 მეგა-ვატის სიმძლავრის ატომურ ელექტროსადგურს სჭირდება 320 000 ლ წყალი წუთში, ანუ 4,5 მლრდ ლ დღე-ღამეში. დანადგარის უმნიშვნელო მოშლილობის მიზეზითაც კი ნარეცხი წყალი ხშირად რადიოაქტიურია.

ატომური ელექტროსადგურების ავარიები, რომლებიც თავისი მრავალმხრივი შედეგებით ხშირად ათეული წლების მანძილზე გვახსენებენ თავს, მეტად სახიფათოა.

დიდ საშიშროებას ქმნის მაღალაქტიური ნარჩენები ატომური იარაღის წარმოებისას. ჩვეულებრივ, მათ რკინაბეტონის კონტეინერებში ათავსებენ, რომლებიც ოკეანის სიღრმეებში იძირება. ამ ოპერაციის შესაძლო შედეგებს არ სჭირდება კომენტარი; საქმე ისაა, რომ კონტეინერის შენახვის პერიოდი შეუდარებლად მცირეა რადიოაქტიური ნივთიერების დაშლის პერიოდზე.

დიდი ხანია ცნობილია საყოფაცხოვრებო წყლების მნიშვნელობა ინფექციურ დაავადებათა გავრცელებაში. ამის შესახებ ჯერ კიდევ ძველი ბერძნები მიუთითებდნენ. მაგალითად, ჰიპოკრატე, სამედიცინო ეთიკის ძველი დამცველი, თვლიდა, რომ სასმელი წყალი წინასწარ ადუღებას ან გაფილტვრას საჭიროებს. ამის მიუხედავად, გასული საუკუნის ბოლომდე ადამიანებს ჯერ კიდევ არ სჯეროდათ, რომ დაავადებათა გავრცელების ერთ-ერთი ძირითადი წყარო ბინძური წყალია. ამიტომ საყოფაცხოვრებო ნარჩენებს ისინი ხშირად იმავე მდინარეში უშვებდნენ, საიდანაც იღებდნენ სასმელ წყალს.

სასმელი წყლის პრობლემა — ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მსოფლიოში, მაგრამ ინდუსტრიულ ქვეყნებში იგი აშკარად მკრთალდება იმ სიძნელეებთან შედარებით, რასაც განვითარებადი ქვეყნები განიცდიან. გაბინძურებული წყალი იწვევს რიგი საშიში დაავადებების გავრცელებას; ესენია ქოლერა, მუცლის ტიფი, ამებური დიზენტერია, ვირუსული დიარეა, ინფექციური ჰეპატიტი და სხვ.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის მონაცემებით, ყოველწლიურად აღინიშნება 500 მლნ-მდე მცირეწლოვანი ბავშვის კუჭ-ნაწლავით დაავადება; აქედან 2-3 მილიონი იღუპება. მხოლოდ ინდოეთში 1941-50 წლებში ფეკალური ინფექციებით კუჭ-ნაწლავის დაავადების გამო 27 430 ადამიანი დაიღუპა.

ფილტრაციის მასობრივი გამოყენება წყლის უვნებელყოფის მიზნით მხოლოდ XIX ს-ში დაიწყო. პირველი საფილტრაციო დანადგარი ნიუ-იორკის შტატში 1870 წელს აშენდა, მოგვიანებით იგი გერმანიაშიც გავრცელდა, XIX ს-ის 90-იან წლებში დანადგარები ევროპის სხვა ქვეყნებშიც ააშენეს.

ჰამბურგი და ალტონა — გერმანიის მეზობელი ქალაქებია მდ. ელბაზე. XIX ს-ის ბოლოს ალტონაში წყალი იფილტრებოდა, ჰამბურგში საფილტრაციო დანადგარები არ იყო. 1892 წელს ჩრდ. გერმანიაში ქოლერის ეპიდემია მძვინვარებდა. ჰამბურგში სიკვდილიანობა შეადგენდა ერთს 1 000 სულზე, ალტონაში კი დაავადებულთა და დაღუპულთა რაოდენობა 25%-ით ნაკლები იყო. ვარაუდობენ, რომ განსხვავება კიდევ უფრო თვალსაჩინო იქნებოდა ალტონის მრავალი მაცხოვრებელი სამუშაოს გამო ჰამბურგთან რომ არ ყოფილიყო დაკავშირებული.

22. ლითოსფერო და მისი გაბინძურება

ნიადაგი ფარავს ხმელეთის უდიდეს ნაწილს; გამონაკლისია ყინულოვანი საფარველით, ბარხანებით, კლდეებით, ქვიანი ყრილებით დაკავებული ტერიტორიები. ხმელეთის ფართი 14 800 მლნ ჰა-ს შეადგენს; აქედან დაახლოებით 45% უდაბნოები, ნახევრადუდაბნოები, მუდმივი თოვლით დაფარული სივრცეები, ქალაქები, სოფლები, სამრეწველო ობიექტები და სხვა ტერიტორიებია; აქ ნიადაგი არ არის ან სუსტადაა განვითარებული, ან უვარგისია გამოყენებისათვის.

სასოფლო-სამეურნეო მიზნებისათვის ათვისებულია ხმელეთის 30%; დამუშავებული მიწების ფართი ერთ სულ მოსახლეზე 0,5 ჰა-ს აღწევს.

შედარებით სრულად ათვისებულია ევროპისა და აშშ-ის მიწები. აქ მიწათმოქმედებისათვის გამოსაყენებელი რეზერვები თითქმის ამოწურულია. სამხრეთ ამერიკის, აფრიკის, ავსტრალიის, ნაწილობრივ აზიის რეზერვები ჯერ კიდევ მნიშვნელოვანია.

ნიადაგის საფარველის თანამედროვე მდგომარეობას უპირატესად ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა განსაზღვრავს. თანამედროვე ნიადაგები — ეს, პირველ რიგში, ადამიანის მრავალსაუკუნოვანი შრომის პროდუქტია. როგორც აღინიშნა, მოსავალთან ერთად მას ნიადაგიდან ორგანული და მინერალური ნივთიერებები გამოაქვს და ამით აღარიბებს ნიადაგს. ასე, 1 ჰა მიწის ფართზე აღებულ 136 ც კარტოფილთან ერთად იკარგება 48,2 კგ აზოტი, 19 კგ ფოსფორი, 86 კგ კალიუმი; ივივე ფართზე შაქრის ჭარხლის 224 ც მოსავლის აღებისას იკარგება 41,1 კგ აზოტი, 16,8 კგ ფოსფორი, 39,2 კგ კალიუმი. ძლიერი ქარბუქის დროს ხნულის 1 სმ-იანი ფენა ჰა-ზე 30 კგ აზოტს, 22 კგ ფოსფორს, 30 კგ კალიუმს კარგავს. დღეს ნიადაგის დეგრადირება რამდენიმე ასეულჯერ უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე მისი წარმოქმნა.

სახნავი მიწის ფართი განუხრელად მცირდება. მაგალითად, აშშ-ში ქალაქის ტერიტორიების გაფართოება ყოველწლიურად 350 000 ჰა-ს დაკარგვას იწვევს. ურბანიზირებულ მიწებს აქ 250-მდე მლნ ჰა უკავიათ; მიწა, სადაც წვიმის წყალი ვერ იჟონება, 50 მლნ ჰა-ს შეადგენს.

ნიადაგის დეგრადირების წყაროებია საცხოვრებელი და საყოფაცხოვრებო ობიექტები, მრეწველობის სხვადასხვა დარგი, თბოენერგეტიკა, სოფლის მეურნეობა, ტრანსპორტი, რომლებიც იწვევენ ნიადაგის გაბინძურებას მეტალებით და მათი შენაერთებით, რადიოაქტიური ნივთიერებებით, პესტიციდებით, სასუქებით და სხვ. მაგალითად, ვერცხლისწყალი ნიადაგში პესტიციდებთან და სამრეწველო ნარჩენებთან ერთად შედის. 90-იანი წლების მონაცემებით, მხოლოდ აშშ-ში მისი წლიური დაგროვება ნიადაგში 4-5 ათას ტონას აღწევს. მოპოვებული ტყვიის ყოველი ტონიდან 25 კგ გარემოში ხვდება, მისი დიდი რაოდენობა ავტომანქანების გამონაბოლქვთან ერთად გამოიყოფა. ტყვიის შენაერთები საბოლოოდ ნიადაგში და წყალსატევებში გროვდება. სამრეწველო რაიონების ნიადაგებში ტყვიის შემცველობა ხშირად 25-27-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე სოფლად.

ყოველწლიურად გარემოში სპილენძის ემისია 35 კგ/კმ^2-ს შეადგენს, თუთიისა 27 კგ/კმ^2-ს. მათი ჭარბი რაოდენობა თრგუნავს ნიადაგის

მიკროორგანიზმების ცხოველქმედებას, იწვევს მცენარეთა ზრდის შენელებას, მოსავლიანობის დაქვეითებას.

ნიადაგის დეგრადირების ერთ-ერთი მიზეზი მინერალური სასუქების უსისტემო გამოყენებაა. როგორც აღინიშნა, მოსავალთან ერთად ადამიანი ნიადაგს აცლის მცენარისათვის აუცილებელ საკვებ ელემენტებს. ნიადაგის ნაყოფიერების შენარჩუნების ერთ-ერთი გზა — ამ დანაკარგის ანაზღაურებაა სხვადასხვა სასუქის შეტანით.

მაგრამ სასუქებთან ერთად ნიადაგში მრავალი ტოქსიკური ნივთიერებაც შეიტანება; ესენია: დარიშხანი, კადმიუმი, ქრომი, კობალტი, სპილენძი, ტყვია, ნიკელი, ვანადიუმი, თუთია. ნიტრატები და ფოსფატები ხშირად მცენარეთა ქსოვილებში გროვდება, რაც საკვები პროდუქტების ხარისხის დაქვეითებას იწვევს.

ნიადაგს დიდი სანიტარულ-ჰიგიენური მნიშვნელობა აქვს. იგი არის სხვადასხვა დაავადების გამომწვევი უდაბლესი ცხოველებისა და მიკროორგანიზმების საარსებო გარემო. ნიადაგის გაბინძურება ხელს უწყობს დაავადებათა აღმოცენებას და გავრცელებას. XX ს-ის II ნახევარში ბენგალიის (ინდოეთი) ცალკეულ რაიონებში ქოლერა მძვინვარებდა, რასაც ჰიდრომორფული (ალუვიალური, დაჭაობებული) ნიადაგების გაბინძურებას უკავშირებენ. შავი ჭირის, მუცლის ტიფის, ტუბერკულოზის, დიზენტერიის, ბრუცელოზის აღმძვრელთა ნიადაგში აღმოჩენის სიხშირე ბოლო ხანებში ასევე მატულობს.

თავი IV. ანთროპოგენური გაბინძურების გავლენა ცოცხალ სისტემებზე

23. პლანეტის ბიოტა

ყველა ქვეყანას 3 ძირითადი ფასეულობა გააჩნია: მატერიალური, კულტურული და ბიოლოგიური. რა არის პირველი ორი — ყველამ კარგად იცის. რაც შეეხება ბიოლოგიურ ფასეულობას, მას ხშირად უგულებელვყოფთ, რითაც გამოუსწორებელ შეცდომას ვუშვებთ. ბიოტა, ერთი მხრივ, ქვეყნის ცოცხალი სამყაროს ნაწილია, ევოლუციის შედეგი. ეს იმას ნიშნავს, რომ ერი ვალდებულია ისევე იზრუნოს მასზე, როგორც ზრუნავს თავის განუმეორებელ კულტურაზე და ენაზე. მეორე მხრივ, ბიოტა არის ერის მატერიალური კეთილდღეობის წყარო და მისი განვითარების აუცილებელი პირობა.

ბოლო 150-200 წლის მანძილზე ჩვენი პლანეტის ბიოტა მნიშვნელოვნად შეიცვალა და თუ პროცესი ასე გაგრძელდა, ბიოსფერო შესაძლოა ეკოლოგიური კატასტროფის წინაშე აღმოჩნდეს. თანამედროვე საზოგადოებას მართებს ამ ჭეშმარიტების არა მხოლოდ გააზრება, არამედ სათანადო ნაბიჯების გადადგმაც ბიოსფეროს გადასარჩენად.

მცენარეული საფარი. მცენარეული საფარის მოსპობა მრავალ ფაქტორთანაა დაკავშირებული. ბუნებრივ მიზეზებს შორის ერთ-ერთია კლიმატის ისტორიული ცვლა, რამაც ჩვენი პლანეტის მრავალ რეგიონს საგრძნობლად შეუცვლია იერი. მაგრამ მოსახლეობის რიცხოვნობის ზრდა და, მასთან დაკავშირებული ახალი მიწების ათვისება, როგორც ჩანს, მაინც რჩება ტყეების გაჩანაგების ერთ-ერთ ძირითად მიზეზად. ამის მაგალითია უძველესი ცივილიზაციის რეგიონები — ჩინეთი, მდ. ინდის ხეობა, ხმელთაშუა ზღვის აუზი, მექსიკა, სადაც ტყეები ძველი დროიდან ინტენსიურად ნადგურდებოდა.

ცენტრალურ და ჩრდ. ევროპაში ტყეების მოსპობა ჩვენი ერის პირველი ათასწლეულის ბოლოს დაიწყო. რომის იმპერიის დროს ევროპის 9/10 გაუვალი ტყეებით იყო დაფარული, მაგრამ დღეს პირველადი და კლიმაქსური ტყეები აქ დიდი იშვიათობაა. 70-იანი წლების ოფიციალური მონაცემებით, ევროპის ტყეების საერთო ფართი (სსრკ-ს გარეშე) ტერიტორიის 30%-ს უახლოვდება, თუმცა მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი სკანდინავიაში და აღმოსავლეთ ევროპაშია; ამასთან ამ

ფართში აერთიანებენ პარკებს, სანერგეებს, პლანტაციებს, რომელთაც არაფერი აქვთ საერთო ბუნებრივ ეკოსისტემებთან.

სასოფლო-სამეურნეო მიწების გაფართოების მიზეზით აშშ-ში ბოლო 200 წლის მანძილზე პირველადი მცენარეული საფარი თითქმის ისევე შემცირდა, როგორც ევროპაში 1000 წლის განმავლობაში. აღმოსავლური ტყეები აქ დაახლოებით 170 მლნ ჰა-ზე იყო გაჭიმული — ატლანტის სანაპიროდან მისისიპის ნაპირებამდე. მაგრამ დღეს კლიმაქსურ ტყეებს ტერიტორიის მხოლოდ 18 მლნ ჰა უკავიათ (სურ. 38).

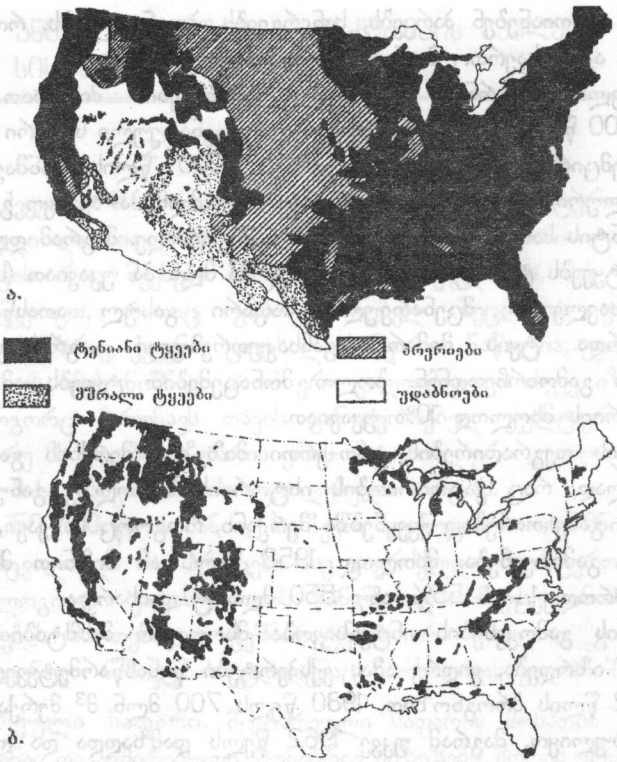
აღმოსავლეთში მცენარეული საფარი გასულ ათასწლეულში განადგურდა. ტყის მიმართ განსაკუთრებული „აგრესიულობით" ჩინელები გამოირჩეოდნენ. ბოლო მონაცემებით ტყეებს ამ ქვეყნის ტერიტორიის მხოლოდ 10% უკავიათ.

ტყეების დეგრადირების ერთ-ერთი მიზეზია მერქნის გამოყენება ნედლეულად, რაც კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე განუხრელად იზრდება. განვითარებად ქვეყნებში მერქანი, როგორც საწვავი, დღესაც ფართოდ გამოიყენება. მხოლოდ 1958 წელს ამ მიზნით მსოფლიო სატყეო პროდუქციის 55%, ანუ 550 მლნ ტ დაიხარჯა.

მერქნის გამოყენების ინტენსივობა მსოფლიო მასშტაბით უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ამას ექსპერტები წინასწარმეტყველებდნენ. ასე, 1952 წლის პროგნოზით, 1980 წელს 700 მლნ $მ^3$ მერქანი უნდა დამზადებულიყო, მაგრამ უკვე 1962 წელს დამზადდა და დაიხარჯა 1200 მლნ $მ^3$, მომდევნო წლებში — კიდევ უფრო მეტი. მრავალ ქვეყანაში ტყის ჭრა მნიშვნელოვნად აღემატება მის ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას.

80-იან წლებში დედამიწაზე ყოველწლიურად 3 მლრდ $მ^3$-მდე ხე-ტყე მზადდებოდა; აქედან დაახლოებით ნახევარი მექანიკურ დამუშავებას და ქაღალდის დამზადებას ხმარდებოდა, დანარჩენს იყენებდნენ როგორც ენერგიის წყაროს. გაეროს 1993 წლის მონაცემებით, ხე-ტყის მსოფლიო დამზადება დღეს 1,4-2-ჯერ აჭარბებს 1980 წლის მაჩვენებლებს.

1958 წლიდან ევროპაში დამზადებული მერქნის რაოდენობამ (309 მლნ $მ^3$) გადააჭარბა ამ ტერიტორიის ტყეების წლიურ ნამატს (282 მლნ $მ^3$). 60-იან წლებში საფრანგეთში ჭრიდნენ 15 $მ^3$/ჰა-ს წელიწადში, რაც თითქმის ორჯერ აღემატება ამ ქვეყნის ტყეების საერთო პროდუქტიულობას.

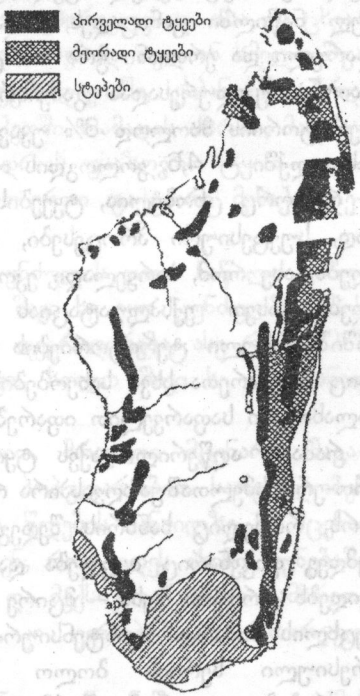


სურ. 38. ტყეების მოსპობა აშშ-ში, დასმანის (1979) მიხედვით:
ა — ტყეების თავდაპირველი განაწილება, ბ — თანამედროვე სურათი.

ჩვენს პლანეტაზე ჟანგბადის ბალანსის სტაბილიზაციის, კლიმატის რეგულირების თუ ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნების თვალსაზრისით, ტროპიკულ მარადმწვანე ტყეებს და ჩრდ. ნახევარსფეროს ბორეალურ წიწვოვან ტყეებს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვთ. თუმცა ტროპიკულ ტყეებს ხმელეთის მხოლოდ 6-7% უკავიათ, მათზე ჩვენი ფლორისა და ფაუნის ნახევარზე მეტი მოდის. ამის მიუხედავად, ტროპიკული ტყეები ბარბაროსულად ჩანაგდება; ბოლო საუკუნის მანძილზე მათი საერთო ფართი დაახლოებით 50%-ით შემცირდა და ყოველწლიურად თითქმის 100 000 კმ^2-ით კლებულობს (ეს მეტია, ვიდრე შვეიცარია და ჰოლანდია, ერთად აღებული). ეს ტყეები მოისპო ნიგერიაში, ეთიოპიაში, კოტ-დიუვარში; არის საშიშროება, რომ უახ-

ლოეს წლებში იგი განადგურდება მადაგასკარზე, ეკვადორზე, ბრაზილიის სანაპიროზე. რამადის (1981) აზრით, თუ ტროპიკული ტყეების რღვევა ასეთივე ტემპით გაგრძელდა, 20–25 წლის შემდეგ მათგან, როგორც ჩანს, არაფერი დარჩება.

სახარის სამხრეთით აფრიკის ტერიტორიის მხოლოდ 17%-ია დაფარული ტყით, მაშინ როდესაც ჩვენი ერის დასაწყისში ტყეს აქ ტერიტორიის 60% ეკავა. უარეს მდგომარეობაშია მადაგასკარი. სულ რაღაც 100 წლის წინათ მისი ტერიტორიის 3/4 გაუვალი ტყით იყო დაფარული; ამჟამად 2/3 ნახევრადუდაბნოა, ტყეს კი ქვეყნის მხოლოდ 30% უკავია (სურ. 39). ტარის უდაბნო პენჯაბში 150 000 კმ²-ზეა გადაჭიმული. 200 წლის წინათ ეს ტერიტორია გაუვალი ჯუნგლით იყო დაფარული; ტყის ხარჯზე უდაბნოს ფართი ყოველწლიურად 8 კმ²-ით იზრდება.



სურ. 39. ტყეების თანამედროვე გავრცელება მადაგასკარზე, რამადის (1981) მიხედვით

ექსპერტების აზრით, ტროპიკული ტყეების ესოდენ კატასტროფული შემცირების მიზეზია ხე-ტყის საწვავად გამოყენება და მიწათმოქმედების საასხოე სისტემა. ეს იმაში მდგომარეობს, რომ მიწათმოქმედი კაფავს ტყის გარკვეულ მონაკვეთს და მის ადგილზე მოსავალი მოჰყავს. რამდენიმე წლის შემდეგ, როდესაც ნიადაგი იფიტება, მიწათმოქმედი ახალ ტერიტორიას ითვისებს. ამავე დროს, ტროპიკული ტყეები თითქმის უვარგისია სოფლის მეურნეობისათვის; 2–7 წლის განმავლობაში ერთი შეხედვით ნაყოფიერი ნიადაგი იფიტება, შემდეგ კი ინტენსიურ ეროზიას განიცდის.

ტაიგის ზონის წიწვოვან ტყეებს გლობალური ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვთ. მწვანე სარტყელის სახით, ისინი გარს ეკვრიან ჩრდ. ნახევარსფეროს და მომიჯნავე სამხრეთ რაიონებს ჩრდილოეთის ქარებისაგან იცავენ.

სულ რაღაც 70 წლის წინათ ეს ტყეები ჯერ კიდევ ინარჩუნებდნენ ბუნებრივ იერს, ამჟამად კი ისინი საგრძნობლად არიან დეგრადირებული. განსაკუთრებული ცვლილებები ტაიგის ტყეებმა სსრკ-ს ევროპულ ნაწილში განიცადეს, სადაც 20-იანი წლების შემდეგ რეგულარული და ერთიანი ჭრა ხორციელდება. რუსეთის ვაკის ზოგიერთი რაიონი უკიდურესადაა გამეჩხრებული. ასე. კურსკის ოლქში ტყეს ტერიტორიის მხოლოდ 6% უკავია, ორიოლის ოლქში — 5, სარატოვის ოლქში — 4,6, ვოლოგდის ოლქში — 2,4%.

როგორც ცნობილია, ტყეების ინტენსიური ექსპლუატაციის შედეგად, სუქცესიური პროცესები, როგორც წესი, შეუქცევად ხასიათს იღებს, ასე რომ, პირველადი ეკოსისტემის აღდგენა პრაქტიკულად არ ხდება. ასეთ ექსპლუატაციას უკეთეს შემთხვევაში თან სდევს გაშიშვლებული ტერიტორიების მხოლოდ ნაწილობრივი გატყიანება, ისიც მცენარეთა სხვა სახეობების ხარჯზე; ზოგჯერ კი ტერიტორია ბალახოვანი საფარველით იფარება ან ჭაობდება.

რამადს აღწერილი აქვს ტყის ბიოცენოზის ცვლა საფრანგეთის ერთ-ერთ ხმელთაშუაზღვისპირა რაიონში. საქმე ეხება კლიმაქსურ მუხნარს, რომელიც ხანძრის შედეგად მეორადი ფიჭვნარით შეიცვალა. შემდეგ ფიჭვნარიც იცვლება და გავერანებულ ტერიტორიაზე ფეხს იკიდებს კერმესის მუხა — მცირე ზომის ხე, არაჩვეულებრივად გამძლე ცეცხლის მიმართ. ზეინტენსიური მეცხოველეობა ხელს უწყობს რეგრესიული სერიის ბოლო ეტაპს, როდესაც მაქსიმალურად გაღარიბებული ცენოზი წარმოდგენილია ბოლქვოვანი და ერთწლიანი მცენარეების ერთეული სახეობებით. აღნიშნულ ტერიტორიაზე შეიცვალა ნიადაგის ფიზიკურ-ქიმიური თავისებურებებიც. ზაფხულის მშრალ თვეებში ნიადაგის ტემპერატურა იმდენად იზრდება, რომ იწვის არა მხოლოდ მცენარეული საფარი, არამედ ჰუმუსის შედარებით ღრმა ფენებიც კი.

სამწუხაროდ, ტყეების გადაწვა დღესაც გრძელდება; მას მიმართავენ ბალახოვანი საფარველის ზრდის სტიმულირებისათვის. მაგალითად, 60-70-იან წლებში პროვანსში და კორსიკაზე ამ მიზნით 240 000 ჰა,

ანუ ტყის მასივების თითქმის 60% გადაწვეს. მხოლოდ ერთ ზაფხულს კორსიკაზე მოისპო 26 000 ჰა ტყე.

ნიგერიაში მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ კაკაოს პლანტაციების გაშენების მიზნით ყოველწლიურად 250 000 ჰა-მდე ტყე ისპობოდა. განაში იგივე პლანტაციებმა და ტექნიკურმა კულტურებმა ტყეების ფართი თითქმის 85%-ით შეამცირა. იგივე ითქმის კენიაზე და ტანზანიაზე, სადაც ტყეებს ტერიტორიის მხოლოდ 2% უკავიათ.

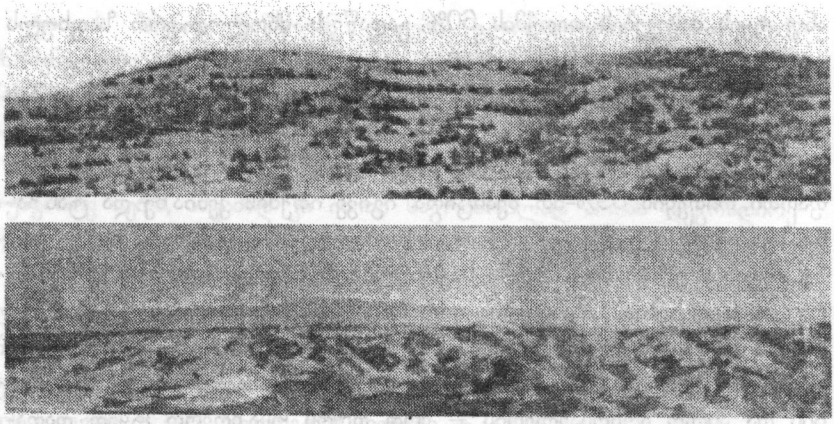
ტყეების ერთ-ერთი მტერი საქონელია, უპირველესად, თხა და ცხვარი. თხას ტყეების გაჩანაგების ძირითად მიზეზად თვლიან ხმელთაშუა ზღვის ქვეყნებში — საბერძნეთში, იუგოსლავიაში, ესპანეთში, ჩრდ. აფრიკაში, სირიაში, პალესტინაში, თურქეთში. რამადის აზრით, მაღრიბის და ახლო აღმოსავლეთის — ერთ დროს უსაზღვრო ტყით დაფარული რეგიონის — გაუდაბნოების ერთ-ერთი ფაქტორი მესაქონლეობაა.

XVI ს-ის დასაწყისში წმ. ელენეს კუნძულის დიდი ნაწილი დაბურულ ტევრს ეკავა, ძირითადი სახეობა შავი ხე იყო. კუნძულზე თხის შეყვანის შემდეგ, ტყემ სწრაფად იწყო დეგრადირება, ასე რომ, XVII საუკუნეში აქ ტყე თითქმის აღარ იყო, ხოლო შავი ხე მთლიანად მოისპო.

ამერიკელი სპეციალისტების ცნობით, მრავალი მცენარე, მაგალითად, კაქტუსები, ორქიდეები დიდი პოპულარობით სარგებლობენ ადგილობრივ კოლექციონერებს შორის. წლების მანძილზე ამ მცენარეებს ისეთი რაოდენობით აგროვებდნენ, რომ დღეს ისინი ბუნებაში მნიშვნელოვნად შემცირდა. ტეხასიდან და მექსიკიდან ისინი სამხრეთ-აღმოსავლეთში გაჰქონდათ, ნაწილი კი ევროპაში და შორეულ აღმოსავლეთში.

საქართველოს ტერიტორიის მნიშვნელოვანი ნაწილი — თითქმის 34% — ტყეს უკავია, რაც შეადგენს დაახლოებით 2,75 მლნ ჰა-ს, ხოლო მერქნის საერთო მარაგი (ძირზე) — 434 მლნ მ^3-ია. ტყეების ფართით საქართველო მნიშვნელოვნად უსწრებს ევროპის მრავალ ქვეყანას, კერძოდ გერმანიას (30%), საფრანგეთს (24%), იტალიას (22%), შვეიცარიას (28%), ინგლისს (9%), აზერბაიჯანს (11,5%), სომხეთს (11,1%).

ისტორიული წყაროებით დასტურდება, რომ 600 000 ჰა-მდე ტყე განადგურდა, ხოლო 400 000 ჰა-მდე გამეჩხერდა. აქ არ დარჩენილა



სურ. 40. შირაქის გორაკები წინათ და XX ს-ის 80-იან წლებში
(ნ. კეცხოველის ფოტო)

კუთხე, სადაც ტყის ფართი არ შეკვეცილიყო. ამის მაგალითი თუნდაც თბილისის შემოგარენია. გარე კახეთში, შირაქში, ელდარში ამ 70-80 წლის წინათ ჭალის და ვაკის, ზოგან ნათელი ტყეები იყო გავრცელებული (სურ. 40). დღეს ჭალის ტყე საქართველოში იშვიათობაა: იგი თითქმის მოისპო მცხეთის, კასპის, გორის, ქარელის, ხაშურის რაიონებშიც.

ვახუშტი ბატონიშვილის ცნობით, ამჟამად უტყეო ტერიტორიების (ახალქალაქი, ასპინძა, ნინოწმინდა, წალკა, გარდაბანი, დედოფლისწყარო) დიდი ნაწილი ადრე ტყეებით ყოფილა დაფარული. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მიერ 1941 წელს გამოქვეყნებულ „გურჯისტანის ვილაეთების“ მიხედვით, ჯავახეთის 69 სოფელი XVI-XVII საუკუნეებში მდიდარი ტყეებით იყო გარემოცული.

წარსულში საქართველოს ტყეების გაჩანაგების ძირითადი მიზეზი სახნავ-სათესი მიწებისა და სათიბ-საძოვრებისათვის აუცილებელი ტერიტორიების გამოთავისუფლება იყო. მაგრამ შემდგომში ამას სხვა მიზეზებიც დაემატა, რაც უფრო დაწვრილებით წიგნის VI თავშია აღწერილი.

საქონლის როლზე ტყის განადგურებაში აღმოსავლეთ საქართველოს წარსულიც მეტყველებს. გარეჯში, შირაქში, ალაზნის ველზე გავრცელებული ნათელი ტყე ერთ დროს თბილისის კარიბჭემდე მოდიოდა, მაგრამ ცხვრის უსისტემო ძოვების გამო იგი თანდათან უკან იხ-

ევდა, დღეს კი ტიპიური ნათელი ტყე მხოლოდ ვაშლოვანის ნაკრძალშია შემორჩენილი.

სპეციალური აღნიშვნის ღირსია მაღალმთის მცენარეული საფარი, რომელიც ჩვენი პლანეტის მრავალ რეგიონში შესამჩნევადაა დეგრადირებული. საქართველოს პირობებში მაღალმთის ბიომების ცვლილებას უთავბოლო ექსპლუატაცია და საძოვრების ზეინტენსიური გამოყენება უწყობს ხელს. ბოლო დროს ამას დაემატა რამდენიმე მსხვილი ობიექტის მშენებლობასთან დაკავშირებული სამუშაოები.

მთის ტყეების, როგორც წყალმარეგულირებელი, ნიადაგდამცავი და სტიქიური მოვლენების (ღვარცოფი, მეწყერი, ზვავი) შემაკავებელი ფაქტორის, როლი კარგადაა ცნობილი. ჩვენი ტყეები ამ უმნიშვნელოვანეს ფუნქციებს ხშირ შემთხვევაში სრულყოფილად ვერ ასრულებენ. ამის ერთ-ერთი მიზეზია ხანგრძლივი ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად მათი ზედა საზღვრის მკვეთრი შეცვლა. ასე, ცენტრალური კავკასიონის ჩრდილოეთ კალთებზე ტყის გავრცელების ზედა საზღვარმა დაახლოებით 300 მ-ით დაიწია, ხოლო სამხრეთ ფერდობებზე – 400-450 მ-ით. ტყის ფიტოცენოზების ადგილს ექსტრემალური პირობებისადმი გამძლე ხეშეშფოთლიან მარცვლოვანთა და ისლისებრთა მიერ შექმნილი ბალახოვანი თანასაზოგადოებები იკავებენ.

მძლავრმა ანთროპოგენურმა ზემოქმედებამ, უპირველეს ყოვლისა, ექსტენსიურმა ძოვებამ, სუბალპური და ალპური საძოვრების ზოგიერთი ბალახოვანი ფიტოცენოზის სტრუქტურულ-ფუნქციური ორგანიზაციის მკვეთრი ცვლილება და დეგრადაცია გამოიწვია. ეს განსაკუთრებით მკაფიოდ ვლინდება ცენტრალური კავკასიონის ნაირბალახოვან-მარცვლოვან მდელოებზე. გ. ნახუცრიშვილისა და ო. აბდალაძის 80-90-იანი წლების მონაცემებით, მაღალმთის საძოვრებზე ბევრგან გაღარიბებულია ფიტოცენოზების სახეობრივი შემადგენლობა, დასარევლიანებულია ცენოზები, დარღვეულია მცენარეული საფარის ვერტიკალური სტრუქტურა, 50-80%-ით დაკნინებულია ბალახნარის სიმაღლე, ძლიერ შემცირებულია ფოთლის ზედაპირისა და მწვანე ზედაპირის ინდექსები, 20-30%-ით შემცირებულია ბალახოვანი საფარის პროექციული დაფარულობა, რამდენჯერმე დაქვეითებულია ფიტომასის რაოდენობა, შეცვლილია მცენარეთა პოპულაციური სტრუქტურა და მათი განვითარების რიტმი, დარღვეულია ცალკეულ

სახეობათა და მთელი ფიტოცენოზების განათებულობისა და ტემპერატურის რეჟიმი, სახეშეცვლილია მცენარეთა წყლის ბალანსისა და CO_2-ის ცვლის დღიური და დღეღამური დინამიკა, 50-60%-ით დაქვეითებულია ფოტოსინთეზის დღიური პროდუქტიულობა, გაზრდილია სუნთქვის ინტენსივობა, დაქვეითებულია ფოტოსინთეზის მარგი ქმედების კოეფიციენტი და CO_2-ის ასიმილაციის ეფექტურობა. განსაკუთრებით მძიმე ვითარება იქმნება გვალვების დროს — იკეტება ფოთლის ბაგეები, მცირდება ტრანსპირაციისა და ფოტოსინთეზის ინტენსივობა. ცალკეული სახეობები შუადღისას სრულ ფოტოსინთეზურ დეპრესიას განიცდიან.

ცხოველთა სამყარო. ცხოველთა სამყაროს გაღარიბებას 3 ძირითადი მიზეზი უწყობს ხელს: უსისტემო ნადირობა, სახეობისათვის დამახასიათებელი ადგილსამყოფელის ცვლილება და სახეობათაშორისი კონკურენციის გაძლიერება ფაუნის უცხო ელემენტის შეჭანით.

პალეოლითში ნადირობა ადამიანის არსებობის ძირითადი წყარო იყო. ესკიმოსებისათვის და დედამიწის ტროპიკული ოლქების პირველყოფილი ეთნიკური ჯგუფებისათვის (პიგმეები, ამაზონის ინდიელები, ავსტრალიის ზოგიერთი აბორიგენი და სხვ.) ნადირობას დღეს თითქმის ისეთივე მნიშვნელობა აქვს, როგორც შორეულ წარსულში.

ნადირობა ყოველთვის როდია ზარალის მომტანი! იგი ზოგჯერ სასარგებლოც კია, მეტადრე მაშინ, როდესაც მოსალოდნელია პოპულაციის რიცხოვნობის მკვეთრი ზრდა, გარემოს ტევადობა კი შედარებით შეზღუდულია. მაგრამ როდესაც საქმე გვაქვს უკონტროლო ნადირობასთან, პოპულაციის რიცხოვნობა ხშირად უჩვეულოდ ეცემა, ირღვევა მისი დემოგრაფიული სტრუქტურა, რამაც შესაძლოა შეუქცევადი პროცესები გამოიწვიოს.

პლეისტოცენის დასაწყისიდან ნადირობის შედეგად არაერთი სახეობის ძაძუმწოვარი და ფრინველი მოისპო. შემდეგ, ცხოველთა გადაშენების ტემპი თანდათან იზრდებოდა, განსაკუთრებულ ინტენსივობას კი ამ პროცესმა უკანასკნელი 1,5-2 საუკუნის მანძილზე მიაღწია (იხ. ცხრილი 4).

როგორც წინა თავებში აღინიშნა, სრულ გადაშენებასთან ერთად ცხოველთა ნაწილობრივი გადაშენებაც ხდება, რომელიც სახეობის ცალკეული პოპულაციების მოსპობით გამოიხატება. მაგალითად, ევროპაში ჯერ კიდევ ჩვენი ერის დასაწყისში მოისპო ლომი, რომელ-

იც ამჟამად ინდოეთის ნახევარკუნძულზე ბინადრობს. დასავლეთ ალპებში გასული საუკუნის დასაწყისში იგივე ბედი ეწია დათვს. დასავლეთ ევროპის მრავალ ქვეყანაში მოისპო მგელი, თუმცა,

ცხრილი 4. ცხოველთა გადაშენების ტემპი; დორსტის (1968) მიხედვით

წლები	გადაშენებულ სახეობათა რაოდენობა	
	ფრინველები	ძუძუმწოვრები
1800-მდე	33	30
1801-1850	2	20
1851-1900	31	50
1901-1950	40	50

მიღებული ზომების გამო, დღეს იგი ფართოდაა გავრცელებული ესპანეთსა და იტალიაში.

ავსტრალიაში გაქრა კენგურუს 7 სახეობა, ხოლო ახალ სამხრეთ უელსში ჩანთოსნების 52 სახეობიდან — 11. შოტლანდიაში გადაშენდა ფრინველების 14 სახეობა, ალაბამას შტატში (აშშ) — 3 სახეობის გველი, ლუიზიანას შტატში 4 სახეობის ბაყაყი და ა. შ.

რუსი ზოოლოგის ლ. ვერეშჩაგინის მონაცემებით, უკანასკნელი 1000 წლის მანძილზე კავკასიაში მსხვილი ძუძუმწოვრების 7 სახეობა განადგურდა: ლომი — X საუკუნეში, კულანი და ავაზა — XII საუკუნეში, თახვი, ცხენირემი და ტარპანი — XIX საუკუნის დასაწყისში, ვეფხვი — XX საუკუნეში.

სახეობათა გადაშენების თვალსაზრისით განსაკუთრებულად ოკეანურმა კუნძულებმა იზარალა, რაც აშკარად ჩანს ფრინველების მაგალითზე. რუსი ორნითოლოგის ნ. გლადკოვის მონაცემებით, ჰავაის კუნძულებზე მოისპო 26 სახეობის ფრინველი, რაც ადგილობრივი ავიფაუნის 60%-ს შეადგენს; კუნძულ გუადელუპეზე (წყნარი ოკეანე) — მობუდარ ფრინველთა 39%, ხოლო მასკარენის კუნძულებზე — 28 სახეობიდან 24.

ამერიკაში, აფრიკაში და სხვა კონტინენტებზე კომერციული ნადირობა ცხოველთა მრავალი სახეობის მოსპობის მიზეზია. ამის ერთერთი მაგალითია სტეპის ქათამი და მოხეტიალე მტრედი აშშ ცენ-

ტრალურ რეგიონებში, სადაც მათი პოპულაციები მე-19 საუკუნის დასაწყისში მილიარდობით ინდივიდს ითვლიდა.

XIX ს-ის შუა წლებში სტეპის ქათმის გადასარჩენად სათანადო ზომები იყო მიღებული. მიუხედავად ამისა, 1916 წელს მისი რიცხოვნობა 2000-ს არ აღემატებოდა; შემდეგ რიცხოვნობამ კვლავ დაიკლო, ხოლო 1932 წელს იგი საბოლოოდ მოისპო. სტეპის ქათმის მონათესავე სამი ქვესახეობა დღემდე ცხოვრობს ჩრდ. ამერიკაში, თუმცა მათი არეალი შედარებით ვიწროა.

ასევე სავალალოა მოხეტიალე მტრედის ისტორია. გასულ საუკუნეში იგი არაჩვეულებრივად მრავალრიცხოვანი იყო. მაგალითად, 1861 წელს მხოლოდ მიჩიგანის პოპულაციიდან ჩიკაგოს და ნიუ-იორკის ბაზრებზე 15 მლნ-მდე ცხოველი გაიყიდა. მაგრამ შემდეგ, ამ ფრინველის რიცხოვნობამ სწრაფად იწყო კლება, ხოლო გასული საუკუნის დასაწყისიდან იგი მოისპო. უკანასკნელი მტრედი 1914 წელს დაიღუპა ქ. ცინცინატის ზოოპარკში (სურ. 41)



სურ. 41. მოხეტიალე მტრედი; რამადის (1981) მიხედვით.

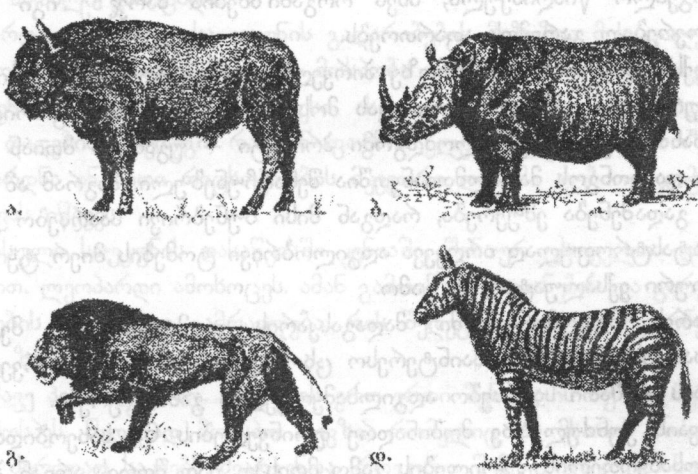
ამერიკული ბიზონის მოსპობა კიდევ უფრო ბარბაროსულ ხასიათს ატარებდა. XIX საუკუნის დასაწყისში ამ სახეობის ყოველი პოპულაცია 60-100 მლნ ცალეულს ითვლიდა. 1889 წელს მათი დარბევის გამო მთელ კონტინენტზე მხოლოდ 550-მდე ბიზონი იყო აღრიცხული. 1894 წელს ამერიკის კონგრესმა აკრძალა მასზე ნადირობა, რამაც ეს ცხოველი მოსპობას გადაარჩინა. XX საუკუნის 70-იან წლებში ჩრდ. ამერიკის ნაციონალურ პარკებში და ნაკრძალებში უკვე 10 000 ბიზონს ითვლიდნენ.

საყურადღებოა ჩლიქოსანთა ისტორია აფრიკაში, სადაც ნადირობამ და ნადავლის ექსპორტმა გრანდიოზული ხასიათი მიიღო. განსაკუთრებით დიდი დანაკარგი ამ ტერიტორიამ XVII ს-ში ევროპელთა ჩასახლების შემდეგ განიცადა. ისეთი უნიკალური სახეობები, როგორიცაა ქუაგა (Equus quagga), მისი მონათესავე სავანის ზებრა და ცისფერი ანტილოპა გასული საუკუნის დასაწყისშივე მოსპეს ბურებმა; აფრიკის სხვა ანტილოპების არეალი მნიშვნელოვნად შემცირდა.

აფრიკაშივე სპილოს ძვლით ვაჭრობა ამ ცხოველის მასობრივი განადგურების მიზეზი გახდა. ყოველწლიურად ევროპის ბაზრებზე 70 000-მდე წყვილი ეშვი იყიდებოდა.

მტაცებლურ ნადირობას არც აზიური მარტორქა გადაურჩა. აღმოსავლეთში მიაჩნდათ, რომ ამ ცხოველის რქა და ხორცი ხელს უწყობს ნებისყოფისა და სიმამაცის გამომუშავებას, ამიტომ იგი ყოველთვის ძვირად ფასობდა. დღეს ინდოეთში მარტორქა მხოლოდ ნაკრძალებშია შენარჩუნებული, ისიც სულ რამდენიმე ასეული ინდივიდის რაოდენობით (სურ. 42).

საყურადღებოა დომბას ისტორია საქართველოში. XVII საუკუნეში ეს ცხოველი ფართოდ იყო გავრცელებული სამეგრელოსა და აფხაზეთის ტყეებში. 1912 წელს ცნობილმა რუსმა მეცნიერმა კ. სატუნინ-



სურ. 42. მსხვილი ძუძუმწოვრების ზოგიერთი იშვიათი სახეობა, რამადის (1981) მიხედვით: ა — ევროპული ბიზონი, ბ — ინდოეთის მარტორქა, გ — აზიური ლომი, დ — მთის ზებრა.

მა აფხაზეთში მოგზაურობისას რამდენიმე დღის მანძილზე 30 დომბა აღრიცხა. შემდეგ ეს ცხოველი სწრაფად მოისპო, ხოლო კავკასიაში უკანასკნელი დომბა 1924 წელს მოკლეს. დღეს დომბა მხოლოდ ბელოვეჟის ტევრშია შემორჩენილი.

ბოლო ათეული წლების მანძილზე ხორცით და ტყავით ვაჭრობას ქურქით ვაჭრობა დაემატა. ამ შემთხვევაში გადაშენების საშიშროების წინაშე, პირველ რიგში, ლაქებიანი ბეწვის მქონე მტაცებლები — ავაზა, აფთარი, ჯიქი, ვეფხვი და სხვ. აღმოჩნდა. 70-იან წლებში მხოლოდ კენიიდან ამ ცხოველების 50 000 ტყავი გაიტანეს. ბრაზილიაში იაგუარების რიცხვოვნობა უკანასკნელი 15-20 წლის მანძილზე დაახლოებით 50-ჯერ შემცირდა. აშშ-ში მე-20 საუკუნის 30-იან წლებში ბუმბულზე მოთხოვნილების გამო მოისპო კოროლინის თუთიყუში.

კერძო ზოოლოგიური ბაღებისა და ეკზოტიკის მოყვარულთა დაკმაყოფილების მიზნით მხოლოდ აშშ-ში მე-20 საუკუნის მანძილზე 90 000-მდე ბრტყელცხვირა მაიმუნი იყო გაყიდული.

როგორც აღინიშნა, ფაუნის მოსპობის მიზეზი, ნადირობის გარდა, ბიოტოპების რღვევაა. ეს, პირველ რიგში, მოსახლეობის ზრდასთანაა დაკავშირებული. საცხოვრებლის, გზების, სავაჭრო ცენტრების გაშენებისათვის ადამიანი კაფავს ტყის მასივებს, აშრობს ჭაობებს, ამუშავებს სასარგებლო წიაღისეულს; სხვა ორგანიზმების ხარჯზე იგი თავის საცხოვრებელ გარემოს აფართოებს.

მექსიკის ყურის სანაპიროზე პირველადი რელიქტური ტყეების განადგურებას გიგანტური კოდალას მოსპობა მოჰყვა. მთის გორილა — ადამიანთან ყველაზე ახლომდგომი პრიმატი — უგანდის მთიან მასივებში და კონგოს მაღალმთიანეთშია შენარჩუნებული. მაგრამ ამ სახეობას გადაშენება ემუქრება, რადგან მისი ბუნებრივი საარსებო გარემო კატასტროფულად ირღვევა ადგილობრივი ტომების მიერ ტყის ინტენსიური ექსპლუატაციის გამო.

უარეს მდგომარეობაში მადაგასკარის ლემურები — მეცნიერებისათვის უაღრესად საინტერესო ცხოველებია. მიზეზია პირველადი ტყეების — მათი საარსებო ადგილსამყოფელის განადგურება.

ჰავაის კუნძულებზე მობინადრე ფრინველების 69 სახეობიდან 41 ადგილსამყოფელის ცვლილების გამო მოისპო. მათ შორის არიან ჰავაის მეყვავილეები, მრავალი ბეღურასნაირი, რომელთაგან ზოგი ამ

კუნძულის ენდემია. ჭაობების დაშრობამ დასავლეთ ევროპაში თითქმის მთლიანად მოსპო წერო.

როგორც უკვე აღინიშნა, ცხოველთა მრავალი სახეობის გადაშენება ბიოცენოზებში ცალკეულ სახეობათა ხელოვნურ შესახლებასთანაა დაკავშირებული. ასეთ ცხოველებს ახალ პირობებში, როგორც წესი, არ ჰყავთ ბუნებრივი მტრები და კონკურენტები, ამიტომ ისინი სწრაფად მრავლდებიან და ხშირად ავიწროებენ აბორიგენულ ფორმებს.

1874 წელს ინგლისიდან ავსტრალიაში 24 ბოცვერი შეიყვანეს. იგი სწრაფად გამრავლდა, ხოლო შედეგი კატასტროფული აღმოჩნდა: საძოვრების დიდი ნაწილი გაჩანაგდა, ხოლო ჩანთოსნების მრავალი წარმომადგენელი მოკლე დროში თითქმის მთლიანად მოისპო. ბოცვერის რიცხოვნობის რეგულირების მიზნით ავსტრალიაში მელა შეიყვანეს, მაგრამ ამან არამც თუ არ შეანელა, პირიქით — უფრო ინტენსიური გახადა ფლორისა და ფაუნის ცვლილება.

გველებთან და ვირთაგვებთან ბრძოლის მიზნით, კუბაში და იამაიკაზე მანგუსტი შეიყვანეს. შედეგი ასევე მოულოდნელი იყო: გველების რიცხოვნობა მხოლოდ უმნიშვნელოდ შემცირდა, ვირთაგვების რაოდენობა კი პრაქტიკულად არ შეცვლილა, რადგან ისინი ხეებზე ცხოვრებას შეეგუენ. საბოლოო ჯამში, ამ კუნძულების ფაუნამ არნახული ზარალი განიცადა.

გარდა აღნიშნულისა ფაუნის გაღარიბების მიზეზია მის ცალკეულ წარმომადგენელთა შეგნებული მოსპობა სასარგებლო სახეობათა გადარჩენის მიზნით. როგორც წესი, ასეთ ღონისძიებებს იშვიათად მოაქვთ დადებითი შედეგი, რადგან ფაუნის ელემენტების ბიოცენოზიდან ამოვარდნა ან მათი რიცხოვნობის მკვეთრი დაცემა კვებითი ჯაჭვების რღვევას იწვევს.

გასული საუკუნის დასაწყისში კენიაში, შინაურ ცხოველთა დაცვის მიზნით, ლეოპარდი ამოხოცეს. ამან გამოიწვია პავიანების და გარეული ღორების არნახული გამრავლება, რის შედეგად სოფლის მეურნეობამ დიდი ზარალი განიცადა.

ამავე პერიოდში მდ. ნილოსის ერთ-ერთი შენაკადის აუზში ბეჰემოტი მოსპეს. შედეგად მოისპო თევზი, რომელიც ამ მხარის მოსახლეობის ძირითად საკვებს შეადგენდა. როგორც შემდეგ გაირკვა, ბეჰემოტის ექსკრემენტებით წყალი ნოყიერდებოდა, რაც ხელს უწყობდა პლანქტონის — თევზის ძირითადი საკვების გამრავლებას.

ახლო წარსულში შავი ჭირის გავრცელების შეზღუდვის მიზნით ამერიკის დასავლეთ ნაწილში მომშხამველი მისატყუარების გამოყენებით კოიოტების, მელიების და მგლების მოსპობა განიზრახეს. მაგრამ ამან დამღუპველად იმოქმედა ზოგიერთი გადაშენების პირას მისულ სახეობაზე, მაგალითად, თეთრთავა ყურბზე, რომელიც ასევე შეექცეოდა ძუძუმწოვრებისათვის გაბნეულ მისატყუარებს. თეთრთავა ყურბი არა მხოლოდ პესტიციდებით ისპობა, არამედ ბუნებრივი ადგილსამყოფელის ნგრევითაც; მათ არც ადგილობრივი ფერმერები ინდობენ, რადგან შინაური პირუტყვის განადგურების მიზეზად თვლიან.

პესტიციდების გამოყენება სხვა ფრინველებსაც უქმნის საფრთხეს, მაგალითად, შევარდენს და ქორს. უკანასკნელი 20-30 წლის მანძილზე ეს ფრინველები მეტად თხელი ნაჭუჭის მქონე კვერცხს სდებენ, ისე რომ ნაჭუჭი იმსხვრევა ბარტყების ვამოჩეკამდე. მეცნიერთა აზრით, ამ მოვლენის მიზეზი დდტ-ს მოქმედებაა.

XX საუკუნის 50-იან წლებში საქართველოში, ცხოველთა დაცვის მიზნით, ბრძოლა გამოუცხადეს მელას, მგელს, ტურას, ქორს, მიმინოს, ალალს, ყვავს და სხვ. მსედველობიდან გამორჩათ უმნიშვნელოვანესი კანონი ბუნებისა — მტაცებლის მოსპობამ შესაძლოა მსხვერპლის სრული ამოწყვეტა გამოიწვიოს. ჩამოთვლილ ცხოველებს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვთ როგორც სოფლის მეურნეობის მავნებელთა მტრებს და ბუნების უბადლო სანიტრებს. შედეგად, საქართველოს რიგ რაიონში ბიოცენოზების შედგენილობა საგრძნობლად შეიცვალა.

ოკეანეთა ბინადარნი. ადამიანისათვის ოკეანე ყოველთვის იყო უსაზღვრობის სიმბოლო. ზღვისპირა ზონის მრავალფეროვნება, თევზის ზოგიერთი სახეობის გუნდების რიცხოვნობა, ზღვის ხერხემლიანთა გიგანტური ზომები დაუშრეტელი სიმდიდრის ილუზიას ქმნიდა. მაგრამ ადამიანის დაუდევრობისა და სიხარბის გამო ოკეანური რესურსები გასული საუკუნის მანძილზე კატასტროფულად შემცირდა.

მსოფლიო მასშტაბით თევზის მოპოვება განუხრელად იზრდება. ამის ძირითადი მიზეზია კაცობრიობის მოთხოვნილების ზრდა პროტეინებზე. ცილების საერთო რაოდენობის 20-30%-ს ადამიანი ზღვის პროდუქტების ხარჯზე იღებს. 60-იან წლებში მსოფლიოში დაახლოებით 320 მლნ ცენტნერ თევზს იჭერდნენ წელიწადში, რომლის ცილა 410 მლნ ძროხის ხორცის ეკვივალენტურია.

საყურადღებოა, რომ ოკეანური რესურსების მოპოვების ინტენსივობა ბევრად აღემატება მოსახლეობის ზრდის ტემპს. ასე, 1800 წელს ჩვენი პლანეტის მოსახლეობა დაახლოებით 800 მლნ-ს შეადგენდა, ოკეანური რესურსების მოპოვება — 12 მლნ ც-ს, ანუ 1,5 კგ-ს სულზე. 1900 წელს მოსახლეობამ 1,5 მლრდ-ს გადააჭარბა, ხოლო რესურსების მოპოვებამ 40 მლნ ც-ს, რაც შეადგენს 2,6 კგ-ს სულზე. 1966 წელს მოსახლეობის რიცხოვნობა 3,5 მლრდ-ს მიუახლოვდა, სულზე კი მოდიოდა 18 კგ-მდე პროდუქტი.

თევზჭერის თანამედროვე მეთოდები — ოკეანური რესურსების ზეინტენსიური ექსპლუატაციის მკაფიო დადასტურებაა. ამის მაგალითია ექოლოტების და გიგანტური ბადეების გამოყენება, ათობით ათასი ტონა ტვირთბიდვის მცურავი ქარხნების მშენებლობა და ა. შ. ამის გამო 1938-დან 1964 წლამდე თევზის მოპოვება მსოფლიო მასშტაბით 20-დან 64 მლნ ტ-მდე გაიზარდა წელიწადში, 1985 წელს კი მან 100 მლნ-ს გადააჭარბა.

მე-19 საუკუნიდან დაწყებული, მასობრივად ისპობა ოკეანური ფაუნის ისეთი წარმომადგენლები, როგორიცაა ზღვის ძროხები, სელაპები, ვეშაპისნაირნი და სხვ. სტელერის ძროხა ოხოტის ზღვის ნაპირებთან ბერინგმა 1742 წელს აღმოაჩინა, მაგრამ 25 წლის შემდეგ ძუძუმწოვრების ეს გიგანტური წარმომადგენელი გაანადგურეს. ჯურიანი სელაპის კოლონია ფერნანდესის კუნძულების მახლობლად მილიონობით ინდივიდს ითვლიდა, მაგრამ საუკუნის ბოლოს ეს კოლონიაც მოისპო.

ყურადსაღებია ვეშაპების ისტორია. საუკუნეების მანძილზე ადამიანები მათზე ქონისა და ხორცის მოპოვების მიზნით ნადირობდნენ. XVIII-XIX სს-ში ნადირობის ძირითადი ობიექტი — გლუვი და გრენლანდიური ვეშაპები იყო, რომელთაც „ნამდვილ ვეშაპებს“ უწოდებდნენ. დღეს ისინი, ისევე, როგორც ლურჯი, კუზიანი და ნაცრისფერი ვეშაპები, განადგურების პირასაა მისული.

მე-20 საუკუნის დასაწყისში ლურჯი ვეშაპის რიცხოვნობა ანტარქტიკის ზღვებში 200 000-ს აღწევდა. I მსოფლიო ომის დამთავრებისთანავე მისი რეწვა საგრძნობლად გაიზარდა, ხოლო 1930 წელს დახოცილ ცხოველთა რაოდენობამ 29 000-ს გადააჭარბა. 1945 წლის შემდეგ ამ სახეობის რიცხოვნობამ სწრაფად იწყო შემცირება, ამიტომ 1964 წელს მისი რეწვა აიკრძალა.

ლურჯი ვეშაპის პარალელურად ზოლიანი ვეშაპის რეწვაც ხორციელდებოდა. 1938-დან 1950 წ-მდე თითქმის 30 000 ცხოველს ხოცავდნენ წელიწადში. შედეგად, მისი რაოდენობა იმდენად შემცირდა, რომ 1969 წელს მოპოვებულ ცხოველთა რიცხოვნობამ 3 000-საც კი ვერ მიაღწია.

ამის შემდეგ ვეშაპებზე მონადირენი უფრო მცირე ზომის სახეობებზე გადავიდნენ. შედეგი ანალოგიური იყო. 60-იანი წლების ბოლოს კაშალოტის ჯერი დადგა, შემდეგ კი იაპონელები დელფინებზეც გადავიდნენ. სადღეისოდ ყველა ჩამოთვლილი სახეობის რიცხოვნობა რამდენიმე ათეულჯერ ნაკლებია საუკუნის დასაწყისის მაჩვენებლებზე.

საინტერესოა, რომ ნაცრისფერი ვეშაპის პოპულაციების რიცხოვნობამ ბოლო წლებში ზრდა დაიწყო, რადგან ვეშაპების გამრავლებისათვის აუცილებელი ტერიტორიის დაცვის მიზნით მექსიკის მთავრობამ გარკვეული ზომები მიიღო. ვარაუდობენ, რომ შედეგად ამ ვეშაპის საერთო რიცხოვნობა უახლოეს ხანებში XIX ს-ის მაჩვენებლებს მიაღწევს. ამავე დროს, გრენლანდიური ვეშაპის რიცხოვნობა ჯერჯერობით არ ამჟღავნებს მატების ნიშნებს, თუმცა მისი დაცვა 40 წლის მანძილზე ხორციელდება.

არანაკლებ შემაშფოთებელია ოკეანის სხვა ბინადართა ექსპლუატაციის თანამედროვე ფორმები. ლომთევზა — ფრიად იშვიათი და ძვირფასი სარეწაო ცხოველია. საუკუნის დასაწყისში ლაპტევების, აღმოსავლეთციმბირის, ჩუკოტკისა და ბერინგის ზღვებში მისი რიცხოვნობა 200 000-ს აღემატებოდა, მაგრამ 70-იანი წლებისათვის თითქმის 4-ჯერ შემცირდა.

გრენლანდიური სელაპი ფართოდ იყო გავრცელებული ჩრდ. ატლანტიკაში; მისი ერთ-ერთი პოპულაციის რიცხოვნობა 1927-29 წლებში დაახლოებით 3,5 მლნ-ს შეადგენდა, მაგრამ 1952-53 წლებში — 1,5 მლნ-ს, 1959 წელს — 1,2 მლნ-ს, ხოლო 70-იანი წლებისათვის — 400-500 ათასს. ბოლო ხანებში, რეწვის შეზღუდვის შედეგად, სახეობის რიცხოვნობამ შესამჩნევი მატება დაიწყო.

ზღვის წავი, უაღრესად ძვირფასი ცხოველი, ფართოდ იყო გავრცელებული წყნარ ოკეანეში — კამჩატკიდან სახალინამდე. მხოლოდ კომანდორის კუნძულების სიახლოვეს მისი პოპულაციების რიცხოვნობა 10-15 ათასს შეადგენდა. XVIII-XIX სს-ში, ინტენსიური რეწვის შედეგად, სახეობის რიცხოვნობამ სწრაფად იწყო შემცირება. ამის გამო

1924 წელს მასზე აკრძალვა გამოცხადდა. შედეგად, 1972 წლისათვის ზღვის წავის რიცხოვნობამ 2-2,5-ჯერ მოიმატა.

ზღვის კატუნი წყნარი ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილშია გავრცელებული. გასულ საუკუნეში რუსეთის წყლებში ყოველწლიურად 600 000-მდე ცხოველს იჭერდნენ. შედეგად 1917 წელს მისი საერთო რაოდენობა 20 000-ს არ აღემატებოდა. 20-იან წლებში, როდესაც ზღვის კატუნი სრული გადაშენების საშიშროების წინაშე აღმოჩნდა, აშშ-მ, იაპონიამ, ინგლისმა და სსრკ-მ ხელი მოაწერეს მისი დაცვის კონვენციას. უთავბოლო რეწვა ომის შემდგომ პერიოდში კვლავ განახლდა, ამიტომ 1957 წელს მოაწერეს ხელი მეორე საერთაშორისო შეთანხმებას. 70-იანი წლებისათვის სსრკ-ს წყლებში უკვე 0,5 მლნ ცხოველს ითვლიდნენ.

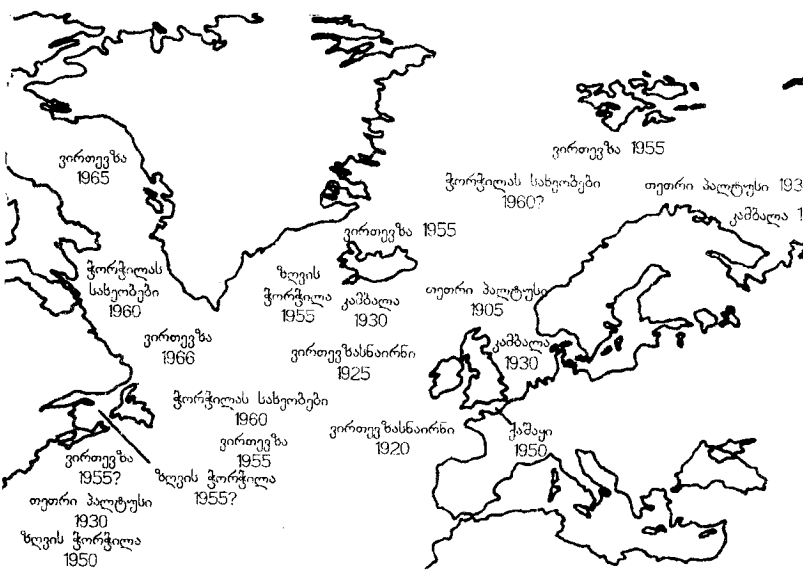
ოკეანური ძუძუმწოვრების ზეინტენსიური რეწვა და მისი შედეგები — იმ წინააღმდეგობის მაგალითია, რომელიც, ჩვეულებრივ, ცხოველის ბიომასისა და მისი ბიოლოგიური პროდუქტიულობის გაუთვალისწინებლობას მოსდევს. მაგალითად, ლურჯი ვეშაპის სიგრძე 30 მ-ს აღწევს, წონა 100 ტ-ს. მაგრამ ეს ცხოველი მხოლოდ 35 წელს ცოცხლობს, გამრავლებას გვიან იწყებს და დაბალი პროდუქტიულობით ხასიათდება. შესაბამისად, მისი აღწარმოების უნარი დაბალია, ამიტომ მოპოვებაც უაღრესად შეზღუდული უნდა იყოს.

თევზის უსისტემო ჭერა მხოლოდ რიცხოვნობის შემცირებაში როდი გამოიხატება! უფრო მნიშვნელოვანია მისი აღწარმოების უნარის დაქვეითება, ზოგჯერ კი სრული მოსპობაც კი. როგორც უკვე აღინიშნა, ნებისმიერი ცხოველის პოპულაცია რთული დემოგრაფიული სტრუქტურით ხასიათდება, რაც სხვადასხვა ასაკობრივი ჯგუფის თანაფარდობაში ვლინდება. იმის მიხედვით, თუ რომელი ჯგუფის ხარჯზე ხორციელდება რეწვა, პოპულაციის რიცხოვნობის აღდგენა სხვადასხვაგვარად ხდება. იდეალურ პირობებში თევზის რეწვა, პირველ რიგში, ხანდაზმული ან საშუალო ასაკის ინდივიდების ხარჯზე უნდა ხდებოდეს. ასეთ შემთხვევაში ახალგაზრდა ასაკობრივი ჯგუფების მიერ პოპულაციის რიცხოვნობის სწრაფი აღდგენა — სავსებით გარანტირებულია. მაგრამ რეალურად რეწვა ხორციელდება ასაკობრივი ჯგუფების გაუთვალისწინებლად. და თუ ასეთ პირობებში რეწვის ინტენსივობამ ზღვარს გადააჭარბა, პოპულაციამ შესაძლოა ხანგრძლივი დროით დაკარგოს აღწარმოების უნარი.

ამის მაგალითი მრავალია. აშშ-ში კალიფორნიული სარდინის მოპოვება 1936 წლიდან რამდენიმე ასეულ ათას ტონას შეადგენდა წელიწადში, თანაც ნადავლის 75% შედარებით ახალგაზრდა ინდივიდებზე მოდიოდა. მიუხედავად იმისა, რომ 1953 წლიდან ამ თევზის ჭერა შეზღუდული იყო, პოპულაციების რიცხოვნობამ 80-იანი წლებისათვისაც კი ვერ მიაღწია ოპტიმუმს.

არანაკლებ ყურადსაღებია ანჩოუსის მაგალითი. ამ თევზის რეწვა 1967-70 წლებში შეადგენდა 12 მლნ ტონას. მიუხედავად ექსპერტების გაფრთხილებისა, მოპოვებული ყოფილიყო არაუმეტეს 9,5 მლნ ტონისა, ინტენსიური რეწვა მაინც გრძელდებოდა. შედეგად, თევზის რიცხოვნობა მკვეთრად შემცირდა, ხოლო აღწარმოების უნარი დღემდე დაქვეითებულია.

60-იან წლებში ჩრდ. ატლანტიკაში ქაშაყის რეწვა უპირატესად პირველი ორი ასაკობრივი ჯგუფის ხარჯზე ხდებოდა. უარყოფითი შედეგი რამდენიმე წელიწადში გამოვლინდა: თუ ისლანდიასა და ნორვეგიაში 1967 წელს მოიპოვეს 1,2 მლნ ტონა, სამიოდე წლის შემდეგ ამ მაჩვენებელმა 0,19 ტონას ვერ გადააჭარბა (სურ. 43).



სურ. 43. თევზების ძირითად სახეობათა რაოდენობის შემცირების სურათი ატლანტიკურ და ჩრდ. ყინულოვან ოკეანეებში, ჰოლფის (1995) მიხედვით; წლები აღნიშნავს რიცხოვნობის შემცირების დასაწყისს.

რამდენიმე ათეული წლის წინათ ჩვეულებრივი დელფინი ფართოდ იყო გავრცელებული შავ ზღვაში და მრავალრიცხოვან პოპულაციებს ქმნიდა იალტის, ტუაფსეს, სოჭის, ფოთის და ბათუმის ნაპირებთან. მე-20 საუკუნის 70-იანი წლებისათვის დელფინის რიცხოვნობა ამ რეგიონში 1,5-2 მლნ-დან 200 000-მდე შემცირდა.

თეთრმუცელა სელაპი, რომელიც 20-30-იან წლებში შავ ზღვაში შედარებით მცირერიცხოვანი პოპულაციების სახით გვხვდებოდა, 60-იანი წლების შემდეგ აქ არავის უნახავს.

მე-19 საუკუნეში კასპიური სელაპის რიცხოვნობა მილიონს უახლოვდებოდა, ხოლო წლიური რეწვა (1935-40 წწ) — 150 000-ს. რ[illegible] ოვნობის მკვეთრი შემცირება 40-იან წლებში დაიწყო, ხოლო 6[illegible] წლებში მისი გუნდი თითქმის განახევრებული იყო.

და ბოლოს, უნდა ითქვას, რომ ოკეანური რესურსების რაოდენობა, მათი აღწარმოების უნარი და თევზჭერის თანამედროვე დონე ძლიერ შორსაა წონასწორობისაგან. ამერიკელი სპეციალისტი ო. რაიტერი თევზის წლიურ პროდუქტიულობას 240 მლნ ტონით აფასებს. იმისათვის, რომ წონასწორობა თევზის მოპოვებასა და აღწარმოებაში აღდგეს, მისი აზრით, ყოველწიურად ამ რაოდენობის მხოლოდ 80% უნდა მოიპოვებოდეს. არსებული მონაცემებით, თევზჭერის ინტენსივობა ბევრად აღემატება ამ ზღვარს, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ წლიდან წლამდე ჩვენ ვიკვებებით არა მხოლოდ „პროცენტით", არამედ თევზის „ძირითადი კაპიტალითაც".

24. ტოქსიკური ნივთიერებები კვებით ჯაჭვებში

როგორც ზევით აღინიშნა, ცოცხალი ორგანიზმები სხვადასხვაგვარად რეაგირებენ გარემოს გაბინძურებაზე. მცენარეთათვის განსაკუთრებულად მავნეა SO_2, ქლორი, ტყვია, ვერცხლისწყალი, დარიშხანი. მაგალითად, SO_2 იწვევს ფოთლების გამუქებას და მცენარის კვდომას. ასეთი ეფექტი მაშინაც კი შეიმჩნევა, როდესაც მცენარე იზრდება რამდენიმე ათეული კილომეტრის დაშორებით მავნე გამონაბოლქვის წყაროდან. გოგირდის დიოქსიდი მცენარეთა ფოთლის ფირფიტაში საგრძნობლად აქვეითებს უჯრედების ცხოველქმედებას, რის შედეგად ფოთოლი იფარება რუხი ლაქებით და თანდათან ხმება.

ა. დავითაიას (1985) მონაცემებით, ცანაში (ქვემო სვანეთი) დარიშხანის გადამამუშავებელი სამთო-ქიმიური ქარხნის სიახლოვეს

გავრცელებული მცენარეებიდან დარიშხანის ჭარბი რაოდენობა, პირველ რიგში, ნაირბალახოვნებში აღინიშნება. აქ იგი შეადგენს 1500 მგ/კგ-ს, რაც ბევრად აღემატება დასაშვებ კონცენტრაციას. ძირითადი საამქროდან 2 კმ-ის დაშორებით კონცენტრაცია 274 მგ/კგ-მდე მცირდება, 10 კმ-ის მანძილზე — 7,7 მგ/კგ-მდე. სიმინდში დარიშხანის დიდი რაოდენობა, პირველ რიგში, ფოთლებში გროვდება, რაც გარკვეულ საშიშროებას უქმნის შინაურ ცხოველებს. კონცენტრაცია გაზრდილია მცენარეთა მიწისქვეშა ნაწილებშიც — ფესვებში, ტუბერებში. მაგალითად, კარტოფილში იგი ზოგჯერ 0,5 მგ/კგ-ს შეადგენს, რაც რამდენჯერმე სჭარბობს დასაშვებ კონცენტრაციას.

დარიშხანის მოპოვების ზონაში, როდესაც ყველა ტექნოლოგიური რგოლი მეტ-ნაკლებად ოპტიმალურია, მცენარეთა ფოტოსინთეზური აქტივობა დაახლოებით 10%-ით მცირდება. ამის შედეგად ბიოცენოზის პროდუქტიულობა საგრძნობლად ქვეითდება. სხვა მონაცემებით, გარემოში დარიშხანის დოზის ორჯერადი გაზრდა იწვევს ქლოროპლასტების საგრძნობ შემცირებას, მათი აქტივობის შესუსტებას, მცენარეთა ზრდისუნარიანობის დაქვეითებას, ფესვთა სისტემის განვითარებისა და წყლის შეწოვის უნარის დაცემას, პლაზმოლიზს და ა. შ.

ზოგიერთი მცენარე მეტად მგრძნობიარეა ტოქსიკანტების მიმართ; მაგალითად, SO_2-ის მიმართ — წიწვოვნები, სამყურა, იონჯა, კაკალი, თამბაქო, ლიქენები; ფთორის მიმართ — მარცვლოვნები, მარწყვი, ხახვი, გლადიოლუსები, ნაძვი, ფიჭვი; ოზონის მიმართ — ვაზი, ციტრუსოვნები, თამბაქო. ამავე დროს ზოგი მცენარე იმავე ტოქსიკანტების მიმართ შედარებით რეზისტენტულია; მაგალითად, SO_2-ის მიმართ მდგრადია ქლიავი, მსხალი, ვარდისებრნი, ლილიები; აზოტის ოქსიდების მიმართ — სტაფილო; ფთორის მიმართ ბარდა. შესაბამისად, პირველი ჯგუფის მცენარეები შესაძლოა გამოყენებულ იქნენ, როგორც გარემოს გაბინძურების ეფექტური ინდიკატორები; მეორენი — როგორც მდგრადი ობიექტები ტერიტორიების გამწვანებისათვის.

როგორც ზევით აღინიშნა, ნიადაგში ქიმიური სასუქების ჭარბი რაოდენობის შემთხვევაში, ნიტრატები და ფოსფატები მცენარეთა ქსოვილებში გროვდება, რაც საგრძნობლად აუარესებს საკვები პროდუქტების ხარისხს. კომონორის (1970) მონაცემებით, დაუმუშავებელ ნიადაგზე დათესილი ღორის ქადა ნიტრატული აზოტის მხოლოდ 0,1%-ს შეიცავს. მაგრამ თუ ნიადაგი გამდიდრებულია ნიტრატებით

(~600კგ/ჰა), მაშინ მცენარეებში ნიტრატული აზოტის შემცველობა 0,6%-მდე იზრდება.

იგივე შეიძლება ითქვას ზოგიერთ ბოსტნეულზე. მაგალითად, ისპანახის სამრეწველო დამუშავებისას (მაგალითად, კონსერვირებისას), ნიტრატები შესაძლოა გარდაიქმნას მეტად ტოქსიკურ ნიტრიტებად. ჰემოგლობინი მათთან რეაგირების შედეგად მეტჰემოგლობინად გარდაიქმნება. მეორე მხრივ, ნიტრატები საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში შესაძლოა გარდაიქმნან ძლიერ კანცეროგენულ ნიტროზამინებად.

კომბოსტო გაცილებით მეტ ბენზპირენს შეიცავს, ვიდრე სხვა ბოსტნეული. სტაფილო და დანარჩენი ძირხვენები ნიადაგიდან სხვადასხვა სახის ტოქსიკურ ნივთიერებებს ითვისებენ.

ჰაერის გაბინძურება უარყოფითად მოქმედებს ცხოველებზეც. ცნობილია მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის და ფრინველების მასობრივი დაღუპვის შემთხვევები ბოლნისლის დროს. თავისებურად ზემოქმედებს ცხოველებზე გარემოში მოლიბდენის სიჭარბე. თავისთავად, ეს ნივთიერება უვნებელია, მაგრამ ჭარბი რაოდენობით იგი ორგანიზმს სპილენძისაგან აღარიბებს, რაც ცხოველებში იწვევს ანემიას, მადის დაკარგვას და სხვ. დარიშხანი გროვდება ველურ და შინაურ ცხოველთა შინაგან ორგანოებში — ღვიძლში, პანკრეასში, თირკმელებში, ფილტვებში.

კარგადაა ცნობილი ზოგიერთი ფრინველის და ფუტკრისნაირის მაღალი მგრძნობიარობა სპილენძის, ფთორის, დარიშხანის მიმართ. ჩვენს პირობებში, დარიშხანის საბადოების სიახლოვეს ზოგიერთი ცხოველი საერთოდ ამოვარდა ბიოცენოზიდან. პირველ რიგში, ეს ეხება გარეულ ფუტკარს.

დდტ-ს გამოყენება გარკვეულ საშიშროებას უქმნის ფრინველთა ზოგიერთ სახეობასაც, მაგალითად შევარდენს და ქორს. როგორც უკვე აღინიშნა, უკანასკნელი 20–30 წლის მანძილზე ეს ფრინველები ძალზე თხელი ნაჭუჭის მქონე კვერცხს დებენ, რომელიც ბარტყების გამოჩეკამდე ბევრად ადრე ტყდება. მეცნიერთა ვარაუდით, ამ მოვლენის მიზეზია გარემოში დდტ-ს რაოდენობის მატება.

ყველა ცოცხალ ორგანიზმს აქვს უნიკალური უნარი — დააგროვოს ნივთიერება, რომელიც ბიოლოგიურად ძნელად იშლება. მცენარეებსა და ცხოველებში ნივთიერებათა ასეთმა დაგროვებამ „ეკოლოგიური ხაფანგების“ სახელწოდება მიიღო.

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ზღვის მურა წყალმცენარეებს (ლამინარიებს) იოდის დაგროვება შეუძლიათ, ვანადიუმი გვხვდება ხამანწკების სისხლში; ერთ-ერთი ორსაგდულიანი მოლუსკის (Pecten sp.) კუჭქვეშა ჯირკვალში კადმიუმი გროვდება, რომლის წონა ხშირად ცხოველის მშრალი მასის 0,001%-ს შეადგენს.

1954 წელს ფოსტერმა და როსტენბახმა დაადგინეს, რომ კოლუმბიის ერთ-ერთი მდინარის ფიტოპლანქტონში რადიოაქტიური ფოსფორის ფარდობითი კონცენტრაცია თითქმის 1000-ჯერ მეტია, ვიდრე წყალში; ბრაინის და სხვ. (1957) მონაცემებით, ბრიტანეთის საძოვრების ბალახოვან საფარში ^{90}Sr-ის შემცველობა 20-ჯერ სჭარბობს ნიადაგისას. მოგვიანებით რობინსონი (1965) აღნიშნავდა, რომ ინსექტიციდი დიელდრინი ჩრდ. ზღვის წყალში მხოლოდ კვალის სახითაა, ფიტოპლანქტონში კი მისი ფარდობითი კონცენტრაცია რამდენიმე ასეულჯერ უფრო მაღალია.

ტოქსიკურ ნივთიერებათა დაგროვების უნარი ცხოველებსაც გააჩნიათ. მაგალითად, ჭიაყელას ორგანიზმში დდტ-ს რაოდენობა ხშირად მრავალ ათეულჯერ აღემატება მის კონცენტრაციას ჰომუსში. ამ მხრივ ზღვის უხერხემლოებს შორის გამოირჩევიან ორსაგდულიანი მოლუსკები. ხამანწკების სხეულში დდტ-ს კონცენტრაცია თითქმის 70 000-ჯერ აღემატება წყლის მაჩვენებელს.

ჰიდრობიონტები ტოქსიკანტების დაგროვების სხვადასხვა უნარით ხასიათდებიან. პროფ. ნ. მაზმანიდის მონაცემებით, კანცეროგენ 3,4-ბენზპირენის კონცენტრაცია საქართველოს ზღვის თევზებში ბევრად დაბალია (0,06-4,49 მგ/კგ), ვიდრე მიდიებში (194,5-441,1 მგ/კგ). მნიშვნელობა აქვს იმასაც, თუ რომელ ეკოლოგიურ ჯგუფს განეკუთვნება სახეობა. მაგალითად, მერლანგში 3,4-ბენზპირენის კონცენტრაცია შეადგენს $0,137 \pm 0,056$ მგ/კგ-ს, სმარისში — $0,902 \pm 0,228$, ხოლო გლოსაში — $4,292 \pm 0,466$ მგ/კგ-ს.

როგორც ვხედავთ, პელაგიურ-ბენთოსურ სმარისში ტოქსიკანტების კონცენტრაცია თითქმის 7-ჯერ, ბენთოსურ გლოსაში კი თითქმის 30-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე პელაგიურ მერლანგში. ადვილად შესაძლებელია, რომ ამ მოვლენის ერთ-ერთი მიზეზი ფსკერის დანალექია, რომელიც ხელს უწყობს ტოქსიკური ნივთიერების მაქსიმალურ შეთვისებას.

მსგავსი მაგალითი მრავალია. ჩვეულებრივ, ნივთიერებები ადვილად იშლება და მონაწილეობს მეტაბოლურ პროცესებში. მაგრამ ხშირად აკუმულირებული ნივთიერებები ძნელად იშლება. ასეთ შემთხვევაში ცოცხალი ორგანიზმები მართლაც გვევლინება ტოქსიკურ ნივთიერებათა „ხაფანგების“ როლში.

ორგანიზმში მავნე აგენტის ბიოაკუმულაცია მისი დაგროვების კოეფიციენტით ფასდება:

$$K_{ab} = \frac{C_{ორგ.}}{C_{გარ.}}$$

სადაც $C_{ორგ.}$ არის ნივთიერების რაოდენობა ორგანიზმში, ხოლო $C_{გარ.}$ — მისი რაოდენობა გარემოში.

ცხრილი 5. ზოგიერთი მავნე ნივთიერების დაგროვების კოეფიციენტი, ბიკოვის და სხვ. (1997) მიხედვით

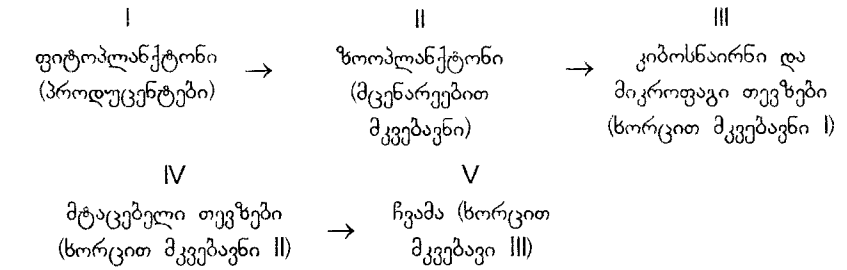
ნივთიერება	დაგროვების კოეფიციენტი სხვადასხვა სისტემისათვის			
	ნიადაგი — მცენარე	წყალი — თევზი	ძროხის ორგანიზმი	
			ხორცი	რძე
რადიონუკლიდები Cs-137	0,002	2000	0,03	0,005
Sr-90	0,2	30	0,0003	0,0015
დდტ	0,026	30000	0,028	0,011
დიოქსინები	0,0013	75000	0,055	0,01
დარიშხანი	0,01	1	0,0015	0,003

როგორც მე-5 ცხრილიდან ჩანს, სისტემა „წყალი — თევზი“ დაგროვების კოეფიციენტის თვალსაზრისით აშკარად განსხვავდება დანარჩენებისაგან. განსაკუთრებით მკაფიოდ ეს განსხვავება რადიონუკლიდების, დდტ-ს და დიოქსინების დაგროვებაში იჩენს თავს.

როგორც ზევით აღინიშნა, ნებისმიერი სახეობის მცენარე თუ ცხოველი ერთი ან რამდენიმე კვებითი ჯაჭვის შემადგენელი რგოლია. ამის შესაბამისად, ტოქსიკური ნივთიერება ჯაჭვის ერთი ტროფიკული საფეხურიდან შემდეგზე გადადის; ყოველ მომდევნო რგოლში მისი რაოდენობა იზრდება; საბოლოო ჯამში, ტოქსიკანტების მინიმალური კონცენტრაციით პროდუცენტები ხასიათდება, მაქსიმალურით კი ჯაჭვის ბოლო საფეხურზე მდგარი მტაცებლები.

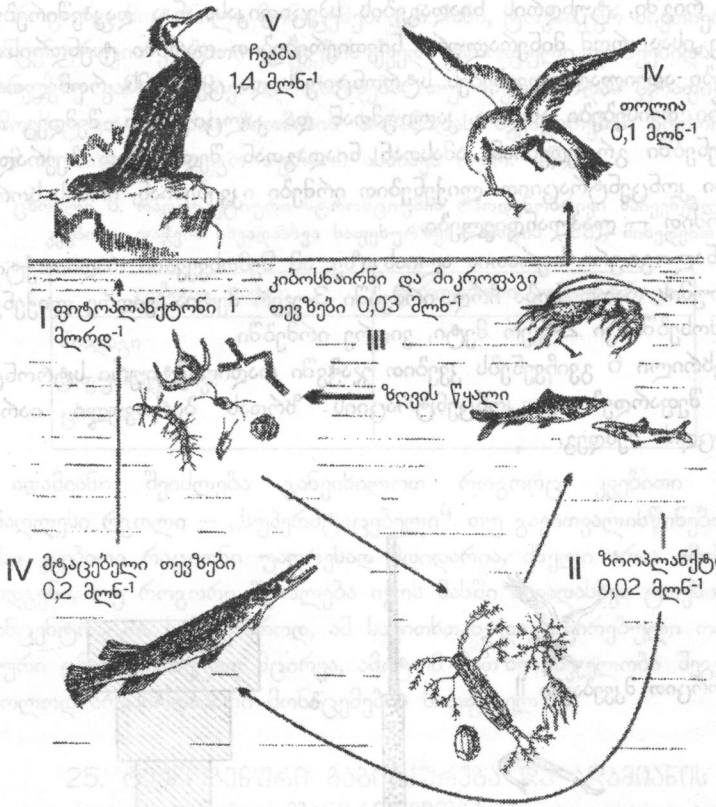
სურ. 44 გვიჩვენებს ინსექტიციდ დიელდრინის დაგროვებას კვებითი ჯაჭვის სხვადასხვა საფეხურზე ჩრდ. ზღვის პირობებში. როგორც ჩანს, წყალში ინსექტიციდის რაოდენობა უმნიშვნელოა, ეკოლოგიური პირამიდის საფეხურებზე კი თანდათან იზრდება. სახელდობრ, ფიტოპლანქტონში მისი კონცენტრაციაა 1 მლრდ$^{-1}$, ზოოპლანქტონში — 0,02 მლნ$^{-1}$, მაქსიმალური რაოდენობით იგი გროვდება მტაცებელ ფრინველებში, რომელთა ღვიძლში დიელდრინის კონცენტრაცია შეადგენს 1,6 მლნ$^{-1}$-ს, კვერცხებში კი 1,2 მლნ$^{-1}$-ს. ჩვამაში ინსექტიციდის შეფარდებითი კონცენტრაცია თითქმის 1600-ჯერ მეტია, ვიდრე ფიტოპლანქტონში.

სქემატურად ეს მონაცემები შემდეგნაირად გამოისახება:



50-იან წლებში აშშ-ში ფართო მასშტაბის სამუშაოები ჩატარდა თელას ერთ-ერთი დაავადების წინააღმდეგ დდტ-ს პრეპარატით. პრეპარატის ნაწილაკები ნიადაგში ხვდებოდა და აქ შეითვისებოდა ჭიაყელების მიერ. შაშვი, ჭიაყელებთან ერთად, პრეპარატსაც ყლაპავდა, რომლის მიმართ მისი ცენტრალური ნერვული სისტემა მეტად მგრძნობიარე გამოდგა. ამას მოჰყვა შაშვის მასობრივი დახოცვა; ფრინველის სიკვდილიანობამ აშშ ზოგიერთ რაიონში 86%-ს მიაღწია.

არანაკლებ საყურადღებოა კლირ-ლეიკის ტბა კალიფორნიაში, რომელიც 1949, 54, 57 წწ-ში ერთ-ერთი სახეობის ბუზთან ბრძოლის მიზნით დდტ-თი დაამუშავეს. პრეპარატის კონცენტრაცია 0,014 მგ/ლ-ს არ აღემატებოდა. შედეგად, პლანქტონში კონცენტრაციამ 5 მგ/ლ-ს მიაღწია, პლანქტონით მკვებათ თევზებში — დაახლოებით 110 მგ/კგ-ს (კუნთებში) და 1 220 მგ/კგ-ს (ცხიმში). თევზით ბატასინი იკვებებოდა, რომლის ცხიმში პრეპარატის კონცენტრაცია თითქმის 2 000 მგ/კგ-ს აღწევდა, რაც დაახლოებით 100 000-ჯერ მეტია, ვიდრე კონცენტრაცია წყალში და 400-ჯერ მეტია, ვიდრე ფიტოპლანქტონში.



სურ. 44. დიელდრინის დაგროვების მექანიზმი ზღვის ორგანიზმებში, რამადის (1981) მიხედვით, ცვლილებებით.

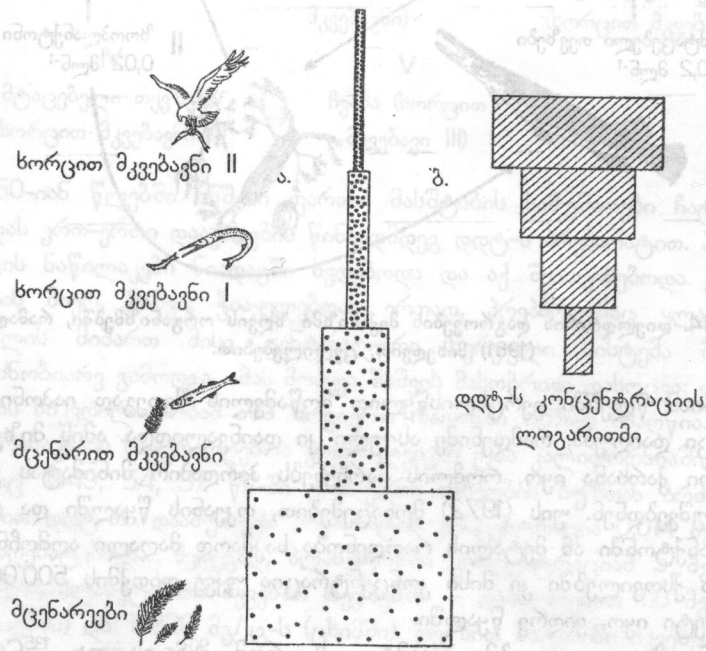
70-იან წლებში ვერცხლისწყლით მოწამვლის შედეგად იაპონიაში 110 კაცი დაიღუპა, რამდენიმე ასეული კი დაინვალიდდა. ამის მიზეზი ქიმიური ქარხანა იყო, რომლის ნარჩენებს პირდაპირ მინიმატას ყურეში უშვებდნენ. უის (1972) მონაცემებით, ოკეანის წყალში და ფიტოპლანქტონში ამ მეტალის რაოდენობა საკმაოდ მაღალი აღმოჩნდა, თევზის ქსოვილებში კი მისი კონცენტრაცია უკვე თითქმის 500 000-ჯერ მეტი იყო, ვიდრე წყალში.

ფინელმა ეკოლოგებმა დაამტკიცეს, რომ ^{90}Sr-ის და ^{135}Cs-ის გავლენით ლაპლანდიელებში რადიაციის დოზა 55-ჯერ აღემატება ჰელსინკელების ანალოგიურ მაჩვენებლებს. როგორც გაირკვა, ეს, პირ-

ველ რიგში, ტუნდრის ნიადაგების სპეციფიკასთანაა დაკავშირებული. საქმე ისაა, რომ მინერალური ნივთიერებებით ღარიბი ტუნდრის ნიადაგები ადვილად ითვისებენ სტრონციუმს და ცეზიუმს, რომელთა ქიმიური თვისებები ახლოა კალიუმთან და კალციუმთან. შემდეგ ისინი ლიქენებში გროვდებიან, ამასთან ნიადაგთან შედარებით ბევრად მაღალი კონცენტრაციით. ლიქენებით ირმები იკვებებიან, ირმის ხორცით და რძით — ლაპლანდიელები.

ანალოგიური სურათია ალიასკაზე. ამ შემთხვევაში რადიოაქტიური ცეზიუმის რაოდენობა ჩრდ. ირმებში 3-ჯერ მეტია, ვიდრე ლიქენებში; ესკიმოსებში კი 2-ჯერ მეტი, ვიდრე ირმებში.

ცხრილი 6 გვიჩვენებს კვებით ჯაჭვში რადიოაქტიური სტრონციუმის შეფარდებითი კონცენტრაციის ზრდას ბირთვული იარაღის გამოცდის შემდეგ.



სურ. 45. დდტ-ს დაგროვების პროცესი კვებით ჯაჭვში, ვუდველის (1967) მიხედვით: ა — ბიომასის პირამიდა, ბ — დდტ-ს დაგროვების პირამიდა.

როგორც მოტანილი მონაცემებიდან ჩანს, ტოქსიკურ ნივთიერებათა კონცენტრაცია კვებითი ჯაჭვების ქვედა ტროფული დონეებიდან ზედა დონეებზე კანონზომიერად იზრდება; თუ ასეთ ზრდას გრაფიკულად გამოვხატავთ და მას ბიომასის პირამიდას შევადარებთ, აღმოჩნდება, რომ ის საწინააღმდეგო სურათს ასახავს (სურ. 45).

ცხრილი 6. რადიოაქტიური სტრონციუმის რაოდენობრივი მაჩვენებლები კვებითი ჯაჭვის სხვადასხვა საფეხურზე; რამადის (1981) მიხედვით.

კვებითი ჯაჭვი	ფარდობითი კონცენტრაცია
ნიადაგი	1
საფურაჟე თივა	21
ცხვარი	714

ადამიანი შეიძლება განვიხილოთ როგორც კვებითი ჯაჭვის უმაღლესი რგოლი — „სუპერმტაცებელი". თუ გავითვალისწინებთ, რომ მისი კვებითი რაციონი უაღრესად მდიდარია, ძნელი არაა იმის წარმოდგენა, თუ როგორი შეიძლება იყოს მასში სხვადასხვა ტოქსიკანტის კონცენტრაცია. სამწუხაროდ, ამ საკითხთან დაკავშირებული ოფიციალური ცნობები მეტად მცირეა, ამიტომ მათზე მსჯელობა შეგვიძლია მხოლოდ არაპირდაპირი მონაცემების საფუძველზე.

25. ტექნოგენური გაბინძურება და ადამიანის ჯანმრთელობა

მოსახლეობის ჯანმრთელობა მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციის ექსპერტთა მონაცემებით, 50-52%-ით ამას მოსახლეობის ეკონომიკური მდგომარეობა განსაზღვრავს, 20-25%-ით — მემკვიდრული ფაქტორები, 7-12%-ით — სამედიცინო მომსახურების დონე, 18-22%-ით — გარემოს მდგომარეობა. არსებობს სხვა შეფასებაც, რომელიც გარემოს როლს მოსახლეობის ჯანმრთელობაში 40-50%-ს ანიჭებს.

დასახლებული პუნქტების იმ ნაწილში, სადაც ტექნოგენური გაბინძურების დონე მაღალია, მოსახლეობის ჯანმრთელობაზე გარემოს გავლენა, როგორც წესი, მკაფიოდ ვლინდება. მაგალითად, სანკტ-პეტერბურგის კიროვის რაიონში საერთო დაავადების დონე 2,3-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ზღვისპირა რაიონში, სადაც სამრეწველო

ნარჩენები და ტრანსპორტის გამონაბოლქვი დაახლოებით 9-ჯერ ნაკლებია. ქ. ტოლიატის ცენტრალურ რაიონში, რომელიც ქიმიური ქარხნების ზონას ესაზღვრება, ფილტვების, კანის და ონკოლოგიურ დაავადებათა სიხშირე 50-125%-ით აღემატება დანარჩენი რაიონების მაჩვენებლებს. ქ. კემეროვოს ძლიერ გაბინძურებულ საქარხნო რაიონში ქრონიკული ბრონქიტით დაავადება 2,7-ჯერ, ხოლო ნაადრევი მშობიარობა – 2,1-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ნაკლებად გაბინძურებულ ტერიტორიაზე მდ. ტომის მეორე ნაპირას.

რეგიონების ანალოგიური შედარება ზოგჯერ არ ავლენს მკაფიო სურათს. ეს დაკავშირებული უნდა იყოს კლიმატურ-გეოგრაფიულ და ზოგიერთ სხვა ფაქტორთან, რომელიც ობიექტური მიზეზების ერთგვარ გადაფარვას იწვევს. ამის მიუხედავად, სხვადასხვა ხარისხით გაბინძურების პირობებში გადახრები მოსახლეობის ჯანმრთელობაში მაინც ვლინდება. ასე, თუ რუსეთში კიბოთი დაავადების საშუალო მაჩვენებელი (100 000 მაცხოვრებელზე) 268-ს უახლოვდება, ეკოლოგიურად არასტაბილურ ქალაქებში ეს მაჩვენებელი უფრო მაღალია. მაგალითად, ნიჟნი ნოვგოროდში იგი 405 შეადგენს, ნოვოჩერკასკში – 463, ეკატერინბურგში – 502, კურგანში – 612.

ცნობილია, რომ პათოლოგიური მოვლენები მოსახლეობაში მაშინაც კი ვლინდება, როდესაც გარემოში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია არაა მაღალი, მაგრამ მათი ზემოქმედება რეგულარულია. მაგალითად, თანამედროვე ამერიკელის ჩონჩხი დაახლოებით 1000-ჯერ მეტ ტყვიას შეიცავს, ვიდრე აბორიგენის ჩონჩხი 1 ათასწლეულის წინა პერიოდიდან. ხშირად პლანეტის სამრეწველო რაიონებში მცხოვრები ბავშვების თმა, ფრჩხილები და სარძევე ჯირკვლები ტყვიის, კადმიუმის, სტრონციუმ-90-ის ჭარბ რაოდენობას შეიცავს. არცთუ იშვიათად ქალის რძეში დდტ აღინიშნება.

სიცოცხლის მანძილზე ადამიანი საშუალოდ 60 მლნ-ჯერ შეისუნთქავს და ფილტვებში 600 000 მ^3-მდე ჰაერს ატარებს. გასაგებია, რომ მავნე ნივთიერებათა უმნიშვნელო კონცენტრაციაც კი სერიოზულ ზიანს აყენებს მის ჯანმრთელობას.

გარემოს გაბინძურებაზე კონტროლის მიზნით დადგენილია მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ). მაგალითად, გოგირდის დიოქსიდისათვის იგი შეადგენს 0,06 მგ/მ^3-ს, ტყვიისათვის – 0,0007-ს, ვერცხლისწყლისათვის – 0,0003 მგ/მ^3-ს. გარე-

მოში ტოქსიკურ ნივთიერებათა რაოდენობის ზრდა ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციის ზევით ადამიანის ჯანმრთელობისათვის საშიშია.

როგორც მე-3 ცხრილიდან ჩანს, გარემოს გაბინძურების სხვა მიზეზთა შორის, ბუნებრივ საწვავს და ავტოტრანსპორტს განსაკუთრებული ადგილი უკავიათ. წიაღისეული სათბობის, მეტადრე ქვანახშირის, წვის შედეგად მრავალგვარი ტოქსიკური ნივთიერება გამოიყოფა. ისინი აძლიერებენ ერთმანეთის მოქმედების ეფექტს, რაც, პირველ რიგში, სასუნთქი გზების დაავადებას უწყობს ხელს.

ამ გარემოებამ ჯერ კიდევ 1930 წელს ბელგიის ქ. მეუს-ვალიში იჩინა თავი. ამას მოჰყვა ქ. დონორი (აშშ) 1948 წელს და ლონდონი 1952 წელს. ლონდონის ცნობილი ბოლონისლის დროს 4000-მდე ადამიანი დაიღუპა; გოგირდის ოქსიდების კონცენტრაცია ჰაერში 4 000 მკგ მ$^{-3}$-ს აღწევდა. ნიუ-იორკში კონცენტრაცია ხშირად 2 500 მკგ მ$^{-3}$-ს უახლოვდება. ანკარაში 1982 წლის იანვარში ამ ოქსიდების კონცენტრაცია რამდენიმე დღის მანძილზე 2 800 მკგ მ$^{-3}$-ს აღწევდა, ამიტომ ადგილობრივი ხელისუფლება იძულებული იყო დაეხურა ყველა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ობიექტი (როგორც ჩანს, თურქეთში ეს პრობლემა ქრონიკულია, რადგან აქ სათბობად გოგირდით მდიდარ ქვანახშირსა და ნავთობს იყენებენ).

ყველა შემთხვევაში გოგირდის ოქსიდები და მკვრივი ნაწილაკები სასუნთქი სისტემის დაზიანებას იწვევდა; დაავადების გართულება და მაღალი სიკვდილიანობა, პირველ რიგში, ხანდაზმულებს შორის აღინიშნებოდა, რომელთაც მანამდე გულ-სისხლძარღვთა და რესპირატორული დაავადებანი უკვე გადატანილი ჰქონდათ.

როგორც ირკვევა, კონცენტრაციის არამც თუ ძლიერი ზრდა, მისი უმნიშვნელო მომატებაც კი სერიოზულ გართულებებს იწვევს. გოგირდის ოქსიდების კონცენტრაციის საშუალო წლიური სტანდარტი 80 მკგ/მ$^{-3}$-ს, მკვრივი ნაწილაკებისა — 75 მკგ/მ$^{-3}$-ს შეადგენს. მაგრამ როდესაც კონცენტრაცია 100-ს აღწევს, ბრონქიტით დაავადების სიხშირე ხანდაზმულებში და რესპირატორული გართულება ბავშვებში შესამჩნევად იზრდება.

როგორც აღინიშნა, ნახშირბადის მონოქსიდის ერთ-ერთი წყარო ავტოტრანსპორტია. მის ჭარბ რაოდენობას წიაღისეული სათბობის და ბიომასის წვაც იწვევს. CO-ს წყარო თამბაქოცაა. თუ შევადარებთ საშუალო მწეველს, რომელიც სუფთა გარემოში ცხოვრობს და არამწ-

ეველს, რომელიც ცხოვრობს ძლიერ გაბინძურებულ გარემოში, აღმოჩნდება, რომ პირველი დაახლოებით 2-ჯერ მეტ CO-ს შთანთქავს.

CO-სთან დაკავშირებული ძირითადი პრობლემა — ორგანიზმში კარბოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნაა. ჰემოგლობინი — ერითროციტებში არსებული რთული ცილაა, რომლის დანიშნულებაა O_2-ის ტრანსპორტირება ფილტვებიდან ორგანიზმის ქსოვილებში, ხოლო CO_2-ისა — ქსივილებიდან ფილტვებში. მაგრამ, როგორც ცნობილია, CO ბევრად უფრო მჭიდროდ უკავშირდება ჰემოგლობინს, ვიდრე O_2. ამიტომ რაც მეტი რაოდენობითაა CO ჰაერში, მით მეტი ჰემოგლობინი კავდება მის მიერ და ნაკლები O_2 აღწევს ქსოვილებში. CO-სთან დაკავშირებულ ჰემოგლობინს კარბოქსიჰემოგლობინი ქვია.

ძლიერ გაბინძურებულ უბნებში 8-12 საათიანი მუშაობის შემდეგ, მძღოლის ორგანიზმში მთელი ჰემოგლობინის 9-10% CO-სთანაა დაკავშირებული; საშუალოდ გაბინძურებულ რაიონებში ეს მაჩვენებელი 3-4%-ს შეადგენს; დაახლოებით ასეთივე მაჩვენებელი აქვს თამბაქოს მწეველსაც.

კარბოქსიჰემოგლობინის რაოდენობის ზრდა უარყოფითად მოქმედებს ორგანიზმის საერთო მდგომარეობაზე; საგრძნობლად ქვეითდება ადამიანის რეაქცია გარეგან გამღიზიანებლებზე: იგი ვერ არჩევს ხმოვან სიგნალებს და განათების ინტენსივობას, მას დროებით უქვეითდება მეხსიერება, სტენოკარდიით დაავადებულ პირებს გულის მოვლენები უფრო ხშირად და ხანგრძლივი დროით უვითარდებათ. აშშ-ში სიკვდილიანობის 35% გულ-სისხლძარღვთა დაავადებაზე მოდის. ვარაუდობენ, რომ ასეთ მაღალ პროცენტს მნიშვნელოვანწილად გარემოში CO-ს სიჭარბე უწყობს ხელს.

გარემოს გაბინძურების ერთ-ერთი წყარო — აზოტის ოქსიდებია; 90% აზოტის ოქსიდს შეადგენს, დანარჩენი — აზოტის დიოქსიდს. მაგრამ ჰაერში, რთული რეაქციების შედეგად, NO-ს დიდი ნაწილი უფრო ტოქსიკურ NO_2-ად გარდაიქმნება.

NO_2 მრავალმხრივ ზემოქმედებას ახდენს ადამიანზე. იგი იწვევს ე.წ. სენსორულ ეფექტებს, რაც გამოიხატება ყნოსვის და მხედველობის უნარის დაქვეითებაში. შესუნთქვისას იგი ლორწოვან გარსს აღიზიანებს, ხოლო ორგანიზმში შეიძლება HNO_2-ად და HNO_3-ად გარდაიქმნას:

$$2NO_2+H_2O\rightarrow HNO_2+HNO_3$$

ეს მჟავები ალვეოლების კედლების დაშლას და ძლიერ გართულებებს იწვევენ მთელ რესპირატორულ სისტემაში. დაახლოებით ასეთივე მოვლენები აღინიშნება O_3-ის შესუნთქვისას.

თავისუფალი ქლორი და მისი შენაერთები უარყოფითად მოქმედებენ ყნოსვის, მხედველობის ორგანოებზე, იწვევენ სუნთქვის რითმის მოშლას. ფთორის შენაერთები იწვევენ კანის და ლორწოვანი გარსის გაღიზიანებას. მათი ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად ვითარდება სისხლდენა, სურდო, ხველება, პნევმოსკლეროზული ცვლილებები ფილტვებში.

ავტომანქანის გამონაბოლქვის ერთ-ერთი უარყოფითი შედეგი — ჰაერში ტყვიის კონცენტრაციის ზრდაა. როგორც აღინიშნა, ტყვია — კუმულაციური შხამია; იგი თანდათან გროვდება ორგანიზმში, აკნინებს ძვლის ტვინში ერითროციტების წარმოქმნას და ხელს უშლის ჰემოგლობინის სინთეზს.

ტყვიის დიდ რაოდენობას შეიცავს ძველი საღებავი. როგორც სპეციალისტები აღნიშნავენ, ეს საღებავი ძველ სახლებშია შემორჩენილი, რომელთაგან მრავალი ინგრევა. აქ დროებით სახლდებიან უსახლკაროები და ლტოლვილები, რომელთა შორის მცირეწლოვანი ბავშვებიცაა. თუ ბავშვმა პირში საღებავი ჩაიდო, მის ორგანიზმში შხამიც ხვდება. 1 გრ საღებავი ხშირად 50 000 მკგ ტყვიას შეიცავს.

რეველების (1995) მონაცემებით, აშშ ზოგიერთ რაიონში უსახლკარო ბავშვთა 2%-ის სისხლში ტყვიის რაოდენობა უახლოვდება ტოქსიკურ ზღვარს. თუ რეგიონში ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი დიდია, ბავშვების მოწამვლის შესაძლებლობა, ხანდაზმულებთან შედარებით, თითქმის ორჯერ იზრდება. მაგრამ თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბავშვისათვის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ბევრად დაბალია, გასაგები იქნება ის საფრთხე, რომელიც მას ემუქრება.

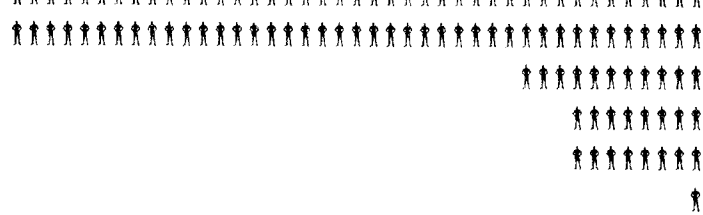
დადგენილია, რომ ტყვია ვირთაგვებში შეიძლება იყოს ავთვისებიანი ზრდის მიზეზი.

ყოყო დროს, როდესაც თამბაქოს ნათესებს ტყვიის არსენიტის შემცველი პესტიციდებით ამუშავებდნენ. არც ტყვია, არც დარიშხანი ნიადაგში არ იშლება, ამიტომ მათ პოულობენ ყველგან, სადაც იყენებდნენ პესტიციდს. ასეთ ნიადაგზე მოყვანილი თამბაქო ითვისებს დარიშხანსაც და ტყვიასაც. დადგენილია, რომ სიგარეტი საშუალოდ 13 მკგ ტყვიას შეიცავს, აქედან 1,5 მკგ თამბაქოს კვამლში ხვდება, რომ-

ლის 1/3 სისხლში გადადის. დარიშხანი — კუმულაციური შხამია. როგორც ვარაუდობენ, ხანგრძლივი დროის მანძილზე დაგროვილი დარიშხანი კანცეროგენულია.

ავთვისებიანი სიმსივნე დღეს ერთ-ერთი სერიოზული პრობლემაა მსოფლიოში. ოფიციალური მონაცემებით 400 000-მდე ამერიკელი ყოველწლიურად კიბოს მიზეზით კვდება, ხოლო 700 000-მდე ახალი ავადმყოფი რეგისტრირდება (სურ. 46). ყოველწლიურად ინდუსტრიულ ქვეყნებში კიბოთი დაავადების 2,9 მლნ ახალი შემთხვევა იჩენს თავს, განვითარებად ქვეყნებში — 3 მლნ-მდე შემთხვევა. ბოლოდროინდელი მონაცემები ცხადყოფენ, რომ კიბოთი დაავადების 60-90% გარემო ფაქტორებთანაა დაკავშირებული.

ნივთიერების კანცეროგენობა ყოველთვის როდია ამკარა! გაჭუჭყიანებულ ჰაერში შედარებით დაბალი დოზით მრავალი კანცეროგენული ნივთიერება აღინიშნება, თუმცა იწვევენ თუ არა ეს დოზები ავთვისებიან სიმსივნეს — ხშირად გაუგებარია. მაგრამ ზოგიერთ შემთხვევაში სიმსივნის მიზეზი ეჭვს არ იწვევს. მაგალითად, ინგლისში ფილტვების კიბო ბევრად უფრო ხშირი მოვლენაა, ვიდრე აშშ-ში. ამის მიზეზი, როგორც ჩანს, ქვანახშირია, რომელიც ინგლისში ბოლო დრომდე განსაკუთრებული პოპულარობით სარგებლობს. გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ ინგლისიდან აშშ-ში გადასახლებულთა შორის კიბოთი დაავადების შემთხვევა 30%-ით ნაკლებია ინგლისის მუდმივ



1 — კიბო (1969 წ.)
2 — დაიღუპა II მსოფლიო ომში
3 — ავტოკატასტროფები (1969)
4 — დაიღუპა ვიეტნამის ომში (6 წელი)
5 — დაიღუპა კორეის ომში (3 წელი)
6 — პოლიომიელიტი (1952 წ.)

სურ. 46. სიკვდილიანობა აშშ-ში, რეველების (1995) მიხედვით. (ყოველი ფიგურა 10 000 შემთხვევას შეესატყვისება)

მაცხოვრებლებთან შედარებით, მაგრამ გადასახლებულთა შორის ეს დაავადება მაინც უფრო ხშირია, ვიდრე ძირძველ ამერიკელებში.

1977 წელს აშშ პროფესიული უშიშროების ინსტიტუტის მიერ გამოქვეყნებულ ანგარიშში აღნიშნულია, რომ აქ ყოველი მეოთხე მუშა თავისი სიცოცხლის მანძილზე განიცდის ტოქსიკურ ნივთიერებათა — სხვადასხვა გამხსნელის, ტყვიის, ვერცხლისწყლის და სხვ. — ზემოქმედებას, რაც სერიოზული დაავადებების მიზეზი შეიძლება იყოს. ასეთ ადამიანთა რიცხვი იმ დროისათვის აშშ-ში თითქმის 22 მლნ-ს შეადგენდა. ამის გარდა, დაახლოებით 880 000 მუშას კავშირი აქვს ცნობილ კანცეროგენებთან, როგორიცაა ასბესტი, დარიშხანი, ქლოროფორმი და სხვ. (იხ. ცხრილი 7).

დიოქსინებს — ორგანულ ნივთიერებათა ერთ-ერთ ჯგუფს ბოლო დროს დიდ მნიშვნელობას ანიჭებენ ავთვისებიან სიმსივნეთა წარმოშობაში. დიოქსინები და დიოქსინისმაგვარი ნაერთები უნივერსალური უჯრედული შხამებია. ისინი წარმოიქმნებიან ზოგიერთი ქიმიური ნაერთის — ჰექსაქლორფენოლების, ჰერბიციდების და სხვათა სინთეზისას. დიოქსინების წყაროა აგრეთვე ცელულოზ-ქაღალდის კომბინატების, ლითონდამამუშავებელ და რადიოტექნიკურ საწარმოთა ჩამდინარე

ცხრილი 7. მრეწველობის ზოგიერთი დარგი და მათში გამოყენებული კანცეროგენები; პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით

მრეწველობის დარგი ან მისი პროდუქტი	კანცეროგენული ნივთიერება
ინსტრუმენტების და სამეცნიერო ხელსაწყოების წარმოება	ასბესტი, ტალიუმი
მზა ლითონის წარმოება	ტყვია, ნიკელი, გამხსნელები, ქრომის მჟავა, ასბესტი
ელექტრომოწყობილობა და კვების წყაროები	ტყვია, ვერცხლისწყალი, გამხსნელები, ქლორირებული ნახშირწყალბადები
მანქანათმშენებლობა	ზეთები, საპოხი ემულსია
სატრანსპორტო მოწყობილობა	ფორმალინი, ფენოლი, იზოციანიტები, ამინები
ნავთობი და მისი გადამუშავების პროდუქტები	ბენზოლი, ნაფტალინი, პოლიციკლური არომატული ნაერთები
ტყვიი ნაწარმი	ქრომის მარილები, მთრიმლავი ორგანული ნივთიერებები

წყლები, ატმოსფეროში ისინი ავტომანქანების გამონაბოლქვებიდან, აგრეთვე სასმელი წყლის ქლორირებისას, ჰალოგენშემცველი და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების წვისას ხვდება. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით დიოქსინები სამრეწველო ავარიების დროს გამოიყოფა. ასე, 1976 წელს ნარჩენების ჩამარხვისას დაშვებული შეცდომების გამო, იტალიის ერთ-ერთ ქალაქში გარემოში დიდი რაოდენობით დიოქსინები გამოიყო. გამოკვლეული 37 000-მდე მაცხოვრებლიდან, კიბოთი დაავადებული 891 აღმოჩნდა.

1968 წელს იაპონიაში, ხოლო 1979 წელს ტაივანზე აღინიშნა მოსახლეობის მასობრივი მოწამვლა ბრინჯის ზეთით. იზარალა 4 000-მდე კაცმა, რომელთა ღვიძლში შხამის მომატებული რაოდენობა აღმოჩნდა.

დიოქსინები რეპროდუქტიული ფუნქციის დარღვევასაც იწვევენ — მამაკაცებში იმპოტენციას, ქალებში მუცლის მოწყვეტას.

რუსეთში 1994 წელს დამუშავდა მიზნობრივი სახელმწიფო პროგრამა „გარემოსა და მოსახლეობის დაცვა დიოქსინებისა და დიოქსინისმაგვარი ტოქსიკანტებისაგან“, რომელიც დიოქსინების წყაროების და მათი მოქმედების ყოველმხრივ შესწავლას ითვალისწინებს.

პ. და ჩ. რეველების (1995) მონაცემებით, სასმელ წყალში 700-მდე უცხო ნაერთია აღმოჩენილი, რომელთა შორის ზოგიერთი — ცნობილი კანცეროგენია (იხ. ცხრილი 8). აშშ სოფლის ტერიტორიების სასმელ წყალში აღმოჩენილია სელენი, კადმიუმი, ვერცხლისწყალი, ასევე ნიტრატები, ტყვია, ვერცხლი და სხვა, რომელთა კონცენტრაცია ხშირად აღემატება დადგენილ სტანდარტებს.

1970-87 წლებში რაჭაში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გამოავლინა ავთვისებიანი სიმსივნით დაავადების მაღალი პროცენტი. აქ ეს მაჩვენებელი თითქმის 3-ჯერ აღემატება საქართველოს საშუალო მაჩ-

ცხრილი 8. სასმელ წყალში აღმოჩენილი კანცეროგენული ნივთიერებები, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

ადამიანის	ცხოველების
ვინილქლორიდი ბენზოლი ბენზპირენი	დიელდრინი, კეპონი, ჰექსაქლორბენზოლი, ქლორდანი, დდტ, ლინდანი, ეთილენდიბრომიდი, პოლიქლორირებული ბიფენილები, ქლოროფორმი, 1,2 — დიქლორეთანი, ტეტრაქლორეთილენი, ოთხქლორიანი ნახშირბადი, ტრიქლორეთილენი

ვენებელს. რაჭაში კიბოთი დაავადების სიხშირე ასაკთან ერთად იზრდება და მაქსიმუმს 65 წლის ასაკში აღწევს. განსაკუთრებით ხშირია ფილტვების და კანის კიბო.

ავთვისებიანი სიმსივნის გამომწვევი მიზეზი ბევრია, მაგრამ ძნელია კონკრეტული დაავადების დასაწყისისა და მიზეზის გამოვლენა. ასეთია აზბესტოზი – დაავადება, რომელსაც აზბესტის მტვერი იწვევს. თუ დოზა არაა დიდი, შედეგმა შეიძლება თავი იჩინოს 20-30 წლის შემდეგ. აზბესტის ბოჭკო გროვდება ფილტვებში, შედეგად ძნელდება სუნთქვა, ბოჭკოს ირგვლივ ქსოვილი მკვრივდება, ამიტომ ფილტვის სისხლით მომარაგება ფერხდება. აღწერილია 50 წლის ქალის გარდაცვალების შემთხვევა ფილტვის კიბოს იშვიათი ფორმით – მეზოთელიომით. როგორც გაირკვა, ავადმყოფობის მიზეზი აზბესტი იყო, რომელთანაც შეხება ქალს მხოლოდ ბავშვობაში ქონდა.

1996 წელს აშშ გარემოს დაცვის სააგენტომ დასვა საკითხი აზბესტის პროდუქციის წარმოების შეწყვეტის შესახებ. ამ წინადადების განხორციელება ნავარაუდევი იყო 10 წლის განმავლობაში.

კიბოს მიზეზი შეიძლება იყოს საკვების სხვადასხვა დანამატი, რომელიც პროდუქციის გემოს, ფერის შენარჩუნების, ან მისი ხანგრძლივი შენახვის აუცილებლობასთანაა დაკავშირებული. ვარაუდობენ, რომ ავთვისებიან სიმსივნეს საქარინიც იწვევს. ამის მიუხედავად, მხოლოდ 1976 წელს აშშ-ში 2 270 000 კგ საქარინი გაიყიდა.

ხორცის შებოლვისას წარმოიქმნება პოლიციკლური ნახშირწყალბადები. ასეთ ხორცში ბენზპირენის რაოდენობა ზოგჯერ 2-8 მკგ/კგ-ს შეადგენს. ხის ნახშირზე შეწვისას მან შესაძლოა 50 მკგ/კგ-მდე მოიმატოს. ხორცისა და თევზის დამუშავებისას ხშირად წარმოიქმნება ნიტროზამინები. არცთუ იშვიათად ამ შხამს ძეხვეულიც შეიცავს (გორდეზიანი, კვესიტაძე, 2000).

გარემოს გამაბინძურებელ მრავალ ფაქტორს გენეტიკური აქტივობა აღმოაჩნდა. ბოლო ხანებში მუტაგენების გავლენით მუტაციების სიხშირე საგრძნობლადაა გაზრდილი; მათი დიდი ნაწილი რეცესიული და საზიანოა. მაგალითად, მაიონიზირებელი რადიაციის უმცირესი დოზაც კი, როგორც წესი, მუტაციას იწვევს. ცოლქმრული წყვილიდან თუ ერთ-ერთმა მაინც 1-1,5 გრეი დოზა მიიღო, დაავადებული შთამომავლობის ალბათობა 4-5%-ით იზრდება. მაგრამ თუ იმავე დოზას რეგიონის მთელი მოსახლეობა იღებს, მომდევნო თაობებში დაავადებულთა რაოდენობა მნიშვნელოვნად იზრდება.

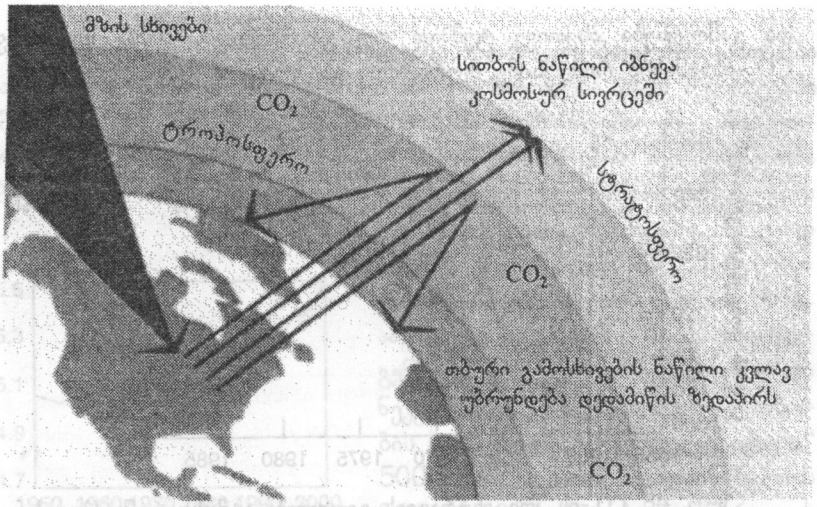
ბოლო რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე პლანეტაზე პარადოქსული სიტუაცია შეიქმნა: მსოფლიო ცივილიზაციამ არნახულ განვითარებას მიაღწია და, ამავე დროს, უფსკრულის პირას აღმოჩნდა. XXI საუკუნის თაობას მრავალი გლობალური პრობლემის გადაწყვეტა მოუწევს. ეს პრობლემებია: მოსახლეობის განუხრელი ზრდა, ენერგეტიკული კრიზისის გამწვავება, სურსათის უკმარობა და სიღატაკე განვითარებად ქვეყნებში, ურბანიზაცია, ეპიდემიების წარმოშობა და გავრცელება და ა. შ. მათი უმრავლესობა ეკოლოგიურ პრობლემებთანაა დაკავშირებული.

26. ატმოსფერული მოვლენები

გლობალური დათბობა. თანამედროვეობის ერთ-ერთი საშიში მოვლენა ტემპერატურის გლობალური მომატებაა, რასაც CO_2, CH_4, N_2O და ფრეონები უწყობს ხელს (იხ. მე-9 ცხრილი)

ცხრილი 9. ზოგიერთი მავნე აირის გლობალური მოქმედების შედეგები, თ. გრეიდელის და პ. კრუტცენის (1989) მიხედვით

აირი	მოქმედების შედეგები				
	„სათბურის ეფექტი“	ოზონის შრის დაშლა	მჟავე წვიმები	ბოლნისლი	დაბალი ხილვადობა
ნახშირბადის მონოქსიდი (CO)					+
ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2)	+	+/–			
მეთანი (CH_4) და სხვა ნახშირწყალბადები	+			+	
აზოტის მონოქსიდი (NO) და დიოქსიდი (NO_2)-NO_x			+	+	+
აზოტის სუბოქსიდი (N_2O)	+	+			
გოგირდის დიოქსიდი (SO_2)			+		
ქლორფთორნახშირბადი (ფრეონები)	+	+	+		+



სურ. 47. სათბურის გაზების ზემოქმედება დედამიწის თბურ ბალანსზე, ცვეტკოვას და სხვ. (1999) მიხედვით

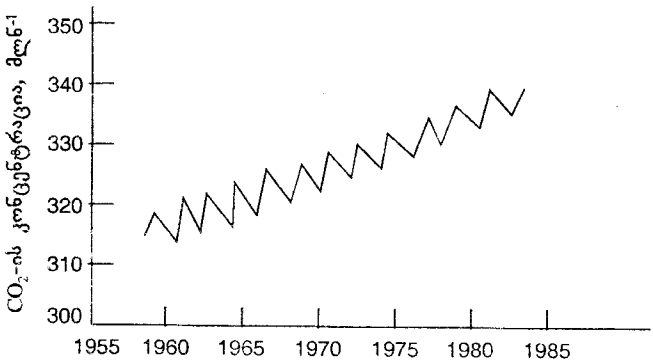
სათბურის გადახურვის ანალოგიურად, ჩამოთვლილი გაზები თავისუფლად ატარებს მზის მოკლეტალღიან სხივებს, მაგრამ აკავებს დედამიწიდან არეკლილ თბურ გამოსხივებას, რის შედეგადაც ატმოსფეროს ქვედა ფენები თბება. ეს მოვლენა „სათბურის ეფექტის“ სახელწოდებითაა ცნობილი (სურ. 47).

სითბოს ბუნებრივი შეკავება დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს პლანეტაზე სიცოცხლის შენარჩუნების მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ეს რომ არა, აქ ტემპერატურა მეტისმეტად დაბალი იქნებოდა. თუნდაც 2-3 გრადუსით ტემპერატურის აწევის პერსპექტივა დიდ შეშფოთებას იწვევს, რადგან ზუსტად არავინ იცის, თუ რა ზემოქმედებას მოახდენს ეს გარემოზე — ნალექებზე, ზღვის დონეზე, თოვლსაფარზე.

როგორც წინა თავებში აღინიშნა, პლანეტის ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის გამომწვევ ნივთიერებათა კოლოსალური რაოდენობა გამოიყოფა. ოფიციალური მონაცემებით, მხოლოდ 1988 წელს ნახშირბადის ემისია დაახლოებით 8 მლრდ ტ-ს შეადგენდა; აქედან 5,5 მლრდ ტ — წიაღისეული სათბობის, ხოლო 2,5 მლრდ ტ — ბიომასის წვის ხარჯზე.

სურათი 48 გვიჩვენებს CO_2-ის რაოდენობის ზრდას მე-19 საუკუნის II ნახევარში. ვარაუდობენ, რომ წიაღისეული სათბობის მოპოვება

და გამოყენება ასეთივე ტემპით თუ გაგრძელდა, 2020 წლისათვის CO_2-ის ემისია რამდენიმე მლრდ-მდე გაიზრდება.

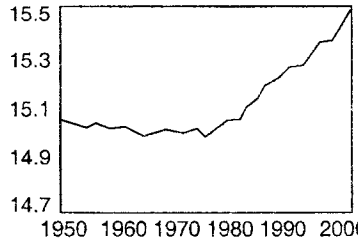


სურ. 48. CO_2-ის კონცენტრაციის ცვლილება ატმოსფეროში (ჰავაის კუნძულების ერთ-ერთი ობსერვატორიის მონაცემები), პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

ბოლო საუკუნის მონაცემებზე დაყრდნობით ზოგიერთი მეცნიერი იმ დასკვნამდე მიდის, რომ ტემპერატურის გლობალური მატება უკვე ხორციელდება. მართლაც, თუ 1890 წელს დედამიწაზე ჰაერის საშუალო ტემპერატურა 14,5°C-ს შეადგენდა, 1990 წელს იგი 15,1°C-ს მიუახლოვდა (სურ. 49). XX საუკუნის უკანასკნელი 12 წელი ყველაზე თბილი იყო. მაგალითად, ნიუ-იორკში 1988 წელს 40 დღის მანძილზე ჰაერის ტემპერატურა 31°C-ზე დაბლა არ დაშვებულა; ჩვეულებრივზე მაღალი ტემპერატურა ევროპაშიც აღინიშნებოდა. ჩრდ. ნახევარსფეროში ამას არნახული გვალვა დაერთო, რის გამო ზოგან (მაგალითად, აშშ-ში) პურის მოსავალი ჩვეულებრივზე საგრძნობლად დაბალი იყო.

კლიმატოლოგების საერთაშორისო კონვენციის (ავსტრია, 1988) პროგნოზით, 2030-2050 წლებში ჰაერის ტემპერატურამ შესაძლოა 1,5-2°C-ით მოიმატოს, რასაც მოჰყვება ოკეანის დონის აწევა 50-100 სმ-ით, XXI ს-ის ბოლოსათვის კი თითქმის 2 მ-ით. ამ მოვლენას ხელს უწყობს მყინვარებზე მოხვედრილი მტვერი, რომელიც თოვლის დნობის გაძლიერებას იწვევს. აკად. თ. დავითაიას (1965) მონაცემებით, კავკასიონის თოვლსაფარზე დალექილი მტვრის რაოდენობა 1930-63 წლებში თითქმის 20-ჯერ გაიზარდა (1790-1910 წლებში იგი პრაქტიკულად უცვლელი იყო).

ზოგი ბიოგეოგრაფი ვარაუდობს, რომ გლობალური დათბობა ახლო მომავალში 1 კმ/წ-ის სიჩქარით გავრცელდება. ასეთ შემთხვევაში მრავალი სახეობა მძიმე მდგომარეობაში აღმოჩნდება. ეს განსაკუთრებით მცენარეებს ეხება, რადგან მათი განსახლების შესაძლებლობა ბევრად ჩამორჩება ცხოველებისას. ასე, ზოგიერთი ნაძვის განსახლების ტემპი საუკუნის მანძილზე მხოლოდ 10-20 კმ-ს შეადგენს. ამერიკელი ეკოლოგის მ. დევისის აზრით, ჩრდ. ამერიკის ფლორის 3 წარმომადგენელი — ყვითელი არყი, წიფელი და ნეკერჩხალი — გლობალური დათბობის საპასუხოდ „იძულებული იქნება“ 500-1000 კმ-ით გადაინაცვლოს ჩრდილოეთისაკენ. ცხადია, არეალის ანალოგიური შეცვლა ათასობით სხვა სახეობის მცენარესაც მოუწევს. რამდენი სახეობა შეეგუება ახალ პირობებს და რამდენი დაიღუპება — ამის თქმა ახლა შეუძლებელია.



სურ. 49. საშუალო ტემპერატურის ცვლილების გლობალური ტენდენცია XX ს-ის II ნახევარში, აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით

ოზონოსფერო და ოზონის ხვრელები. როგორც ზევით აღინიშნა, სტრატოსფეროს ფარგლებში ოზონოსფეროა, რომელიც O_3-ის მოლეკულების გაზრდილი კონცენტრაციით ხასიათდება. სტრატოსფერული ოზონის მნიშვნელობა ძალზე დიდია; მისი შემცირება იწვევს ულტრაიისფერი გამოსხივების ზრდას, რაც, თავის მხრივ, ხელს უწყობს ავთვისებიან სიმსივნეთა გაჩენას, მცენარეთა დაავადებებს, ფიტოპლანქტონის დაშლას და ა. შ.

ბოლო დრომდე სტრატოსფერული ოზონის შრის გათხელება შედარებით მკვეთრად ანტარქტიკის თავზე იყო გამოხატული. აქ 1975 წ-დან ყოველ გაზაფხულზე წარმოიქმნება ე. წ. „ოზონის ხვრელი“, სადაც აირის კონცენტრაცია მნიშვნელოვნადაა დაქვეითებული. დღეს ნაადრევია დასკვნების გამოტანა ოზონის შრის საერთო მდგომარეობის შესახებ, მაგრამ აშკარაა, რომ ბოლო 20 წლის მანძილზე ზამთარში და ადრე გაზაფხულზე ჩრდ. ნახევარსფეროს საშუალო და მაღალ განედებში ოზონის დანაკარგი 2-10%-ს შეადგენს.

ოზონის ხვრელის გაჩენას სხვადასხვა მიზეზით ხსნიან. იყო მოსაზრება, რომ იგი დაკავშირებულია გარემოს ციკლურ მოვლენებთან, რასაც წინათ არ ექცეოდა ყურადღება. ზოგი მეცნიერი ოზონის შრის დაშლის ძირითად მიზეზად ზებგერით თვითმფრინავებს მიიჩნევს, რომელთაც სტრატოსფეროში შეაქვთ ზედმეტი წყალი და აზოტის ოქსიდები. მაგრამ ცნობილია, რომ, სიძვირის გამო, ასეთი თვითმფრინავების გამოყენება ბოლო წლებში მნიშვნელოვნად შეიზღუდა, ამიტომ სტრატოსფეროში მიმდინარე მოვლენებს მხოლოდ ზებგერით თვითმფრინავებს ვერ მივაწერთ.

მეცნიერთა დიდი უმრავლესობა ერთსულოვანია იმაში, რომ სტრატოსფერული ოზონის კონცენტრაციის დაქვეითების ძირითადი მიზეზი ქლორფთორნახშირბადებია (ფრეონები), მეტადრე ფრეონ-11 ($CFCl_3$) და ფრეონ-12 ($CFCl_2$). ეს ანთროპოგენური ნივთიერებები წლების მანძილზე წარმატებით გამოიყენება მაცივრებში, კონდიციონერებში, საფრქვეველების, გამხსნელების წარმოებაში (სურ. 50). თავდაპირველად მათი პოპულარობა მეტად დიდი იყო, რადგან ატმოსფეროს ქვედა შრეებში ისინი ქიმიურ რეაქციებში პრაქტიკულად არ მონაწილეობენ და ცოცხალ ორგანიზმებზე მათი უარყოფითი ზემოქმედება თითქმის გამორიცხულია.

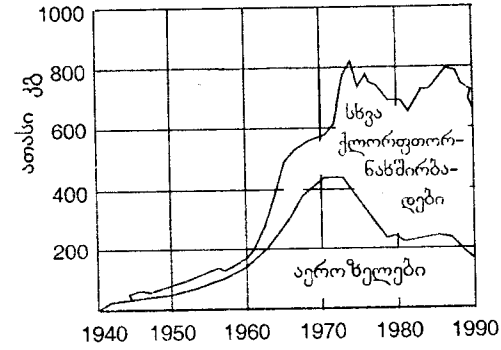
სწორედ ეს თვისება გახდა მათი სტრატოსფეროში მოხვედრის მიზეზი. აქ, ძლიერი ულტრაიისფერი გამოსხივების მოქმედებით, ისინი იხლიჩება, გამოთავისუფლებული ქლორის ატომი ურთიერთქმედებს ოზონთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ქლორის მონოქსიდი:

$$Cl+O_3 \rightarrow ClO+O_2$$

ეს უკანასკნელი რეაქციაში შედის ჟანგბადის ატომთან, რომელიც ოზონის სხვა მოლეკულების ფოტოდისოციაციის შედეგად ჩნდება და ისევ ქლორის ატომი გამოიყოფა. ამრიგად, ქლორის ატომი კატალიზატორის როლს ასრულებს და ოზონის მოლეკულა გადაყავს თავისუფალ ჟანგბადში:

$$ClO+O \rightarrow Cl+O_2$$

ოზონის დაშლის ერთ-ერთი მიზეზია N_2O, იგი ბირთვული აფეთქების შედეგად გამოიყოფა. შესაბამისად, ბირთვული ომის შემთხვევაში ულტრაიისფერი რადიაცია ისეთსავე საშიშ მოვლენად იქცევა, როგორც რადიოაქტიური ნალექები. ოზონის დაშლას ბრომიც უწყობს ხელს



სურ. 50. ქლორფთორნახშირბადების (ფრეონების) მსოფლიო წარმოება; აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით.

სოფლის მეურნეობაში ფართოდ გამოყენებული მეთილბრომიდის სახით. ქლორის მნიშვნელოვან რაოდენობას გამოყოფს სამრეწველო ქიმიური ნივთიერებები — ოთხქლორიანი ნახშირბადი (CCl_4) და მეთილქლოროფორმი.

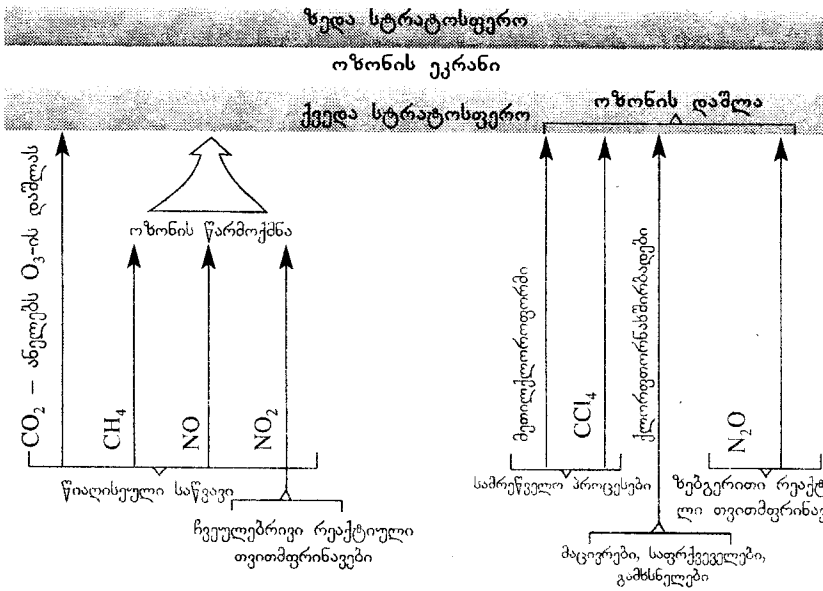
ამავე დროს, არის მოვლენები, რომლებიც ამუხრუჭებს ოზონის დაშლას ან ხელს უწყობს მის წარმოქმნას. მაგალითად, სტრატოსფეროში CO_2 აფერხებს ოზონის დაშლას; ტროპოსფეროში მოხვედრილი მეთანი და აზოტის ოქსიდები ხელს უწყობენ ოზონის წარმოქმნას:

$$NO+2O_2 \rightarrow NO_2+O_3$$
$$2NO_2+2O_2 \rightarrow N_2O_5 + O_3$$

როგორც ზევით აღინიშნა, ფოტოსინთეზის პროცესში მცენარეთა ფოთლებიდან, სხვა აქროლად ნივთიერებებთან ერთად, იზოპრენი გამოიყოფა (გ. სანაძე, 50-60-იანი წლები). მოგვიანებით გაირკვა, რომ იზოპრენის და NO-ს ფოტოქიმიური ურთიერთქმედების შედეგად ატმოსფეროში ოზონი წარმოიქმნება. პ. ციმერმანის (1979), რ. რასმუსენის (1988) და სხვათა მონაცემებით, ტროპოსფერული ოზონი მონაწილეობს ოზონოსფეროს სიმკვრივის რეგულაციაში.

ამგვარად, ფრეონები, N_2O, CCl_4 და მეთილქლოროფორმი შლიან ოზონს; NO, NO_2, სტრატოსფეროში მოხვედრილი CO_2 და იზოპრენი — მის წარმოქმნას უწყობენ ხელს (სურ. 51)

მიუხედავად საწინააღმდეგო პროცესებისა, ოზონის კონცენტრაციის ბუნებრივი წონასწორობა მაინც ირღვევა, რაც, საბოლოო ჯამში, დედამიწის დამცველი ეკრანის დაშლას უწყობს ხელს. საერთაშორისო შეთანხმებების (მონრეალი, 1987; რიო-დე-ჟანეირო, 1992 და სხვ.) მიუხედავად, ატმოსფეროში ოზონის დამშლელ ნივთიერებათა საერთო დონე ბოლო ხანებში განუხრელად იზრდება.



სურ. 51. ოზონის ფენის დაშლის და წარმოქმნის ხელშემწყობი ფაქტორები; პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

მჟავე ნალექი. როგორც მე-9 ცხრილიდან ჩანს, მჟავე წვიმები, მჟავე თოვლი, ნისლი, ცვარი ქიმიური გარდაქმნების პროდუქტია NO-ს, NO_2-ის, SO_2-ის და სხვათა მონაწილეობით. ამ აირების ძირითადი წყაროებია სათბობის და ბიომასის წვა, მეტალურგია, ავტოტრანსპორტი.

ატმოსფეროში SO_2 იჟანგება SO_3-მდე, რომელიც წყლის ორთქლთან რეაქციაში გოგირდის მჟავას წარმოქმნის:

$$2SO_2+O_2 \rightarrow 2SO_3$$
$$SO_3+H_2O \rightarrow H_2SO_4$$

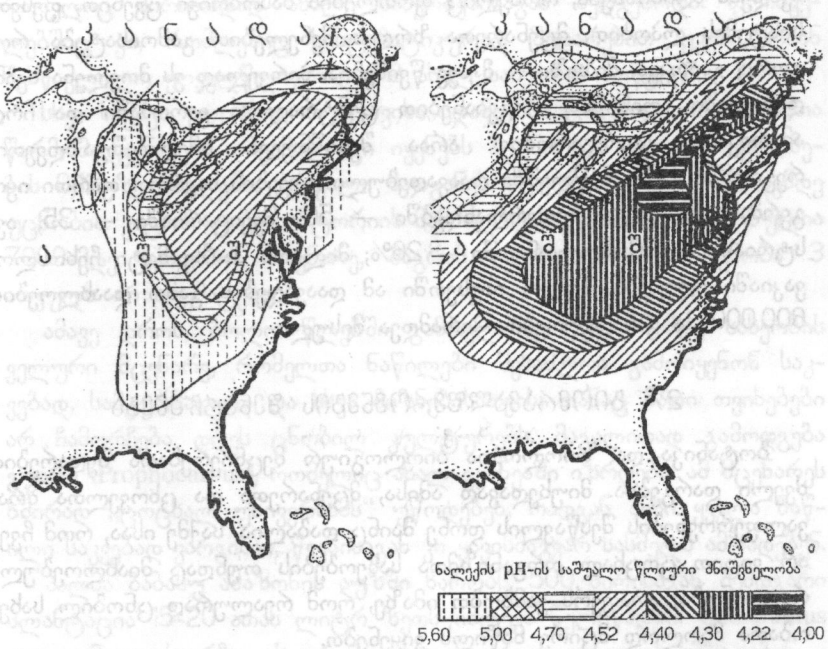
აზოტის ოქსიდები ასევე იჟანგება, წარმოქმნილი დიოქსიდები იხსნება წყლის წვეთებში და აზოტის მჟავას წარმოქმნის:

$$2NO+O_2 \rightarrow 2NO_2$$
$$4NO_2+2H_2O+O_2 \rightarrow 4HNO_3$$

ბოლო 100 წლის მანძილზე ბიოსფეროში ნალექების მჟავიანობამ საგრძნობლად მოიმატა. ასე, მაგალითად, აშშ ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში 1900 წ-დან იგი თითქმის 4-ჯერ გაიზარდა, თანაც ეს პროცესი აშკარად კავშირშია ამ ტერიტორიაზე CO_2-ის და NO_x-ის გამონაბოლქვის ზრდასთან (სურ. 52).

მჟავე წვიმები ტროპიკებშიც აღინიშნება, სადაც სამრეწველო ობიექტები პრაქტიკულად არ არის. როგორც ჩანს, ეს დაკავშირებულია ბიომასის გადამეტებულ წვასთან.

მჟავე ნალექები მეტად უარყოფით ზეგავლენას ახდენს ეკოსისტემებზე. მათი ზემოქმედებით მნიშვნელოვნად მოიმატა წყალსატევების მჟავიანობამ სკანდინავიაში, ჩრდილო-აღმოსავლეთ ამერიკაში, სამხრეთ-აღმოსავლეთ კანადაში, რის შედეგადაც აქ შემცირდა ჰიდრობიონტების სახეობრივი მრავალფეროვნება და ცალკეულ სახეობათა პოპულაციების რიცხოვნობა.



სურ. 52. მჟავე წვიმები აშშ აღმოსავლეთში:
ა — 60-იანი წლები, ბ — 70-იანი წლები; რეიმერსის (1990) მიხედვით

1975 წლის მონაცემებით, აშშ ტბების ნახევარზე მეტში pH 5-ზე ნაკლები იყო; ამ ტბების 90%-ში თევზი პრაქტიკულად არ ბინადრობდა. ვარაუდობენ, რომ ასეთი წყალი, პირველ რიგში, სპობს ქვირითს და ფიტოპლანქტონს, რომლითაც თევზი იკვებება. თევზის გაჩანაგებამ ხელი შეუწყო თევზით მკვებავი მრავალი ცხოველის — თეთრთავა ყურბის, ბატასინის, თოლიების, წაულას, წავის და სხვათა მოსპობას.

მჟავე ნალექი იწვევს ღია ცის ქვეშ დატოვებულ სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკის, მანქანა-დანადგარების, აგრეთვე შენობების და ხელოვნების ნიმუშების კოროზიას. მხოლოდ აშშ-ში დაზიანებული ობიექტების შეკეთებაზე წელიწადში მილიარდობით დოლარი იხარჯება. გაბნევის მაღალი უნარის გამო სულფატ-იონების (SO_4^{2-}) შემცველი ნაწილაკები ამცირებენ ხილვადობას და ღრუბლების ალბედოს (მზის სხივების არეკვლის უნარს).

უკანასკნელი 20 წლის მანძილზე ხე-მცენარეებში სერიოზული დაავადება აღინიშნება, რომელიც ფოთლების მასობრივი ცვენით, ფესვთა სისტემის ლპობით, მცენარეთა ზრდის შენელებით გამოიხატება. როგორც გაირკვა, მიზეზი — მჟავე წვიმებია. პირველად ეს მოვლენა სკანდინავიაში აღინიშნა, მოგვიანებით ცენტრალურ ევროპაში და ჩრდ. ამერიკაში; ჯერჯერობით არაა შენიშნული ხმელთაშუაზღვეთის რეგიონში. 90-იან წლებში დაავადებული ტყეების საერთო ფართი იყო: გერმანიაში 50%, ნიდერლანდებში — 50, შვეიცარიაში — 35, ავსტრიაში — 30, პოლონეთში — 26%; მილიონ ჰა-ზე მეტი ჩეხოსლოვაკიაში იღუპება, ხოლო რუსეთში ამ დაავადების გამო დაახლოებით 600 000 ჰა განადგურების პირამდეა მისული.

27. ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება

ბოტანიკა და ზოოლოგია ბიოლოგიურ მეცნიერებათა შედარებით ძველი დარგებია. მიუხედავად ამისა, მცენარეთა და ცხოველთა მრავალფეროვნების შესწავლის დონე მაინც დაბალია. საქმე ისაა, რომ ჩვენ არ ვიცით ცოცხალ ორგანიზმთა სახეობების თუნდაც მიახლოებული რაოდენობა; არაფერს ვამბობთ იმაზე, რომ რეალურად ცნობილ სახეობათა მხოლოდ მცირე ნაწილს ვიყენებთ.

მცენარეთა დადგენილი სახეობების რიცხვი სხვადასხვა ავტორის მონაცემით 265-500 ათასის ფარგლებში მერყეობს, ცხოველებისა კი

1-1,5 მლნ-ის ფარგლებში. ზოგიერთი ზოოლოგი თვლის, რომ დედამიწაზე ცხოველთა 3 მლნ-მდე სახეობა ბინადრობს, სხვების აზრით კი 9 მლნ-ს უახლოვდება.

მკვლევართა ვარაუდით მცენარეთა და ცხოველთა შედარებით კარგად შესწავლილ ჯგუფებში (შიშველთესლიანები, ფრინველები, ძუძუმწოვრები) სახეობათა 50% უკვე აღწერილია; სამაგიეროდ ზოგიერთ ჯგუფში სახეობათა საერთო რაოდენობის მხოლოდ 20%-ია რეგისტრირებული. ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებით ბევრს ფეხსახსრიანთა, სოკოების, ოკეანეთა სიღრმეების ბინადართა და ბაქტერიების შესწავლისაგან უნდა ველოდეთ. მაგალითად, ბაქტერიების სახეობათა რაოდენობა 3000-ს აღემატება, მაგრამ სპეციალისტების აზრით, ეს რიცხვი დროთა განმავლობაში რამდენჯერმე გაიზრდება. ამის მკაფიო დადასტურებაა 80-იანი წლების დასაწყისში სამხრეთ კალიფორნიაში ჩატარებული კვლევები, რომლის დროს დედამიწის წიაღში, დაახლოებით 350 მ-ის სიღრმეზე, უნიკალური ბაქტერიული ფლორა გამოვლინდა, რომელიც ძირითადად ახალი სახეობებისაგან შედგებოდა. ფრინველებშიც კი, რომლებიც სისტემატიკურად შედარებით უკეთ არიან შესწავლილი, ყოველწლიურად 1-2 ახალ სახეობას აღწერენ.

სხვა საქმეა, თუ როგორ აითვისა ადამიანმა ცოცხალ ორგანიზმთა წარმომადგენლები. ამჟამად იგი იყენებს მცენარეთა ველური ფორმების 0,1%-ზე ნაკლებს, მრავალი მათგანის თვისებები მისთვის დღემდე უცნობია. კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე საკვებად გამოყენებულია 7000-მდე სახეობის მცენარე, მაგრამ დღეს მათი რაოდენობა 3 ათეულს არ აღემატება.

ამავე დროს, ბოლო წლებში გამოვლინდა 75 000-მდე სახეობის ველური მცენარე, რომელთა ნაწილები შესაძლოა გამოიყენონ საკვებად, სამკურნალოდ და სხვა მიზნებისათვის; თანაც მათი თვისებები არ ჩამორჩება დღეს ცნობილ კულტურებს. მაგალითად გამოდგება გუარი (Prophocarpus), რომელიც ახალ გვინეაში იზრდება. ამ მცენარეს ხშირად „ცოცხალ უნივერსამს“ უწოდებენ, რადგან მისი ყველა ნაწილი საკვებად ვარგისია, წვენისაგან კი ყავისმაგვარ სასმელს ამზადებენ.

პალმა ბაბასუ ამაზონის აუზში ხარობს. 500 ძირისაგან შემდგარი პლანტაცია 15-20 ათას ლიტრ ზეთს იძლევა წელიწადში. Catharantus roseus მადაგასკარზე ცხოვრობს; მისგან ორ ალკალოიდს ამზადებენ – ვინბლასტინს და ვინკრისტინს, რომლებიც ეფექტურად მოქმედებს მწ-

ვავე ლიმფოლეიკოზის დროს. მხოლოდ ამ ორი ნივთიერებისგან ქვეყნის შემოსავალი 100 მლნ დოლარს შეადგენს წელიწადში. მადაგასკარზე ამ გვარის კიდევ 5 წარმომადგენელი ხარობს, რომელთა მნიშვნელობა ჯერჯერობით არაა ცნობილი; მათგან ერთი გადაშენების პირამდეა მისული.

აშშ-ში სამკურნალო პრეპარატების 25% მცენარეულ ექსტრაქტებზეა დამზადებული და მათი ხელოვნურად მიღება შეუძლებელია. ამჟამად სამკურნალო მიზნით 5000-მდე სახეობის მცენარე გამოიყენება; სპეციალისტების აზრით, სავსებით რეალურია კიდევ ამდენივე სახეობის ათვისება.

არაფერს ვამბობთ სხვადასხვა სახეობის შეჯვარებისა და ჰიბრიდული ფორმების შესახებ, რომელთაც ხშირად მრავალი სასარგებლო თვისება — მაღალი მოსავლიანობა, დაავადებებისა და გვალვის ამტანობა და სხვ. ახასიათებთ.

ამგვარად, სრულიად აშკარაა, რომ, ერთი მხრივ, ბიოსისტემატიკა კვლავაც უნდა ვითარდებოდეს, რათა მცენარეთა და ცხოველთა სახეობრივი მრავალფეროვნება უფრო სრულად იქნეს ასახული. ამავე დროს, ყოველმხრივ უნდა შეისწავლებოდეს მეცნიერებისათვის უკვე ცნობილი სახეობებიც, რათა დადგინდეს მათი გამოყენების შესაძლებლობა სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში.

ეს საკითხი ბოლო ხანებში დიდ აქტუალობას იძენს. ამაზე მეტყველებს ფლორისტულ-ფაუნისტური კადასტრები, რომლებიც იკვლევს და აჯამებს მონაცემებს მცენარეთა და ცხოველთა თავისებურებების შესახებ როგორც ცალკე რეგიონების, ისე მთელი პლანეტის მასშტაბით. მაგალითად, აშშ კიბოს ნაციონალურ ინსტიტუტში სამკურნალოდ გამოყენების მიზნით ყოველწლიურად რამდენიმე ათასი მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებას სწავლობენ. სამწუხაროდ, კადასტრების საკითხი ჩვენში მხოლოდ ჩანასახოვან მდგომარეობაშია.

ბიომრავალფეროვნება შეიძლება განიმარტოს როგორც ცოცხალი სისტემების მრავალგვარობა მათი ორგანიზაციის სხვადასხვა დონეზე — ინდივიდთა ნებისმიერი დაჯგუფებიდან მაკროსისტემებამდე. ბიომრავალფეროვნებაში, პირველ რიგში, იგულისხმება სახეობრივი მრავალფეროვნება, ანუ სახეობათა რიცხვი მოცემულ თანასაზოგადოებაში ან მოცემულ რეგიონში. ბოლო ათეულ წლებში ბიომრავალფეროვნების დახასიათებისას უპირატესი მნიშვნელობა პოპუ-

ლაციურ მიდგომას ენიჭება. რადგან პოპულაციების შესწავლა შესაძლებლობას გვაძლევს უფრო სრულად ავსახოთ კონკრეტულ გარემოსთან სახეობის შეგუების სპეციფიკა და, რაც მთავარია, დავადგინოთ მისი როლი ეკოსისტემაში.

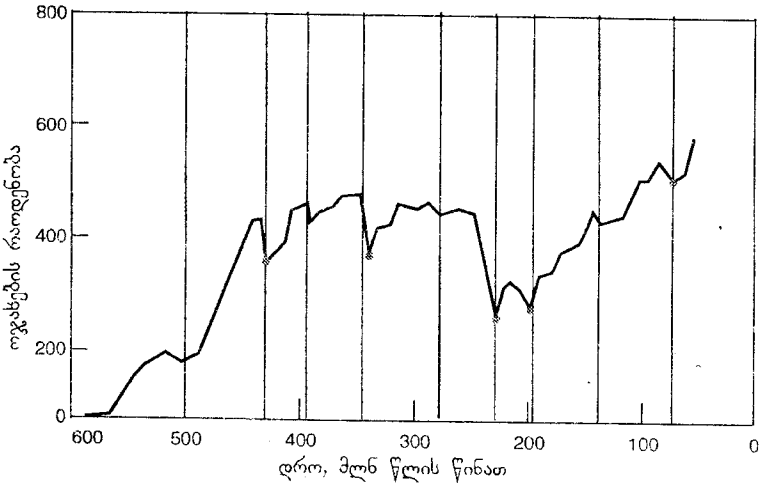
ბიომრავალფეროვნებაში იგულისხმება არა მხოლოდ სახეობათა რიცხვი, არამედ ინდივიდების რაოდენობაც პოპულაციებში. ეს ორი მაჩვენებელი ურთიერთკავშირშია: რაც უფრო ოპტიმალურია საარსებო გარემო, მით მაღალია სახეობრივი მრავალფეროვნება; რაც უფრო იხრება ოპტიმუმიდან საარსებო პირობები, მით უფრო მცირდება სახეობრივი მრავალფეროვნება, სამაგიეროდ იზრდება ინდივიდების რაოდენობა თითოეულ სახეობაში.

ბიომრავალფეროვნება მხოლოდ აღმავალი გზით როდი იცვლებოდა! მრავალუჯრედიანების გაჩენის შემდეგ 5 მსხვილი კატასტროფა მოხდა, რომლის შედეგად მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების მნიშვნელოვანი ნაწილი სამუდამოდ გადაშენდა. მათ შორის გამოირჩევა პერმული კატასტროფა, რომლის დროს მხოლოდ ზღვის ცხოველთა სახეობების 80%-ზე მეტი მოისპო. როგორც აღნიშნავს დ. რაუპი, „თუ ეს მონაცემები რამდენადმე მაინც შეესატყვისება რეალობას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ იმ დროს სიცოცხლე დედამიწაზე ბეწვზე ეკიდა“. მაგრამ საკმარისი აღმოჩნდა 5 მლნ წელი, რომ სახეობრივ მრავალფეროვნებას კვლავ აღმავლობა დაეწყო (სურ. 53).

ადამიანი, როგორც ბიოლოგიური სახეობა, დედამიწის მაღალი ბიოტური მრავალფეროვნების ეპოქაში გაჩნდა. მაგრამ მისი მიზეზით მცენარეთა და ცხოველთა მრავალფეროვნება ახლო მომავალში, როგორც ჩანს, ისეთ დონეს მიაღწევს, როგორიც არ ყოფილა მეზოზოური ერის ბოლოდან, ანუ უკანასკნელი 65 მლნ წლის მანძილზე. რა შედეგებს გამოიღებს ეს — ძნელი სათქმელია, მაგრამ ზარალი, როგორც ჩანს, კოლოსალური იქნება.

უკანასკნელი საუკუნეების მანძილზე ბიომრავალფეროვნება კატასტროფულად ქვეითდება. სამწუხაროდ, ეს შეიმჩნევა მხოლოდ მაშინ, როდესაც ვითვალისწინებთ მცენარეთა და ცხოველთა რეგისტრირებულ სახეობებს. მაგრამ რამდენი სახეობა მოისპო, ვიდრე მეცნიერებისათვის გახდებოდა ცნობილი — ამის თქმა ძნელია.

სიმპტომატურია, რომ სახეობათა გადაშენების ინტენსივობა კავშირშია მოსახლეობის რაოდენობასთან: რაც უფრო იზრდება მოსახლეობა,



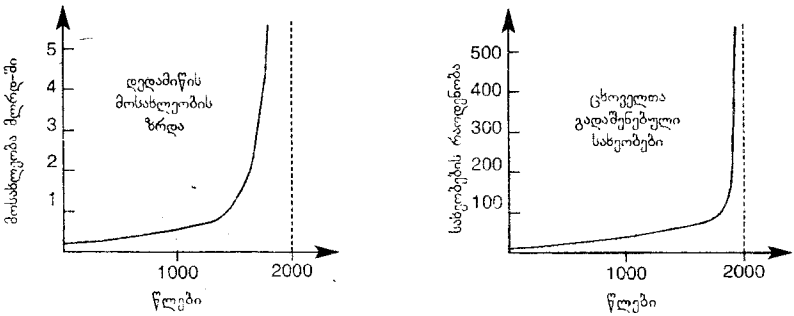
სურ. 53. ბიომრავალფეროვნების ცვლილება დედამიწაზე, ვილსონის (1989) მიხედვით

მით მეტია გადაშენებულ სახეობათა რიცხვი (სურ. 54) მხოლოდ ბოლო საუკუნეში მცენარეთა და ცხოველთა ასობით სახეობა გადაშენდა, ათასობით კი გადაშენების პირამდეა მისული. სრულ გადაშენებასთან ერთად ნაწილობრივი გადაშენებაც ხდება, რაც ცალკეული პოპულაციების მოსპობით გამოიხატება. ასეთ სახეობათა რიცხვი მრავალ ათასს შეადგენს.

პ. ოლდაკის (1990) მონაცემებით, ყოველდღიურად დედამიწაზე მცენარეთა და ცხოველთა 1-2 სახეობა გადაშენების პირამდე მიდის. ყოფილ სსრკ-ს ტერიტორიაზე ყოველ 4 წელიწადში ძუძუმწოვრების ერთი სახეობა სამუდამოდ იკარგებოდა. ძუძუმწოვრებისა და უმაღლესი მცენარეების ყოველ მეხუთე, რეპტილიების მეოთხე, ფრინველების — მეათე სახეობას აქ დაცვის სათანადო ზომები სჭირდება.

გარეული ცხოველების მსოფლიო ფონდის შეფასებით, მიმდინარე ათასწლეულის დასაწყისში მოისპობა გორილა, მარტორქა, ბენგალიის ვეფხვი, ორანგუტანი. მხოლოდ გერმანიაში ამ დროისათვის გადაშენდება ცხოველთა სახეობების 1/4 და მცენარეთა 1/5. გადაშენების საშიშროების წინაშე მდგარ სახეობათა რიცხვი XXI საუკუნის ბოლოსათვის მილიონს მიაღწევს.

როგორც ზევით აღინიშნა, ბიომრავალფეროვნების თვალსაზრისით, პირველ რიგში, ტროპიკული ტყეები გამოირჩევა. თუმცა ამ ტყეებს



სურ. 54 კავშირი მოსახლეობის ზრდასა და გადაშენებული ცხოველების სახეობათა რაოდენობას შორის, ბაუერის და სხვ. (1968) მიხედვით

ხმელეთის მხოლოდ 6-7% უკავიათ, აქ თავმოყრილია ფლორისა და ფაუნის ნახევარზე მეტი და გადაშენების პირამდე მისულ სახეობათა 70%. მრავალფეროვნების ასეთ დონეს, პირველ რიგში, ყვავილოვანი მცენარეები და მწერები განსაზღვრავენ, რომელთა სახეობების საერთო რიცხვი, სხვა სისტემატიკურ კატეგორიებთან შედარებით, ბევრად დიდია.

ზოგმა საერთაშორისო ორგანიზაციამ, როგორიცაა მსოფლიო ბანკი, გაეროს სასურსათო და სასოფლო-სამეურნეო დეპარტამენტები, გარკვეული ნაბიჯები გადადგა ტროპიკული ტყეების გადასარჩენად. 1968-80 წწ-ში ამ მიზნით ორ მილიონამდე დოლარი გამოიყო, მაგრამ ამას რამდენადმე მნიშვნელოვანი შედეგი არ მოჰყოლია. 1985 წელს ახალი ნაბიჯები გადაიდგა: აშშ მსოფლიო რესურსების ინსტიტუტის მიერ ორგანიზებულმა ექსპერტთა ინტერნაციონალურმა ჯგუფმა (56 ქვეყნის წარმომადგენელთა მონაწილეობით) დაამუშავა ტროპიკული ტყეების შენარჩუნების ვრცელი პროგრამა.

ხშირად ისმის კითხვა: რა მნიშვნელობა აქვს ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას?

პირველ რიგში, ჩვენ ვკარგავთ გენოფონდს, ანუ პოტენციურად სასარგებლო მცენარეებისა და ცხოველების რეზერვს. უნდა აღინიშნოს, რომ მცენარეული წარმოშობის მთელი საკვები პროდუქტების 90% მხოლოდ 12 სახეობის მცენარეზე მოდის. კულტურულ მცენარეთა ესოდენ მცირე რაოდენობამ მრავალი არასასურველი მოვლენა შეიძლება გამოიწვიოს. გენეტიკური ერთგვაროვნება ხელს უწყობს მცენარეთა

დაცვითი უნარის შესუსტებას, სხვადასხვა დაავადების აღმოცენებას, მოსავლის დაქვეითებას და ა. შ. ველური სახეობები ის რეზერვია, რომლის მეშვეობით უნდა ხდებოდეს კულტურულ მცენარეთა ჯიშების განახლება. იგივე შეიძლება ითქვას შინაური ცხოველების ჯიშების შესახებ. ამგვარად, ბიომრავალფეროვნების დაქვეითება გენეტიკური ფონდის შემცირებას ნიშნავს. მცენარეთა და ცხოველთა ამა თუ იმ სახეობის მოსპობით ჩვენ ფაქტობრივად ვკარგავთ სასარგებლო ორგანიზმებს.

აქედან გასაგებია, თუ რა მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს კულტურულ სახეობათა მონათესავე ფორმების აღმოჩენას და მათ გამოყენებას. მექსიკაში, ერთ-ერთ ბორცვზე, 70-იანი წლების ბოლოს ველური სიმინდის (Zea diploperennis) სახესხვაობა აღმოაჩინეს. ეს სიმინდი მრავალწლიანია, ამიტომ, კულტურული ჯიშებისაგან განსხვავებით, მას არ სჭირდება ყოველწლიური თესვა. ამის გარდა, იგი მდგრადია სხვადასხვა ვირუსული დაავადების მიმართ და კარგად ხაროჩს ტენიან ნიადაგებზეც. მეცნიერები თვლიან, რომ ჰიბრიდიზაციის ტრადიციული მეთოდებით ამ თავისებურებების გადაცემა სიმინდის კულტურულ ჯიშებში უაღრესად სასარგებლო იქნება. ახალი სახესხვაობა ჯერჯერობით მხოლოდ აღნიშნულ ტერიტორიაზეა დადგენილი.

სახეობის მოსპობა ხშირ შემთხვევაში მთელი თანასაზოგადოების ცვლილებას იწვევს. ჩვენ ყოველთვის არ შეგვიძლია გავითვალისწინოთ კვებითი ჯაჭვიდან სახეობის ამოვარდნის ყველა შედეგი. მწერების, ფრინველების მრავალი წარმომადგენელი მხოლოდ გარკვეული სახეობის მცენარით იკვებება, ამიტომ ბიოცენოზიდან მისმა ამოვარდნამ შესაძლოა მასზე დამოკიდებული ცხოველების მოსპობა გამოიწვიოს.

მისურის ბოტანიკური ბაღის თანამშრომელთა მონაცემებით, ყოველი გადაშენებული სახეობის მცენარე თეორიულად რამდენიმე სახეობის მწერის ან უმაღლესი ცხოველის ლიკვიდაციას ნიშნავს. ველური ცხოველების საერთაშორისო ფონდის ცნობით, აშშ-ის ერთ-ერთ ნაკრძალში მოსპეს პეკარები — გარეული ღორის მონათესავე სახეობა. ამას მოჰყვა რამდენიმე სახეობის ამფიბიის მოსპობა, რადგან ისინი სარგებლობდნენ პეკარების მიერ ნიადაგში გათხრილი ღრმულებით და, როგორც ჩანს, იკვებებოდნენ მათი ცხოველმოქმედების პროდუქტებით.

ადამიანის აგრესიულობა მგლის მიმართ იმით უნდა აიხსნას, რომ ამ მტაცებლის როლი კვებით ჯაჭვში ბოლომდე არაა დადგენილი.

მგლის ერთ-ერთი მსხვერპლი ირემია, რომელთა შორის იგი, პირველ რიგში, სუსტ და დაავადებულ ცხოველებს სპობს. შედეგად, მგელი ხელს უწყობს ირმების ჯოგის გაჯანსაღებას. მონადირე კი ამცირებს ჯოგის რიცხოვნობას და, რაც არანაკლებ მნიშვნელოვანია, აუარესებს ირმის ჯოგის ხარისხს, რადგან თავად ირჩევს სრულყოფილ და ჯანსაღ ცხოველებს.

ეკოსისტემების მდგრადობა და ბიომრავალფეროვნება მჭიდრო ურთიერთკავშირშია. მოდელი „ბიომრავალფეროვნება — მდგრადობა" გულისხმობს მრავალფეროვნების წამყვან როლს: რაც უფრო მაღალია იგი, მით მდგრადია ეკოსისტემა. თუ ეკოსისტემიდან ამოვარდა მისი რომელიმე წევრი, მდგრადობა შესაძლოა შესუსტდეს.

მოდელი „მდგრადობა — ბიომრავალფეროვნება" საწინააღმდეგო სიტუაციას ასახავს; თუ ეკოსისტემის მდგრადობა შეირყა (მაგალითად, მძლავრი ანთროპოგენური ფაქტორის გავლენით), მისი საბეობრივი მრავალფეროვნება დაქვეითებას იწყებს. ლიტერატურაში ორივე ამ მოდელის დამადასტურებელი არაერთი მაგალითია ცნობილი (უილსონი, 1989).

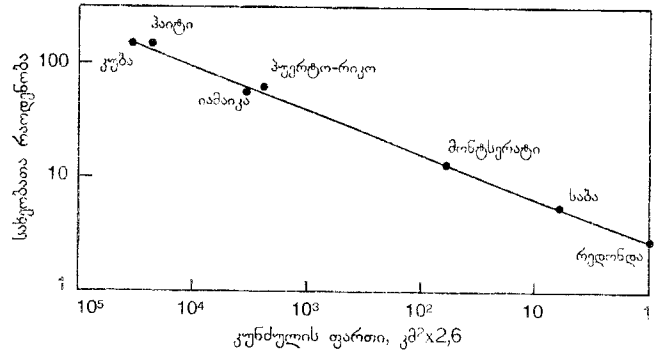
არცთუ იშვიათად ეკოსისტემა ორივე მხრიდან განიცდის დაწოლას: ქვევიდან — სახეობათა ამოვარდნის შედეგად და ზევიდან — ეკოსისტემაზე ამა თუ იმ უარყოფითი ზემოქმედებით. ასეთ სიტუაციაში ჰომეოსტაზური მექანიზმების ეფექტურობა ხშირად მნიშვნელოვნად ქვეითდება.

ნათქვამიდან გამომდინარე გასაგებია დაცული (ან ხელშეუხებელი) ტერიტორიების მნიშვნელობა; როგორც წესი, დაცული ტერიტორიები ბიომრავალფეროვნების თვალსაზრისით ყოველთვის უფრო მდიდარია ანალოგიურ, მაგრამ დაუცველ ეკოსისტემებთან შედარებით.

დაბოლოს, ბიომრავალფეროვნების დაქვეითებას წმინდა ეთიკური მნიშვნელობაც აქვს. როგორც რობერტ მაკ-კლანგი აღნიშნავს, „ადამიანს შეუძლია იცხოვროს ვეშაპების, დათვების, არწივების, წეროების, ბეღურების გარეშე; მისი არსებობა ნაკლებადაა მათზე დამოკიდებული. მაგრამ თუ ადამიანი გულგრილია ამ ცხოველების ყოფნა-არყოფნის მიმართ, იგი კარგავს გაცილებით მეტს, ვიდრე რეალურად შეიძლება მათგან მიიღოს. ჩვენი მეზობლების მოსპობა სერიოზული გაფრთხილება უნდა იყოს ჩვენთვისაც".

ადამიანი ცხოველებს ექცევა როგორც განუვითარებელ არსებებს, რომლებიც მასზე ბევრად დაბლა დგანან. ასეთი მიდგომა მცდარია. ცხოველებს არ შეიძლება მივუდგეთ ადამიანის საზომით. თუ, ერთი მხრივ, მათთან შედარებით ჩვენ მართლაც ვდგავართ განვითარების უფრო მაღალ საფეხურზე, მეორე მხრივ, მათ აქვთ თვისებები, რომლებიც ჩვენ დიდი ხანია დავკარგეთ, ან არასოდეს გვქონია. ჩვენგან განსხვავებით, ეს სულ სხვა სამყაროა, რომლის არსებობა ჩვენსას დაემთხვა დროში.

როგორია ბიომრავალფეროვნების დაქვეითების მასშტაბები? დღემდე არსებული მონაცემები არ იძლევა ამ კითხვაზე ამომწურავ პასუხს, თუმცა სპეციალისტებმა გამოძებნეს არაპირდაპირი გზები ზოგიერთი დასკვნისათვის. ცნობილია, რომ არქიპელაგებზე (მაგალითად, ვესტ-ინდოეთში, პალინეზიაში) სახეობათა რიცხვი კუნძულის ფართის პროპორციულია: რაც უფრო დიდია კუნძული, მით მეტია იქ სახეობების რაოდენობა და, პირიქით. შედარებით ხშირ შემთხვევაში ფართის 6–10-ჯერადი გაზრდა სახეობათა რიცხვის გაორმაგებას შეესაბამება. ანტილიის 5 კუნძულზე ერთმანეთს შეადარეს ფართი და იქ მობინადრე ამფიბიებისა და რეპტილიების სახეობათა რაოდენობა. როგორც გაირკვა, ყველაზე დიდ კუნძულ კუბაზე სახეობათა რაოდენობა 2,5-ჯერ სჭარბობს ყველაზე მცირე კუნძულის საბას მაჩვენებლებს. დანარჩენ კუნძულებს გარდამავალი ადგილი უკავიათ სახეობათა რიცხვის მხრივ (სურ. 55).



სურ. 55. თანაფარდობა ტერიტორიის ფართსა და სახეობათა რაოდენობას შორის ანტილიის კუნძულებზე, ე. უილსონის (1989) მიხედვით.

ამ კანონზომიერების გათვალისწინებით ამერიკელი ეკოლოგები შესაძლებლად თვლიან ბიოცენოზის დეგრადირების მიხედვით იმსჯელონ ბიომრავალფეროვნების დაქვეითების დონის შესახებ. ამ შემთხვევაში არეალის ფართის და სახეობათა რიცხვის თანაფარდობა დაახლოებით ისეთივეა, როგორც არქიპელაგებზე: ფართის 6-10-ჯერადი შემცირება სახეობათა რიცხვის განახევრებას შეესაბამება.

არსებული მონაცემები ხშირ შემთხვევაში მართლაც ემთხვევა აღნიშნულ თანაფარდობას. ბრაზილიის უმდიდრესი ტყეები ოკეანის სანაპიროს გასწვრივ თითქმის 98%-ით მოისპო. ამას მოჰყვა ტყის ბიოცენოზის მრავალფეროვნების შემცირება თითქმის 55%-ით (უილსონი, 1989).

წვიმიანი ტყეების ფართი ყოველწლიურად დაახლოებით 1%-ით მცირდება. ეს იწვევს აქ მობინადრე სახეობათა რაოდენობის შემცირებას 0,2-0,3%-ით. თუ ვივარაუდებთ, რომ სახეობათა საერთო რაოდენობა წვიმიან ტყეებში დაახლოებით 2 მლნ-ია, დავრწმუნდებით, რომ დანაკარგი შეადგენს დაახლოებით 4 ათას სახეობას წელიწადში.

როგორია სახეობათა გადაშენების სიჩქარე? სპეციალისტების აზრით, ესეც დამოკიდებულია არეალის ფართზე, აგრეთვე მის დანაწევრების ხარისხზე და ა. შ. რაც უფრო ვრცელია დეგრადირებული სივრცე, მით უფრო მეტად მცირდება სახეობათა სრული მოსპობის პერიოდი. კუნძულებზე, ტბებში და სხვა იზოლირებულ ეკოსისტემებში სახეობათა გადაშენება გაცილებით უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე კონტინენტებზე და ოკეანეებში (უილსონი, 1989).

თუ სახეობის განაწილება ბიოტოპის ფარგლებში მეტ-ნაკლებად თანაბარია, მისი ელიმინირების კოეფიციენტი შედარებით დაბალია; დაქსაქსული ბიოტოპის შემთხვევაში სახეობის ელიმინაცია რამდენჯერმე უფრო სწრაფად ხდება. როდესაც პერუში, ერთ-ერთი ქედის ზედა სარტყელში მოსპეს ტყე, რომელიც ძლიერ იყო დაქსაქსული, მცენარეთა 90%-ზე მეტი სწრაფად და სამუდამოდ გადაშენდა.

ეკოლოგების მიერ ბოლო დროს დადგენილია პლანეტის „ცხელი წერტილები", ანუ რეგიონები, რომლებიც გადაშენებულ, ან გადაშენების საშიშროების წინაშე მდგარ სახეობათა სიმრავლით გამოირჩევა. მათ შორისაა ჩოკოს დეპარტამენტი (კოლუმბია), ატლანტის ოკეანის სანაპირო ბრაზილიაში, მადაგასკარი, ფილიპინები, მალაიზია, კუნძულ ბორნეოს ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილი, ახალი კალედონია და სხვ.

განსაკუთრებულ შეშფოთებას ბაიკალის ტბა იწვევს, სადაც ათობით სახეობის ცხოველს მოსპობა ემუქრება.

მცენარეები და ცხოველები გარემო პირობების ცვლილებასთან ერთად უნდა იცვლებოდნენ. სახეობები, რომლებმაც ვერ შეძლეს ადაპტირება ახალ პირობებთან, ისპობიან და მათ ადგილს სხვები იკავებენ. დედამიწაზე აღარ არიან დინოზავრები და მფრინავი რეპტილიები, სამაგიეროდ ბინადრობენ ფორმები, რომლებიც არ იყვნენ იმ ძველ დროში. ადამიანი ისეთი სისწრაფით ცვლის გარემოს, რომ მცენარეებს და ცხოველებს არ ყოფნით დრო ევოლუციისათვის, რომელიც მისცემს მათ საშუალებას დაიკავონ დაკარგულ სახეობათა ადგილი. ამის შესახებ თუნდაც ის ფაქტი მეტყველებს, რომ ძუძუმწოვართა გადაშენებული სახეობების თითქმის ნახევარი ბოლო 60 წელზე მოდის.

28. ანთროპოგენური ევტროფიკაცია

1921 წელს გერმანელი ჰიდრობიოლოგების ა. ტინემანის და ე. ნაუმანის მიერ შემოთავაზებული იყო „წყალსატევების ტროფულობის" ცნება. ამ ცნებაში ისინი გულისხმობდნენ ფოტოსინთეზის გზით წყალსატევების მიერ ორგანული ნივთიერებების დაგროვების უნარს, რაც, მათი ვარაუდით, საფუძვლად უნდა დაედოს თევზების საკვები ბაზის დადგენას. შემდგომში ამ ტერმინით სარგებლობდნენ წყლის ეკოსისტემების დახასიათებისა და კლასიფიკაციის მიზნით.

დღეს ტროფულობის მიხედვით გამოყოფენ წყალსატევების 3 სახეს: დისტროფული (ბერძნულად „დის" უარყოფას ნიშნავს) ისეთი წყალსატევებია, სადაც ორგანული ნივთიერებების დაგროვების ინტენსივობა აღემატება პირველადი პროდუქციის დაგროვებას

$$V_{ფოტ.}/V_{დესტ.} < 1$$

ოლიგოტროფული (ბერძნ. „ოლიგო" — ღარიბი) — წყალსატევია, სადაც პროდუქტიულ-დესტრუქციული პროცესები თითქმის გაწონასწორებულია

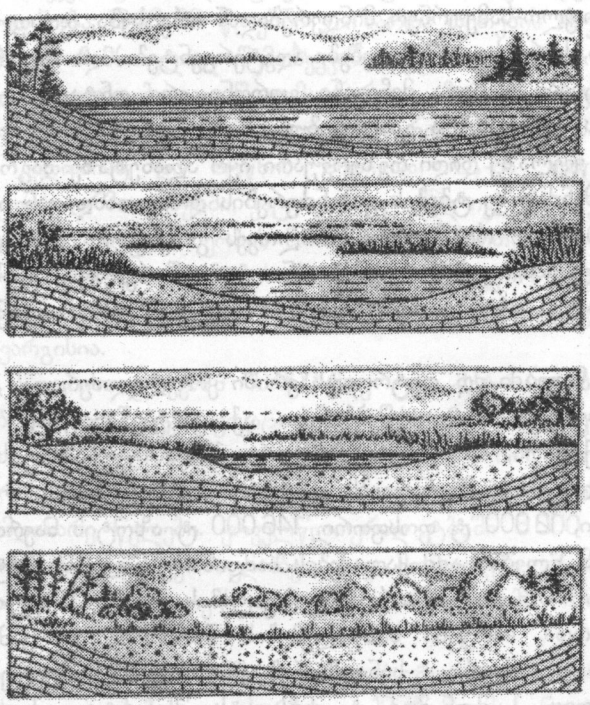
$$V_{ფოტ.}/V_{დესტ.} \sim 1$$

და ევტროფული, სადაც პროდუქციის დაგროვება დესტრუქციას აღემატება

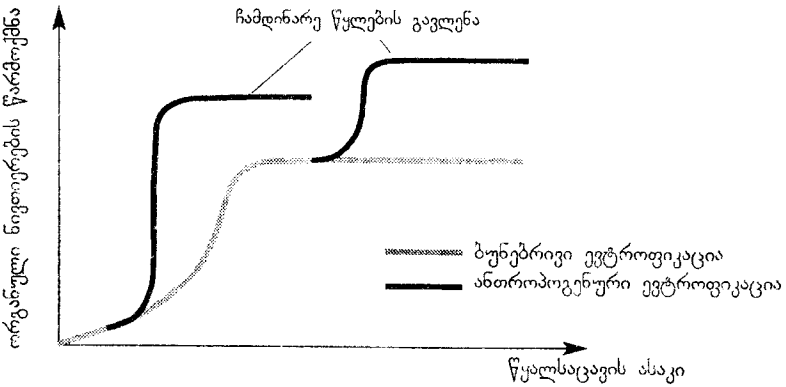
$$V_{ფოტ.}/V_{დესტ.} > 1$$

აქედან წარმოდგება ევტროფიკაციის ცნებაც, რაც შეიძლება დავახასიათოთ როგორც ჰიდრობიონტების ბიოლოგიური პროდუქტიულობის მკვეთრი ზრდა ბიოგენური ელემენტების ჭარბი რაოდენობის გამო. ეს მოვლენა ფიტომასის ზრდას იწვევს და კვებითი ჯაჭვის შემდგომი რგოლების — კიბოსნაირთა, თევზების და სხვათა მასობრივ გამრავლებას უწყობს ხელს. ამას კი მოსდევს ჟანგბადის დეფიციტი და გოგირდწყალბადის დაგროვება, რის შედეგადაც წყალსატევი სიცოცხლისათვის თანდათან უვარგისი ხდება (სურ. 56).

ევტროფიკაციის ძირითადი მიზეზი ნიტრატები და ფოსფატებია. მათი წყაროა ადამიანისა და ცხოველთა ექსკრემენტები (რომლის თითქმის 50% ნიტრატებია); სასუქი, რომელიც ძლიერი წვიმების



სურ. 56. ტბის დაბერების ეტაპები, რამადის (1981) მიხედვით:
ა — ახალგაზრდა ოლიგოტროფული ტბა, ბ — ბიომასის ზრდა ტბაში, გ — ევტროფული ტბა, დ — ტბის სრული გაჭრობა.



სურ. 57. ჩამდინარე წყლების გავლენა ევტროფიკაციის პროცესზე, ე. ნეველროვას (1988) მიხედვით

დროს სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებიდან ირეცხება; ფოსფორიტული მაღაროები, სარეცხი საშუალებები (დეტერგენტები) და სხვ. (სურ. 57)

დიდი ტბები — ზედა, მიჩიგანი, გურონი, ერი, ონტარიო — აშშ-ისა და კანადის საზღვარზეა განლაგებული. ერთ დროს ეს სუფთა წყლის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი რეზერვუარი იყო პლანეტაზე. მაგრამ ბოლო საუკუნის მანძილზე ტბების გაბინძურების დონე თანდათან იზრდებოდა, რაც, პირველ რიგში, მათ სიახლოვეს გაშენებულ მრავალრიცხოვან მსხვილ დასახლებულ პუნქტთანაა დაკავშირებული. განსაკუთრებით იზარალეს ერიმ და ონტარიომ, რომლებიც დღეს თითქმის უსიცოცხლოა.

70-იან წლებში მდ. დეტროიტს ერიში ყოველდღიურად 7,5 მლნ მ^3 საყოფაცხოვრებო წყალი შეჰქონდა; აქ ყოველწლიურად ჩადიოდა 4 მლნ ტ ქლორი, 27 000 ტ ფოსფორი, 160 000 ტ აზოტის ნაერთი. ნიაგარას და სხვა მდინარეებს ონტარიოში შეჰქონდათ 6 მლნ ტ ქლორიდები, 12 000 ტ ფოსფორი, 146 000 ტ აზოტის ნაერთები.

1944-69 წლებში აშშ ქალაქების ჩამდინარე წყლებში ნიტრატების რაოდენობა 70%-ით გაიზარდა. ფოსფატების წყარო, სოფლის მეურნეობის გარდა, სარეცხი საშუალებების წარმოება და გამოყენებაა. 1966 წ აშშ-ში 2 მლრდ ტ სინთეზირებული სარეცხი საშუალება გაიყიდა, რომელიც 1 მლნ-მდე ტ ფოსფატს შეიცავდა; აქედან მნიშვნელოვანი ნაწილი ჰიდროსფეროში მოხვდა. 80-იანი წლების მონაცემებით, აშშ ქალაქების ჩანარეცხი წყლები ერთ სულ მოსახლეზე 0,75-

დან 2 კგ-მდე მინერალურ ფოსფორს შეიცავდა წელიწადში. ვაშინგტონის ტბაში ფოსფატებისა და ნიტრატების რაოდენობა 2 წლის მანძილზე (1963-65) 5,5-ჯერ გაიზარდა.

80-იან წლებში ცნობილი გახდა, რომ შვეიცარიის ტბებში „ამერიკული ტრაგედიის" ევროპული ვარიანტი მეორდება. ჟენევის ტბა სიკვდილის პირამდე იყო მისული. წლიდან წლამდე ჟანგბადის შემცველობა აქ 30 000 ტ-ით მცირდებოდა.

მიკრობიოლოგები აღნიშნავდნენ შვეიცარიის ტბებში ფეკალური წყლების კატასტროფულ ზრდას; გაბინძურების ერთ-ერთი მიზეზი ფოსფატებია, რომლებიც წყალში სარეცხ საშუალებებთან და სასუქთან ერთად ხვდებოდა. მაგალითად, ბადენის ტბაში ფოსფატური იონები 40-იან წლებში თითქმის არ აღინიშნებოდა, 1950-64 წლებში კი მათი რაოდენობა 11-ჯერ გაიზარდა. ციურიხის ტბაში მინერალური ფოსფორის რაოდენობა 1946-69 წლებში გაიზარდა თითქმის 4-ჯერ.

ყველა ზევით ჩამოთვლილ შემთხვევაში ევტროფიკაციის პროცესი განუხრელად ვითარდებოდა. წყალმცენარეთა ზრდის ინტენსივობა ერიში 1919 წლიდან თითქმის 20-ჯერ გაიზარდა. ამ ხნის მანძილზე, მცენარეთა კვდომისა და ხრწნის შედეგად, O_2-ის შემცველობა, მეტადრე წყლის ღრმა ფენებში, კატასტროფულად იკლებდა. ეს იწვევდა უხერხემლოთა ზოგი სახეობის მოსპობას და მათთან ტროფულად დაკავშირებული სარეწაო თევზების რიცხოვნობის მკვეთრ დაცემას. მწვანე წყალმცენარეები შეიცვალა ლურჯმწვანეთი, რომელიც თევზის საკვებად უვარგისია.

80-იანი წლებისათვის აშშ 10 000-მდე ტბა მეტ-ნაკლებად ევტროფიცირებული იყო. ევტროფიკაციის პროცესი ამ რამდენიმე ათეული წლის წინათ განთქმულ ლადოგის ტბაშიც დაიწყო. მიზეზია აზოტის და ფოსფორის შემცველი ნაერთები და ცელულოზ-ქაღალდის კომბინატების ჩამდინარე წყლები. ყოველწლიურად ტბაში 8 000 ტ ფოსფორი ჩადის. როგორც ვარაუდობენ, თუ მოვლენები კვლავაც ასე განვითარდა, 2010 წლისათვის ფოსფორის რაოდენობა 11 000 ტ-ს მიაღწევს.

70-იანი წლების ბოლოს აშშ და კანადამ ერთობლივი ღონისძიებები დაგეგმეს დიდი ტბების გადასარჩენად. 1975 წელს კანადამ პირველმა შემოიღო შეზღუდვები ფოსფატების წარმოებასა და გამოყენებაში.

უკანასკნელი 15 წლის მანძილზე ფოსფორის შეტანა ერის ტბაში დაახლოებით 75%-ით შემცირდა. მიუხედავად ამისა, წყალი მაინც გაღარიბებულია ჟანგბადით. დაგეგმილია ფოსფორის შეტანის შემცირება კიდევ 15%-ით. ვარაუდობენ, რომ ამის შემდეგ ტბა აღდგენას დაიწყებს.

ევტროფიკაცია ჩვენს ტბებსაც შეეხო. განსაკუთრებით გამოირჩევა კუმისის, ჯანდარის, ნადარბაზევის, მარაბდის ტბები, სადაც გასული საუკუნის შუა წლებიდან ეს პროცესი ინტენსიურად ვითარდება. ბაზალეთის ტბაც კი, რომელიც ბოლო დრომდე შედარებით სუფთა იყო, მრავალ ადგილას ევტროფიცირებულია.

29. ანთროპოგენური ეროზია და გაუდაბნოება

თანამედროვეობის ერთ-ერთი სერიოზული პრობლემა — ნიადაგის ეროზია, ანუ მისი ზედა ფენის დაშლაა. გამომწვევი მიზეზების შესაბამისად, არჩევენ წყლისმიერ და ქარისმიერ ეროზიას, ანუ დეფლაციას. ამ უკანასკნელს ზოგჯერ ეოლურს უწოდებენ (ეოლი — ბერძნულ მითოლოგიაში ქარების ღმერთი).

ეროზია ბიოსფეროსათვის დამახასიათებელი ბუნებრივი მოვლენაა. მისი ინტენსივობა დაახლოებით ისეთივეა, როგორიც ნიადაგის წარმოქმნა. ბუნებრივ ანუ გეოლოგიურ ეროზიას გარკვეულ პირობებში სარგებლობაც კი მოაქვს. მაგალითად, მისისიპის, რეინის, ნილოსის დელტის ნაყოფიერი მიწები შეიქმნა ამ მდინარეთა ზემოწელიდან ჩამოტანილი ნიადაგის მასებისაგან.

ბუნებრივ ეროზიასთან ერთად, ცნობილია ანთროპოგენური ეროზია, რომელიც ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთანაა დაკავშირებული. შედარებისათვის აღვნიშნავთ, რომ 20 სმ სისქის ნიადაგის ტყიან ტერიტორიაზე ბუნებრივ ჩარეცხვას დაახლოებით 174 000 წელი სჭირდება, დამრეც მდელოზე — 29 000 წელი. მაგრამ სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებზე ეს პროცესი გაცილებით უფრო სწრაფად ვითარდება. სწორი თესლბრუნვის პირობებშიც კი სახნავი მიწა იგივე სისქის ნიადაგს უკვე 100 წლის მანძილზე კარგავს.

ნიადაგის წარმოქმნა მეტად ნელი პროცესია. 2,5 სმ სისქის ფენის წარმოქმნას რამდენიმე ასეული წელი სჭირდება. შესაბამისად, სასოფლო-სამეურნეო მინდვრებზე ნიადაგის საფარველის რღვევა გაცილებით უფრო სწრაფად ხდება, ვიდრე მისი წარმოქმნა.

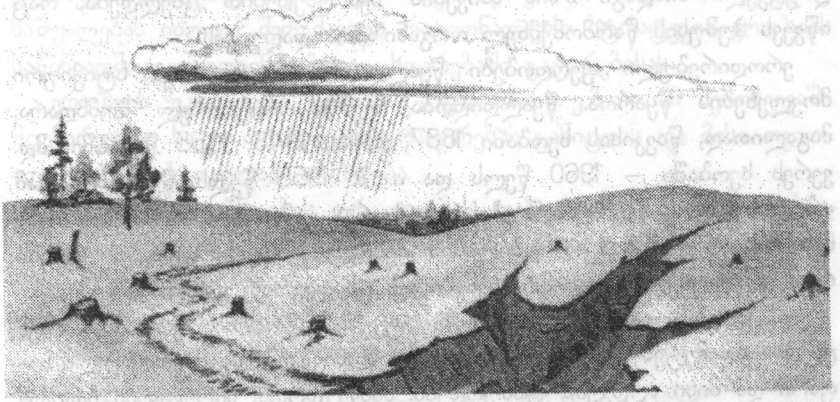
წ ყ ლ ი ს მ ი ე რ ი ე რ ო ზ ი ა 3 ტიპისაა – ზედაპირული, ჭავლური და ხევური. ზედაპირული ეროზიის დროს წყალი ფართო ერთიანი ნაკადით მოძრაობს, ჭავლური ეროზიისას წყალი მცირე ზომის ღარებში გროვდება; ხევური ეროზიის დროს მცირე ნაკადები ერთიანდება მსხვილ ნიაღვრად, რომელიც ხშირად ღრმა ხევებს ქმნის (სურ. 58).

ყველა შემთხვევაში ნიადაგიდან გადის საკვები ნივთიერებები და მცენარეული ნარჩენები – ნიადაგის უმნიშვნელოვანესი კომპონენტი, რომელიც მის ნაყოფიერებას განსაზღვრავს.

წყლის დინებაში მოხვედრილი ნიადაგის ნაწილაკები მდინარეთა კალაპოტებში და წყალსატევებში ილექება. ნალექის ზრდასთან ერთად წყალსატევი მცირდება. 1968 წელს აშშ-ის 1000-მდე წყალსატევის შესწავლამ ცხადყო, რომ მათი 40% წელიწადში მოცულობის დაახლოებით 3%-ს კარგავს.

ნიადაგის შეტივტივებული ნაწილაკები უარყოფითად მოქმედებს ჰიდრობიონტებზე. დანალექის ქვეშ შესაძლოა აღმოჩნდნენ ფსკერის ორგანიზმთა ადგილსამყოფელები. მღვრიე წყალი უშლის მზის სხივების შეღწევას ქვედა ფენებში, რაც აბრკოლებს ფიტოპლანქტონის ცხოველმოქმედებას.

ქ ა რ ი ს მ ი ე რ ი ე რ ო ზ ი ა ანუ დეფლაცია არის ნიადაგის ზედა ფენის გამოფიტვა და ქარის საშუალებით მისი ადგილგადანაცვლება.



სურ. 58. ნიადაგის ეროზია და ხევის წარმოქმნა, კრიკსუნოვის და სხვ. (1997) მიხედვით

პირველ რიგში გამოიტანება ნიადაგის მსუბუქი და კარგად სტრუქტურირებული ნაწილი, რომელიც ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობით ხასიათდება. სამაგიეროდ ზედაპირზე რჩება მსხვილდისპერსიული ქვენიადაგი, რომელიც ძნელად ითვისებს ტენს.

ნიადაგის გამოფიტვა რეგულარული, თუმცა ნაკლებშესამჩნევი მოვლენაა, მაგრამ ძლიერი ქარების დროს ჰაერის მძლავრი ნაკადი იტაცებს ნიადაგის მასას და შორ მანძილზე გადააქვს. აღწერილია შემთხვევა, როდესაც ჰაერის თითოეული კუბური კილომეტრი 450-მდე ტ ნიადაგს შეიცავდა. აშშ-ში ქარისმიერი ეროზიის შედეგად ნიადაგის ყოველწლიური დანაკარგი საშუალოდ 17,5 ტ/ჰა-ს შეადგენს.

როგორც ითქვა, ანთროპოგენურ ეროზიას, მიწების არარაციონალური გამოყენება იწვევს; ესაა ტყეების გაკაფვა, პირუტყვის გადამეტებული ძოვება, ტერიტორიების უგეგმო განაშენიანება და სხვ. ტყე ნიადაგის დაცვის ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური საშუალებაა. ტყის ნიადაგი ფესვთა მძლავრი სისტემის მეშვეობით კარგად აკავებს თოვლისა და წვიმის წყალს. გრუნტის წყლების შევსება აქ თანდათან და რეგულარულად ხდება, რაც ხელს უწყობს ნიადაგის ტენიანობის შენარჩუნებას მთელი წლის მანძილზე. არსებული მონაცემებით, ერთი კგ ხავსი ძლიერი წვიმის შემდეგ 5 კგ-ს იწონის.

ტყის გაკაფვის შემდეგ ნიადაგი დაუცველი რჩება. თოვლისა და წვიმის წყალი თავისუფლად მოედინება მთების კალთებზე და მოაქვს ნიადაგის ნაწილაკები, რომლებიც შემდეგ მდინარეებში ჩაედინება. დაუცველი ნიადაგი მზის სხივების ზემოქმედებით ცხელდება, რაც იწვევს ჰუმუსის წარმომქმნელ ორგანიზმთა დაღუპვას.

ეროდირებული ფერდობები წყალდიდობისა და სხვა სტიქიური მოვლენების წყაროა. წყალდიდობა ჩვენში არაერთხელ მომხდარა, მაგალითად, წავკისის ხეობაში 1887, 1940, 1948, 1955 წლებში; მდ. ვერეს ხეობაში — 1960 წელს და ა. შ. 1955 წელს წყალდიდობამ თბილისის გოგირდის აბანოების დატბორვა გამოიწვია, რასაც ადამიანის მსხვერპლი მოჰყვა. თბილისის შემოგარენის ფერდობები ტყიანი რომ ყოფილიყო, ასეთი მოვლენები აქ, ცხადია, არ განვითარდებოდა.

დაჩქარებული ეროზიის მიზეზი, ტყეების ჭრასთან ერთად, პირუტყვის გადამეტებული ძოვებაცაა. ერთი მხრივ, ისპობა მცენარეული საფარი და მისი აღდგენა ჭიანურდება. ამავე დროს, პირუტყვის ჩლიქებით ზიანდება ნიადაგი. შედეგად მრავალწლიანი მცენარეები ერთწლი-

ანებით იცვლება, რომლებიც, სუსტად განვითარებული ფესვთა სისტემის გამო, ცუდად იცავენ ნიადაგს. დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ ეროდირებულ საძოვრებზე, სადაც ერთწლიანი მცენარეები ჭარბობს, ძლიერი წვიმების დროს ჰექტარიდან რამდენიმე ტ ნიადაგი ირეცხება. ამავე დროს, შედარებით დაცულ მეზობელ მდელოებზე, სადაც მრავალწლიანი ბალახია, ზედაპირული წყლების ნაკადი გაცილებით ნაკლებია და ჰექტარიდან მხოლოდ რამდენიმე ათეული კგ ნიადაგი ირეცხება.

დაჩქარებული ეროზია — მიწათმოქმედების ერთ-ერთი ძირითადი მუხრუჭია. მისი მიზეზით ყოველწლიურად 50-70 ათასი კმ^2 მიწა იკარგება, რაც გამოყენებული სახნავი ფართის 3%-ს შეადგენს. არსებული მონაცემებით, სურსათის მწარმოებელი 4 ძირითადი სახელმწიფო — აშშ, ყოფილი სსრკ, ჩინეთი და ინდოეთი — ეროზიის შედეგად წელიწადში 13,2 მლნ ტ ნიადაგს კარგავს. აშშ-ში სახნავი მიწის 75% მეტ-ნაკლებად ეროდირებულია, ყოფილ სსრკ-ში — 73%.

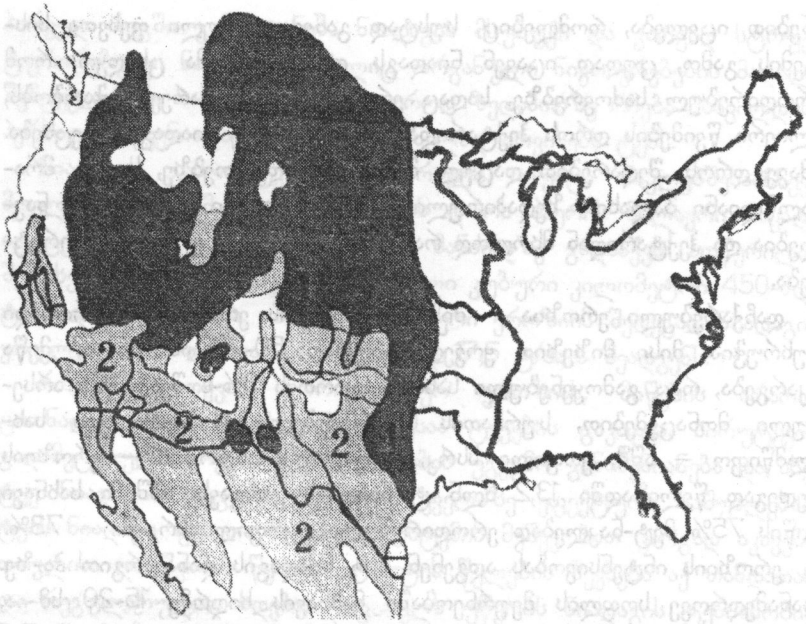
ეროზიის ინტენსივობას ადგენენ 1 ტ ნიადაგის დანაკარგით ჰა-ზე. თანამედროვე სოფლის მეურნეობაში ნახნავის სიღრმე 15-20 სმ-ია, რომლის მასა 2 250 ტ/ჰა-ს უახლოვდება. თუ ჩავთვლით, რომ ეროზიის სიჩქარე წელიწადში საშუალოდ 33 ტ/ჰა-ს შეადგენს, მაშინ ყოველწლიურად იკარგება 0,25 სმ ნიადაგი, ხოლო მთელი სახნავი ფენის დაკარგვას 60-70 წელი სჭირდება.

2001 წელს აკად. ც. მირცხულავამ დაამუშავა ნიადაგის ზღვრულად დასაშვები დანაკარგის გამოთვლის მეთოდი ეროზიის დროს, რომელიც საშუალებას იძლევა შემუშავდეს რაციონალური სტრატეგია ეროზიის საწინააღმდეგო ღონისძიებათა ცხოვრებაში გატარებისას.

ეროზიის უკიდურესი ფორმა გ ა უ დ ა ბ ნ ო ე ბ ა ა. ამ შემთხვევაში მცენარეული საფარი სრულ დეგრადირებას განიცდის და მისი თვითაღდგენა პრაქტიკულად არ ხდება.

არჩევენ გაუდაბნოების ორ ფორმას: დეზერტიფიკაციას, როდესაც გაუდაბნოების პროცესი უდაბნოს არეალის გაფართოებით მიმდინარეობს და დეზერტიზაციას, როდესაც ეს პროცესი ადგილზე, არსებული უდაბნოსაგან დამოუკიდებლად ხდება.

უდაბნოების და ნახევრადუდაბნოების საერთო ფართი დედამიწაზე 48,5 მლნ კმ^2-ს, ანუ სიცოცხლისათვის ვარგისი ხმელეთის 30%-ს შეადგენს. აქედან ანთროპოგენურ უდაბნოებს დაახლოებით 10 მლნ კმ^2,



სურ. 59. გაუდაბნოება აშშ დასავლეთში, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით: 1 – საშუალო, 2 – ძლიერი.

ანუ ხმელეთის ზედაპირის 6,7% უკავია. გაუდაბნოების პროცესი საათში 7 კმ^2-ის (წელიწადში 6,9 მლნ ჰა) სისწრაფით ვითარდება. საშიშროების წინაშეა 30 მლნ კმ^2, ანუ ხმელეთის 19% (სურ. 59).

გაუდაბნოება ბუნებრივი პროცესია, მაგრამ მას ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაც უწყობს ხელს. იქ, სადაც ნიადაგი მწირია და მას რწყავენ, წყალი ინტენსიურად ორთქლდება, ხოლო ტერიტორიაზე მარილებით გაჯერებული წყალი რჩება. თუ ასეთი წყალი არ იქნა გატანილი სადრენაჟე სისტემით, კონცენტრაციამ შესაძლოა ისეთ დონეს მიაღწიოს, რომ ნიადაგის ზედაპირზე მარილის თხელი ფენა გაჩნდეს. ასეთ ადგილებში მცენარეები წყვეტენ ზრდას და იღუპებიან. მდ. სენეგალის და მდ. ნიგერიის დელტები, ჩადის ტბის, ტიგროსისა და ევფრატის ველები – ასეთი დამლაშების მაგალითებია.

გაუდაბნოებას ინტენსიური მიწათმოქმედებაც იწვევს. როდესაც მიწათმოქმედი ცდილობს გაზარდოს მოსავალი თესლბრუნვის ვადების შემცირებით და მინდორს არ ტოვებს ანეულად, ნიადაგის ნაყოფიერება მცირდება და ეროზია სწრაფად იწყებს განვითარებას. ჩამოთვლილ

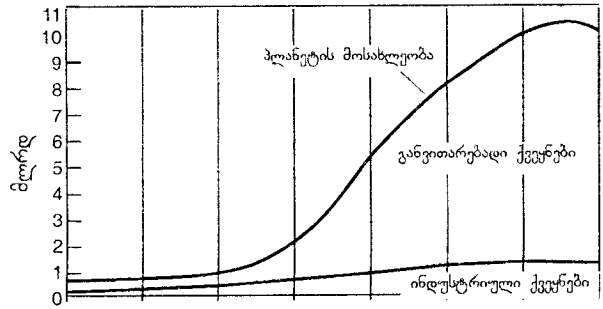
მიზეზებს ხშირად ემატება ჭარბდასახლებულ რაიონებში გრუნტის წყლების გადამეტებული ხარჯვა და მათი დონის დაწევა, რაც მცენარეულ საფარზე დამღუპველ ზემოქმედებას ახდენს.

ეროზიის დაქვეითების ერთ-ერთი საშუალება სწორი თესლბრუნვაა. ამ შემთხვევაში ერთი კულტურა მეორით იცვლება, მაგალითად, ხორბალი სხვა მარცვლოვნებით ან პარკოსნებით. ეროზიის გაძლიერების სერიოზული მიზეზი მიწის ზედაპირის დაქანებაა: რაც უფრო ციცაბოა ფერდობი, მით ძლიერია ეროზია. ამან სტიმული მისცა კონტურული ხვნის მეთოდის შემუშავებას და ფერდობებზე ტერასების შექმნას. ქარისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო საშუალებაა ქარსაცავი ზოლები, რომლებიც საგრძნობლად ამცირებენ ქარის ძალას.

30. ჭარბდასახლება, მასობრივი სიღატაკე და გარემო

პლანეტის მოსახლეობის ზრდა უკანასკნელი საუკუნის მანძილზე, გარკვეული თვალსაზრისით, ამოუცნობი პრობლემაა. საარსებო პირობების გათვალისწინებით, ღარიბი ქვეყნების ხელმოკლე ოჯახები თითქოს მრავალშვილიანი არ უნდა იყოს; პირიქით კი ხდება: ასეთი ოჯახები ცდილობენ ჰყავდეთ რაც შეიძლება მეტი შვილი.

უახლოესი 20-25 წლის მანძილზე ზოგ განვითარებად ქვეყანაში მოსალოდნელია მოსახლეობის გაორმაგება, ხოლო თუ შობადობის ტემპი შენარჩუნდა, ჩვენი საუკუნის I ნახევრის ბოლოს შესაძლოა ოთხჯერაც კი გაიზარდოს. ამავე დროს, ინდუსტრიული ქვეყნების შეძლებული ოჯახები შეგნებულად არიდებენ თავს მრავალშვილიანობას (სურ. 60)



სურ. 60. მოსახლეობის ზრდის პროგნოზი XXI საუკუნეში ე. კრიკსუნოვის და სხვ. (1997) მიხედვით.

რას შეიძლება მიეწეროს ესოდენ პარადოქსული სიტუაცია? სხვა მიზეზთა შორის, როგორც ჩანს, ერთ-ერთი მთავარია სიკვდილიანობის დაქვეითება, რაც დაკავშირებულია საზოგადოებრივი ჯანდაცვის პროგრესთან, ავადმყოფების მოვლა-პატრონობის გაუმჯობესებასთან, სამკურნალო საშუალებების სრულყოფასთან.

მაგრამ როგორი შედეგი მოჰყვა ჯანმრთელობის დაცვის საერთო დონის ამაღლებას? ინდუსტრიულ ქვეყნებში სიკვდილიანობის კლებას მოსახლეობის ზრდა მოჰყვა. მაგრამ ასეთი სიტუაცია დიდ ხანს არ გაგრძელებულა და მოკლე დროში აქ შობადობამ დაცემა დაიწყო.

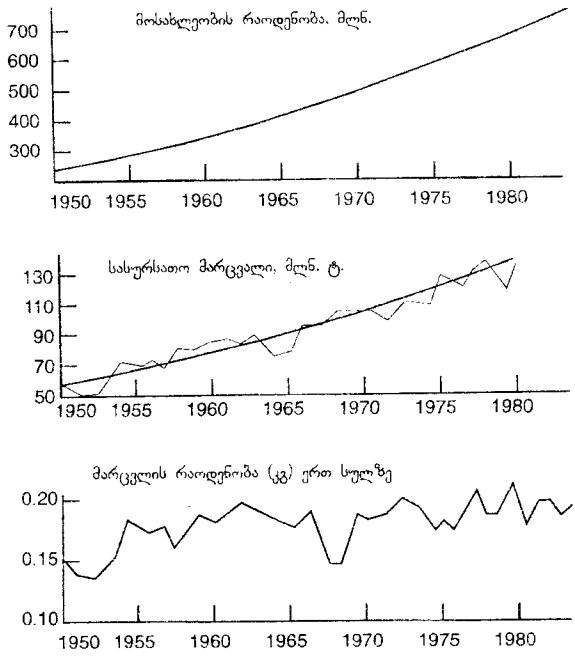
რაც შეეხება განვითარებად ქვეყნებს, აქ სიკვდილიანობის შემცირებას შობადობის ადეკვატური ცვლილება არ მოჰყოლია; უმეტეს შემთხვევაში ოჯახებს ჰყავთ 4-5, ზოგჯერ მეტი შვილი. ჯამში, განვითარებად ქვეყნებში მოსახლეობის ზრდის ტემპი 3-3,5-ჯერ უფრო მაღალია, ვიდრე ინდუსტრიულში.

ცხოველთა ნებისმიერი სახეობის მსგავსად, მოსახლეობის რაოდენობას და მის ცვალებადობას 2 ძირითადი და ურთიერთსაწინააღმდეგო ფაქტორი განსაზღვრავს — შობადობა და სიკვდილიანობა, რასაც ემატება განსახლება (ემიგრაცია) და სხვა ტერიტორიიდან შემოსახლება (იმიგრაცია). განსხვავება შობადობასა და სიკვდილიანობას შორის შეადგენს მოსახლეობის ბუნებრივ ნამატს. რაც მეტია სხვაობა, მით მეტია მოსახლეობის ზრდის კოეფიციენტი.

განვითარებად ქვეყნებში მოსახლეობის ზრდის კოეფიციენტი შეადგენს 1000 სულზე 15-30-ს წელიწადში. ინდუსტრიულ ქვეყნებში იგი გაცილებით უფრო დაბალია. მაგალითად, დანიაში, შვედეთში, გერმანიაში, ავსტრიაში ეს მაჩვენებელი 0-ს უახლოვდება; იტალიაში, პოლონეთში, კანადაში, აშშ-ში შობადობა ჯერ კიდევ შესამჩნევად აღემატება სიკვდილიანობას. ჯამში კი ინდუსტრიულ ქვეყნებში მოსახლეობის წლიური ნამატი შეადგენს მისი რიცხოვნობის 0,6%-ს, განვითარებად ქვეყნებში — 2%-ზე მეტს.

მოსახლეობის რაოდენობის მკვეთრი ზრდის გამო, განვითარებადი ქვეყნების ერთ-ერთი საჭირბოროტო პრობლემა მასობრივი სილატაკეა. იშვიათი როდია, როდესაც სახელმწიფოში პროდუქციის საერთო მოცულობა იზრდება, მაგრამ იმის გამო, რომ პარალელურად იზრდება მოსახლეობაც, ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით იგი თითქმის იმავე დონეზე რჩება.

სურ. 61-ის I და II გრაფიკებზე ასახულია მოსახლეობისა და სასურსათო მარცვლის რაოდენობის ზრდა ინდოეთში 1950-85 წლებში; III გრაფიკი გვიჩვენებს პროდუქციის მოცულობას ერთ სულ მოსახლეზე. მიუხედავად იმისა, რომ ქვეყანაში მარცვლის საერთო რაოდენობა 35 წლის მანძილზე თითქმის 250%-ით გაიზარდა, თითოეულ მოსახლეზე მან მხოლოდ უმნიშვნელოდ მოიმატა.



სურ. 61. მოსახლეობის და სასურსათო მარცვლის რაოდენობის ზრდა ინდოეთში 1950-84 წლებში, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

პლანეტის ღარიბი მოსახლეობა მნიშვნელოვნად აღემატება მდიდარს. ინდუსტრიულ ქვეყნებში კონცენტრირებულია მოსახლეობის 25%, რომელიც საერთო პროდუქციის თითქმის 80%-ს იყენებს. ამავე დროს განვითარებად ქვეყნებზე, რომელთა მოსახლეობა 75%-ია, საერთო დოვლათის მხოლოდ 20% მოდის.

გაეროს სასურსათო და სასოფლო-სამეურნეო ორგანიზაციის (FAO) მონაცემებით, განვითარებად ქვეყნებში მოსახლეობის 25% ცუდად იკვებება, რადგან მისი რაციონი არ შეიცავს ერთ ან რამდენიმე აუცილებელ კომპონენტს. მოსახლეობის თითქმის 20% ნახევრადმშიერია, რადგან არ იღებს საკმარისი რაოდენობის კალორიებს (სურ. 62).

სიღატაკე ყოველმხრივ ამუხრუჭებს საზოგადოებრივ პროგრესს და გარემოს უარყოფით ცვლილებას უწყობს ხელს. სიღატაკე აიძულებს მოსახლეობას „დღეს გამოიყენოს ის, რაც ხვალისთვის იყო გათვა-



სურ. 62. პლანეტის რეგიონები, სადაც მოსახლეობის საკვები რაციონი არასაკმარისია (70-იანი წლები), რამადის (1981) მიხედვით.

ლისწინებული“; ჩეხოს ტყეები სხვა საწვავის უქონლობის გამო, ზეინტენსიური ექსპლუატაციით გამოფიტოს მიწა, გააუდაბნოოს საძოვრები და ა. შ.

ბრაზილიაში 60-იან წლებში დემოგრაფიული აფეთქების და მასთან დაკავშირებული ტერიტორიის უკმარობის გამო, მთავრობამ მოსახლეობას ამაზონის რაიონის ტყით დაფარული ტერიტორია (ლატა) შესთავაზა. გაიხსნა მრავალი ტრანსკონტინენტური გზა. შედეგი მოულოდნელი აღმოჩნდა: მაგისტრალების გასწვრივ ზოგიერთი რაიონი უკვე რამდენიმე წლის შემდეგ იყო დეგრადირებული. როგორც ამერიკელი ეკოლოგები აღნიშნავენ, რაც წინათ ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგის ქვეშ ფენად გამოიყურებოდა, სწრაფად დაიშალა, ისე რომ

ტროპიკული ტყე მოკლე ხანში გაშიშვლებულ ლატერიტულ „ჯავშნად“ იქცა.

სიღატაკის პირობებში ხშირად პარადოქსულ სიტუაციასთან გვაქვს საქმე: მოსახლეობის ღარიბი ფენა მეტ ენერგეტიკულ რესურსს ხარჯავს, ვიდრე მდიდარი. ქალს ღარიბი ოჯახიდან, რომელიც საკვებს თიხის ჭურჭელში ღია ცეცხლზე ამზადებს, საშუალოდ 6-ჯერ მეტი ენერგია ეხარჯება შეძლებულთან შედარებით, რომელსაც აქვს გაზის ქურა და ალუმინის ქვაბები.

ძნელი არაა იმის გაგება, თუ რატომ არ შეუძლიათ განვითარებად ქვეყნებს რაციონალურად გამოიყენონ მიწები და დააწესონ თუნდაც მინიმალური კონტროლი გარემოს მდგომარეობაზე. თუ მშობლები და მათი შვილები მუდმივად შიმშილობენ, ხშირად ავადმყოფობენ, ცუდად იცვამენ და არა აქვთ უკეთესი მომავლის იმედი, ძნელად წარმოსადგენია, რომ ისინი სათანადო მზრუნველობით მოეკიდონ გარემოს.

რაც შეეხება ინდუსტრიულ ქვეყნებს, აქ მოსახლეობის ზრდასთან დაკავშირებულ პრობლემებს შორის ერთ-ერთი მთავარია ბუნებრივი რესურსების რაციონალური ხარჯვა და ტექნოლოგიების სრულყოფა. ენერგეტიკულმა კრიზისმა ცხადყო, რომ ძირითადი ბუნებრივი რესურსები — ნავთობი და გაზი არაა უსასრულო და იგი სწრაფად ილევა. კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე ამა თუ იმ მნიშვნელოვანი რესურსის მკვეთრი შემცირება, ჩვეულებრივ, მასზე ფასების ზრდას იწვევდა. ეს კი მომხმარებელს უბიძგებდა გადასულიყო სხვა სახის მასალაზე. მაგალითად, ხე-ტყის შეზღუდულმა მარაგმა ჯერ კიდევ რამდენიმე საუკუნის წინ აიძულა ინგლისელები საწვავად ქვანახშირი გამოეყენებინათ.

უნდა ვაღიაროთ, რომ ასეთი გადასვლა, რომელსაც ეკონომისტები „შენაცვლების პრინციპს“ უწოდებენ, ყოველთვის როდია გამართლებული. XX საუკუნის დასაწყისში, ქვანახშირის ინტენსიური გამოყენების შედეგად, ლონდონში ჰაერის გაჭუჭყიანებამ ისეთ დონეს მიაღწია, რომ წლის ცალკეულ სეზონებში ქალაქში ცხოვრება თითქმის შეუძლებელი იყო.

გაამართლებს „შენაცვლების პრინციპი“ მოსახლეობის მკვეთრი ზრდის პირობებში? ძნელი სათქმელია. ბევრია დამოკიდებული იმაზე, როგორ განვითარდება მეცნიერება და ტექნიკა, რათა კაცობრიობა უზრუნველყოფილი იყოს ენერგიის ისეთი არატრადიციული წყაროებით, როგორიცაა მზე, ქარი, ოკეანური მიმოქცევა და სხვ.

ამგვარად, იქმნება დახშული წრე, საიდანაც გამოსავალს ჯერჯერობით მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევებში თუ ვპოულობთ: მოსახლეობის მკვეთრი ზრდა საცხოვრებელი ტერიტორიების, სასოფლო-სამეურნეო მიწების, საკვები პროდუქტების წარმოების ზრდის აუცილებლობას იწვევს. ნებსით თუ უნებლიეთ ეს ხელს უწყობს ბუნებრივი ეკოსისტემების დეგრადირებას, ნიადაგის ეროზიას, ტერიტორიების გაუდაბნოებას. მოსახლეობის რიცხოვნობის მატება იწვევს ტრანსპორტის ზრდას, ბუნებრივი რესურსების გადამეტებულ ხარჯვას და, შედეგად, ჰაერის, ოკეანური და მტკნარი წყლების, ნიადაგების გაბინძურებას. რაც მეტია მოსახლეობა, მით მეტი რაოდენობით გროვდება სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენი, რომელიც ან უნდა გადამუშავდეს, ან უვნებელყოფილი იქნეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში იქმნება გარემოს გაბინძურების უზარმაზარი წყარო, რაც დამატებით საშიშროებას უქმნის ყველა ცოცხალ ორგანიზმს, მათ შორის ადამიანსაც.

სიღარიბით არის გამოწვეული შემდეგი მახინჯი მოვლენაც: ბოლო ხანებში ინდუსტრიული ქვეყნები ტოქსიკურ ნივთიერებათა ლიკვიდაციის ბარბაროსულ მეთოდებს მიმართავენ. საქმე ეხება ამ ნივთიერებათა შეტანას განვითარებადი ქვეყნების ტერიტორიაზე. ევროპაში და აშშ-ში ერთი ტ მაღალტოქსიკური ნივთიერების ლიკვიდაცია დაახლოებით 300 დოლარი ჯდება, „მესამე სამყაროს“ ქვეყნებში — არაუმეტეს 40 დოლარისა. გარიგება ინდუსტრიულ ქვეყნებთან საშუალებას აძლევს განვითარებად ქვეყნებს აღმოფხვრას ეკონომიკური ჩამორჩენა. მაგრამ როგორ ხდება ტოქსიკურ ნივთიერებათა უვნებელყოფა? აი, მაგალითიც: 1988 წელს დასავლეთის ბიზნესმენებმა გვინეა-ბისაუს — მსოფლიოში ერთ-ერთ უღარიბეს სახელმწიფოს — 15 მლნ ტ ტოქსიკური ფარმაკოლოგიური ნარჩენი შესთავაზეს. სამაგიეროდ ქვეყანა მიიღებდა თანხას, რომელიც 25-ჯერ აღემატებოდა მის წლიურ შემოსავალს. ამ გარიგების შედეგად შხამით საფსე კასრები ჭაობებში ჩაყარეს. მაგრამ ტროპიკული სიცხის პირობებში ისინი სწრაფად დაჟანგდა, ხოლო ტოქსიკურმა ნივთიერებამ გრუნტის წყლებში, მდინარეებში და ოკეანეში გაჟონა.

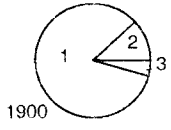
31. ურბანიზაციის პროცესი

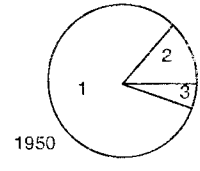
ურბანიზაცია — ერთ-ერთი მტკივნეული გლობალური პრობლემაა, რადგან მასთან დაკავშირებულია არა მხოლოდ გარემოს

მდგომარეობა, არამედ ადამიანთა ურთიერთობის ხასიათიც. თუ წინათ პლანეტის მოსახლეობის დიდი ნაწილი სოფელში ცხოვრობდა, დღეს საწინააღმდეგო სურათია. ვარაუდობენ, რომ ახლო მომავალში ქალაქის მოსახლეობა 60%-ს მიუახლოვდება (სურ. 63).

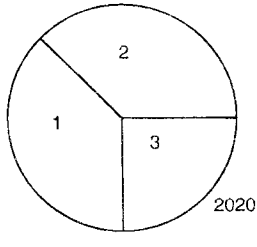
თუ 1950 წელს მსოფლიოში მხოლოდ 5 ქალაქი იყო 5 მლნ-ზე მეტი მოსახლეობით, 1980 წელს ასეთი ქალაქების რაოდენობამ 26-ს მიაღწია, XXI საუკუნეში მოსალოდნელია 60-მდე ქალაქის არსებობა მოსახლეობის საერთო რიცხოვნობით 650 მლნ ადამიანამდე. დემოგრაფები მოელიან გიგანტური ქალაქების გაჩენას მოსახლეობით 25-30 მლნ ადამიანი. მაგალითად, ტოკიოს მოსახლეობა 1970 წელს 16 მილიონს შეადგენდა; ვარაუდობენ, რომ უახლოეს წლებში იგი 30 მლნ-ს მიაღწევს; კალკუტას შესაბამისი მაჩვენებლებია 8 მლნ და 40 მლნ.

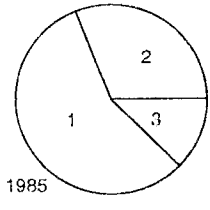
ქალაქში ცხოვრებას რიგი უპირატესობა აქვს. მოსახლეობის კონცენტრაციის მატება აადვილებს სამედიცინო და საყოფაცხოვრებო მომსახურებას. მაგალითად, XX ს 90-იან წლებში საჰარის მიმდებარე რეგიონებში სოფლის მოსახლეობის მხოლოდ 10% იყო უზრუნველყო-





1 — სოფლის მოსახლეობა
2 — ქალაქები 1 მლნ-ზე ნაკლები მოსახლეობით
3 — ქალაქები 1 მლნ-ზე მეტი მოსახლეობით





სურ. 63. ურბანიზაციის ტემპი, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

ოფილი სასმელი წყლით, მაშინ როდესაც ქალაქებში ეს მაჩვენებელი 66%-ს უახლოვდებოდა. ვარაუდობენ, რომ საშუალოდ სოფლის მიგრანტთა 75% იუმჯობესებს ეკონომიკურ მდგომარეობას.

მაგრამ ქალაქში გადმოსახლებულნი ხშირად უკიდურესად მძიმე მდგომარეობაში ვარდებიან. ქალაქის ინფრასტრუქტურის განვითარება — საცხოვრებელი ფონდის ზრდა, სატრანსპორტო, კანალიზაციისა და წყალმომარაგების სისტემების სრულყოფა — ჩამორჩება მოსახლეობის ზრდის ტემპს. არც კანონები და სახელმწიფოს მართვის მეთოდები, არც ზნე-ჩვეულებანი ვერ იცვლება იმდენად სწრაფად, რომ მიესადაგოს ქალაქის მზარდი მოსახლეობის მოთხოვნებს.

ურბანიზაციის ერთ-ერთი შედეგი — გარემოს უარყოფითი ცვლილებაა. მსხვილ ქალაქებში და სამრეწველო ცენტრებში ჰაერის ტემპერატურა, როგორც წესი, 2-3°C-ით აღემატება რეგიონის საშუალო მაჩვენებელს. ქალაქის ატმოსფერულ ჰაერში ძირითადი გამაბინძურებლების კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად აღემატება სოფლისას (იხ. ცხრილი 10).

ცხრილი 10. მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია აშშ ქალაქებისა და სოფლების ატმოსფერულ ჰაერში, მგ/მ³, ბოჩკარიოვას (1988) მიხედვით.

მავნე ნივთიერებები	ქალაქები (საშუალო მაჩვენებლები)	სოფლები (საშუალო მაჩვენებლები)
SO_2	54	3
NO_2	52	2
CO	4100	350
NH_4	2500	810
სულფატები	11	0,5
შეწონილი ნივთიერებები	100	10

ურბანიზაციის პროცესი საქართველოშიც შეინიშნება. თ. ლაღიძის (1995) მონაცემებით, 60-80-იან წლებში ქალაქებისა და ქალაქის ტიპის დასახლებული პუნქტების რაოდენობა საქართველოში 34-დან 62-მდე გაიზარდა, ქალაქის მოსახლეობა კი დაახლოებით 15%-ით.

32. ენერგეტიკული პრობლემები

ენერგიის ალტერნატიული წყაროების ათვისება. საწვავის ზოგიერთი სახეობა, მისი ხარჯვის დღევანდელი ტემპის შენარჩუნების

შემთხვევაში, პლანეტის მოსახლეობას 50-200 წელიწადს ეყოფა. ამ გარემოებამ განაპირობა ენერგიის ალტერნატიული (არატრადიციული) წყაროების ძიების აუცილებლობა.

მრავალი სპეციალისტი პრობლემის გადაჭრის იმედს ბირთვულ ენერგეტიკაზე ამყარებს, თუმცა მასზე ჯერჯერობით საერთო ელექტროენერგიის მხოლოდ 17% მოდის. ატომური ენერგეტიკა განსაკუთრებული პოპულარობით საფრანგეთში სარგებლობს, სადაც მისი წილი გამომუშავებული ენერგიის თითქმის 70%-ს შეადგენს. ბოლო დრომდე დიდი მნიშვნელობა მას აშშ-შიც ენიჭებოდა.

ტრიმაილ-აილენდისა (აშშ) და ჩერნობილის ავარიებმა მნიშვნელოვნად შეარყიეს საზოგადოების რწმენა ატომური ენერგეტიკისადმი, რომელიც მანამდე ნაკლებად საშიშ და ენერგიის შედარებით „სუფთა“ წყაროდ ითვლებოდა. მაგრამ ბირთვული ენერგეტიკის რეპუტაცია შესაძლოა აღდგეს, თუ უფრო სრულყოფილი რეაქტორების კონსტრუქციები დამუშავდება ან არსებულის საიმედოობა ამაღლდება.

თერმობირთვული ენერგიის (მსუბუქი ბირთვების სინთეზი) უპირატესობა თანამედროვე რეაქტორებთან შედარებით დიდია. ამიტომ, მიუხედავად მისი კოლოსალური სიძვირისა, ინტერესი თერმობირთვული სინთეზის მიმართ დიდია; საცდელი სამუშაოები ხორციელდება, თუმცა, როგორც ვარაუდობენ, სამრეწველო ენერგიის მიღება მხოლოდ 10-15 წლის შემდეგაა მოსალოდნელი.

შვედეთის ერთ-ერთი კონცერნის მიერ დამუშავებულია „ბუნებით უვნებელი“ რეაქტორი, რომელსაც შესწევს უნარი გაუძლოს ნებისმიერი სიძლიერის მიწისძვრას, ხანძარს, აფეთქებას, წყალდიდობას და სხვა სტიქიურ მოვლენებს. ამავე კონცერნმა დაამუშავა ნარჩენების გატანის ტექნოლოგია, რომლის უსაფრთხოება გარანტირებულია 10 000 წლამდე.

გ. სუპატაშვილის მონაცემებით, ატომური ენერგეტიკის მწვავე ეკოლოგიური პრობლემაა ბირთვული სათბობის ნარჩენების უტილიზაცია და დამარხვა. მართალია, მათი საერთო რაოდენობა მცირეა (დღეისათვის დაახლოებით 70 ტ წლიურად), მაგრამ ძლიერი რადიაციისა და ნახევარდაშლის ხანგრძლივი პერიოდის გამო, მოითხოვს განსაკუთრებულ ყურადღებას და დიდ დანახარჯებს. გასათვალისწინებელია, რომ ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი 1 მკგ პლუტონიუმი ავთვისებიან დაავადებას იწვევს. თავდაპირველად საიმედოდ კაფ-

სულირებული ნარჩენების სამარხებად გამოყენებული იყო ძველი შახტები და ოკეანის ღრმულები. ახლა ეკონომიკურად ძლიერი ქვეყნები ცდილობენ სამარხები განვითარებადი ქვეყნების ტერიტორიებზე მოაწყონ, რასაც ხშირად ახერხებენ სათანადო საფასურის გაღებით.

გარემოს რადიოაქტიური გაბინძურების პოტენციური წყაროა აგრეთვე ურანის მოპოვება-გადამუშავების საწარმოები და წვრილმანი ავარიები ატომურ ელექტროსადგურებში, რის შედეგადაც ხდება რადიოაქტიური ნივთიერებების გაჟონვა.

მიუხედავად სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემებისა, 1983 წელს მსოფლიოს 25 ქვეყანაში 317 რეაქტორი მოქმედებდა, რომელმაც 191 მლნ კვტ ენერგია გამოიმუშავა. 1988 წელს რეაქტორების რაოდენობა 429-მდე გაიზარდა და საერთო სიმძლავრემ 311 მლნ კვტ-ს მიაღწია.

მ ზ ი ს ე ნ ე რ გ ი ი ს ათვისების შესაძლებლობა ასევე იზრდება. ფოტოგალვანური ელემენტები, რომლებიც მზის სხივებს ელექტროენერგიად გარდაქმნიან, სულ უფრო სრულყოფილი ხდება, თუმცა ჯერ-ჯერობით გამომუშავებული ენერგიის ღირებულება ტრადიციულთან შედარებით 2-4-ჯერ მეტია.

მზის ენერგიის გამოყენების ერთ-ერთი სახეა ჰელიოთერმული დანადგარები, რომლებიც სხივურ ენერგიას თბურ ენერგიად გარდაქმნიან. ასეთ სისტემებში მზის სხივები ლინზების საშუალებით მიმღებ სითხეში ფოკუსირდება; სითხე თბება, ხოლო სითბო ელექტროგენერატორს გადაეცემა.

წყლის და საყოფაცხოვრებო სისტემების გათბობა მზის ენერგიით ფართოდაა დანერგილი ავსტრალიაში, საბერძნეთსა და შუა აღმოსავლეთის ქვეყნებში. რამდენიმე წლის წინათ კალიფორნიაში საექსპლუატაციოდ მომზადდა მზის თერმოდანადგარი, რომლის მიერ გამომუშავებული ენერგიის თვითღირებულება მხოლოდ 2,5-ჯერ აღემატება სამდინარო ელექტროსადგურებზე გამომუშავებულ ენერგიას.

ქ ა რ ი ს ე ნ ე რ გ ი ი ს გამოყენებაზე სპეციალისტები დიდ იმედებს ამყარებენ. აეროდინამიური ტურბინები ქარის ენერგიას მექანიკურ ენერგიად ან ელექტროენერგიად გარდაქმნიან. ეს წყარო შედარებით ადრინდელია, თუმცა მრავალი უპირატესობის მიუხედავად, ბოლო დრომდე მან ვერ პოვა ფართო გამოყენება.

ქარის ენერგიის ინტენსიური ათვისება მხოლოდ 70-80-იან წლებში დაიწყო. დღეს მსოფლიოში გამომუშავებული აეროდინამიური ენერგიის 80% კალიფორნიაზე მოდის. 1984 წლის მონაცემებით, აქ მუშაობს 8 500-მდე ტურბინა, რომელთა ერთობლივი სიმძლავრე 5500 მეგა-ვატს შეადგენს. აშშ-ში ქარისმიერი ენერგიის გამოყენების მასშტაბები იზრდება; დანადგარები შენდება ევროპაში, აშშ-ის დასავლეთში, სკანდინავიაში და ა. შ.

სპეციალური აღნიშვნის ღირსია ოკეანური მოქცევის ენერგია. მოქცევა დღე-ღამეში ორჯერ მეორდება. მისი საშუალო სიმაღლე ვიწრო ყურეებში ან მდინარის კალაპოტებში შესაძლოა 10-20 მეტრი იყოს. მოქცევის ენერგიის გამოსამუშავებლად, ჩვეულებრივ, კაშხალს აგებენ, რომლის ძირზე ტურბინებია დამონტაჟებული. ელექტროენერგიის გამომუშავება ხდება როგორც კაშხალის ავსებისას (მოქცევის დროს), ისე მისი დაცლისას (უკუქცევის დროს). ცხადია, რაც უფრო მაღალია მოქცევა და მეტი წყალი გროვდება კაშხალში, მით მეტი ენერგია გამომუშავდება.

საინტერესოა, რომ ჯერ კიდევ ფრანკლინ რუზველტი (აშშ-ის პრეზიდენტი 1932-45 წწ-ში) პირადად დაინტერესდა მოქცევის ენერგიის გამოყენებით. წლების მანძილზე იგი აკვირდებოდა მოქცევის პროცესს თავის საზაფხულო რეზიდენციაში — ფანდის ყურის დასავლეთ ნაწილში. აქ მოქცევა ერთ-ერთი ყველაზე მაღალია მსოფლიოში, იგი 16 მ-ს შეადგენს. სამწუხაროდ, პრეზიდენტის რეკომენდაციას — ფანდის ყურეში ელექტროსადგური აეგოთ — ამერიკის კონგრესმა მხარი არ დაუჭირა, ისე რომ მისი ინიციატივა განუხორციელებელი დარჩა.

მოქცევის ენერგია რეალიზებული იყო ბევრად უფრო გვიან, 1969 წელს საფრანგეთში. აქ აგებული „ლა-რანსის“ ჰეს-ის სიმძლავრე 320 მეგა-ვატს შეადგენს. იგი დაახლოებით 2,5-ჯერ უფრო ძვირი დაჯდა ასეთივე სიმძლავრის სამდინარო სადგურებთან შედარებით. მაგრამ ეს სარჯი მოკლე დროში დაიფარა, დღეს კი სადგური შეუფერხებლად მუშაობს. მას არ სჭირდება დამატებითი ენერგია, იშვიათად ფუჭდება და, რაც მთავარია, ეკოლოგიურად სუფთაა. „ლა-რანსის“ ჰესი იმის დადასტურებაა, რომ მოქცევის ენერგიის კონცეფცია სავსებით რეალურია და იგი შეიძლება განხორციელდეს უფრო ფართო მასშტაბით.

დღეს მსოფლიოში დიდ იმედებს ამყარებენ წყალბადის ენერგიაზე. გ. სუპატაშვილის (2000) მონაცემებით, წყალბადი 4-

ჯერ მეტ სითბოს იძლევა, ვიდრე ქვანახშირი და 3-ჯერ მეტს, ვიდრე ნავთობი. წყალბადის წყარო უსასრულოა, მისი ტნასპორტირება ადვილია. მთავარი სიძნელე წყალბადის გამოყენებაში — მისი მიღებაა. ამის მიუხედავად, მხოლოდ 1981 წელს მსოფლიოში ქიმიური მრეწველობის საჭიროებისათვის 18 მლნ ტ წყალბადი მიიღეს.

მრავალ რეგიონში იხვეწება გეოთერმული ენერგიის და ოკეანური თბური ენერგიის ათვისების საშუალებები. მიწისქვეშა თბილი წყლების გამოყენება ინდუსტრიულ ქვეყნებში ყოველწლიურად დაახლოებით 15%-ით იზრდება. ჩრდ. კალიფორნიაში მრავალი წელია მუშაობს 2000 მეგა-ვატის სიმძლავრის გეოთერმული დანადგარი.

ბიოგაზი — აირების ნარევია (სავარაუდო შედგენილობა: მეთანი — 55-65%, ნახშირორჟანგი — 35-45%, აგრეთვე აზოტის, წყალბადის, ჟანგბადის, გოგირდწყალბადის მინარევები). იგი წარმოიქმნება ორგანული ნარჩენების (უპირატესად ნაკელის, ჩალის და სხვ.) ანაერობული გადამუშავების შედეგად. ბიოგაზი გამოიყენება როგორც საწვავი; ერთნაირად ეფექტურია როგორც მეცხოველეობის მსხვილ ფერმებში, ისე საოჯახო მეურნეობაში.

გაზის სამრეწველო მიღების შესაძლებლობანი ცნობილია გასული საუკუნის ბოლოდან (1885 წ.), თუმცა მისი კუსტარული მოპოვება გაცილებით უფრო ადრე დაიწყო.

ბიოგაზი პოპულარული ენერგეტიკული წყაროა. აშშ-ის მეცხოველეობის კომპლექსებში და კერძო ფერმებში სხვადასხვა მოცულობის მეთანტენკები მოქმედებს, სადაც, 1980 წლის მონაცემებით, წელიწადში დაახლოებით 95 მლნ $მ^3$ გაზს იღებენ. დიდ ბრიტანეთში 90-იან წლებში 5 სამრეწველო დანადგარი და რამდენიმე ათეული მცირე მოცულობის მეთანტენკი მოქმედებდა. ბიოგაზი საქართველოშიც ფართოდაა გავრცელებული (ალექსიძე, 1994).

ენერგიის დოზოგვის სტრატეგია. 1973 წელს, როდესაც არაბეთის ნავთობზე ემბარგოს შემოღება ამერიკელი მეშახტეების გაფიცვას დაემთხვა, ექსპერტები ტრადიციული ენერგომოხმარების მაღალი ტემპების შენარჩუნებას და ენერგიაზე ფასების უკიდურეს ზრდას წინასწარმეტყველებდნენ. საბედნიეროდ, პროგნოზი არ გამართლდა; ფასების ზომიერმა ზრდამ ენერგიის დამზოგველი ტექნოლოგიების განვითარებას და დანერგვას შეუწყო ხელი.

ეს მაგალითი იმაზე მეტყველებს, რომ ახალ ტექნოლოგიებზე გადასვლა ხშირად ეკონომიურად უფრო რენტაბელურია, ვიდრე ენერგომომარაგების ახალი ობიექტების ექსპლუატაცია. შესაბამისად, ენერგიის რაციონალური გამოყენების სტრატეგია, პირველ რიგში, მისი დაზოგვის გზით უნდა ვითარდებოდეს. თანაც ეს უნდა ხორციელდებოდეს არა შეზღუდვებით, რაც პლანეტის მოსახლეობის დიდ ნაწილს კიდევ უფრო მძიმე ტვირთად დააწვება, არამედ ეფექტური ტექნოლოგიების მაქსიმალური დანერგვით.

ასეთმა სტრატეგიამ შესატყვის ქმედებებს შეუწყო ხელი. 70-იან წლებში ინტენსიურად დაიწყო გრძელვადიანი სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრამების დამუშავება, რომელთა მიზანი სწორედ ენერგიის მაქსიმალური დაზოგვა იყო. შედეგად, 80-იანი წლებისათვის „ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების“ წევრ სახელმწიფოებში ენერგიის ხარჯვა 10-20%-ით შემცირდა.

ზოგიერთ ინდუსტრიულ ქვეყანაში ენერგიის დაზოგვა ახალი ტექნოლოგიების დანერგვით წელიწადში 1,7%-ს აღწევს. მაგალითად, კომპანია „ჯენერალ ელექტრიკის“ მიერ დამუშავებული „კომბინირებული ციკლის“ სისტემით საფუძველი დაედო მაქსიმალურად სუფთა და, ამავე დროს, ეკონომიური ელექტროსადგურების მშენებლობას; ამ სისტემით მომუშავე იაპონიის ელექტროსადგურ „ფუცზუ“-ს ეფექტურობა, ტრადიციულთან შედარებით, 1/3-ით გაიზარდა, ხოლო მავნე გამონაბოლქვის რაოდენობა რამდენჯერმე შემცირდა.

ამჟამად მრეწველობის ყველა სფეროში ენერგიის დაზოგვის სპეციფიკური საშუალებები გამოიყენება. აშშ-ის ფოლადჩამომსხმელ ქარხნებში თანამედროვე მეთოდების დანერგვით ენერგიის ეკონომია ზოგჯერ 40%-ს შეადგენს. ექსპერტების აზრით ჩინეთმა და ინდოეთმა იაპონური ტექნოლოგიები რომ განავითარონ, ფოლადის გამომუშავებაზე 4-ჯერ ნაკლები ენერგია დაიხარჯება.

არსებული მონაცემებით (აკიმოვა და სხვ., 2001) ყოფილ სსრკ-ში ენერგიას არარაციონალურად იყენებდნენ. მაგალითად, თუ იაპონიაში 1980 წელს ერთი ტ ფოლადის გამოსადნობად 18,8 მლრდ ჯოული იხარჯებოდა, აშშ-ში იხარჯებოდა 23,9, სსრკ-ში კი – 33 მლრდ ჯოული. 1985 წელს სსრკ-ში ნაციონალური შემოსავლის ერთეულზე 4,5-ჯერ მეტი ენერგია იხარჯებოდა, ვიდრე აშშ-ში. 1000 $მ^3$ ხე-ტყისაგან სსრკ-ში მზადდებოდა 27,3 ტ ქაღალდი, მაშინ როდესაც

შვედეთში იგივე რაოდენობის ხე-ტყისაგან ამზადებდნენ 129 ტ, აშშ-ში — 137 ტ, ფინეთში კი — 164 ტ ქაღალდს.

საგანგებო აღნიშვნის ღირსია ენერგიის დაზოგვის შესაძლებლობა სამშენებლო ინდუსტრიის სრულყოფით. დამუშავებულია საცხოვრებელი სივრცის ათვისების ეფექტური სისტემები ბინებში, რაც ითვალისწინებს განსხვავებას გარეგან და შინაგან ტემპერატურას შორის, მზის სხივების ინტენსივობას და მიმართულებას, ადამიანის ადგილსამყოფელს საცხოვრებელ ტერიტორიაზე და ა. შ. ასეთი სისტემები ენერგიას ხშირად 20%-ით ზოგავს. სპეციალური ნათურების, სხივების ამრეკლავებისა და ბუნებრივი განათების ოპტიმალური შეთავსებით ენერგიის ხარჯვა განათებაზე ხშირად 50-60%-ით მცირდება.

შენობების გათბობისა და განათებისათვის არცთუ იშვიათად მიმართავენ ე. წ. კონდენსირებულ ღუმელებს, რომელთა მარგი ქმედების კოეფიციენტი ხშირად 28%-ით მეტია ტრადიციულ გაზის ღუმელებთან შედარებით.

პროგრესული სამშენებლო მასალების გამოყენებით შესაძლოა მკვეთრად შემცირდეს სითბოს დანაკარგი ბინებში. მაგალითად, მინესოტაში ზოგიერთი შენობის გათბობაზე 68%-ით ნაკლები ენერგია იხარჯება ამერიკის ჩვეულებრივ შენობებთან შედარებით; შვედეთში კი სათბობის ეკონომია ზოგჯერ 69%-ს აღწევს.

საინტერესოა ლაურენსის ცენტრის (ქ. ბერკლი) გამოცდილება: 8 მლნ დოლარის კაპიტალდაბანდება მზის სხივების მშთანთქმელი ფანჯრების დამზადებაზე და დაყენებაზე შესაძლებლობას იძლევა დაიზოგოს ნავთობი, რომლის მოპოვება და გადამუშავება დაახლოებით 300 მლნ დოლარი ღირს.

როგორც უკვე ითქვა, ენერგიის დაზოგვის ეფექტური საშუალებაა მრეწველობის ცალკეულ დარგებში ტექნოლოგიური ცვლილებების შეტანა. მრეწველობის ტრადიციული მოდელი ხშირ შემთხვევაში შორსაა სრულქმნილებისაგან და იგი უფრო ინტეგრირებული მოდელით უნდა შეიცვალოს. ასეთ მოდელზე დამყარებულ ტექნოლოგიურ პროცესს ხშირად „სამრეწველო ეკოსისტემას“ უწოდებენ.

სამრეწველო ეკოსისტემა ბიოლოგიური ეკოსისტემის ანალოგიურად უნდა ფუნქციონირებდეს: ენერგიისა და მასალის გამოყენება მაქსიმალური უნდა იყოს, ხოლო ნარჩენები — მინიმუმამდე დაყვანილი.

წარმოების ერთ სფეროში დაგროვილი ნარჩენები წარმოების სხვა სფეროში უნდა გამოვიყენოთ.

ამერიკელი სპეციალისტების აზრით, ენერგიის დაზოგვის ეფექტური საშუალებაა სატრანსპორტო სისტემებში საბაზრო ეკონომიკის პრინციპების დანერგვა — ენერგია იმდენი ღირს, რამდენიც მის გამომუშავებაზე იხარჯება. ასეთი მიდგომა, უპირველესად, აშშ-ს ეხება, სადაც ავტოსაწვავი დაახლოებით 2-ჯერ უფრო იაფია, ვიდრე, მაგალითად, ევროპასა და იაპონიაში.

როგორც უკვე აღინიშნა, ენერგიის ხარჯვა განვითარებად ქვეყნებში შედარებით დაბალია და, ამავე დროს, არაეფექტური, მაგრამ მოთხოვნილება განუხრელად იზრდება. ექსპერტების აზრით, ცალკეულმა განვითარებადმა ქვეყნებმა უახლოესი 20-30 წლის მანძილზე შესაძლოა ენერგომოხმარების ისეთ დონეს მიაღწიოს, როგორიც 70-იან წლებში ევროპაში იყო. ეს უაღრესად მაღალი მაჩვენებელია, თუ გავითვალისწინებთ მოსახლეობის ზრდას ამ ქვეყნებში.

ამავე დროს, როგორც „გარემოს პრობლემებისა და განვითარების" საერთაშორისო კომისია აღნიშნავს, ახალი ტექნოლოგიების დახმარებით განვითარებად ქვეყნებს შეუძლიათ „გვერდი აუარონ" წარსულის გამოცდილებას და ახალი ენერგეტიკული პოლიტიკა შეიმუშავონ, რომელიც უპასუხებს ეკონომიკური განვითარების თანამედროვე მოთხოვნებს და, ამავე დროს, ხელს შეუწყობს გარემოს ნორმალური იერის შენარჩუნებას.

თავი VI. გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ზოგიერთი შედეგი საქართველოში (XX ს-ის 80-90-იანი წლები)

გასული საუკუნის 90-იანი წლებისათვის საქართველო მრავალი სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემის წინაშე იდგა. საკმარისია ითქვას, რომ მას, სსრკ სხვა რესპუბლიკებს შორის, ანთროპოგენური ზემოქმედების თვალსაზრისით, მესამე ადგილი ეკავა, ხოლო 4 ქალაქი (ზესტაფონი, თბილისი, რუსთავი, ქუთაისი) ატმოსფეროს გაბინძურების ინდექსის მხრივ (შესაბამისად 69,1; 18,5; 15,1; 14,1) კავშირის 100 ქალაქის რიცხვში შედიოდა.

საბჭოთა კავშირის დაშლამდე საქართველოში ცხოვრების დონე საკმაოდ მაღალი იყო. ქვეყნის მთლიანი შიგა პროდუქცია ერთ სულ მოსახლეზე 2200 აშშ დოლარის ეკვივალენტს შეადგენდა. სოფლის მეურნეობაზე მოდიოდა მთლიანი შიგა პროდუქციის 29,8%, მრეწველობაზე – 22,9%, მშენებლობაზე, ტრანსპორტზე, კავშირგაბმულობაზე, ვაჭრობაზე – 22,1%.

90-იანი წლებიდან საქართველო მძიმე ეკონომიკურ მდგომარეობაში აღმოჩნდა. 1990-93 წლებში რამდენიმე ეთნიკური და სამოქალაქო კონფლიქტის გამო, ქვეყნის მთლიანი შიგა პროდუქცია თითქმის 4-ჯერ შემცირდა. მკვეთრად დაეცა მრეწველობის და სოფლის მეურნეობის საერთო დონე.

შექმნილმა ვითარებამ სხვადასხვანაირი გავლენა მოახდინა გარემოზე. ერთი მხრივ, ეკონომიკის დაქვეითების გამო, შემცირდა ანთროპოგენური ზემოქმედება ბუნებრივ სისტემებზე. მაგრამ, მეორე მხრივ, გაიზარდა მათზე მოსახლეობის უშუალო ზეგავლენა, რაც, პირველ რიგში, ენერგორესურსების უკმარისობას უნდა მიეწეროს. არსებული ინფრასტრუქტურის (სასმელი წყლის მიწოდება, საკანალიზაციო სისტემები, ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობები, ნაგავსაყრელების ფუნქციონირება და სხვ.) გაუარესებამ ქვეყანაში დამატებითი ეკოლოგიური პრობლემები შექმნა.

1991 წლამდე ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის კონტროლი მკვრივი ნაწილაკების, ნახშირბადის მონოქსიდის, აზოტისა და გოგირდის დიოქსიდის მიხედვით საქართველოს 12 ქალაქში ტარდებოდა. მაგრამ შემდეგ, ფინანსური სიძნელეების გამო, კონტროლი მნიშ-

ვნელოვნად შეიზღუდა; შეიკვეცა დაკვირვებათა პუნქტების რაოდენობა, აღრიცხვის სიხშირე და სიზუსტე.

10 წლის მანძილზე (1979-88) ატმოსფეროში მოხვედრილი მავნე ნივთიერების რაოდენობა თითქმის ორჯერ გაიზარდა; მხოლოდ 1987 წელს საჰაერო აუზში 510 ათასამდე ტ გამაბინძურებელი ნივთიერება იყო გაბნეული; მათ შორის მყარი — 160 000 ტ, თხევადი და გაზობრივი — 350 000 ტ. აქედან გოგირდის დიოქსიდი შეადგენდა 112 000 ტ-ს, აზოტის დიოქსიდი — 40 000 ტ-ს, ნახშირწყალბადები — 30 000 ტ-ს. ავტოტრანსპორტის გამონაბოლქვი დაახლოებით ერთი მილიონ ტონას შეადგენდა.

90-იან წლებამდე ატმოსფერული ჰაერის გაბინძურების 80% ენერგოსექტორზე, სამშენებლო სექტორზე, მეტალურგიაზე, ქიმიურ და ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებზე მოდიოდა. აქედან გარდაბნის თბოელექტროსადგურის „წვლილი“ შეადგენდა 25%-ს, რუსთავის მეტალურგიული ქარხნისა — 20%-ს, კასპის ცემენტის ქარხნისა — 18,7%-ს, რუსთავის ცემენტის ქარხნისა — 4,8%-ს, ჭუთაისის საავტომობილო ქარხნისა — 3,3%, ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელი კომბინატისა — 3,3%-ს, რუსთავის ქარხანა „აზოტის“ — 2,1%-ს, ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხნისა — 2%-ს, თბილისის „ცენტროლიტის“ — 0,7%-ს.

90-იანი წლებიდან, წარმოების საერთო დონის დაცემის, ელექტროენერგიისა და საწვავის დეფიციტის გამო, სიტუაცია შეიცვალა. მაგალითად, 1991 წელს ატმოსფეროში მოხვედრილი მყარი ნივთიერების რაოდენობა 2,5-ჯერ შემცირდა, გოგირდის დიოქსიდისა და აზოტის დიოქსიდისა 2-2-ჯერ, ნახშირწყალბადებისა — 2,6-ჯერ და ა. შ. თუ 1985 წელს ტოქსიკურ ნივთიერებათა რაოდენობა (ერთ სულ მოსახლეზე) წელიწადში 8,6 ტ შეადგენდა, 1992 წელს ეს მაჩვენებელი 2,6 ტონამდე შემცირდა და მხოლოდ 1997 წლიდან მან კვლავ დაიწყო ზრდა (ცხრილი 11).

საქართველოს კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის მონაცემებით, 1997 წელს მავნე ნივთიერებებით (SO_2, CO, MnO_2, H_2S, NH_3, ფენოლები, ფორმალდეჰიდი და სხვ.) დაბინძურების მაღალი დონით თბილისი, ჭუთაისი, რუსთავი, ბათუმი, ზესტაფონი, კასპი გამოირჩეოდნენ; თბილისი და რუსთავი შედიოდა პრიორიტეტული ქალაქების, ანუ ისეთი ქალაქების რიცხვში, სადაც ჰაერდამცავი ღონისძიებების

დაუყოვნებლივი გატარება იყო საჭირო (გორდეზიანი, კვესიტაძე, 2000).

ცხრილი 11. ზოგიერთი მავნე ნივთიერების ემისიის ჯამური მაჩვენებლები საქართველოში (საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა ეროვნული პროგრამა, 2000)

აირები, ათასი ტ.	1980	1985	1990	1995	1997
CO_2	34593	39620	36422	5344	9177
CH_4	379,8	411,2	356,6	151,9	163,2
NO_2	8,435	8,598	7,895	3,273	4,362

ამჟამად ჰაერის გაბინძურების ძირითადი წყარო ავტოტრანსპორტია. მართალია, 1990-95 წლებში მისი როლი 3-ჯერ შემცირდა, მაგრამ 1996 წლიდან ემისიამ კვლავ მატება დაიწყო (ცხრილი 12).

საქართველოში ოფიციალურად 420 000-მდე ავტომანქანაა. მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი 10-15 წლისაა. საბჭოური წარმოების მანქანების რიცხვი შემცირდა, მაგრამ ისინი სხვა ქვეყნებიდან შემოტანილმა ძველმა მანქანებმა შეცვალა. მათი დიდი ნაწილი ტექნიკურად გაუმართავია, რაც მკვეთრად ზრდის მავნე გამონაბოლქვის რაოდენობას. ავტომანქანების უმრავლესობას არ გააჩნია კატალიზური გარდამქმნელები. საწვავის ხარისხი დაბალია, მისი კონტროლი კი იშვიათად ხდება.

ცხრილი 12. ავტოტრანსპორტისა და მრეწველობის წილი მავნე ნივთიერებათა (CO, NOx, SO_2, მკვრივი ნაწილაკები) ემისიაში (საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა ეროვნული პროგრამა, 2000)

წლები	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
ავტოტრანსპორტი	894	584	472	407	363	301	378	394
მრეწველობა	354	249	186	80	45	25	15	15

საყურადღებოა „სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების სტატისტიკური წელიწდეულის“ (2000) მონაცემები, რომელშიც ასახულია რესპუბლიკების როლი რეგიონის ატმოსფერული ჰაერის გაბინძურებაში (ცხრილები 13, 14). როგორც ცხრილებიდან ჩანს, აზერბაიჯანის მაჩვენებლები მნიშვნელოვნად აღემატება დანარჩენი რესპუბლიკების მაჩვენებლებს. სომხეთის და საქართველოს მონაცემები მეტ-ნაკლებად მსგავსია.

საქართველო მდიდარია წ ყ ლ ი ს რ ე ს უ რ ს ე ბ ი თ. მის ტერიტორიაზე 26 000-მდე მდინარე მოედინება, რომელთა საერთო სიგრძე 59 000 კმ-ს აღწევს. ქვეყანაში უამრავი მინერალური და თერმული წყალია, დიდია გრუნტის წყლების მარაგი; აქ მრავალი ბუნებრივი და ხელოვნური წყალსაცავია.

90-იან წლებამდე ზედაპირული წყლების გაბინძურების ძირითადი მიზეზი მინერალური სასუქები, პესტიციდები, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები იყო. ოფიციალური მონაცემებით, 1987 წელს საქართველოს წყალსატევებში ჩაშვებულია 372 მლნ მ^3 გაბინძურებული წყალი. 1991 წელს ჩამდინარე წყლებთან ერთად აქ მოხვდა: ორგანული ნაერთები — 28 000 ტ, შეწონილი ნივთიერებები — 161 000 ტ, საერთო აზოტი — 47 000 ტ, კადმიუმი — 0,05 ტ, მანგანუმი — 1,9 ტ, სპილენძი — 0,2 ტ, დარიშხანი — 29 ტ, ფენოლები — 0,07 ტ.

ცხრილი 13. მავნე ნივთიერებათა ემისიის ჯამური მაჩვენებლები სამხრეთ კავკასიის სტაციონარული სამრეწველო წყაროებიდან, ათასი ტ. (სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების სტატისტიკური წელიწდეული, 2000)

წლები / რესპუბლიკები, დედაქალაქები	1994	1995	1997	1998
საქართველო	45	25	15	14
თბილისი	11,6	1,1	1,4	0,7
სომხეთი	14	14	23	20
ერევანი	11,6	5	11	5
აზერბაიჯანი	1163	879	390	352
ბაქო	972,6	623,9	306	268,1

მ. გორდეზიანის და გ. კვესიტაძის (2000) მონაცემებით, რუსთავის მეტალურგიულმა ქარხანამ მხოლოდ 1991 წელს 154 მლნ მ^3 გაბინძურებული წყალი ჩაუშვა მტკვარში; გაერთიანება „ჭიათურმანგანუმმა“ — 13,5 მლნ მ^3 ყვირილაში (1992); ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანამ — 3,8 მლნ მ^3 ყვირილაში (1992); ქუთაისის საავტომობილო ქარხანამ — 2,5 მლნ მ^3 ოდისკურაში (1992); თბილისის საავიაციო ქარხანამ — 1,8 მლნ მ^3 მტკვარში (1992). ეს წყლები შეიცავდა დიდი რაოდენობით სუსპენზირებულ მასას, ორგანულ ნივთიერებებს, ნავთობ-

ცხრილი 14. ზოგიერთი ტოქსიკური ნივთიერების ემისია სამხრეთ კავკასიის სტაციონარული სამრეწველო წყაროებიდან, ათასი ტ
(სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების სტატისტიკური წელიწდეული, 2000)

ნივთიერებები	რესპუბლიკები	1997	1998
მკვრივი ნაწილაკები	საქართველო	2,6	2,6
	სომხეთი	2,5	2
	აზერბაიჯანი	22	21,6
SO_2	საქართველო	1,5	2
	სომხეთი	0,3	3
	აზერბაიჯანი	37,8	41,3
NO_x	საქართველო	3,4	1,5
	სომხეთი	3,6	4
	აზერბაიჯანი	26,2	25,3
CO	საქართველო	4,6	3,1
	სომხეთი	8,9	7
	აზერბაიჯანი	22,7	15,2

პროდუქტებს, ფენოლებს, მანგანუმს და სხვ. ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელმა ქარხანამ მხოლოდ 1992 წელს 8 მლნ მ³ გაბინძურებული წყალი ჩაუშვა კუბისწყალში, რომელშიც 332 ტ სუსპენზირებული მასა და 59 ტ ნავთობპროდუქტი იყო.

ოფიციალური მონაცემებით, ბოლო დრომდე საწარმოთა ჩამდინარე წყლების მხოლოდ 10%, ხოლო კომუნალური და საყოფაცხოვრებო წყლების — 13% იწმინდება ნორმატიულად. უსისტემოდ გაბნეული, მოუწესრიგებელი ნაგავსაყრელები — ზედაპირული წყლების გაბინძურების დამატებითი წყაროა.

1987 წლის შემდეგ საქართველოს წყალმომარაგების ქსელში სარემონტო სამუშაოები პრაქტიკულად არ ჩატარებულა. სავალალო მდგომარეობაშია საკანალიზაციო სისტემები. წყალმომარაგების და საკანალიზაციო ხაზები ხშირად ერთმანეთის გვერდზეა, ამიტომ მათი დაზიანება იწვევს გაბინძურებული წყლის სასმელ წყალში შერევას.

80-იანი წლების მონაცემებით, საქართველოს 113 ქალაქსა და ქალაქის ტიპის დასახლებიდან ცენტრალიზებული კანალიზაცია მხოლოდ 46-ს გააჩნია. მათი დიდი ნაწილი ამორტიზირებულია. კანალიზაცია არაა ზოგ საკურორტო ქალაქში. გამწმენდი ნაგებობები საქართველოს მხოლოდ 33 ქალაქშია, რომელთა უმრავლესობა ცუდად მუშაობს.

კომუნალური წყლებით სხვა მდინარეებზე მეტად ბინძურდება მდ. მტკვარი (გორის, ბორჯომის, თბილისის, რუსთავის მონაკვეთებზე), ვერე (თბილისში), ალაზანი (თელავის მონაკვეთზე), სურამულა (ხაშურის მონაკვეთზე), რიონი (ქუთაისის და ფოთის მონაკვეთებზე) და სხვ. მრეწველობის სხვადასხვა დარგის მიზეზით მდ. მტკვარი ბინძურდება ნავთობპროდუქტებით, მძიმე ლითონებით, ფენოლებით; მაშავერა — თუთიისა და სპილენძის ნარჩენებით; ყვირილა — ნავთობპროდუქტებით და მანგანუმით; რიონი — ნავთობპროდუქტებით, თუთიით და სპილენძით; ტყიბულა — ქვანახშირის შეწონილი ნაწილაკებით. ყოველწლიურად რაჭის სამთო-ქიმიური ქარხნის მიერ მოპოვებული დარიშხანიდან რამდენიმე ტონა (ხსნადი არსენიტების და დარიშხან (III) ქლორიდის სახით) მდ. ლუხუნში ხვდება.

ჩამდინარე წყლების შესახებ ზემოთ ხსენებული „წელიწდეულის" ზოგიერთი მონაცემი მე-15 ცხრილშია შევსამებული. როგორც ცხრილიდან ჩანს, აზერბაიჯანში გაბინძურებული ჩამდინარე წყლების რაოდენობა 8-12-ჯერ აღემატება საქართველოსა და სომხეთის მაჩვენებლებს.

ცხრილი 15. გაბინძურებული ჩამდინარე წყლების რაოდენობა სამხრეთ კავკასიის რესპუბლიკებში, მლნ მ³ (სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების სტატისტიკური წელიწდეული, 2000)

რესპუბლიკები	წ ლ ე ბ ი			
	1994	1995	1997	1998
საქართველო	321	375	624	504
სომხეთი	232	294	280	504
აზერბაიჯანი	2255	4247	4277	4377

საყურადღებოა, რომ მდ. მტკვარი აზერბაიჯანის საზღვრის გადაკვეთამდე უკვე ძლიერაა გაბინძურებული, ისე რომ მის წყალს კასპიის ზღვაში ტოქსიკურ ნივთიერებათა უზარმაზარი რაოდენობა შეაქვს. ოფიციალური მონაცემებით, მტკვარში (აზერბაიჯანის საზღვართან) სპილენძის რაოდენობა დაახლოებით 1000-ჯერ, ხოლო მოლიბდენისა 2500-ჯერ აღემატება დასაშვებ კონცენტრაციებს. გასათვალისწინებელია, რომ მტკვარი — აზერბაიჯანის მოსახლეობის სასმელი წყლით

უზრუნველყოფის ძირითადი წყაროა. ამის მიუხედავად, მისი ხარისხი არ შეესაბამება სტანდარტს სათანადო დამუშავების შემდეგაც კი.

ექსპერტთა ვარაუდით, ბაქოს ყურეში დაგროვილია 60 მლნ მ³-მდე მავნე ნივთიერებები — ნავთობის პროდუქტები, ფენოლები, ვერცხლისწყალი. ფსკერის დანალექები შეიცავენ კილოგრამზე: 1-2 გრ ჰიდროკარბონატებს, 0,5-1 გრ ფენოლებს, 0,1-0,6 გრ ვერცხლისწყალს. ბიოლოგიურად ეს სივრცე მკვდარია.

საქართველოში სასოფლო-სამეურნეო მიწებს დაახლოებით 3 მლნ ჰა უკავია, აქედან 35% მეტ-ნაკლებად დეგრადირებულია. სახნავი მიწების 38 000 ჰა, საძოვრებისა და სათიბების 57 000 ჰა, შავი ზღვის სანაპირო ზოლის 87 000 ჰა ეროდირებულია.

ეროზიის პრობლემა განსაკუთრებით მწვავედ მთიან რაიონებში დგას, რასაც, ძირითადად, ჭარბი ძოვება, ტყის უსისტემო ჭრა, დამრეცი ფერდობების არასწორი ათვისება უწყობს ხელს.

აღმოსავლეთ საქართველოში ჭარბი ძოვებისა და, ნაწილობრივ, კლიმატური პირობების გამო, დაახლოებით 3 000 ჰა მეტ-ნაკლებად გაუდაბნოებულია. ეს პროცესი მოიცავს შირაქის, ელდარის, ივრის, ტარიბანას, ნატბეურის, ნაომარის, ოლეს ველებს, ზეგნებს, კახეთის ქედის სამხრეთი ფერდობების მნიშვნელოვან ნაწილს. რესპუბლიკაში დაახლოებით 59 200 ჰა ძლიერაა დამლაშებული, საშუალოდ დამლაშებულია 54 340 ჰა.

ეროზიის გაძლიერებამ გამოიწვია მისი თანმდევი პროცესები — ღვარცოფები, მეწყერები, ხრამწარმოქმნა. დღეისათვის საქართველოში აღრიცხულია 10 000-მდე მეწყერი, 2 000-მდე ღვარცოფი, რამაც ქვეყნის რიგ რეგიონში ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა გამოიწვია. სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნაყოფიერება მცირდება, რაც მოსახლეობის ინტენსიური მიგრაციის ერთ-ერთი მიზეზია (მირცხულავა, 1992; ნათიშვილი და სხვ., 2001).

ეროზიულმა პროცესებმა გამოიწვია დასავლეთ საქართველოს მდინარეებში მყარი ნატანის დიდი რაოდენობა — 30 მლნ-მდე ტონა წელიწადში. აქედან მდ. რიონზე დაახლოებით 9 მლნ ტ მოდის, ჭოროხზე — 3, ენგურზე 3 მლნ ტ.

ეროზიისა და გაუდაბნოების პროცესი ჩვენს მეზობელ რესპუბლიკებში კიდევ უფრო შორს წავიდა. ეს, პირველ რიგში, აზერბაიჯანზე ითქმის, სადაც მიწების დეგრადირება დაკავშირებულია ნავთობის

მოპოვება-ტრანსპორტირებასთან. ზოგიერთ რაიონში ტყვიის კონცენტრაცია 8-ჯერ, კადმიუმისა 3-ჯერ, ნიკელისა 2-ჯერ, სპილენძისა 10-ჯერ, ცინკისა 50-60-ჯერ აღემატება დასაშვებ დონეს. 90-იან წლებამდე პესტიციდების დოზა ხშირად 180 კგ/ჰა-ს აღწევდა, ამიტომ მათი რაოდენობა ნიადაგებში დღესაც დიდია.

წიაღისეულის მოპოვება და გადამუშავება საქართველოს ეკონომიკის ერთ-ერთი წამყვანი დარგი იყო. ქვეყანაში დიდი რაოდენობითაა სპილენძი, ტყვია, ოქრო, მანგანუმი, დარიშხანი და სხვ. 90-იან წლებამდე ძირითადად მანგანუმი გაჰქონდათ, ბოლო წლებში კი მისი მოპოვება, გამოყენება და ექსპორტი მნიშვნელოვნად შემცირდა.

სამთომოპოვებითი საქმიანობის გარემოზე ზემოქმედება სათანადოდ არაა შეფასებული. სერიოზული ეკოლოგიური პრობლემებია შექმნილი ურავში, ჭიათურაში, მადნეულში დარიშხანის, მანგანუმის, პოლიმეტალების მოპოვება-დამუშავებასთან დაკავშირებით. უკანასკნელ წლებში გაიზარდა ნავთობის უსისტემო მოპოვება, რასაც ნიადაგის გაბინძურება ახლავს.

რაჭაში, დარიშხანის საბადოების ზონაში, სადაც ხდება მისი მოპოვება, დამუშავება და პროდუქციის დამზადება, ამ ნივთიერების შემცველობა გარემოში საგრძნობლადაა მომატებული. 1989 წლის მონაცემებით, დარიშხანის ნაერთების კონცენტრაცია ბევრად ჭარბობდა დასაშვებ ზღვარს: ლითონური დარიშხანის საამქროში – 3,5-ჯერ, პრეპარატების საამქროში – 5-6-ჯერ, აურიპიგმენტის საამქროში – 2-ჯერ. საწარმოო მტვერში ყველაზე ტოქსიკური ნაერთების – თეთრი დარიშხანის, მეტალური დარიშხანის, აურიპიგმენტის კონცენტრაცია 4-8-ჯერ აღემატებოდა ნორმას.

ამჟამად რესპუბლიკაში სხვადასხვა წიაღისეული რესურსის 450-მდე საბადოა. მათ უმეტესად ღია კარიერული წესით ამუშავებენ, რასაც ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის რღვევა და ზედაპირული წყლების გაბინძურება ახლავს.

ოფიციალური მონაცემებით, სასარგებლო წიაღისეულის მოპოვების შედეგად ჩვენში ეროდირებულია 11 300 ჰა მიწა.

მადნეულში სპილენძის ღია კარიერიდან მძიმე ლითონები მდ. კაზრეთულაში ხვდება, იქიდან მაშავერაში, ხრამში, ბოლოს კი მტკვარში გადადის. ასეთივე სურათია ჭიათურაშიც, მანგანუმის საბადოზე, საიდანაც შეწონილი ნაწილაკებით ჯერ მდ. ყვირილა, შემდეგ კი რიონი

ბინძურდება. მდ. რიონს უერთდება დარიშხანის ნარჩენებით გაბინძურებული მდ. ლუხუნიც, სადაც მათი კონცენტრაცია ხშირად 2-3 ათეულჯერ აღემატება დასაშვებ დონეს.

საქართველოში სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მართვის სისტემა მოშლილია. საბჭოთა პერიოდში შედარებით უკეთესად საყოფაცხოვრებო ნარჩენების შეგროვება იყო ორგანიზებული, რაზეც პასუხს სახელმწიფო ორგანოები აგებდა. ამჟამად საყოფაცხოვრებო ნარჩენები იყრება საცხოვრებელი სახლების ეზოებში, ქუჩებში, ბაღებში, მდინარეებში. ეს იწვევს ზედაპირული და გრუნტის წყლების გაბინძურებას, ეპიდემიურ დაავადებათა წარმოშობის საშიშროებას.

ძალზე მწირია ინფორმაცია ქვეყანაში წარმოებული და დაგროვილი სამრეწველო ნარჩენების ტიპის, რაოდენობის, ადგილმდებარეობის შესახებ. ნაგავსაყრელი ტერიტორიების გეოლოგიური და ფიზიკური მახასიათებლები შესწავლილი არაა. ამიტომ შეუძლებელია განისაზღვროს მიწისქვეშა წყლების გაბინძურების მასშტაბები.

არ არსებობს რადიოაქტიური და ტოქსიკური ნარჩენების გადამუშავების და უვნებელყოფის საშუალებები. სხვადასხვა წარმოშობის ნარჩენი ხშირად ერთმანეთშია არეული, რაც აბრკოლებს მათ უტილიზაციას. ინფორმაცია ქიმიური ნივთიერებების შესახებ არასრულია. ვადაგასული პესტიციდები და სასუქები ხშირად ავარიულ საწყობებშია განთავსებული, რაც სერიოზულ საფრთხეს უქმნის გარემოს და ადამიანის ჯანმრთელობას.

სოფლის მეურნეობაში დასაქმებული მოსახლეობის ინფორმირება შხამ-ქიმიკატების უსაფრთხო გამოყენების შესახებ არასაკმარისია. ამის გამო ხშირად ირღვევა მათი შენახვის და ტრანსპორტირების წესები.

როგორც შიგა ზღვების უმრავლესობა, შავი ზღვა ძლიერაა გაბინძურებული ანთროპოგენური ნივთიერებებით. გ. სუპატაშვილის და სხვ. (2001) მონაცემებით, ყოველწლიურად ზღვაში $4{\cdot}10^5$ ტ ბიოგენური, $2{\cdot}10^6$ ტ ორგანული ნივთიერებები, $4{,}1{\cdot}10^4$ ტ ნავთობპროდუქტი ჩადის. გაბინძურების ხარისხით შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილი გამოირჩევა, სადაც ევროპის უდიდესი მდინარე დუნაი ჩაედინება. 1960-1983 წწ-ში დუნაის წყალში ნიტრატების და ნიტრიტების კონცენტრაცია 6-ჯერ, ხოლო ფოსფატებისა — 3-ჯერ გაიზარდა. მინერალური სასუქების, შხამქიმიკატების, ნავთობპროდუქ-

ტების დიდი რაოდენობა დნეპრს, ყუბანს და სხვა მდინარეებს შემოაქვთ.

საქართველოში შავი ზღვა ბინძურდება ფოთისა და ბათუმის ნავსადგურებში შემოსული გემების ჩამდინარე და საბალასტო წყლებით, ბათუმის ნავთობგადამამუშავებელი ქარხნის ნარჩენებით, მრავალრიცხოვანი საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლით. გაბინძურების ერთ-ერთი წყარო მდ. რიონია.

შავ ზღვასთან დაკავშირებული გოგირდწყალბადის პრობლემა დიდი ხანია იქცევს მეცნიერთა და ფართო საზოგადოების ყურადღებას. მისი რაოდენობის მატება 1890 წლიდან შეინიშნება. დღეს გოგირდწყალბადის ფენა 120–150 მ-ის ქვევითაა. მისი მაქსიმალური კონცენტრაცია 10–12, საშუალო კი 7,5 მგ/ლ-ს შეადგენს. ზღვის სიღრმის ზრდასთან ერთად H_2S-ის კონცენტრაცია იზრდება. როგორც ვარაუდობენ, ჭარბი გოგირდწყალბადის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზი გაბინძურებული ჩამდინარე წყლებია.

როგორც ზევით აღინიშნა (თავი IV), მნიშვნელოვნად გაღარიბდა საქართველოს მცენარეული საფარი და ცხოველთა სამყარო. საქართველოში ბოლო საუკუნის მანძილზე 600 000 ჰა-მდე ტყე განადგურდა. აკადემიკოს გ. გიგაურის მონაცემებით, XIX ს-დან ვიდრე XX ს-ის 60-იან წლებამდე საქართველოს ტყეებში ე. წ. სამრეწველო-ამორჩევითი ჭრა ტარდებოდა, რომლის დროს უხეშად ირღვეოდა ჭრის დადგენილი წესები. ერთ ჰა-ზე, ჩვეულებრივ, 200–300, ზოგჯერ 400–500 მ^3 ხე-ტყე იჭრებოდა, რაც მნიშვნელოვნად აღემატება დადგენილ ნორმას. ამასთან იჭრებოდა მხოლოდ მაღალხარისხოვანი მერქნის მომცემი ხეები, ხოლო ძირზე საშეშე, წვერხმელი და სხვა მდარე ხარისხის ხეები რჩებოდა.

ასეთი ჭრა დაშვებული იყო თითქმის ყველა ტყის მასივში, რასაც კორომების გამეჩხერება, მათი სტრუქტურის მოშლა და ტყის პროდუქტიულობის დაქვეითება მოჰყვა. გ. გიგაურის აზრით, ძალზე გამეჩხერებული ტყეების საერთო ფართი 356,7 ათას ჰა-ს, ანუ საქართველოს ტყეების 17,4%-ს შეადგენს. დაბალი სიხშირის კორომებს, ნიადაგის ფიზიკური თვისებების მკვეთრად გაუარესების გამო, მნიშვნელოვნად აქვთ დაქვეითებული ნიადაგდაცვითი, წყალმარეგულირებელი ფუნქციები, რაც ხელს უწყობს ფერდობებიდან მყარი მასის ზედაპირულ ჩამოდენას და ეროზიული პროცესების გაძლიერებას.

XX საუკუნის მანძილზე საქართველოში მრავალი კულტურული მცენარე მოისპო. ჩვენში ვაზის 500-მდე ჯიში იყო გამოყვანილი. ხორბლის ცნობილი 29 სახეობიდან, საქართველოში აღწერილი იყო 14. ვაზისა და ხორბლის მრავალი ჯიში დღეს გადაშენებულია.

საქართველოს მდიდარ ფაუნისტურ წარსულზე მრავალი ფაქტი მეტყველებს. მათი შედარება თანამედროვე სურათთან გვიჩვენებს, რომ ჩვენი ცხოველთა სამყარო დღეს მნიშვნელოვნადაა გაღარიბებული. ვახუშტი ბატონიშვილის ცნობით, შირაქ-გარეჯში უხვად იყო ქურციკი, ზურტაკეტში — ირემი, შავნაბადას მასივში — გარეული ღორი, ირემი, უამრავი ფრინველი. უსისტემო ნადირობამ ქურციკი მთელ საქართველოში მოსპო, ხოლო ირემი და გარეული ღორი — აღნიშნულ ტერიტორიაზე.

30-იან წლებში სავათი და სარსარაკი ზამთრის გასატარებლად ალაზნის ველზე მოფრინავდა და დასავლეთით ალვანამდე აღწევდა; ივრისპირეთსა და ალაზნისპირეთზე უხვად იყო დურაჯი. იგივე მიზეზით ამ სახეობების გუნდები მთლიანადაა ამოწყვეტილი.

ცხრილი 16 ასახავს საერთაშორისო ცენტრის „ნოეს კიდობანი“ ცნობებს საქართველოს ძუძუმწოვრების რიცხოვნობის შესახებ. შესაძლოა ზოგიერთ ციფრობრივ მონაცემს დაზუსტება სჭირდება, მაგრამ ის მაინც წარმოაჩენს ჩვენი ფაუნის წარმომადგენელთა სავალალო მდგომარეობას.

ცხრილი 16. საქართველოს ზოგიერთი ძუძუმწოვრის რიცხოვნობის ცვლილება 1985-94 წლებში. გადაშენების პირას მყოფ ცხოველთა აღდგენის საერთაშორისო ცენტრის „ნოეს კიდობანი“ მონაცემების მიხედვით.

სახეობა	რიცხოვნობა	
	1985 წ.	1994 წ.
მგელი	3000-3500	1500-2000
ტურა	3000-3500	2000
ფოცხვერი	800	160
გარეული ღორი	10000	8000
ქურციკი	ერთეულები	არ აღინიშნება
ნიამორი	200	100

საქართველოს ზღვისპირეთში 60-იანი წლების ბოლოსათვის პრაქტიკულად მოისპო მსხვილ კიბოსნაირთა თითქმის ყველა სახეობა, რომელთა რიცხოვნობა ჯერ კიდევ 50-იან წლებში საკმაოდ მაღალი იყო.

მნიშვნელოვნად შემცირდა მიდიების — წყლის ამ უნიკალური ბიოფილტრატორების რიცხოვნობაც. შეიცვალა ფიტო- და ზოოპლანქტონის სახეობრივი შემადგენლობა და ბიომასა. პროფ. ნ. მაზმანიდის მონაცემებით, აჭარის ზღვისპირა ზონაში მთლიანად ან ნაწილობრივ ელიმინირებულია თევზების 15 სახეობა; მათ შორისაა ატლანტური ზუთხი, შავი ზღვის ორაგული, სარგანი, ღორჯოსებრთა ზოგიერთი სახეობა.

საქართველოში კატასტროფულად იზრდება წითელ წიგნში შესატანი სახეობების რაოდენობა. თუ 1982 წელს შეტანილი იყო 161 სახეობის მცენარე და ხერხემლიანთა 65 სახეობა, 1991 წლისათვის მცენარეთა რაოდენობამ 200-ს (სხვა მონაცემებით 300-ს) მიაღწია, ხერხემლიან ცხოველთა რაოდენობამ კი 85-ს.

1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროში მსოფლიოს 155 ქვეყანამ ხელი მოაწერა გაეროს ჩარჩო-კონვენციას კლიმატის გლობალური ცვლილების შესახებ. 1994 წელს საქართველო შეუერთდა ამ კონვენციას, 1996 წელს კი შეიქმნა კლიმატის ცვლილების პრობლემათა სახელმწიფო კომისია, რასაც მოჰყვა საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტროს ჰიდრომეტეოროლოგიურ დეპარტამენტში კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრის ჩამოყალიბება.

„ცენტრის“ მონაცემებით, ბოლო 80-100 წლის მანძილზე ჩვენი რესპუბლიკის კლიმატი შესამჩნევად შეიცვალა, რაც არა მხოლოდ გლობალურ, არამედ ადგილობრივ ანთროპოგენურ მიზეზებს უნდა მიეწეროს: დასავლეთ საქართველოში 0,5°C-ით დათბა, აღმოსავლეთ საქართველოში 0,3°C-ით აგრილდა. საქართველოს ბარში ნალექების რაოდენობა 10-12%-ით გაიზარდა, მთიან რაიონებში კი 15-16%-ით იკლო.

გასული საუკუნის II ნახევრიდან მავნე ნივთიერებათა ემისიამ ხელი შეუწყო საქართველოში ზოგიერთი სა ში ში დაავადების გავრცელებას. მაგალითად, თბილისში 80-იან წლებში ჰაერის ძლიერი გაბინძურების გამო აღინიშნებოდა გულ-სისხლძარღვთა, ბრონქიალური, ალერგიული, რესპირატორული და კიბოთი დაავადების თვალსაჩინო ზრდა. ოფიციალური მონაცემებით, ქალაქის მოსახლეობის თითქმის 50%-ს აქვს კარბოქსიჰემოგლობინის მომატებული რაოდენობა სისხლში, ხოლო 25%-ს — ტყვიის მაღალი შემცველობა სისხლსა და შარდში. რესპირატორულ დაავადებათა სიხშირე თბილისელ ბავშვებში 3-ჯერ სჭარბობს საშუალო რესპუბლიკურ მაჩვენებლებს.

საქართველოში გაძლიერდა ტუბერკულოზის და დიფტერიის ეპიდემია. ამან განსაკუთრებით 1993 წლის შემდეგ იჩინა თავი, რაც უსუფთაო წყალს და სანიტარულ-ჰიგიენური პირობების გაუარესებას უნდა მიეწეროს. თბილისში ზოგიერთი ინფექციური დაავადების სიხშირე 2,5-3-ჯერ, ჰეპატიტისა კი 1,8-ჯერ აღემატება საშუალო რესპუბლიკურ მაჩვენებლებს. 1994 წელს დაფიქსირდა ჰეპატიტის 312 შემთხვევა (ძირითადად, აჭარასა და თბილისში); აქედან 38 ადამიანი გარდაიცვალა. ანალოგიური სურათი 1995-96 წლებშიც განმეორდა.

სასმელი წყლის ნაკლებობამ და უხარისხობამ გამოიწვია მოსახლეობის მასობრივი დაავადება თბილისის ნაძალადევისა და ჩუღურეთის რაიონებში და 180-მდე ადამიანის დიზენტერიით დაავადება წყალტუბოსა და საგარეჯოში (1994-95).

რაჭაში და ქვემო სვანეთში დარიშხანის საბადოების მიმდებარე ტერიტორიაზე მოსახლეობაში აღინიშნება ზოგი დაავადების თვალსაჩინო ზრდა. I ადგილზეა გულ-სისხლძარღვთა პათოლოგია (39,5%), II-ზე კუჭ-ნაწლავის დაავადებანი (36,3%), III ადგილზე ნერვული სისტემის დისფუნქცია ნევრასტენული სინდრომის, აკვიატებული იდეების, ვეგეტოსისხლძარღვოვანი დისტონიის და სხვ. სახით.

ბოლო დრომდე რ ა დ ი ო ა ქ ტ ი უ რ ი ნ ი ვ თ ი ე რ ე ბ ე ბ ი არ განიხილებოდა მნიშვნელოვან რისკ-ფაქტორად. მიზეზი ისაა, რომ ინფორმაცია რადიოაქტიურ მასალებსა და ნარჩენებზე საბჭოთა კავშირში გასაიდუმლოებული იყო. ბოლო დროს ყოფილი სსრკ-ს ზოგიერთი სამხედრო ბაზის ტერიტორიაზე აღინიშნა მოსამსახურეთა შორის რადიაციული დასხივების მაღალი დოზა, რაც უკონტროლოდ განთავსებული რადიოაქტიური ნივთიერებებითაა გამოწვეული.

ჩერნობილის ავარიის პირველსავე დღეებში საქართველოს ტერიტორიაზე რადიაციული ფონის მომატება აღინიშნა; მოგვიანებით აფხაზეთსა და კოლხეთის ცალკეულ პუნქტებში ეს მაჩვენებელი რამდენიმე ათასჯერ გაიზარდა. ჩერნობილის ავარიის შემდეგ თბილისში ლეიკოზის შემთხვევამ მკვეთრად იმატა, ხოლო 1988 წელს 3-ჯერ გადააჭარბა წინა წლების დონეს. დასავლეთ საქართველოში 1986-90 წლებში ფეხმძიმე ქალებში ანემიის შემთხვევა 47%-ით გაიზარდა, შაქრის დიაბეტისა – 42,3%-ით, ხოლო ენდოკრინული დაავადებისა ზრდასრულ ადამიანებში და ბავშვებში – 24,6 და 21,5%-ით. 21%-ით მოიმატა ავთვისებიანი სიმსივნით დაავადებულთა რაოდენობამ.

33. გარემოს მონიტორინგი

როგორც არაერთხელ აღინიშნა, გარემოს მეტ-ნაკლებად შესამჩნევი ანთროპოგენური ცვლილება 100-150 წლის წინ დაიწყო და მას შემდეგ თანდათან ძლიერდება. ასეთ ვითარებაში გარემოში მიმდინარე უარყოფითი პროცესების აღრიცხვას, მათი მიზეზების დადგენას და მოსალოდნელი შედეგების პროგნოზირებას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ რთული სამუშაოს განხორციელების სხვადასხვა გზა არსებობს. ერთ-ერთი მათგანია გარემოს „რეალური ხარისხის ინდექსის“ გამოყენება.

ჩვეულებრივ, ინდექსს სათანადო პარამეტრების შერჩევითა და მათი ამსახველი პირობითი ქულების შეჯამებით ადგენენ. მაგრამ იმისათვის, რომ ობიექტურად შეფასდეს რეალური სიტუაცია, უნდა არსებობდეს რაღაც „ათვლის წერტილი“, რომელიც შეესაბამება გარემოს ნორმალურ (ოპტიმალურ) მდგომარეობას. ასეთია გარემოს „ნორმალური ხარისხის ინდექსი“. გასაგებია, რომ „ოპტიმალური“ და „რეალური“ პარამეტრების ინდექსების ქულები და მათი ჯამური მაჩვენებლებიც შესაძლოა განსხვავებული იყოს. სწორედ ეს განსხვავება ასახავს შეუსაბამობას გარემოს ოპტიმალურ და რეალურ მდგომარეობას შორის.

1960 წელს აშშ-ში გარემოს პარამეტრების შეფასების საფუძველზე დაადგინეს გარემოს „ოპტიმალური ხარისხის ინდექსი“, რომელიც 700-ს შეადგენდა, მაგრამ რეალურად ამ წელს „ინდექსი“ 406-ს არ აღემატებოდა, 1977 წლისათვის კი იგი 343-მდე შემცირდა. „რეალური ინდექსის“ ელემენტების მაჩვენებელთა ანალიზის საფუძველზე სპეციალისტებმა დაადგინეს, თუ რომელმა პარამეტრებმა გამოიწვია ქვეყნის საარსებო გარემოს შეცვლა.

ინდექსების მეთოდი ყოველთვის არ გვაძლევს ინფორმაციას იმის შესახებ, თუ როგორ იცვლება გარემო ან მისი ელემენტები დროის შედარებით მცირე მონაკვეთებში (მაგალითად, დღეების მანძილზე). ეს, პირველ რიგში, იმ პარამეტრებს ეხება, რომლებიც მკვეთრ ფლუქტუაციას განიცდიან და, ამდენად, საგანგებო ყურადღებას იმსახურებენ. ინდექსების მეთოდის ნაკლი ისიცაა, რომ „ოპტიმალური ხარისხის ინდექსი“ რიგი მიზეზის გამო ხშირად იცვლება.

გარემოს მდგომარეობისა და მისი ცვლილების დადგენის უფრო სრულყოფილი გზა მონიტორინგია.

გარემოს მონიტორინგი არის რეგულარული დაკვირვებების სისტემა ანთროპოგენური მიზეზებით გამოწვეულ ცვლილებებზე. ტერმინი წარმოდგა ლათინური სიტყვისაგან „monitor“, რაც დამკვირვებელს ნიშნავს.

მონიტორინგის ცნება შემოიღეს გაეროს სტოკჰოლმის კონფერენციაზე (1972), რომელიც გარემოს პრობლემებს მიეძღვნა. მონიტორინგი არაა „კონტროლის“ სინონიმი, რადგან კონტროლი, დაკვირვებების და ინფორმაციის შეგროვების გარდა, აქტიურ ქმედებას, ანუ გარემოს მართვასაც გულისხმობს.

გარემოს გამაბინძურებელი ტოქსიკური ნივთიერებები, ისევე როგორც მათი წყაროები, ძალზე მრავალგვარია; არარეალურია ყველა მათგანის როლის დადგენა გარემოს უარყოფით ცვლილებებში. შესაბამისად, მონიტორინგის უპირველესი მიზანია გარემოს ფონური სურათის აღრიცხვა. თუ იგი გასცდება დასაშვებ საზღვრებს, მაშინ საჭირო ხდება გაბინძურების კონკრეტული მიზეზების კვლევა.

1984 წელს ი. იზრაელმა შემოგვთავაზა ანთროპოგენური გაბინძურების გრადაციების ზოგადი სქემა. იგი ასახავს ანთროპოგენური ცვლილების ზედა და ქვედა „კრიტიკულ საზღვრებს“, ზედა და ქვედა „დასაშვებ საზღვრებს“, ეკოლოგიური რეზერვის ზედა და ქვედა ზონებს.

ავტორი თვლის, რომ გარემოს მეტ-ნაკლებად ნორმალურ მდგომარეობად უნდა მივიჩნიოთ სიტუაცია, როდესაც ანთროპოგენური ზემოქმედებით გამოწვეული ცვლილებები თავსდება აღნიშნულ საზღვრებში. „არახელსაყრელად“ ითვლება სიტუაცია, როდესაც გარემოს რეალური ცვლილებები სცილდება „დასაშვებ საზღვრებს“, ხოლო „სახიფათოდ“ — როდესაც რეალური ცვლილება სცილდება „კრიტიკულ საზღვრებს“.

ტერიტორიული თვალსაზრისით მონიტორინგი რამდენიმე სახისაა:

— გლობალური (ბიოსფერული), რომელიც საერთაშორისო თანამშრომლობას გულისხმობს;

— ნაციონალური — ხორციელდება ქვეყნის ფარგლებში;

— რეგიონალური — ხორციელდება მსხვილი რაიონების ფარგლებში (მაგალითად, ტერიტორიულ-საწარმოო კომპლექსებში);

— ლოკალური — ითვალისწინებს დასახლებულ პუნქტებს, სამრეწველო ცენტრებს, საწარმოებს.

არჩევენ აგრეთვე ბიოლოგიურ მონიტორინგს, რომელიც გულისხმობს დაკვირვებებს ბიოლოგიურ ობიექტებზე; იმპაქტური მონიტორინგი ითვალისწინებს დაკვირვებებს განსაკუთრებულად მოწყვლად ობიექტებზე. რეგიონის და კონკრეტული სიტუაციის შესაბამისად, მონიტორინგის მეთოდები მრავალგვარია. ისინი აღწერილია სპეციალურ ლიტერატურაში (მაგალითად, აკიმოვა და სხვ., 2001; კრივოლუცკი, 1991; ცვეტკოვა და სხვ., 1999 და სხვ.; იხ. „ძირითადი ლიტერატურა“).

ბოლო ხანებში გლობალური და ნაციონალური მონიტორინგისათვის ავიაციურ და კოსმოსურ მეთოდებს იყენებენ. ავიაციური მეთოდი ცნობილია 30-იანი წლებიდან, 70-იან წლებში კოსმოსური მეთოდიც დაინერგა.

მონიტორინგის აეროკოსმოსური მეთოდებისათვის იყენებენ დედამიწის ხელოვნურ თანამგზავრებს. განსაკუთრებით ეფექტურია სინქრონული სამსაფეხურიანი დაკვირვებები თანამგზავრების და თვითმფრინავების ერთდროული მონაწილეობით. ეს საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ გლობალური ინფორმაცია ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს გაბინძურების, წყლის რესურსების, ურბანიზებული ტერიტორიების, ნიადაგის ეროზიის, ზღვების ფიტოპლანქტონის, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების შესახებ.

ფართო გამოყენება აეროკოსმოსურმა მეთოდმა ტყეების მდგომარეობის რეგისტრირებისას პოვა. ტყის მონიტორინგის მიზანია სხვადასხვა სახის ინფორმაციის მოპოვება სატყეო ფონდის შესახებ. ესაა ტყეების განაწილება ტერიტორიებზე, მათი მდგომარეობა, ხანძრის კერების დადგენა, ტყეების ჭრა და აღდგენითი პროცესები, მავნებელთა მასობრივი გამრავლება და ა. შ. ამ ინფორმაციის საბოლოო მიზანია სატყეო რესურსების რაციონალური გამოყენების სტრატეგიის შემუშავება.

მრავალ ინდუსტრიულ ქვეყანაში დამუშავებულია წყლისა და ატმოსფერული ჰაერის ხარისხის განმსაზღვრელი უწყვეტი ავტომატური რეჟიმი, ჩამდინარე წყლების მდგომარეობის ექსპრეს-ანალიზისა და ემისიების ტელემეტრული დაკვირვებების მეთოდები.

რუსეთში 60-იანი წლებიდან მოქმედებს გარემოს მონიტორინგის ერთიანი სისტემა. მაგალითად, ატმოსფერული ჰაერის მდგომარეობაზე

1996 წელს დაკვირვებები ქვეყნის 900-ზე მეტ პოსტზე ტარდებოდა. დაკვირვებათა ქსელი ზედაპირული წყლების მდგომარეობაზე 11 ათასამდე ძირითად და დამატებით პუნქტს შეადგენდა.

საყურადღებოა სამუშაოები, რომელთაც, გარემოს მონიტორინგის მიზნით, საქართველოს ჰიდრომეტეოროლოგიური სამმართველო გასული საუკუნის 90-იან წლებამდე ასრულებდა. დაკვირვებები ტარდებოდა 12 ლაბორატორიის, საექსპედიციო და ინფორმაციული სამსახურის, 80-ზე მეტი სადგურის საშუალებით. ყოველწლიურად 200-ზე მეტი ინჟინერ-ტექნიკოსის მიერ 320 ათასამდე ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური ანალიზი ტარდებოდა, რომელთაგან 150 ათასი ზედაპირულ წყლებზე მოდიოდა.

ატმოსფერულ ჰაერს 14 მავნე ნივთიერების (NOx, SO_2, CO, მტვერი, ფენოლები, მძიმე მეტალები, ფორმალდეჰიდი და სხვ.) მიხედვით რესპუბლიკის 12 ქალაქში დღეში სამჯერ ამოწმებდნენ. წყლის გაბინძურება 65 მდინარეზე, 6 ტბაზე, 5 წყალსაცავზე, 2 არხზე და ერთ კოლექტარზე შეისწავლებოდა.

შავი ზღვის მონიტორინგი ყველა ძირითადი გამაბინძურებლის მიხედვით 120-მდე სადამკვირვებლო პუნქტში ტარდებოდა. ნიადაგებში პესტიციდების და ჰერბიციდების შემცველობა საქართველოს 14 და სომხეთის 4 რაიონის 58 სასოფლო-სამეურნეო სავარგულში შეისწავლებოდა. ყოველწლიურად ტარდებოდა 19 000-მდე რადიაციული გაზომვა.

მტკვრის გაბინძურების ხარისხის დასადგენად დაყენებული იყო დაკვირვებისა და კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემა, რომელიც ყოველდღიურად 14 ინგრედიენტზე იძლეოდა ინფორმაციას.

90-იან წლების შემდეგ ეს სამუშაო მნიშვნელოვნად შეიზღუდა.

საგანგებო აღნიშვნას იმსახურებს ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგი. მისი მიზანია დაკვირვებათა განხორციელება ანთროპოგენურ ფაქტორთა ზემოქმედებაზე მიკროორგანიზმების, მცენარეებისა და ცხოველების რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე.

ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგი შეიძლება ჩატარდეს სხვადასხვა მიზნით და სისრულით, მოიცავდეს ცალკეულ სახეობებს ან მთელ ეკოსისტემებს. პირობით გამოყოფენ მონიტორინგის 3 ძირითად მიდგომას — კომპოზიციურს, სტრუქტურულს და ფუნქციურს და 4 დონეს — გენეტიკურს, პოპულაციურს, სახეობრივს და ბიოცენოზურს.

I ეტაპზე ადგენენ ტაქსონომიურ მრავალფეროვნებას, ანუ მცენარეთა და ცხოველთა ძირითადი ჯგუფების სახეობათა ნუსხასა და მრავალფეროვნების პარამეტრებს (დომინირების ინდექსი და სხვ.). II ეტაპი მოიცავს დომინანტური სახეობებისა და ეკოსისტემებში მათი ფუნქციური როლის დადგენას.

ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის ჩატარებისას ყურადღება ექცევა ეკოსისტემების პარამეტრების სწორ შერჩევას, მონაცემების რეპრეზენტატულობას და რეგულარულ სასიათს. დადგენილი კანონზომიერებები გვაძლევენ ეკოლოგიური პროგნოზირების საშუალებას, რომელიც გულისხმობს ეკოსისტემების შესაძლო ცვლილებების პროგნოზირებას და, საბოლოო ჯამში, მის მართვას.

ჩვენს პირობებში სავსებით შესაძლებელია ბიომრავალფეროვნების ერთიანი მონიტორინგის ორგანიზება, რომელსაც არსებული სამეცნიერო-კვლევითი სტრუქტურები განახორციელებენ. ბიომრავალფეროვნების მონიტორინგის ნაციონალური პროგრამის ობიექტი შეიძლება იყოს მცენარეთა და ცხოველთა კომპლექსები ცალკეული ლანდშაფტური ზონების თუ ბიომების დონეზე.

34. ბიოინდიკაცია და ბიოტესტირება

დიდი ხანია ცნობილია, რომ ზოგიერთი ხავსი, წამწამიანი ჭია, რუისელების ლარვები მხოლოდ სუფთა წყალში ბინადრობენ. ამავე დროს, გოგირდის ბაქტერიები, სოკო Leptomitus, მცირეჯაგრიანი ჭიები Tubifex-ის გვარიდან, ხირონომიდების ლარვები ცხოვრობენ მხოლოდ ძლიერ გაბინძურებულ წყალსატევებში. გაირკვა, რომ მცენარეთა და ცხოველთა თითქმის ყველა ძირითადი ჯგუფის წარმომადგენელი მეტ-ნაკლებად რეაგირებს გარემოს ელემენტების — ჰაერის, წყლის, ნიადაგის ცვლილებაზე.

სახეობებს ან მათ ერთობლიობებს, რომელთა არსებობა, მდგომარეობა და ქცევა მიგვანიშნებს გარემოში მიმდინარე ბუნებრივ თუ ანთროპოგენურ ცვლილებებზე, **ბიოინდიკატორები** ჰქვია, ხოლო გარემოს მდგომარეობის შეფასებას ცოცხალი ორგანიზმების მეშვეობით — **ბიოინდიკაცია**.

მრავალი მცენარე გამოიყენება სხვადასხვა საბადოს ადგილსამყოფელის დასადგენად. თუ, მაგალითად, ფიჭვი ან ღვია იზრდება ურანის საბადოების სიახლოვეს, მათ ფოთლებში დიდი რაოდენობით გროვდე-

ბა ურანი. გლერძის სახეობები სელენის ინდიკატორებია, ხოლო ზოგიერთი მცენარე ჯვაროსანთა ოჯახიდან — გოგირდისა. მიკროორგანიზმები სწრაფად რეაგირებენ ნიადაგისა და წყლის გაბინძურებაზე; ზოგი მგრძნობიაროაბას იჩენს მხოლოდ კონკრეტული ნივთიერების მიმართ. გარემოს ცვლილება ზოგჯერ სახეობათა ნაწილის მოსპობას იწვევს, სხვა შემთხვევაში — სახეობრივი მრავალფეროვნება იზრდება.

არსებობს სხვადასხვა ტესტ-ობიექტი, რომელიც კონკრეტულ ნივთიერებაზე მიუთითებს. ესენია: წყლის ბაქტერიები, ინფუზორიები, ციბრუტელები, უდაბლესი კიბოსნაირნი, ზოგიერთი მოლუსკი და თევზი.

გარემოს მდგომარეობის შეფასებაში, ფიზიკურ და ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით, ცოცხალ ორგანიზმებს დიდი უპირატესობა აქვთ. ეს გამოიხატება შემდეგში: 1 — ცოცხალი ორგანიზმები ობიექტურად ასახავენ გარემოში მიმდინარე ცვლილებების ტემპს; 2 — ცოცხალ ორგანიზმებზე დამყარებული მეთოდები საკმაოდ მარტივია; 3 — ცოცხალი ორგანიზმები ეკოსისტემების მუდმივი წევრებია და, ამდენად, შეუძლიათ გარემოში მიმდინარე ანთროპოგენური პროცესების გასაშუალოებულ მაჩვენებლებზე რეაგირება (ავტომატიზებული სისტემები მხოლოდ პერიოდულ მონაცემებს აღრიცხავენ); 4 — ტოქსიკური ნივთიერებების ზემოქმედებით იცვლება მთელი ეკოსისტემა, ამდენად ცოცხალი ორგანიზმები ასახავენ გარემოს, როგორც მთლიანის, მდგომარეობას.

ბოლო წლებში გარემოს გაბინძურების ხარისხის შესაფასებლად იყენებენ ლიქენებს. დადგენილია მკაცრი კორელაცია ხე-მცენარეებზე ლიქენების სიმრავლესა და ჰაერის გაბინძურებას შორის. ტყეში, მცენარეთა ზროზე დიდი რაოდენობით ლიქენების არსებობა ჰაერის სისუფთავეზე მეტყველებს. მაგრამ თუ ჰაერი გაბინძურებულია, მაგალითად, გოგირდოვანი გაზით, ლიქენები თანდათან ისპობა. ზოგჯერ ლიქენების სახობათა ერთი ჯგუფი მეორით იცვლება.

ბუჩქოვანი მცენარე ანწლი და სიმინდი ეფექტური ინდიკატორებია; მათი რეაქცია გარემოს ცვლილებაზე, პირველ რიგში, ფოტოსინთეზის უნარში იჩენს თავს: რაც უფრო მეტადაა გაბინძურებული გარემო, მით ნაკლები ინტენსივობით მიმდინარეობს ფოტოსინთეზის პროცესი და, შესაბამისად, მცირდება პირველადი პროდუქტიულობა.

ნიადაგის ზოგიერთი ბინადარი მიუთითებს ტერიტორიის ფიტოცენოზურ თავისებურებებზე წარსულში. მაგალითად, ჭიაყელები Dendrobaena-ს გვარიდან ცნობილია როგორც მუხნარ-რცხილნარ-წიფლნარის ტიპიური ბინადარი. ამავე დროს, ისინი კოლხეთის დაბლობისა და მთისწინეთის უტყეო ტერიტორიებზე გვხვდებიან. ე. ყვავაძის (1984) ვარაუდით, ეს იმაზე მიუთითებს, რომ აღნიშნული ტერიტორიები წარსულში ტყით ყოფილა დაფარული.

ნიადაგის ცხოველები აქტიურად რეაგირებენ გარემოს ცვლილებაზე. ნიადაგის მიკრო- და მეზოფაუნის ეს თვისება საფუძვლად დაედო ზოოლოგიის ახალ მიმართულებას — ი ნ დ ი კ ა ც ი უ რ ზ ო ო ლ ო გ ი ას (კრივოლუცკი, 1985). ინდიკაციის მიზნებისათვის იყენებენ ტაქსონომიური ჯგუფების მრავალფეროვნებას, მათი თანაფარდობის, ცალკეულ სახეობათა რიცხოვნობისა და სიმჭიდროვის მაჩვენებლებს, აგრეთვე ცხოველთა განაწილების თავისებურებებს ნიადაგის ჰორიზონტების მიხედვით.

იგივე ითქმის წყლის ბინადართა შესახებ. საქართველოში, დიდ და მცირე კავკასიონზე ჰიდრობიონტი ჭიაყელების 2 სახეობაა გავრცელებული. ისინი ჟანგბადით მდიდარ სუფთა წყალსატევებში, რუებში და წყაროებში ბინადრობენ. წყლის ანთროპოგენური გაბინძურების შემთხვევაში ორივე სახეობა სწრაფად იღუპება (ყვავაძე, 1999).

ტყის ეკოსისტემებში ეფექტური ტესტ-ობიექტებია ქერქიჭამია ხოჭოები. ჩვეულებრივ, წაქცეულ ხეებზე ეს მწერები მასობრივად სახლდება. მაგრამ თუ მცენარის დაღუპვის მიზეზი ჰაერის გაბინძურებაა, ქერქიჭამიები აქ აღარ გვხვდებიან. ინდიკატორებად იყენებენ აგრეთვე კარაბიდებს, სტაფილინიდებს და მწერების სხვა წარმომადგენლებს.

პერსპექტიულია გარემოს ბიოინდიკაციაში ბზუალა ხოჭოების როლი. ნ. რეკის (1987, 88) მონაცემებით, იქ, სადაც ხდება საქონლის ძოვება, ნიადაგის ტკეპნა ან სამანქანო ტრასების სიახლოვეს, ამ ხოჭოების ფაუნისტური შედგენილობა მკვეთრად იცვლება. ქალაქის გარეუბნებიდან ცენტრის მიმართულებით ევრიბიონტური სახეობების პროცენტული რაოდენობა იზრდება, სტენობიონტების წილი კი მცირდება. ამიტომ ქალაქის ცენტრში სახეობათა საერთო რაოდენობა ბევრად ნაკლებია, ვიდრე გარეუბნებში. ანთროპოგენური ზემოქმედების გაძლიერებასთან ერთად, კანონზომიერად იცვლება ამ ხოჭოების

ცალკეულ სახეობათა სეზონური აქტივობა, შიგასახეობრივი ცვალებადობა ფერთა აბერაციებისა და სხვა ნიშან-თვისებების მიხედვით.

ცხოველებს შორის გვხვდება სტიქიური მოვლენების ინდიკატორი სახეობები. მაგალითად, ჭიაყელების ერთ-ერთი სახეობა Allolobophora-ს გვარიდან კოლხეთის დაბლობის მხოლოდ იმ ბიოტოპებში ბინადრობს, რომელიც გაზაფხულის წყალდიდობის დროს წყლით იფარება (ყვავაძე, 1999).

წყლის ხარისხის მიხედვით იცვლება ბაქტერიების ლუმინესცენციის უნარი, წყალმცენარეთა უჯრედების ელექტრული რეაქცია, ინფუზორიების აქტივობა, ციბრუტელების ფოტოტაქსისი და ა. შ.

ზოგ ნივთიერებას ლუმინესცენციის უნარი აქვს. თუ ეს ნივთიერება დაგროვდა წყალმცენარეებში ან უმარტივესებში, გარკვეული მეთოდის გამოყენებით ნათების ფერის მიხედვით შესაძლებელია ამ ნივთიერების ტიპისა და კონცენტრაციის დადგენა.

35. კონსერვაციული ბიოლოგიის საკითხები

სახეობათა კონსერვაციის გზები. კონსერვაციული ბიოლოგია შეისწავლის მცენარეთა და ცხოველთა ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების გზებს. სიტყვა კონსერვაცია წარმოდგება ლათინური სიტყვისაგან „კონსერვაციო“, რაც ნიშნავს შენახვას, შენარჩუნებას.

კონსერვაციული ბიოლოგია, პირველ რიგში, იმ სახეობების დაცვასა და აღდგენას გულისხმობს, რომელთაც, რიცხოვნობისა და არეალის მკვეთრი შემცირების გამო, გადაშენების საფრთხე ემუქრება. როგორც წინა თავების მონაცემებიდან ჩანს, ასეთი საფრთხე უპირატესად ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთანაა დაკავშირებული. ცხოველთა რიცხოვნობის მკვეთრი შემცირების ერთ-ერთი მიზეზი — მათი პოპულაციების დარღვევაა, რაც უსისტემო ნადირობას, ადგილსამყოფელის მოშლას, საარსებო გარემოს გაბინძურებას და სხვ. ახლავს.

სახეობათა კონსერვაციის პირველი და აუცილებელი ნაბიჯი იშვიათი და გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფ სახეობათა ინვენტარიზაციაა. ასეთი სახეობები ე. წ. წითელ წიგნებშია შეტანილი. შესაბამისად, კონსერვაციული ბიოლოგია, პირველ რიგში, წითელი წიგნების მონაცემებს უნდა ეყრდნობოდეს.

მცენარეთა და ცხოველთა ყველა სახეობა ბიოლოგიურად სპეციფიკურია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მათი დაცვისათვის მიმართული ღონისძიებები ასევე ინდივიდუალური უნდა იყოს. ამიტომ კონსერვაციული ბიოლოგიის შემდგომი ნაბიჯია კონკრეტული სახეობების (ან მათი პოპულაციების) დაცვის სტრატეგიისა და ტაქტიკის შემუშავება და მათი ცხოვრებაში გატარება.

არსებობს სახეობათა კონსერვაციის ორი ძირითადი გზა — სახეობათა შენარჩუნება მათ ბუნებრივ ადგილსამყოფელში ("in-situ" კონსერვაცია) და მათი შენარჩუნება ბუნებრივი ადგილსამყოფელის გარეთ, ხელოვნურ პირობებში („ex-situ" კონსერვაცია).

In-situ კონსერვაცია, პირველ რიგში, დაცული ტერიტორიების შექმნას და მათ მიზანმიმართულ გამოყენებას გულისხმობს. Ex-situ კონსერვაცია ითვალისწინებს სახეობათა მოვლა-პატრონობას ზოოპარკებში, ბოტანიკურ ბაღებში, ლაბორატორიებში და ა. შ. ცხადია, ex-situ კონსერვაციის საბოლოო მიზანია ორგანიზმთა გავრცელება ბუნებრივ ეკოსისტემებში.

კონსერვაციული ბიოლოგიის მიზნებისათვის ხშირად ცხოველთა ადგილსამყოფელის შეცვლას მიმართავენ. ამ პროცესს ტრანსლოკაცია ეწოდება.

არსებობს ტრანსლოკაციის 3 სახე:

— ინტროდუქცია, ანუ ადამიანის მიერ ორგანიზმთა შეგნებული გავრცელება მათი ისტორიული არეალის ფარგლებს გარეთ;

— რეინტროდუქცია — სახეობის ხელოვნური გავრცელება იმ ტერიტორიაზე, სადაც იგი გავრცელების მომენტში არ მოიპოვება, მაგრამ წინათ ბინადრობდა;

— რესტოკინგი — ინდივიდთა ხელოვნური გავრცელება ბუნებრივ ადგილსამყოფელში პოპულაციის რიცხოვნობის გაზრდის მიზნით. ეს პროცესი ხშირად ex-situ კონსერვაციის შემდეგ ხორციელდება.

ტრანსლოკაციის სამივე გზა სახეობათა შენარჩუნებას ან მათი არეალის გაფართოებას ისახავს მიზნად, თუმცა მათი მნიშვნელობა და საბოლოო შედეგი შესაძლოა განსხვავებული იყოს. 1920 წელს კუნძულ ტასმანიაზე შინაური ცხვარი შეიყვანეს, რომლის რიცხოვნობა 1950 წლისათვის 10-ჯერ გაიზარდა. 1935 წელს აშშ ვაშინგტონის შტატის ერთ-ერთ კუნძულზე ხოხბის 8 ინდივიდი შეასახლეს; 5 წლის შემდეგ

მისი რიცხოვნობა 1325-ს შეადგენდა. ორივე შემთხვევაში ინტროდუქციას დადებითი შედეგი მოჰყვა.

მაგრამ ხშირად ინტროდუქციას უარყოფითი შედეგი ახლავს. ამის დამამტკიცებელი მაგალითები აღწერილია IV თავში („ცხოველთა სამყარო“).

ამ საუკუნის შუა პერიოდში საქართველოში ინტროდუცირებული იყო რამდენიმე სახეობის ძუძუმწოვარი – ენოტისებური ძაღლი, ამერიკული წაულა, ტელეუტური ციყვი, ევროპული კურდღელი და სხვ. არც ერთმა მათგანმა არ გაამართლა ინტროდუქციის ინიციატორთა იმედები. პირიქით, უმრავლესობამ ჩვენს ფაუნას უდიდესი ზიანი მიაყენა.

რეინტროდუქციის მაგალითებია სხვადასხვა კონტინენტზე მობინადრე დავითის ირმის, პრჟევალსკის ცხენის, წითელი მგლის, არაბული ორიქსის და სხვათა დაბრუნება მათ პირვანდელ ადგილსამყოფელში. უნდა აღინიშნოს, რომ რეინტროდუქციის მომენტისათვის დავითის ირემი ველურ გარემოში 800 წლის გადაშენებული იყო (კოპალიანი, 2002).

60-იანი წლებისათვის მისისიპის აღმოსავლეთ რაიონში შევარდენი პრაქტიკულად გაქრა. მიზეზია ეკოსისტემების პესტიციდებით გაბინძურება. კორნუელის უნივერსიტეტის ორნითოლოგმა ტ. კეიდმა შეიმუშავა ამ ფრინველის გამრავლების მეთოდი ტყვეობაში. ადგილობრივი პოპულაციის ინდივიდებს იგი ევროპული პოპულაციის წევრებთან აჯვარებდა, რომელთაც, მისი აზრით, რიგი სასარგებლო ნიშანი გააჩნია. ტყვეობაში მყოფ ბარტყებს გარკვეულ ასაკამდე წრთვნიდნენ, ხოლო შემდეგ ისინი ძველ ადგილსამყოფელში გადაყავდათ. შედეგი ეფექტური გამოდგა: 80-იანი წლებისათვის კეიდმა შეძლო 200-ზე მეტი ფრინველის „გამოზრდა“, რაც შეადგენს პოპულაციის წლიურ ნამატს 60-იან წლებამდე.

ხშირად ცხოველებს (უპირატესად ფრინველებს) ინკუბატორებში ამრავლებენ, შემდეგ კი ბუნებრივ ადგილსამყოფელში აბრუნებენ. დღეს ფართოდ გავრცელებული ამერიკული წეროს პოპულაციები სწორედ ამ გზითაა აღდგენილი.

იმ შემთხვევაში, თუ სახეობის პოპულაცია მცირერიცხოვანია და მისი ბუნებრივი აღდგენა ვერ ხერხდება, რესტოკინგს მიმართავენ. ბორჯომის ხეობაში ამფიბიების 4 სახეობა ბინადრობს, რომელთაგან

3 — ყოფილი სსრკ და საქართველოს წითელ წიგნებშია შეტანილი. ონტოგენეზის პერიოდში ამ სახეობათა პოპულაციების სიკვდილიანობა 60-65%-ს აღწევს. როგორც ჩანს, ამის მიზეზია არახელსაყრელი საარსებო გარემო, რის გამო პოპულაციის რიცხოვნობის აღდგენა ვერ ხერხდება.

დ. თარხნიშვილმა და თსუ ეკოლოგიის კათედრის სხვა თანამშრომლებმა შეძლეს ბუნებრივი პოპულაციების ხარჯზე ლაბორატორიული პოპულაციების შექმნა, სადაც, მაღალ შობადობასთან ერთად, ცხოველთა სიკვდილიანობა მეტამორფოზის პერიოდში არ აღემატება 15%-ს. ამან ხელი შეუწყო დაუძლურებული და დაბალი რიცხოვნობის ბუნებრივი პოპულაციების შევსებას, რამაც, საბოლოო ჯამში, რიცხოვნობის შესამჩნევი ზრდა განაპირობა.

ამფიბიების პოპულაციათა აღდგენაში კიდევ უფრო საგულისხმო გამოცდილება მოსკოვის ზოოპარკის სამეცნიერო-კვლევით ლაბორატორიას გააჩნია. აქ მიმართავენ ხელოვნურად გამრავლებული სირიული მყვარის რესტოკინგს სომხეთში, ხოლო მცირეაზიური ტრიტონისას — ჩრდ. კავკასიაში.

წითელი წიგნები. წითელი წიგნი — ესაა იშვიათ და გადაშენების პირას მისულ მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების (და ქვესახეობების) ანოტირებული სია, მათი თანამედროვე მდგომარეობის მოკლე დახასიათებით.

ამა თუ იმ ტაქსონის წითელ წიგნში შეყვანა ნიშნავს ქვეყნის ხელისუფლების მორალურ და იურიდიულ პასუხისმგებლობას მის დაცვაზე. რაც შეეხება სამეცნიერო მონაცემებს დასაცავი სახეობების შესახებ, ისინი კომპეტენტური კოლექტივების მიერ მუშავდება და ცნობილია „ნაციონალური წითელი წიგნების“ (ავსტრალია, აშშ, შვედეთი, იაპონია და სხვ.), „წითელი სიების“ (გერმანია), „იშვიათ მცენარეთა სიების“ (აშშ, ავსტრალია, კოლუმბია, მექსიკა) და სხვ. სახელწოდებით.

არსებობს წითელი წიგნის საერთაშორისო, ნაციონალური და ადგილობრივი (ლოკალური) ვარიანტები. წიგნის შექმნის იდეა XX ს-ის I ნახევარში გაჩნდა; მისი ინიციატორი იყო ბუნებისა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის საერთაშორისო კავშირი, რომელიც 1949 წელს შეუდგა ინფორმაციის მოპოვებას მცენარეთა და ცხოველთა იშვიათი სახეობების შესახებ. 1966 წელს უკვე მომზადდა პირველი გამოცემები

(„Read Date Books“) ძუძუმწოვართა და ფრინველთა იშვიათი სახეობების შესახებ.

1976 წელს იგივე ორგანიზაცია აქვეყნებს ევროპის იშვიათ, ენდემურ და გადაშენების პირას მისულ მცენარეთა, ხოლო მომდევნო წელს — თევზების იშვიათი ფორმების ანოტირებულ სიას. 1979 წელს გამოცემული წითელი წიგნი აერთიანებს ძუძუმწოვრების 321, ფრინველების 485, რეპტილიების 141, ამფიბიების 41, თევზების 194 სახეობასა და ქვესახეობას.

სსრკ-ში წითელი წიგნი 1974 წელს დაფუძნდა, მისი პირველი გამოცემა კი 1978 წლით თარიღდება. წიგნის შედგენას ხელმძღვანელობდა სოფლის მეურნეობის სამინისტრო, მეცნიერებათა აკადემია, გარემოს დაცვის სამმართველო და გარემოს დაცვის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი.

იშვიათ და გადაშენების პირას მისულ სახეობათა მიმართ დიფერენცირებული მიდგომის უზრუნველსაყოფად სსრკ-ში თავდაპირველად შემოთავაზებული იყო მხოლოდ ორი კატეგორია: 1 — სახეობები, რომელთაც გადაშენება ემუქრებათ და 2 — იშვიათი სახეობები. შემდგომში კატეგორიების რაოდენობა ხუთამდე გაიზარდა: I კატეგორიაში შევიდნენ სახეობები და ქვესახეობები, რომლებიც გადაშენების რეალური საშიშროების წინაშე დგანან და მათი გადარჩენა სპეციალური ღონისძიებების გარეშე შეუძლებელია. II კატეგორიას განეკუთვნებიან ფორმები, რომელთა რიცხოვნობა ჯერჯერობით საკმარისად მაღალია, მაგრამ საგრძნობლად ეცემა, რამაც ისინი შესაძლოა ამოწყვეტამდე მიიყვანოს. III კატეგორია აერთიანებს შედარებით იშვიათ სახეობებს, რომელთაც მოსპობა ჯერჯერობით არ ემუქრებათ, მაგრამ იმდენად მცირე რიცხოვნობით ან ისეთ შეზღუდულ ტერიტორიებზე გვხვდება, რომ გარემო ფაქტორების მკვეთრი ცვლილების შემთხვევაში შესაძლოა გადაშენდნენ. IV კატეგორიაში შედის შედარებით მცირერიცხოვანი სახეობები, რომელთა ბიოლოგია სუსტადაა შესწავლილი. მონაცემების სიმცირის გამო მათი მიკუთვნება რომელიმე კატეგორიაზე ძნელდება. V კატეგორია — აღდგენილი სახეობებია, რომელთა მდგომარეობა აღარაა საგანგაშო, თუმცა მათი გამოყენება სარეწაო ან სამეცნიერო მიზნით ნაადრევია, პოპულაციებს კი მუდმივი კონტროლი სჭირდება.

1984 წელს გამოცემულ სსრკ წითელ წიგნში შევიდა ძუძუმწოვრების 94, ფრინველების 89, ამფიბიების 9, რეპტილიების 37,

თევზების 9, მწერების 219, მოლუსკების 19, კიბოსნაირთა 2, ჭიების 11, ჭურჭლიან მცენარეთა 181, ხავსების 32, ლიქენების 29, სოკოების 20 სახეობა და ქვესახეობა. ანალოგიური ტომები შედგენილი და გამოცემული იყო მოკავშირე რესპუბლიკებშიც — ყაზახეთში, რუსეთში, ლატვიაში, ბელორუსიაში, უზბეკეთში, უკრაინაში, აზერბაიჯანში და ა. შ.

წითელი წიგნი — პერმანენტული მოქმედების დოკუმენტია; იგულისხმება, რომ მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების საარსებო გარემო მომავალში შესაძლოა შეიცვალოს, ამიტომ გადაშენების საშიშროება სხვა სახეობებსაც შეიძლება გაუჩნდეს. მეორე მხრივ, არაა გამორიცხული, რომ მიღებული ზომების შედეგად, ცალკეულ სახეობებს აღარ დაემუქროს გადაშენების საფრთხე.

საქართველოს წითელი წიგნი 1982 წელს გამოიცა. მისი I ნაწილი მოიცავს იშვიათ და გადაშენების პირას მისულ ცხოველებს, II ნაწილი — მცენარეებს, III ნაწილი არაორგანული ბუნების ძეგლებს. ცხოველთა 65 სახეობა, მათი თანამედროვე მდგომარეობის მიხედვით, 3 ჯგუფადაა განაწილებული: I ჯგუფში შედის გამქრალი ან მიუვალ ადგილებში შემორჩენილი სახეობები (ძუძუმწოვრების 6, ფრინველების 8, ქვეწარმავლების 2, ამფიბიების 1, თევზების 1), II ჯგუფში — გადაშენების პირას მისული სახეობები (ძუძუმწოვრების 3, ფრინველების 9), III ჯგუფში შედის იშვიათი სახეობები (ძუძუმწოვრების 12, ფრინველების 18, ქვეწარმავლების 4, ამფიბიების 3).

წიგნის II ნაწილში შესულია 161 სახეობის მცენარე, ხოლო III ნაწილში — დიდხნოვანი ხეები და არაორგანული ბუნების 77 ძეგლია შეტანილი.

მომზადებულია საქართველოს წითელი წიგნის II ვარიანტი. მასში გაერთიანებულ ცხოველთა 155 სახეობიდან, 24 ძუძუმწოვრებს მიეკუთვნება, 39 — ფრინველებს, 16 — ამფიბიებს და რეპტილიებს, 6 — თევზებს, 66 — ფეხსახსრიანებს, 1 — მოლუსკებს, 3 — ჭიაყელებს. აკად. ბ. ყურაშვილის აზრით, 28 სახეობა I კატეგორიას უნდა მივაკუთვნოთ, 48 — II კატეგორიას, 69 — III კატეგორიას, ხოლო 10 სახეობა — IV კატეგორიას. ანალოგიური მონაცემები დამუშავებულია მცენარეთათვისაც; ვარაუდობენ, რომ გადაშენების პირას მისული სახეობების რაოდენობა 2-2,5-ჯერ აღემატება 1982 წლის მონაცემებს.

დაცული ტერიტორიები. სახეობათა კონსერვაციის ერთ-ერთი რეალური გზა — დაცული ტერიტორიებია.

ბუნების ცალკეული მონაკვეთებისა თუ ობიექტების დაცვის მაგალითები ანტიკური ხანიდანაა ცნობილი. იმ დროს ტერიტორიების დაცვა ძირითადად საზოგადოების რელიგიურ წარმოდგენებთან იყო დაკავშირებული. მაგალითად, ძველი ბერძნები, რომაელები, კელტები მკაცრად იცავდნენ „წმინდა ტყეებს“. მსგავს ობიექტებს დღესაც ვხვდებით ინდოეთში, იაპონიაში. საყურადღებოა საქართველოს მთებში დღემდე შემონახული ე. წ. ხატის ტყეები, სადაც ტყის ჭრა თუ საქონლის ძოვება აკრძალულია.

შუა საუკუნეებში ბუნებრივ ლანდშაფტებს ძირითადად მათი სამონადირეო სავარგულებად გამოყენების მიზნით იცავდნენ, მაგრამ XIX ს-ის II ნახევრიდან ტერიტორიების დაცვა უფრო სისტემატურ და ნაკლებად მომხმარებლურ ხასიათს ატარებდა.

XX ს-ში დაცული ტერიტორიების რიცხვი სწრაფად იზრდება. სხვა ხელშემწყობ პირობებთან ერთად, ამაში მნიშვნელოვანი წვლილი მიუძღვის ეროვნული თუ საერთაშორისო ორგანიზაციების ჩამოყალიბებას. ერთ-ერთი ასეთი არასამთავრობო ორგანიზაცია — ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდია, WWF, რომელიც ამჟამად შესაბამის პროგრამებს 100-ზე მეტ ქვეყანაში ახორციელებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში დაცული ტერიტორიების კატეგორიები და სტატუსი ერთობ განსხვავებულია. ერთი და იმავე კატეგორიის მიმართ ხშირად განსხვავებული მოთხოვნები თუ შეზღუდვებია შემოღებული. ეს აისახება ტერიტორიების ნაციონალურ სისტემებში და კატალოგებშიც კი, სადაც ხშირად მხოლოდ გარკვეული დანიშნულების და ზომის ობიექტებს აერთიანებენ. ასე, ს. მიხეევის და სხვ. (1981) მონაცემებით, 1975 წლისათვის მსოფლიოში რეგისტრირებული იყო 1 100 მსხვილი დაცული ტერიტორია, საერთო ფართით 2 350 000 კმ^2, რაც ხმელეთის 1,6%-ს შეადგენს. მაგრამ რეალურად დაცული ტერიტორიების რაოდენობა და ფართი იმ დროისათვის ბევრად დიდი იყო. არ იყო გათვალისწინებული ზოგიერთი კატეგორია, ისევე როგორც შედარებით მცირე ტერიტორიები (ვარაუდობენ, რომ ასეთი ობიექტების რაოდენობა 3 000-ს აღწევდა).

დაცული ტერიტორიების სიდიდის საკითხი ბოლო დრომდე ფართო მსჯელობის საგანი იყო. მართლაც, ნაკრძალმა რომ თავისი ფუნქცია

შეასრულოს, როგორი უნდა იყოს მისი ფართი? სპეციალისტთა დიდი ნაწილი თვლის, რომ მცირე ტერიტორია ხშირად არაა საკმარისი იმ სახეობებისათვის, რომელთა რიცხოვნობამ კრიტიკულ ზღვარს მიაღწია. ამიტომ ნაკრძალმა რომ თავისი ფუნქცია შეასრულოს, დაცული ტერიტორია რამდენიმე ათას ჰა-ს მაინც უნდა მოიცავდეს. მაგალითად, მსხვილი მტაცებლების პოპულაციებს ნორმალური ცხოველქმედებისათვის დიდი სივრცეები სჭირდება. ამის გარდა, დიდ ტერიტორიებზე მცენარეთა და ცხოველთა სახეობები უკეთ არიან დაცული სხვადასხვა ანთროპოგენური ფაქტორისაგან.

ტერიტორიის ფართზეა დამოკიდებული სახეობების გენეტიკური პოლიმორფიზმიც. ფართის და პოპულაციის რიცხოვნობის შემცირებასთან ერთად, იზრდება ინბრიდინგის (ახლონათესაური შეჯვარება) დონე და, საბოლოო ჯამში, შთამომავალობის გენეტიკური ერთგვაროვნება.

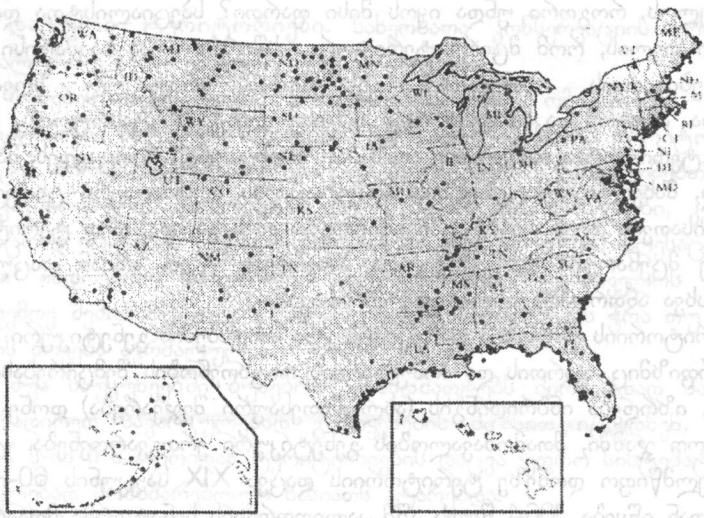
სახელმწიფო დონეზე ტერიტორიის დაცვა XIX საუკუნის 60-იანი წლებიდან იწყება. 1864 წელს აშშ კალიფორნიის სენატორმა მთავრობას წარუდგინა იოსემიტის პარკის დაცვის კანონპროექტი'. პირველი ეროვნული პარკი კი მდ. იელოუსტონის ზემოწელზე 1872 წელს დაარსდა.

1891 წელს აშშ-ში 15 სატყეო რეზერვატი შეიქმნა, საერთო ფართით 5,2 მლნ ჰა; 1907 წლისათვის ასეთი რეზერვატების ფართი 61 მლნ ჰა-ს შეადგენდა.

დაახლოებით ამავე პერიოდში იქმნება ველური ცხოველებისა და მათი თავშესაფარის დაცვისათვის გათვალისწინებული ნაკრძალები: პელიკან-აილენდის (1903 წ.), უიჩიტას (1905 წ.), დიდი კანიონის (1906 წ.). 1981 წლისათვის აშშ-ში ცხოველების თავშესაფართა სისტემა 400-მდე მცირე ნაკრძალს მოიცავდა (სურ. 64).

1968 წელს აშშ კონგრესის წინაშე დაისვა დაცული მდინარეების და დაცული ბილიკების სისტემის შექმნის საკითხი; ათი წლის შემდეგ ასეთ მდინარეთა რიცხვი 28-ს აღწევდა, რომელთა საერთო სიგრძე 3 800 კმ-ს შეადგენდა. „დაცულის" სტატუსი პირველად აპალაჩის და პასიფიკ-კრესტის ბილიკებს მიენიჭათ, საერთო სიგრძით 9 500 კმ (სურ. 65).

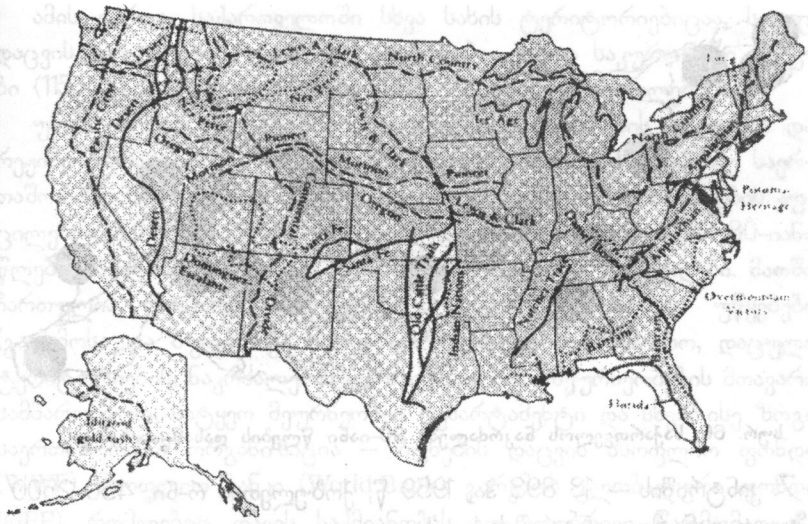
* ეს „უჩვეულო" წინადადება იმით იყო დასაბუთებული, რომ აღნიშნული ტერიტორია სახელმწიფოსათვის უპერსპექტივოა, რადგან „აქ არ მოიპოვება სასარგებლო წიაღისეული და არაა ჰიდროელსადგურები".



სურ. 64. ველურ ცხოველთა თავშესაფრების სისტემა აშშ-ში 1981 წლისათვის, პ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

ამჟამად აშშ ნაციონალური პარკების სისტემაში 300-ზე მეტი ობიექტია, მსოფლიოში კი 40 000-მდე სხვადასხვა კატეგორიის დიდი თუ მცირე დაცული ტერიტორიაა. განსაკუთრებული მრავალფეროვნებით გამოირჩევიან გრენლანდიის ნაციონალური პარკი (7 მლნ ჰა), ცენტრალური კალახარის რეზერვატი აფრიკაში (5,3 მლნ. ჰა), გობის დიდი ნაკრძალი მონღოლეთში (5 მლნ ჰა), ვუდ-ბაფალოს ნაციონალური პარკი კანადაში (4,5 მლნ ჰა), გრეიტ-ვიქტორია-დეზერტის ნაციონალური პარკი ავსტრალიაში (2,1 მლნ ჰა), სერენგეტის ნაციონალური პარკი ტანზანიაში (1,5 მლნ ჰა) და სხვ.

პირველად საქართველოში დაცული ტერიტორიის სტატუსი 1912 წელს ლაგოდეხის ნაკრძალს მიენიჭა. რუსეთის იმპერიაში ეს იყო მეორე ობიექტი, რომელსაც საგანგებო დაცვა სჭირდებოდა. ამას მოჰყვა ბორჯომის, ვაშლოვანის, მარიამჯვრის და სხვა ნაკრძალების დაარსება. შედარებით შეზღუდული მოვლითი ღონისძიებების გარდა, აქ მხოლოდ სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობა იყო ნებადართული. ბოლო დრომდე ჩვენში 16 სახელმწიფო ნაკრძალი იყო (იხ. სურ. 66), საერთო ფართით დაახლოებით 169 000 ჰა, რაც რესპუბლიკის ტერი-



სურ. 65. ნაციონალური ბილიკების სისტემა აშშ-ში 1980 წლისათვის (მოქმედი და პერსპექტიული), ჯ. და ჩ. რეველების (1995) მიხედვით.

ტორიის 2,4%-ს შეადგენს. მათგან 13 ნაკრძალი მსოფლიოს ეროვნული პარკებისა და დაცული ტერიტორიების სიაშია (1990) შეტანილი.

ქვემოთ მოგვყავს ჩვენი ნაკრძალების ჩამონათვალი ფართის, დაარსების წელის და ადგილმდებარეობის აღნიშვნით (ზაზანაშვილი, 1997; გიგაური, 2000):

1. ალგეთის – 6 822 ჰა, 1965 წ., თეთრიწყაროს რ-ნი, 1000-1700 მ ზღ. დ-დან, თრიალეთის ქედის აღმ. კალთები, მდ. ალგეთის ხეობა.

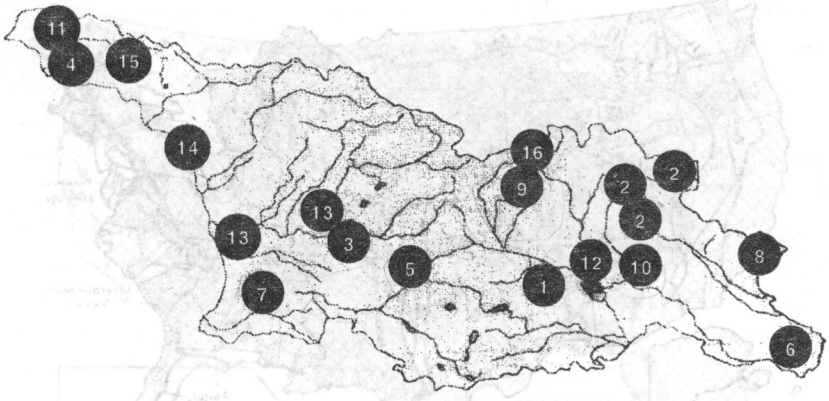
2. ახმეტის – 16 297 ჰა, 1980 წ., ახმეტის რ-ნი, 900-2 500 მ ზღ. დ-დან, აღმ. კავკასიონის სამხრ. და ჩრდ. კალთები; შედგება ბაწარას, ბაბანეურის და თუშეთის ნაკრძალებისაგან.

3. აჯამეთის – 4 845 ჰა, 1946 წ, ბაღდათის რ-ნი, 100-200 მ ზღ. დ-დან, კოლხეთის დაბლობი, მდ. რიონის ხეობა.

4. ბიჭვინთა-მიუსერას – 3 645 ჰა, 1965 წ, გაგრისა და გუდაუთის რ-ები, 50 მ ზღ. დ-დან, შავი ზღვის სანაპირო.

5. ბორჯომის – 17 948 ჰა, 1935 წ, ბორჯომის რ-ნი, 600-2 200 მ ზღ. დ-დან, მესხეთის ქედი.

6. ვაშლოვანის – 8 034 ჰა, 1935 წ, დედოფლისწყაროს რ-ნი, 100-800 მ ზღ. დ-დან, ივრის ზეგნის აღმ. ნაწილი.



სურ. 66. საქართველოს ნაკრძალები 90-იანი წლების დასაწყისისათვის

7. კინტრიშის – 13 893 ჰა, 1959 წ, ქობულეთის რ-ნი, 450-2500 მ ზღ. დ-დან, მდ. კინტრიშის ხეობა.

8. ლაგოდეხის – 17 932 ჰა, 1912 წ, ლაგოდეხის რ-ნი, 450-2500 მ ზღ. დ-დან, აღმ. კავკასიონის სამხ. კალთები.

9. ლიახვის – 6 388 ჰა, 1977 წ, ცხინვალის რ-ნი, 1200-2 300 მ ზღ. დ-დან, მდ. პატარა ლიახვის ხეობა.

10. მარიამჯვრის – 1040 ჰა, 1935 წ., საგარეჯოს რ-ნი, დაახლოებით 1200 მ ზღ. დ-დან, ცივ-გომბორის ქედი.

11. რიწის – 16 289 ჰა, 1957 წ, გუდაუთის რ-ნი, 2 200 მ ზღ. დ-დან, რიწის ტბის მიდამოები.

12. საგურამოს – 5359 ჰა, 1946 წ, მცხეთის რ-ნი, 500-1400 მ ზღ. დ-დან, საგურამოს ქედი.

13. სათაფლია-კოლხეთის – 854 ჰა, 1935 წ, წყალტუბოს რ-ნი, 0-500 მ ზღ. დ-დან, კოლხეთის დაბლობი, პალიასტომის ტბა, მდ. ფიჩორის ხეობა.

14. სკურჩის – 85 ჰა, 1971 წ, ოჩამჩირის რ-ნი, 50-100 მ ზღ. დ-დან.

15. ფსხუ-გუმისთას – 40819 ჰა, 1976 წ, სოხუმის რ-ნი, 300-2850 მ ზღ. დ-დან, მდ. გუმისთას ხეობა და მდ. ბზიფის შუაწელი.

16. ყაზბეგის – 8707 ჰა, 1976 წ, ყაზბეგის რ-ნი, 1500-5000 მ ზღ. დ-დან, მდინარეების არაგვისა და თერგის სათავეები.

ამის გარდა, საქართველოში სხვა სახის ტერიტორიებიცაა, სადაც დაცვის გარკვეული რეჟიმი ხორციელდება. ესენია საკურორტო ტყეები (115 100 ჰა), მწვანე ზონები (265 700 ჰა), აღკვეთილები.

უნდა ითქვას, რომ ჩვენში დაცული ტერიტორიების სტატუსი და რეჟიმი უმრავლეს შემთხვევაში არ შეესაბამებოდა თანამედროვე საერთაშორისო სტანდარტებს, რამაც ახლებური სისტემის დამუშავების აუცილებლობა განაპირობა. ამ მიმართულებით სამუშაოები 80-იანი წლების ბოლოს დაიწყო და დღესაც ინტენსიურად გრძელდება. მათში ჩართულია როგორც ადგილობრივი სამინისტროები და უწყებები (გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო, დაცული ტერიტორიების, ნაკრძალების და სამონადირეო მეურნეობების მთავარი სამმართველო, სატყეო მეურნეობის დეპარტამენტი და სხვ.), ისე ზოგი საერთაშორისო ორგანიზაცია — ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდი (WWF), მსოფლიო ბანკი (World Bank), გარემოს გლობალური ფონდი (GEF), რომლებიც თავის საქმიანობას ადგილობრივი წარმომადგენლობების მეშვეობით ახორციელებენ.

ზევით ჩამოთვლილი ორგანიზაციების ძალისხმევით ეს რთული და საპასუხისმგებლო სამუშაო წარმატებით ხორციელდება. ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის ხელშეწყობით 1990-91 წლებში დამუშავდა დაცული ტერიტორიების ქსელის კონცეფცია და პირველი სქემა, რომელიც 7 ეროვნული პარკის დაარსებას ითვალისწინებს. მომდევნო წლებში შეიქმნა 3 ეროვნული პარკის — ბორჯომ-ხარაგაულის, თუშეთის და ვაშლოვანის — მენეჯმენტის გეგმების პირველი ვარიანტები.

1995 წელს საქართველოს მინისტრთა კაბინეტმა მიიღო დადგენილება, რომელიც დაცული ტერიტორიების ახალი სისტემის ხელშემწყობ ღონისძიებებს და ბორჯომ-ხარაგაულის ეროვნული პარკის შექმნას ითვალისწინებს.

პარალელურად, მსოფლიო ბანკის და გარემოს გლობალური ფონდის დახმარებით ხორციელდებოდა საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი დაცული ტერიტორიის დაარსებისათვის აუცილებელი წინასწარი კვლევა. ამ სამიოდე წლის წინათ საქართველოს პარლამენტმა მიიღო კანონი „კოლხეთის დაცული ტერიტორიების შესახებ“, რომლის საგეგმო და საკანონმდებლო სამუშაოები მსოფლიო ბანკის ხელშეწყობით ჩატარდა. იგივე მსოფლიო ბანკი ახორციელებს სათანადო სამუშაოებს აღმოსავლეთ კავკასიონის (პერსპექტივაში კი

ცენტრალური კავკასიონის) დაცული ტერიტორიის ქსელის შექმნის მიზნით.

1996 წლის მარტში, ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის საკანონმდებლო წინადადების საფუძველზე, საქართველოს პრეზიდენტმა ხელი მოაწერა კანონს დაცული ტერიტორიების სისტემის შესახებ. გათვალისწინებულია ასეთი ტერიტორიების შემდეგი ძირითადი კატეგორიები: სახელმწიფო ნაკრძალი, ეროვნული პარკი, ბუნების ძეგლი, აღკვეთილი, დაცული ლანდშაფტი, მრავალმხრივი გამოყენების ტერიტორია. ამის გარდა დასაშვებია დაცული ტერიტორიების საერთაშორისო ქსელში ჩართული კატეგორიების არსებობაც. ასეთებია: ბიოსფერული რეზერვატი, მსოფლიო მემკვიდრეობის უბანი, საერთაშორისო მნიშვნელობის ჭარბტენიანი ტერიტორია და სხვ.

სახელმწიფო ნაკრძალის დაარსება ხდება კონკრეტული ტერიტორიის დინამიურ და ხელუხლებელ მდგომარეობაში შენარჩუნების, უმნიშვნელო სამეცნიერო-კვლევითი თუ საგანმანათლებლო საქმიანობის და გარემოს მონიტორინგის მიზნით.

ეროვნული პარკი იქმნება ეროვნული და საერთაშორისო მნიშვნელობის შედარებით მსხვილი ეკოსისტემის დაცვის მიზნით, აგრეთვე მეცნიერული კვლევის, საგანმანათლებლო და რეკრეაციული საქმიანობისათვის. ეროვნული პარკი მოიცავს სხვადასხვა დანიშნულების ზონებს და სხვადასხვა კატეგორიის დაცულ ტერიტორიებს.

ბუნების ძეგლი შეიძლება დაარსდეს შედარებით მცირე, მაგრამ უნიკალური ტერიტორიის, ან ობიექტის (ტყის კორომი, ჩანჩქერი, ტყე, ერთეული ხე და სხვ.) დაცვის მიზნით. იგი შესაძლოა შედიოდეს შედარებით მსხვილი დაცული ტერიტორიის შემადგენლობაში.

აღკვეთილის დანიშნულებაა ველური სახეობების, სახეობათა ჯგუფების, ბიოცენოზების და არაცოცხალი ობიექტების შენარჩუნება, რაც დაკავშირებულია ადამიანის მხრიდან სათანადო მოვლა-პატრონობასთან.

დაცული ლანდშაფტი იქმნება მაღალი ესთეტიკური ღირსების ბუნებრივი ან ადამიანის მონაწილეობით შექმნილი ლანდშაფტის დაცვის მიზნით რეკრეაციულ-ტურისტული და ტრადიციული სამეურნეო საქმიანობისათვის. ამ კატეგორიის დაცული ტერიტორია საქართველოში ჯერჯერობით არ არის, თუმცა ჩვენში ცოტა როდია უნიკალური ლანდშაფტები, სადაც ბუნებრივი კომპონენტები და ის-

ტორიულ-არქიტექტურული ძეგლები იშვიათი ჰარმონიულობითაა ერთმანეთთან შერწყმული.

მრავალმხრივი გამოყენების ტერიტორიის დაარსება დაკავშირებულია განახლებადი ბუნებრივი რესურსების გამოყენებაზე ორიენტირებული სამეურნეო საქმიანობასთან. ამასთან, გათვალისწინებული უნდა იყოს გარემოს დაცვის მოთხოვნები. ბუნებრივი რესურსების მუდმივი აღწარმოების უზრუნველსაყოფად აქ მიზანშეწონილია სხვადასხვა ზონის გამოყოფა.

ბიოსფერული რეზერვატი იქმნება ბუნებრივი პროცესებისა და ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნების მიზნით. იგულისხმება ტერიტორიის დინამიურობა და თვითრეგულაციის უნარი. აქ შესაძლებელია განხორციელდეს გარემოს მონიტორინგი, მეცნიერული კვლევა, საგანმანათლებლო საქმიანობა. კავკასიაში ამჟამად მხოლოდ ერთი ბიოსფერული რეზერვატია — კავკასიის სახელმწიფო ნაკრძალი (კრასნოდარის მხარე).

მსოფლიო მემკვიდრეობის უბანი იქმნება განსაკუთრებული მნიშვნელობის ბუნებრივი და ბუნებრივ-ისტორიული ტერიტორიების და ობიექტების დასაცავად. ასეთ ტერიტორიას მნიშვნელობა აქვს საერთაშორისო მეცნიერული კვლევის თუ საგანმანათლებლო და მონიტორინგული საქმიანობისათვის. შერჩეული უბანი მტკიცდება „იუნესკოს“ შესატყვისი კონვენციის კომიტეტის მიერ.

ახლებური მიდგომა აისახა დაცული ტერიტორიების შექმნის პერსპექტიული გეგმის დამუშავებისას დედოფლისწყაროს რაიონში ვაშლოვანის სახელმწიფო ნაკრძალის ტერიტორიის გაფართოებაში, ხოლო მიმდებარე ტერიტორიაზე ვაშლოვანის ეროვნული პარკის და ბუნების სამი ძეგლის დაარსებაში. დაცული ტერიტორიების ზევით აღნიშნული სისტემის განხორციელება 2000 წლის ზაფხულიდან დაიწყო. იგივე ხასიათის სამუშაოები ჩატარდა ახმეტისა და ლაგოდეხის რაიონებში.

რა სიახლე ახლავს დაცული ტერიტორიების ახალ სისტემას? უპირველეს ყოვლისა, იგი გამოირჩევა მრავალფეროვნებით, ანუ სხვადასხვა რანგის და მნიშვნელობის კატეგორიების სიმრავლით. როგორც ითქვა, წინათ არსებული სისტემა ძირითადად ტერიტორიების მკაცრ დაცვას და რეგიონის სამეურნეო საქმიანობისაგან მის იზოლირებას გულისხმობს. ახალი სისტემა კი, ტერიტორიის დაცვასთან ერთად, რეგიონის

სოციალურ-ეკონომიკური ცხოვრების და განვითარების პერსპექტივებსაც ითვალისწინებს.

ზოოლოგიურ პარკებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ცხოველთა კონსერვაციაში. ნ. კოპალიანის (2002) მონაცემებით, მსოფლიოს ყველა ზოოპარკში ამჟამად 0,5 მილიონამდე ძუძუმწოვარი, ფრინველი, ქვეწარმავალი და ამფიბია ცხოვრობს. ისეთი იშვიათი სახეობა, როგორიცაა კალიფორნიული კონდორი, ამერიკული ქრცვინი და ზოგიერთი სხვა, დღეს მხოლოდ ზოოპარკებშია შენარჩუნებული. სხვადასხვა დროს აქ წარმატებით გაამრავლეს 18 სახეობის ცხოველი, რომელთაგან 6 – ბუნებაში უკვე გადაშენებული იყო.

არის ზოოპარკები, სადაც მხოლოდ გადაშენების საფრთხის წინაშე მყოფი სახეობები ბინადრობენ. ამის მაგალითია ველური ბუნების შენარჩუნების „ტრასტი" კუნძულ ჯერსიზე, სადაც შედარებით მცირე დროის მანძილზე ხდება იშვიათ ცხოველთა რიცხოვნობის აღდგენა და შემდეგ მათი დაბრუნება ბუნებაში.

მრავალ ზოოპარკში დღეს მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-კვლევითი საქმიანობა ხორციელდება ტყვეობაში ცხოველთა გამრავლების ეფექტურობის ასამაღლებლად. ეს ეხება ხელოვნურ განაყოფიერებას, ჩანასახის გადანერგვის მეთოდებს და ა. შ.

ბოლო დროს გახშირდა თევზების იშვიათ სახეობათა კონსერვაცია სპეციალური აკვარიუმების საშუალებით. ხორციელდება ფართო პროგრამა ამერიკის დიდი ტბების და ზოგიერთი უდაბნოს წყალსატევის თევზების რიცხოვნობის აღდგენისათვის.

ბოტანიკურ ბაღებს დიდი მნიშვნელობა აქვთ მცენარეთა იშვიათ სახეობათა შენარჩუნებისათვის. დღეს მსოფლიოში 1500-მდე ბოტანიკური ბაღია, სადაც 35 000-მდე სახეობის მცენარეა დაცული. ერთ-ერთი უდიდესია ინგლისის სამეფო ბოტანიკური ბაღი, სადაც 25 ათასამდე სახეობის მცენარე იზრდება.

ზოგი ბაღი მხოლოდ კონკრეტული ტაქსონების შენარჩუნებას ემსახურება. ამის მაგალითია კალიფორნიის ბოტანიკური ბაღი, სადაც 72 სახეობის ნაძვი ხარობს. ბოტანიკურ ბაღებში დაცულია ისეთი მცენარეებიც, რომლებიც ველურ პირობებში აღარ გვხვდება. მაგალითად Clarkia franciscana მხოლოდ კალიფორნიის ბოტანიკურ ბაღში იზრდება, ბუნებაში კი დიდი ხანია რაც მოისპო (კოპალიანი, 2002).

36. ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობა

თანამედროვე ბიოლოგიისა და სოფლის მეურნეობისაგან შორსმდგომი ადამიანებისათვის სასოფლო-სამეურნეო წარმოებაში პესტიციდებს ალტერნატივა არ გააჩნიათ, ხოლო ქიმიზაცია ლამის სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის სინონიმადაა ქცეული. ასეთი შეხედულება მცდარია. არსებობს სოფლის მეურნეობის განვითარებისა და მავნე ორგანიზმთა დათრგუნვის მრავალი საშუალება, რომელთა მოქმედება ეფექტურია და, ამავე დროს, არ იწვევს გარემოს უარყოფით ცვლილებებს, არ ვნებს ადამიანის ჯანმრთელობას.

სხვა საკითხია, თუ რამდენად სრულყოფილადაა დამუშავებული ეს მეთოდები და ამ მხრივ როგორია თანამედროვე მეცნიერების მიღწევები. შეიძლება ითქვას, რომ მეტ-ნაკლებად საფუძვლიანად შესწავლილია უპესტიციდო სოფლის მეურნეობის მხოლოდ ცალკეული საშუალებები. მრავალი მეთოდი კი მხოლოდ წინასწარი შედეგებითაა ცნობილი და შემდგომ სრულყოფას მოითხოვს. ამიტომ დღეს აგრარულ მეცნიერებათა სხვადასხვა დარგის ერთ-ერთი ძირითადი მიმართულება სოფლის მეურნეობის ეკოლოგიზაციის ყველა შესაძლო საშუალების გამოყენება, მათი მეცნიერული შესწავლა და პრაქტიკაში დანერგვა უნდა იყოს.

მოკლედ განვიხილოთ სოფლის მეურნეობის ეკოლოგიზაციის რამდენიმე გზა.

მ ც ე ნ ა რ ე თ ა ბ ი ო ლ ო გ ი უ რ ი დ ა ც ვ ა. ბიოლოგიურ დაცვაში იგულისხმება ორგანიზმების გამოყენება მცენარეთა მავნებლების მოსპობის ან მათი რიცხოვნობის მკვეთრი შემცირების მიზნით. მავნე მწერების ბუნებრივ მტრებს, ანუ ენტომოფაგებს განეკუთვნება მტაცებელი და პარაზიტული ფეხსახსრიანები, პარაზიტული ნემატოდები, მიკროორგანიზმები, სოკოები და ზოგიერთი ხერხემლიანი ცხოველი. მაგალითად, კომბოსტოს 50-მდე სახეობის მწერი-ფიტოფაგი აზიანებს; ამავე დროს, ცნობილია 100-მდე ენტომოფაგი — ამ სახეობების ბუნებრივი მტრები.

მცენარეთა ბიოლოგიურ დაცვაში ენტომოფაგების გამოყენება სხვადასხვა გზით ხდება. მათ შორის ი ნ ტ რ ო დ უ ქ ც ი ა, ანუ სასარგებლო სახეობების ორგანიზებული შემოყვანა ბიოლოგიური ბრძოლის ძირითადი საშუალებაა.

მცენარეებთან და მცენარეულ პროდუქტებთან ერთად მავნე მწერებისა და სხვა ფეხსახსრიანების განსახლება ჩვეულებრივი მოვლენაა. იმ შემთხვევაში, თუ მავნებლებთან ერთად არ გავრცელდა მათი ბუნებრივი მტრებიც და მავნე ფორმები ოპტიმალურ გარემოში აღმოჩნდნენ, ისინი, როგორც წესი, მასობრივად მრავლდება. ასეთ ვითარებაში ენტომოფაგების სპეციალურ შემოსახლებას და მათ აკლიმატიზირებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს.

ენტომოფაგების ინტროდუქციას დიდი ხნის ისტორია აქვს. 1888 წელს ბიოლოგიური ბრძოლის ერთ-ერთმა ფუძემდებელმა ენტომოლოგმა რაილიმ კალიფორნიაში კარდინალურად გადაწყვიტა ციტრუსების მასობრივი მავნებლის — ავსტრალიური ღარების ცრუფარიანას პრობლემა; მან ციტრუსების პლანტაციებში ამ მავნებლის ბუნებრივი მტერი — ჭია-მაია შეასახლა. ამის შემდეგ ენტომოფაგების ინტროდუქციის მეთოდი ფართოდ გავრცელდა მთელს მსოფლიოში.

1926 წელს პროფ. რავკიბლიმ იტალიიდან აზერბაიჯანში ვაშლის მავნებლების წინააღმდეგ ენტომოპარაზიტი აფელინუსი შეიყვანა. ბუგრებთან ბრძოლის მიზნით 1930 წელს იტალიიდან რუსეთში გამოიწერეს იგივე სახეობა, ხოლო 1931 წელს ყირიმის ბაღებში შეასახლეს, საიდანაც იგი საქართველოშიც გავრცელდა.

1931-33 წლებში საქართველოში სუბტროპიკული კულტურების მავნებელთა წინააღმდეგ ინტროდუცირებული იყო ორი ეფექტური ენტომოფაგი — როდოლია და კრიპტოლემუსი, 1947 წელს — მტაცებელი ხოჭო ლინდორუსი, შემდეგ ყვითელი კოკოფაგუსი და ფსევდაფიკუსი.

სულ საქართველოში ნაყოფის მომცემი კულტურებისა და ვაზის მავნებელთა წინააღმდეგ 32 სახეობის ენტომოფაგი იყო ინტროდუცირებული; 13 შემთხვევაში ამას დადებითი შედეგი მოჰყვა. პროფ. ვ. იასნოშის (1986) აზრით, საქართველოში მსოფლიოს სხვადასხვა კუთხიდან შესაძლებელია 40-მდე სახეობის სასარგებლო მწერის შემოყვანა.

არანაკლებ პერსპექტიულია მავნებელთა წინააღმდეგ მიკრობიოლოგიური (მათ შორის ვირუსოლოგიური და ბაქტერიოლოგიური) პრეპარატების გამოყენება. აშშ-ში 1981 წელს ამ მეთოდზე მცენარეთა დაცვის ყველა საშუალების 5% მოდიოდა, 1990 წლისათვის ამ მაჩვენებელმა 25%-ს მიაღწია.

ბიოლოგიური ბრძოლის მიზნით, ბაქტერიებს შორის, პირველ რიგში, მათი პათოგენური ფორმები გამოიყენება, რომლებიც თვითონ იჭრებიან მწერების ორგანიზმში და იწვევენ მათ დაავადებას. სხვა პათოგენებს შორის ცნობილია სპორიანი ბაქტერიების რამდენიმე მაღალვირულენტური ფორმა, რომელთაგან ეფექტური ბიოპრეპარატები მზადდება. მაგალითად, ენტომობაქტერინს და დენდრობაცილინს ერთერთი ბაქტერიის ორი სხვადასხვა კულტურიდან ამზადებენ. ეს პრეპარატები დღეს მწერების 50-მდე მავნე სახეობის წინააღმდეგ გამოიყენება.

ფიტოფაგების გამოყენებას სარეველების წინააღმდეგ უფრო ხანმოკლე ისტორია აქვს. ასეთი ფიტოფაგების (ე. წ. ჰერბიფაგების) უპირატესობა ის არის, რომ ისინი უკიდურესად ვიწრო სპეციალიზაციით ხასიათდება, ამიტომ მათი მიგრაცია სხვა (კულტურულ) მცენარეებზე პრაქტიკულად არ ხდება. რადგან სხვადასხვა სახეობის ჰერბიფაგი მცენარეთა სხვადასხვა ნაწილით იკვებება, ისინი ერთმანეთის კონკურენტები არ არიან, ამიტომ ხშირად სარეველების წინააღმდეგ ერთდროულად 2-3 სახეობას იყენებენ.

ვიწროდ სპეციალიზებული ფიტოფაგების მაგალითია ფოთოლჭამია ხოჭოები; სსრკ-ში მათი 450-მდე სახეობა იყო ცნობილი, რომელთაგან 65 — პოტენციური ჰერბიფაგია. პროფ. ვ. იაბლოკოვის აზრით, მათი გამოყენება შეიძლება ისეთი სარეველების წინააღმდეგ, როგორიცაა ღიჭა, ღიღილო, რძიანა, მინდვრის ბაია, ხვართქლა, შვიტა, ჭანგა, ამბროზიების წარმომადგენლები.

ბ უ ნ ე ბ რ ი ვ ი პ ე ს ტ ი ც ი დ ე ბ ი. მეცნიერებისათვის ცნობილია მრავალი ინსექტიციდური პრეპარატი, დამზადებული მცენარეულ ინგრედიენტებზე. მათ იყენებენ სხვადასხვა ფეხსახსრიანის, მცენარეული ვირუსის (მათ შორის თამბაქოს მოზაიკის) წინააღმდეგ. პრეპარატები მზადდება ნაყოფების, ფოთლებისა და ფესვებისაგან ნაყენის ან ფხვნილის სახით, რომელიც ეფრქვევა (ან ესხურება) დაავადებულ მცენარეს.

70-იანი წლებისათვის მსოფლიოში ინსექტიციდური თვისებების მქონე 2000-მდე მცენარე იყო ცნობილი. ნ. ვასინას მონაცემებით, სსრკ-ში რამდენიმე ათეული ასეთი სახეობაა გავრცელებული. მათ შორისაა ხახვი, ნიორი, რძიანა, პირშუშხა, მდოგვი, ლენცოფა, ლემა, ყაყაჩო და სხვ., რომელთაგან 60-მდე პრეპარატი მზადდება.

დერისის (Derris aliptica) შეხამება ზოგიერთ ჩამოთვლილ მცენარესთან წარმატებით გამოიყენება ლათინურ ამერიკასა და ინდონეზიაში ბრინჯის ნათესების დაცვისათვის. სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში, სამხრეთ აფრიკასა და ცენტრალური ამერიკის ზოგიერთ ქვეყანაში ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული პესტიციდია ხე-მცენარე Azodirahta-ს ნაყოფი, რომელიც ფხვნილის ან ხსნარის სახით გამოიყენება ბუგრების, პეპლების ჭუპრების, კალიების, კუტკალიების, ტკიპებისა და სხვა მასობრივი მავნებლების წინააღმდეგ.

კარგადაა ცნობილი თამბაქოს — Nicotina tabacum-ის და N. rustica-ს ინსექტიციდური მოქმედება. ნიადაგში მობინადრე მრავალი მავნე ფეხსახსრიანის წინააღმდეგ ფილიპინებზე მდგოვის ხის ფოთლებს იყენებენ. აშშ-ში ხმარობენ ე. წ. „დიატომურ მიწას“ — მიკროსკოპული დიატომური წყალმცენარეების ნაფხვენს. ასეთი მასალა, როგორც ჩანს, მექანიკური მოქმედებით ხასიათდება; უწვრილესი ნაწილაკები მწერების ტრაქეების დაცობას უწყობს ხელს. 1-2 კგ ასეთი ფხვნილის შერევა 1 ტ მარცვალში მნიშვნელოვნად ამცირებს მის დანაკარგს შენახვის პირობებში. სხვა ბუნებრივი პესტიციდებიდან აღსანიშნავია კიბოსნაირთა ჯავშანი, მოლუსკების ნიჟარა, რომელთა ფხვნილი ნიადაგში შეტანისას ხელს უწყობს ნიადაგის მიკროორგანიზმების გააქტიურებას და, ამის შედეგად, აქ მობინადრე მწერების მასობრივ დახოცვას.

მონოკულტურებიდან პოლიკულტურებზე გადასვლა. თესბრუნვის მნიშვნელობა. ცნობილი ბოტანიკოსი ა. ტახტაჯანი აღნიშნავს, რომ ყვავილოვანი მცენარეების უპირატესობა არსებობისათვის ბრძოლაში ამ მცენარეთა მიერ მრავალიარუსიანი თანასაზოგადოებების შექმნის უნარმა განაპირობა. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მონოკულტურების ხელშეწყობით ჩვენ ვარღვევთ ცოცხალი ბუნების ევოლუციურ ტრადიციებს, მაშინ, როდესაც პოლიკულტურები ბუნების მრავალფეროვნებას შეესატყვისება.

რამდენიმე კულტურის ერთდროულად მოყვანის უპირატესობა დღეს ეჭვს არ იწვევს. დამტკიცებულია, რომ მონოკულტურებში მავნე სახეობათა რაოდენობა და მათი საერთო რიცხოვნობა 1,5-2-ჯერ აღემატება შესაბამის მაჩვენებლებს პოლიკულტურებში. საგაზაფხულო ხორბალი კარგად თანაარსებობს ქერთან, ჭვავთან, ბარდასთან, ოსპთან. უმრავლეს შემთხვევაში ასეთ ნათესებში პროდუქციის საერთო რაოდე-

ნობა და მისი კვებითი ღირებულება იზრდება, უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურა, მცირდება სარეველებისა და მავნებლების რიცხოვნობა.

90-იანი წლების მონაცემებით, პენზის სასოფლო-სამეურნეო ინსტიტუტის საცდელ ნაკვეთებზე სიმინდის, შვრიის და მზესუმზირის პოლიკულტურებში საკვები მასის საერთო რაოდენობა 415 ც/ჰა-ს აღწევდა, მაშინ, როდესაც სუფთა ნათესებში იგი 325-ს არ აღემატებოდა. ტიმირიაზევის სასოფლო-სამეურნეო აკადემიის ნაკვეთებზე სიმინდისა და ბარდის პოლიკულტურა 40-80 ც/ჰა-ით მეტ საკვებ მასას იძლეოდა, ვიდრე თითოეული მათგანი მონოკულტურაში, გაზრდილი იყო პროტეინების რაოდენობაც (1,4 ც/ჰა-ით).

ცხადია, სახეობათა ნებისმიერი „შერევა" არ იძლევა მოსავლის შესამჩნევ ზრდას. გასათვალისწინებელია კულტურების „ურთიერთშეთავსება", მათი დამოკიდებულება ნიადაგის სპეციფიკასთან და მრავალი სხვა. დღეს ეს საკითხი ინტენსიურად შეისწავლება ინდოეთში, სკანდინავიაში, აშშ-ში, ყოფილ სსრკ-ში.

მინერალური სასუქების იმედით ხშირად უარს ამბობდნენ თესლბრუნვაზეც. ასეთი კურსი მცდარი გამოდგა. მინერალურ სასუქებს შეუძლია მაღალი მოსავლის მოცემა, მაგრამ, როგორც წესი, ეს იწვევს ნიადაგის დასუსტებასა და ეროზიას. დაახლოებით ნახევარი საუკუნის განმავლობაში ფერგანის ველის 80%-ზე ბამბა ითესებოდა თესლბრუნვის სრული უგულებელყოფით. ამის შედეგად მრავალ რაიონში ჰუმუსის შემცველობა ნიადაგში თითქმის 50%-ით შემცირდა.

მსოფლიო პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სახნავი მიწების დროებით „დასვენება" კარგ შედეგებს იძლევა. 1986 წელს აშშ-ში სახნავი მიწების თითქმის 11% საძოვრად იყო გამოყენებული. შედეგებმა მოლოდინს გადააჭარბა — 2 წელიწადში ნიადაგის ეროზიის პროცესი ამ ტერიტორიაზე თითქმის ნულამდე დავიდა.

ალტერნატიული სოფლის მეურნეობა ლანდშაფტის ოპტიმიზაციასაც მოიცავს. იგულისხმება მიწის დაუმუშავებელი ნაკვეთები და ბუნებრივი ეკოსისტემების „კუნძულები" მინდვრებზე, ნასვენი მიწების ზოლები და სხვ. დასავლეთში ხშირად მიმართავენ ე.წ. „სილვაკულტურებს", ანდა „აგროფორესტს", რომელიც ჩვენი ქარსაცავი ზოლების ანალოგიურია და, როგორც წესი, საგრძნობლად ცვლის ლანდშაფტის სახეს. ასეთი ზოლები ამცირებს ნიადაგის დანაკარგს, მიწისქვეშა ფენებში ინახავს წვიმის და თოვლის წყალს, ამ-

დიდრებს ფლორასა და ფაუნას, სასარგებლო მწერთათვის საიმედო თავშესაფარს ქმნის.

ცნობილია, რომ მწერიჭამია ფრინველები გამრავლების პერიოდში ინტენსიურად იკვებებიან მწერებით, მათ შორის მავნე სახეობათა წარმომადგენლებით. ამავე დროს, ფრინველების აქტიური მოქმედების რადიუსი არ აღემატება 300 მ-ს. ამიტომ, თუ მინდვრებზე არაა ტყის კუნძულები ან სხვა აუთვისებელი ტერიტორიები, სადაც ფრინველებს შეუძლიათ ბუდობა, მათ კონტროლს მავნე მწერთა პოპულაციების მხოლოდ მცირე ნაწილი ექვემდებარება.

ქვემო ვოლგისპირეთში ქარსაცავი ზოლების უგულებელყოფის გამო საგრძნობლად შემცირდა იონჯის დამმტვერავი მწერების რიცხოვნობა. 80-იან წლებში, მწვანე მასის მაღალი პროდუქტიულობის მიუხედავად, თესლის რაოდენობა აქ არ აღემატებოდა 4-5 ც/ჰა-ს, რაც ბევრად ნაკლებია ადრინდელ მაჩვენებლებზე. როგორც გაირკვა, ამის მიზეზი იყო გარეული ფუტკრის სიმცირე, რომელიც, ჩვეულებრივ, ტყის პირას ბინადრობს.

ეკოლოგიური მიწათმოქმედების ერთ-ერთი მიმართულება ნიადაგის ბიოტის შენარჩუნებაა. დასავლეთში ვითარდება ნიადაგის ბიოლოგიური ნაყოფიერების ხელოვნური აღდგენა. ამ მიზნით შექმნილია სპეციალური ბიოორგანული სასუქები, გამდიდრებული მიკროორგანიზმებით, სოკოებით, წყალმცენარეებით, ბიოკატალიზატორებითაც კი. ფაქტობრივად ვითარდება ავრონომიული მეცნიერების ახალი დარგი — „ჰუმუსის ბიოტექნოლოგია“.

ჯერ კიდევ ნ. ვავილოვმა დაასაბუთა სასოფლო-სამეურნეო და სხვა კულტურებში იმუნიტეტის გამომუშავების მნიშვნელობა. სამწუხაროდ, სსრკ-ში ამას თითქმის არ ექცეოდა ყურადღება, ამიტომ აქ გავრცელებული მინდვრის კულტურებიდან მხოლოდ 5%-მდე ხასიათდება მეტ-ნაკლები მდგრადობით მავნე ფეხსახსრიანებისა და 15%-მდე — დაავადებათა აღმძვრელების მიმართ. ამავე დროს აშშ-ის მემინდვრეობაში ცალკეული მავნებლების მიმართ მდგრადი კულტურების წილი 75%-ს აღწევს.

საყურადღებოა მცენარეთა ჯიშების გამოყვანის პერსპექტივა გენური ინჟინერიის მეთოდებით. გენურ ინჟინერიას მხოლოდ რამდენიმე ათეული წლის ისტორია აქვს. მიუხედავად ამისა, მისი მიღწევები დიდია. ერთი მცენარიდან მეორეში სასურველ ნიშან-თვისებათა

მატარებელი გენეტიკური მასალის გადატანა საკვებით რეალურია. ამ გზით მცენარე-მასპინძელს შესაძლოა ხელოვნურად შევძინოთ მდგრადობა სხვადასხვა დაავადების, გვალვის, მავნებლების მიმართ, აგრეთვე სამკურნალო თვისებები, ცილების მაღალი შემცველობა და ა. შ.

სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მოყვანა დახურულ გრუნტის პირობებში სოფლის მეურნეობის ეკოლოგიზაციის პერსპექტიული გზაა. იგი საშუალებას იძლევა მივიღოთ მაღალი მოსავალი და მინიმუმამდე დავიყვანოთ ამინდის უარყოფითი ზეგავლენა, ნიადაგის დეგრადირება და სხვა არასასურველი მოვლენები. ევროპის რიგ ქვეყნებში (დანია, ნორვეგია, გერმანია) დახურული გრუნტის პირობებში კარგად ხარობს კარტოფილი, ისლანდიაში გეოთერმული ენერგიის გამოყენებით მოყავთ ვაშლი, პამიდორი, ნესვი, ხოლო 80-იან წლებში აქ ყავის პლანტაციებიც კი გააშენეს.

თუმცა საკვებად ადამიანი 7 000-მდე სახეობის მცენარეს იყენებს, კაცობრიობის ახლანდელი არსებობა დამოკიდებულია მხოლოდ 20-30 სახეობაზე, რომლებიც საკვები პროდუქციის 90%-ს იძლევა. ამავე დროს გვაქვს მონაცემები რამდენიმე ათასი სახეობის მცენარის შესახებ, რომლებიც არანაკლებ სასარგებლოა. ვ. იაბლოკოვის აზრით, შესაძლებელია გამოსაყენებელ სახეობათა რიცხვის 100-200-ჯერ გაზრდა. არაა გამორიცხული, რომ მრავალი მათგანი გაცილებით უფრო მდგრადია მავნებლებისა და დაავადებების მიმართ, ვიდრე ის ფორმები, რომლებსაც ჩვენ დღეს ვიყენებთ.

ჩვენ ცუდად ვიცნობთ ადგილობრივი ფაუნის წარმომადგენლებსაც, რომლებიც შესაძლოა წარმატებით იქნენ გამოყენებული მავნებელთა წინააღმდეგ. ამის მაგალითია ტრიქოგრამა — პარაზიტული ქერცლფრთიანების გვარი. დღეს ტრიქოგრამას ცალკეულ სახეობებს სპეციალურად ამრავლებენ და წარმატებით იყენებენ ზოგი საშიში მავნებლის წინააღმდეგ. ამავე დროს ცნობილია ამ გვარის სხვა შეუსწავლელი წარმომადგენლები. არაა გამორიცხული, რომ მავნებლებთან ბრძოლის ბიოლოგიური მეთოდისათვის ყველაზე ეფექტური სახეობები ჯერ აღწერილიც კი არაა.

სოფლის მეურნეობის ტრადიციული მეთოდების საპირისპიროდ, 1972 წელს ვერსალში (საფრანგეთი) დაარსდა „ორგანული სოფლის მეურნეობის საერთაშორისო ფედერაცია“ (IFOAM). ფედერაციის მიზნები იყო ბიოლოგიური მიწათმოქმედების იდეების შემუშავება,

მათი გავრცელება და დანერგვა. ფაქტობრივად, IFOAM-ის საქმიანობა მდგრადი განვითარების კონცეფციის რეალიზებაა მიწათმოქმედების დარგში.

თავდაპირველად IFOAM მხოლოდ 5 წევრ-ორგანიზაციას აერთიანებდა. დღეს ფედერაცია მრავალ ასეულ წევრს ითვლის 100-მდე ქვეყნიდან. ვ. იაბლოკოვის (1990) მონაცემებით, 1985 წელს აშშ-ში ეკოლოგიურ სოფლის მეურნეობას 20 000-მდე ფერმა ეწეოდა, 1987 წელს ასეთი ფერმების რაოდენობამ 30 000-ს მიაღწია. „ბიოლოგიურ მიწათმოქმედებაზე" გერმანიის 1400 მეურნეობა გადავიდა; საფრანგეთში ათასობით ფერმა მხოლოდ ალტერნატიულ სოფლის მეურნეობას ეწევა; იგივე შეიძლება ითქვას ინგლისზეც. 90-იანი წლების მონაცემებით, ომსკის ოლქის 16-მა მეურნეობამ უარი თქვა პესტიციდებზე და ჰერბიციდებზე. მიუხედავად ამისა, აქ მოსავლიანობა დიდად არ ჩამოუვარდება ოლქის საშუალო მაჩვენებლებს, ხოლო მატერიალური დანახარჯი ხშირად 1,5-2-ჯერ ნაკლებია იმ კოლმეურნეობებთან შედარებით, სადაც ჰერბიციდები რეგულარულად გამოიყენება.

მხოლოდ გერმანიაში 1988-94 წლებში ეკოლოგიური მიწათმოქმედებისათვის გამოყენებული ტერიტორიის ფართი თითქმის 6-ჯერ გადიდდა. მსოფლიო მასშტაბით უპესტიციდო მეურნეობების საერთო რაოდენობა, ტრადიციულთან შედარებით, ჯერჯერობით არაა დიდი (არაუმეტეს 2%-სა), მაგრამ მათი რიცხვი იზრდება.

IFOAM-ის ყურადღების ცენტრშია ფერმერთათვის საერთაშორისო საკონსულტაციო ორგანიზაციების შექმნა, „ახალი ტიპის" ფერმერთა მოსამზადებელი სკოლების ორგანიზება, უმაღლეს სასწავლებლებში ეკოლოგიური მიწათმოქმედების დანერგვა სათანადო კათედრების ჩამოყალიბებით და ა. შ. დღეს გერმანიაში ეკოლოგიურ მიწათმოქმედებასთან დაკავშირებული სწავლება თითქმის ყველა უმაღლეს სასწავლებელში ხორციელდება.

IFOAM-ის საერთაშორისო გავლენის ერთ-ერთი შედეგია საქართველოში 1993 წელს ბიოლოგიურ მეურნეობათა ასოციაციის „ელკანას" ჩამოყალიბება. „ელკანამ" გაიზიარა ფედერაციის იდეები და 1996 წელს მისი წევრი გახდა.

მიუხედავად იმისა, რომ ჩვენში სოფლის მეურნეობას დიდი ხნის ტრადიციები აქვს, მრავალი წამოწყება, დაკავშირებული ბიოლოგიურ (ეკოლოგიურ) სოფლის მეურნეობასთან, ბოლო დრომდე მაინც ვერ

პოულობდა სათანადო მხარდაჭერას. IFOAM-ის არაერთი იდეა, დამყარებული სოფლის მეურნეობის ალტერნატიულ გზებზე, არამცთუ მხვნელ-მთესველთათვის, მრავალი სწავლული აგრონომისთვისაც კი უცხო იყო. ამიტომ „ელკანამ“ თავისი საქმიანობა, პირველ რიგში, სპეციალისტების მომზადებით დაიწყო — საზღვარგარეთის ფერმერულ ორგანიზაციებში სტაჟირების მიზნით ქართველი ახალგაზრდების ჯგუფი გაიგზავნა, ხოლო ადგილზე, ქართველი სპეციალისტების მონაწილეობით, ფართო საგანმანათლებლო საქმიანობა გაიშალა.

„ელკანას“ მიზნებია: საქართველოში IFOAM-ის იდეების დანერგვა, გლეხური მეურნეობების გააქტიურება საკუთარი რესურსების ოპტიმალური გამოყენების გზით, სოფლის მეურნეობის ქართულ-კავკასიური ტრადიციების აღდგენა, აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა და სხვა.

IFOAM-ის სხვა ორგანიზაციების მსგავსად, „ელკანას“ ერთ-ერთი პრინციპია მაქსიმალურად ჩაკეტილი აგროეკოსისტემების შექმნა, რომელიც ითვალისწინებს სისტემის ყველა რგოლის — ნიადაგის, მცენარეების, შინაური ცხოველების ურთიერთკავშირს. „ელკანა“ ეყრდნობა ეკოლოგიურ მეურნეობათა ძირითადად იდეებს, რომლებიც დაკავშირებულია თესლბრუნვასთან, ორგანული სასუქის და სიდერაციის მეთოდების გამოყენებასთან, მცენარეთა დაცვის ბიოლოგიური მეთოდების დანერგვასთან და სხვა.

37. უნარჩენო წარმოება

„ქიმიაში ნარჩენები არ არსებობს,
არის გამოუყენებელი ნედლეული“
დ. მენდელეევი

აუცილებელი პროდუქციის, ენერგიისა და ნედლეულის მიღებისათვის ადამიანმა უნდა განახორციელოს რიგი თანმიმდევრული პროცესი — რესურსების მოპოვებით დაწყებული, მათი ათვისებით დამთავრებული. ადამიანი ბუნებრივ რესურსებს „რესურსულ ციკლში“ რთავს.

რ ე ს უ რ ს უ ლ ი ც ი კ ლ ი არის ადამიანის მიერ ნივთიერების გარდაქმნა მისი დამუშავების და გამოყენების ყველა ეტაპზე. სიტყვა „ციკლი“ ჩაკეტილ პროცესს გულისხმობს. ცნობილია, რომ ბუნებაში ყველა ქიმიური ნივთიერება (წყალი, გაზები) ჩაკეტილი ციკლით მოძრაობს. ეს რომ არა, ისინი დიდი ხნის ამოწურული იქნებოდნენ ან სხვა მდგომარეობაში გადავიდოდნენ.

მაგრამ ფაქტობრივად, რესურსული ციკლი ჩაკეტილი არაა. მის ყველა ეტაპზე, ტექნოლოგიის სპეციფიკისა და სუბიექტური მიზეზებით, გარდაუვალია დანაკარგები.

როგორც ზევით აღინიშნა, სახალხო მეურნეობის ყველა სახის პროდუქტზე ნედლეულის 10%-ზე ნაკლები გამოიყენება, დანარჩენი გარემოში იფანტება. მათი ნაწილი „საშიში ნარჩენების“ კატეგორიას განეკუთვნება.

ამგვარად გამოდის, რომ გარემოს გაბინძურების მიზეზი ბუნებრივი რესურსებია. მათ მოპოვებაზე, ტრანსპორტირებაზე და გადამუშავებაზე უამრავი დრო, ენერგია და სახსარი იხარჯება; საბოლოო ჯამში კი სწორედ ისინი აუარესებენ გარემოს ხარისხს. შემთხვევითი არაა პოპულარული გამოთქმა: გარემოს გაბინძურება — უადგილო ადგილას განლაგებული ბუნებრივი რესურსებია.

1983 წლის მონაცემებით, გფრ-ში წელიწადში 5 მლნ ტ ნარჩენი გროვდება, რაც ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით 80 კგ-ს შეადგენს. აშშ-ისათვის ეს მონაცემები, შესაბამისად, 57 მლნ ტ-ის და 250 კგ-ის ტოლია, ფინეთისათვის — 0,4 მლნ ტ-ის და 340 კგ-ის, საფრანგეთისათვის — 17 მლნ ტ-ის და 340 კგ-ის, ინგლისისათვის 7 მლნ ტ-ის და 120 კგ-ის, ავსტრიისათვის 0,1 მლნ ტ-ის და 30 კგ-ის ტოლია.

დაახლოებით იგივე პერიოდში საქართველოში წელიწადში 1,3 მლნ-მდე ტ ნარჩენი გროვდებოდა, რაც ერთ სულ მოსახლეზე გადაანგარიშებით 245 კგ-ს შეადგენდა.

მოსალოდნელია, რომ 2050 წლისათვის პლანეტის მოსახლეობა 10-11 მლრდ-ს მიაღწევს. თუ წარმოების ნარჩენების წარმოქმნა დღევანდელი ტემპით გაგრძელდა, იმ დროისათვის ყოველწლიურად 400 მლრდ ტ მყარი ნარჩენი დაგროვდება.

ნარჩენებთან დაკავშირებით დღის წესრიგში ორი მნიშვნელოვანი პრობლემა დგას: სად წავიღოთ მილიონობით ტონა საშიში მასალა? რა ვუყოთ ათასობით მიტოვებულ ნაყარს და სამარხს?

ნარჩენები შესაძლოა დამუშავდეს ქიმიურად, რის შედეგადაც ის ნაკლებად საშიში ხდება. თუ ორგანული მასალა მძიმე ლითონებს არ შეიცავს, მისი განეიტრალება ბიოლოგიური საშუალებით შეიძლება (მაგალითად, ნარჩენების კომპოსტირება და სასუქად გამოყენება). შედარებით ნაკლებსახიფათოდ ითვლება ნარჩენების დაწვა სპეციალურ

ღუმელებში. საშიში ნარჩენების უვნებელყოფის ერთ-ერთი გზა მათი ჭაბურღილებში ჩამარხვაა, თუმცა ეს გზაც სადავოდ ითვლება, რადგან ნარჩენები შესაძლოა გაიჟონოს ან აფეთქდეს კიდეც.

ნარჩენების ლიკვიდაციის ჩამოთვლილი გზები, მათი ფართო გამოყენების მიუხედავად, არასაკმარისია. ამიტომ გასული საუკუნის I ნახევარში უკვე შეიქმნა პრინციპულად ახალი მიდგომა, დაფუძნებული ნედლეულის მრავალჯერად, ციკლურ გამოყენებაზე. იგი „უნარჩენო ტექნოლოგიის“ სახელწოდებითაა ცნობილი.

არის მოსაზრება, რომ დღევანდელ პირობებში აირების და ჩამდინარე წყლების გაწმენდა და შემდეგ ნარჩენების უტილიზაცია არაეფექტურია. ჯერ ერთი, გამწმენდი ნაგებობები მეტად ძვირია, წარმოების ზოგიერთ სფეროში მათზე მოდის საერთო კაპიტალდაბანდების 20-40%. მეორე მხრივ, დაჭერილი გამაბინძურებელი ნივთიერებები უმრავლეს შემთხვევაში ვერ პოულობს გამოყენებას და გარემოს მეორად გაბინძურებას იწვევს. ზაიცევის (1990) მონაცემებით, 1987 წელს სსრკ მრეწველობის სხვადასხვა დარგის გამონაბოლქვში დაჭერილი იყო 209,5 მლნ ტ მავნე ნივთიერება (ძირითადად, მტვერი). აქედან ხელმეორედ მხოლოდ 99,6 მლნ ტ გამოიყენეს, ხოლო თითქმის 100 მლნ ტ მიწის ზედაპირზე მოხვდა, რაც ნიადაგისა და გრუნტის წყლების მასობრივ გაბინძურებას იწვევდა. ავტორი იმ დასკვნამდე მიდის, რომ „გამწმენდმა ნაგებობებმა და ნარჩენების უტილიზაციამ დაკარგა მნიშვნელობა“.

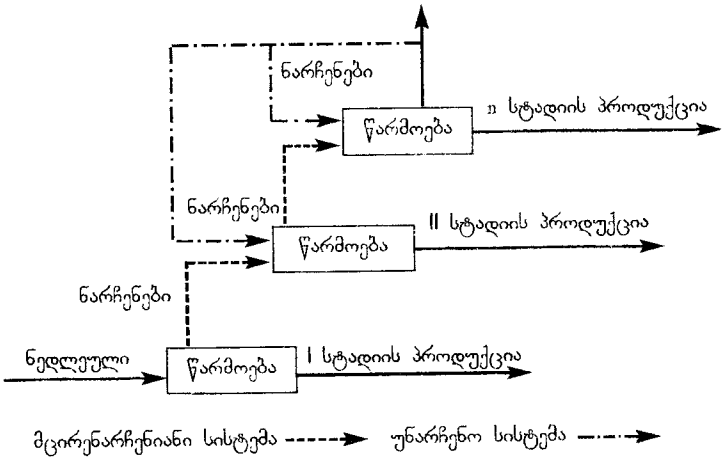
ახალი მიდგომა, რომელიც დღეს „უნარჩენო ტექნოლოგიის“ სახელწოდებითაა ცნობილი, თავისი არსით ბუნებრივი პროცესების ანალოგიურია. მართლაც, როგორც აღინიშნა ზევით, ბუნებაში ორგანიზმთა ერთი ჯგუფის ცხოველქმედების პროდუქტები სხვა ორგანიზმების მიერ გამოიყენება. შედეგად, ხორციელდება ნივთიერებათა წრებრუნვის გლობალური პროცესი. როგორც ვ. ვერნადსკი აღნიშნავდა, „ახალ ევოლუციურ ეტაპზე — ნოოსფეროში გადასვლა შესაძლებელია მხოლოდ ნივთიერებისა და ენერგიის ციკლების შენარჩუნების პირობებში“. ცხადია, ვერნადსკი გულისხმობდა არა მხოლოდ ბიოგენურ ნივთიერებებს, არამედ ყველა ნივთიერებას (მათ შორის ტექნოგენურსაც), რომელიც გარემოში ამა თუ იმ სახით გროვდება.

გაეროს ევროპული კომისიის სემინარზე (ტაშკენტი, 1984) მიღებული განმარტებით, „უნარჩენო ტექნოლოგია —

პროდუქციის წარმოების გზაა, რომლის დროს ნედლეული და ენერგია ზედმიწევნით რაციონალურად და კომპლექსურად გამოიყენება. იგი გულისხმობს ციკლს: ნედლეულის რესურსი — წარმოება — ნედლეულის მიღება — მეორადი ნედლეულის მიღება და გამოყენება; თანაც გარემოზე ზემოქმედება არ იწვევს მისი ნორმალური ფუნქციონირების რღვევას". თუ ნედლეულის სრული ათვისება ვერ ხერხდება, საქმე გვაქვს მცირენარჩენიან სისტემასთან. წარმოების უნარჩენო და მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიური სისტემების არსი ასახულია სქემაზე (იხ. სურ. 67).

მეცნიერთა აზრით, დღევანდელ პირობებში პრაქტიკულად შესაძლებელია ნარჩენების 2/3-ის ხელმეორედ გამოყენება. ამ პროცესს (ანუ რეციკლულაციას) უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ბუნებრივი რესურსების დაზოგვის თვალსაზრისით. რესურსებისა და მათი ხარჯვის რაოდენობრივი შეფასებისათვის ხშირად გამოიყენება ე. წ. „ამოწურვადობის ინდექსი", რომელიც ითვალისწინებს საბადოების მარაგის და მისი ხარჯვის ინტენსივობის თანაფარდობას. დადგენილია, რომ თუ რომელიმე საბადოს მარაგი გაიზრდება 10-ჯერ, ნედლეულით უზრუნველყოფა მოიმატებს მხოლოდ 3-ჯერ. მაგრამ 50%-იანი რეციკლულაციის დროს უზრუნველყოფა გაიზრდება 3-3,5-ჯერ, ხოლო 95-98%-იანი რეციკლულაციისას — 5-6-ჯერ. აქედან ლოგიკური დასკვნა: წარმოების მდგრადი განვითარებისა და გარემოს სტაბილური მდგომარეობის უზრუნველყოფისათვის აუცილებელია მეორადი ნედლეულის მნიშვნელობის მიზანმიმართული ზრდა და წარმოების უნარჩენო თუ მცირენარჩენიანი ტექნოლოგიების დანერგვა. საბოლოო ჯამში, სამრეწველო წარმოება მეტწილად მეორად ნედლეულს უნდა ეფუძნებოდეს (ლემეშევი, 1990).

ასე, თბური ელექტროსადგურები იძლევიან ათობით მილიონ ტონა ნარჩენს (ნაცარი, წიდა) წელიწადში, რაც სასარგებლო მიწების ასობით ჰა-ის გაჭუჭყიანებას იწვევს. სრულყოფილი ტექნოლოგიის პირობებში ეს ნარჩენები შესაძლოა გამოიყენონ სამშენებლო მასალების დამზადებისათვის, ხოლო ნაცარი — ზოგი მეტალის (რკინა, ალუმინი და სხვ.) მიღებისათვის. მეტალების დამზადების ეს გზა უფრო იაფი ჯდება ამოსავალი რესურსების მოპოვება-დამუშავებასთან შედარებით. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ისიც, რომ მინიმუმამდეა დაყვანილი ჰიდროსფეროს და ატმოსფერული ჰაერის გაბინძურება. ჩამდინარე



სურ. 67. წარმოების მცირენარჩენიანი და უნარჩენო ტექნოლოგიური სისტემების სქემა, ცვეტკოვას და სხვ. (1999) მიხედვით.

წყლებით მდინარეებისა და წყალსატევების გაჭუჭყიანება შესაძლოა ლიკვიდირებულ იქნეს, თუ სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ობიექტებზე წყალმომარაგების დახშული სისტემები იქნება დანერგილი.

საყურადღებოა მეტალურგიული ქარხნების ჭვარტლიდან გრაფიტის დამზადების ტექნოლოგია, დამუშავებული ხარკოვის მეცნიერთა მიერ. იგი საშუალებას იძლევა უარი ითქვას გრაფიტის მიღების ტრადიციულ მეთოდებზე, რაც გამორიცხავს დიდძალი ნარჩენის დაგროვებას და ბიოსფეროს გაბინძურებას.

უნარჩენო წარმოების კლასიკური მაგალითია პიკალევის და ვოლხოვის თიხამიწის ქარხნები, რომლებიც ახდენენ ნეფელინის გადამუშავებას უნარჩენო ტექნოლოგიით და ნედლეულის ყველა კომპონენტის გამოყენებით. თანაც დანახარჯები თიხამიწის, სოდის, პოტაშის და ცემენტის წარმოებაზე აქ 10–15%-ით ნაკლებია სხვა ტექნოლოგიებთან შედარებით.

საწარმოო გაერთიანება „ქიმპრომი“ უკრაინის მჭიდროდ დასახლებულ რაიონში მდებარეობს. აქ მზადდება ქლორი, კაუსტიკური სოდა, პლასტიკური მასები, მცენარეთა დაცვის ქიმიური საშუალებები, სინთეზური სარეცხი საშუალებები, ორგანული ბუნების პროდუქტები. წყლის მარაგი, ისევე როგორც ჩანარეცხი წყლების გატანის

შესაძლებლობა, აქ შეზღუდულია. ამან ხელი შეუწყო ჩაკეტილი სისტემის დამუშავებას, რომელიც საშუალებას იძლევა მაქსიმალურად გამოირიცხოს სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო წყლების გატანის აუცილებლობა. გაერთიანებაში დანერგილია ნარჩენების სრული გადამუშავების ტექნოლოგია. შედეგად, 90-იანი წლების მონაცემებით, წლიური პროდუქცია ნარჩენების ხარჯზე 30 000 ტ-ს შეადგენს, ხოლო ეკონომიკური ეფექტი მატერიალური და ენერგეტიკული დანახარჯების შემცირებით — 4,5 მლნ მანეთს.

ბოლო ათეულ წლებში ყურადღებას იპყრობს უნარჩენო გალვანური წარმოება ლიტვაში. გალვანური წარმოება ითვლება ჩამდინარე წყლების ერთ-ერთ ძირითად გამაბინძურებლად მძიმე ლითონებით. ყოფილ სსრკ-ში 6000-მდე ასეთი წარმოება იყო. მძიმე ლითონების (ქრომი, სპილენძი, ცინკი, კადმიუმი) მეორადი ათვისების ხარისხი აქ 30-40%-ს შეადგენდა, ნარჩენების 60-70% — ჩამდინარე წყლებში იყრებოდა. მძიმე ლითონების გარდა, გალვანური აბაზანების ელექტროლიტები შეიცავენ მჟავებს, ტუტეებს, ციანურ შენაერთებს და მაღალი ტოქსიკურობის სხვადასხვა ორგანულ დანამატს.

ლიტვაში გალვანური წარმოების ნარჩენები პოლემონასის კერამიკულ ქარხანაში (ქ. კაუნასი) გადააქვთ, სადაც იგი კრამიტის და კერამზიტის წარმოებაში გამოიყენება. თიხის ნარევში გამოწვის შემდეგ გალვანური ლამი სავსებით უვნებელია; იგი ზრდის კრამიტის გამძლეობას დაბალი ტემპერატურების მიმართ და ამცირებს ტენის შთანთქმის ხარისხს.

აღნიშნულ ქარხანაში გალვანური ლამიდან მიიღება მაგნიტური მასალაც, რომელსაც ფართო გამოყენება აქვს სახალხო მეურნეობაში. აქ ხდება აგრეთვე ქაღალდის ნარჩენების, ემულსიების, ლიგნინის, გაბინძურებული ნავთობპროდუქტების და სხვათა გადამუშავება.

თავი VIII. საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის სტრატეგია

ისტორიულად საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობა განიხილება როგორც ადამიანის მიერ საარსებო რესურსების გამოყენება მისი მატერიალური და სულიერი მოთხოვნების დაკმაყოფილების მიზნით. კაპიტალიზმის დროს მომხმარებლური დამოკიდებულება უმაღლეს განვითარებას აღწევს. აღიარებულია ადამიანის ეკონომიკური ინტერესების უპირატესი მნიშვნელობა ბუნებრივ მოვლენებთან შედარებით; გარემო განიხილება როგორც საწყობი, საიდანაც შესაძლებელია ადამიანისათვის აუცილებელი ყველა რესურსის უსაზღვრო გამოყენება. საზოგადოების განვითარების გარკვეულ ეტაპზე ასეთი მიდგომა პროგრესული იყო, რადგან მის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა ტექნიკური რევოლუციის განხორციელება და საარსებო პირობების გაუმჯობესება. გასული საუკუნის 50-იანი წლებისათვის მომხმარებლურმა დამოკიდებულებამ აშკარად რეაქციული ხასიათი მიიღო.

პირველი კონცეფციები. საუკუნის წინათ არც ადამიანებს, არც ტექნიკას ჯერ კიდევ არ შეეძლოთ რადიკალურად შეეცვალათ გლობალური ეკოსისტემა. მაგრამ XX ს-ში მდგომარეობა მკვეთრად შეიცვალა. განვლილი საუკუნის მანძილზე პლანეტის მოსახლეობა თითქმის 3,5-ჯერ გაიზარდა; მსოფლიო ეკონომიკა გაიზარდა დაახლოებით 20-ჯერ, ენერგეტიკული რესურსების ხარჯვა – 32-ჯერ, სამრეწველო წარმოება – 53-ჯერ. თუ რა არასასურველი შედეგები გამოიღო ამ კოლოსალურმა ძვრებმა, წინა თავებში დავინახეთ. მოსალოდნელია, რომ 2050 წლისათვის პლანეტის მოსახლეობა 10-11 მლრდ-ს მიაღწევს. ექსპერტების აზრით, იდეალურ შემთხვევაში ადამიანთა ცხოვრების დონე გაუთანაბრდება ინდუსტრიული ქვეყნების თანამედროვე პირობებს. მაგრამ თუ ზოგიერთი ბუნებრივი რესურსის გამოყენება დღევანდელ დონეზე დარჩა და თუ არ აღმოჩნდება ახალი რეზერვები ან შემცვლელი რესურსები, „იდილია“ მხოლოდ 3-4 ათეულ წელს გასტანს.

საზოგადოების აშკარა გამოფხიზლება გასული საუკუნის 60-იან წლებში დაიწყო, როდესაც გამოჩნდა პლანეტის დეგრადირების სიმპტომები და აშკარად დავინახეთ ეკოლოგიური კრიზისის პირველი ნიშნები. ამან ხელი შეუწყო ბიოსფეროს პრობლემებისადმი შედარებით

გონივრულ მიდგომას, რამაც თავისი გამოხატულება ე. წ. „შეზღუდული პასუხისმგებლობის კონცეფციაში“ ჰპოვა.

ამ კონცეფციას ორი ნაკლოვანი მხარე გააჩნდა: 1 — ნაციონალური მიდგომა, რომელიც გულისხმობდა ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის ამოცანების გადაჭრას მხოლოდ ცალკეული სახელმწიფოების ფარგლებში; 2 — ფინანსური რესურსების შეზღუდულობა.

ამ თავისებურებათა გამო, 60-70-იანი წლების შედეგები, გარკვეული წარმატებების მიუხედავად, მაინც არადამაკმაყოფილებელი იყო. 70-იანი წლებისათვის პლანეტის ბუნებრივი სისტემების საერთო მდგომარეობა გაუარესდა, ხოლო ოზონურ შრესთან, კლიმატთან და მსოფლიო ოკეანესთან დაკავშირებული გლობალური უარყოფითი მოვლენები საგრძნობლად გამძაფრდა. საზოგადოებისათვის ცხადი გახდა, რომ წარსულში განხორციელებული ნაბიჯები აშკარად არასაკმარისია. შედეგად, გარემოს მიმართ შეზღუდული პასუხისმგებლობის კონცეფცია „მაღალი პასუხისმგებლობის კონცეფციით“ შეიცვალა. მისი ძირითადი მოთხოვნებია:

— ბუნებათსარგებლობისა და გარემოს დაცვის ამოცანების განხილვა არა ცალკეული რეგიონების, არამედ პლანეტარულ დონეზე;

— ამ პრობლემებთან დაკავშირებული ფინანსური რესურსების მნიშვნელოვანი გაზრდა;

— ბუნებათსარგებლობის სამართლებრივი საფუძვლების სრულყოფა.

1972 წელს სტოკჰოლმში ჩატარდა საერთაშორისო კონფერენცია, რომელმაც ცხადყო, რომ ბიოსფეროს რღვევა საგრძნობლად ამუხრუჭებს ეკონომიკის განვითარებას. მეორე მხრივ, ეკონომიკის სრულყოფისათვის გადადგმული ნაბიჯები ხშირ შემთხვევაში გარემოს დეგრადირებას უწყობს ხელს. საზოგადოების წინაშე წამოიჭრა კითხვა: არსებობს თუ არა განვითარების გზა, რომელიც გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედების გარეშე დააკმაყოფილებს დღევანდელი მოსახლეობის მოთხოვნებს და, ამავე დროს, არ შეზღუდავს 10-11 მლრდ ადამიანის ნორმალურ არსებობას XXI ს-ის I ნახევარში?

რომის კლუბი. ერთ-ერთი პირველი ორგანიზაცია, რომელმაც ყოველმხრივ განიხილა საზოგადოების წინაშე მდგარი მტკივნეული პრობლემები და მეტ-ნაკლებად ამომწურავი პასუხი გასცა ზევით დასმულ კითხვაზე, რომის კლუბი იყო.

კლუბი ჩამოყალიბდა 1968 წელს იტალიელი მეწარმის აურელიო პეჩჩეის ინიციატივით. დამფუძნებლები იყვნენ იმ დროის ცნობილი მეცნიერები და ბიზნესმენები (სულ 30 კაცი 10 ქვეყნიდან). კლუბმა დაგეგმა კონცეფტუალური ნაშრომების გამოქვეყნება საერთო სათაურით ,,კაცობრიობის სიძნელეები'', სადაც უნდა გაშუქებულიყო XX საუკუნის აქტუალური პრობლემები.

რომის კლუბის დამაარსებლებს, ისევე როგორც იმ დროის მოწინავე საზოგადოების დიდ ნაწილს, გათვითცნობიერებული ჰქონდა ჭარბდასახლების პრობლემები და მისი შესაძლო შედეგები. ამიტომ პირველი ნაშრომი, რომელიც კლუბმა განიხილა, მოსახლეობის ზრდის პერსპექტივებს ეხებოდა. მისი ავტორები იყვნენ მასსაჩუსეტის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის ეკონომისტები და სოციოლოგები დენის და დონელი მიდოუზების ხელმძღვანელობით.

დემოგრაფიული საკითხების განხილვისას მიდოუზებმა, პირველ რიგში, ინგლისელი ეკონომისტის თომას მალთუსის იდეები მოიშველიეს. 1798 წელს გამოცემულ წიგნში ,,ჭარბდასახლების პრინციპების გამოკვლევა'' მალთუსი ასაბუთებს, რომ ჩვენი პლანეტის მოსახლეობის ზრდის შესაძლებლობანი ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე მისი გამოკვებისა. ამიტომ მოსახლეობის ზრდა კაცობრიობას საბოლოოდ კატასტროფულ შიმშილამდე მიიყვანს.

მალთუსის მტკიცებით, მოსახლეობის ზრდა გეომეტრიული პროგრესით ხორციელდება, საკვები რესურსებისა კი, სასოფლო-სამეურნეო მიწების სიმცირის გამო, — არითმეტიკულით.

ნაშრომში ,,ზრდის საზღვრები'' (1972) მიდოუზებმა რამდენიმე პარამეტრი ჩამოაყალიბეს, რომელიც, მათი აზრით, განსაზღვრავს ჩვენს დემოგრაფიულ პერსპექტივებს. ესენია: მოსახლეობის რიცხოვნობა, ინდუსტრიალიზაცია, ჯანდაცვის საერთო დონე და სხვ. ავტორები თვლიან, რომ ეს პარამეტრები ექსპონენციალურად იზრდება, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ მოსახლეობის ზრდა კვლავაც გაგრძელდება, ხოლო გარდატეხის ფაზა არარეალურია.

პოლიტიკური წრეების მხრიდან ნაშრომმა მკაცრი კრიტიკა გამოიწვია. ავტორებს ადანაშაულებდნენ ახალი ტექნოლოგიების, ენერგიის არატრადიციული წყაროების მნიშვნელობის უგულებელყოფაში. მიუხედავად ამისა, საზოგადოების დიდ ნაწილში მიდოუზების კონცეფციის სამართლიანობა ეჭვს არ იწვევდა.

რომის კლუბის II მოხსენება — „კაცობრიობა გზაჯვარედინზე“ — მოამზადეს ჰანოვერის ერთ-ერთი ინსტიტუტის პროფესორებმა მ. მესაროვიჩმა და ე. პესტელმა. ავტორებმა დედამიწა 10 რეგიონად დაყვეს. ესენია: ჩრდ. ამერიკა, იაპონია, ავსტრალია და სამხრ. ამერიკა, სსრკ და დას. ევროპა, ლათინური ამერიკა, ჩრდ. აფრიკა და ახლო აღმოსავლეთი, ტროპიკული აფრიკა, სამხრეთი აზია და ჩინეთი. ავტორები ამტკიცებდნენ, რომ ამ რეგიონებში ეკოლოგიური პრობლემები ცალ-ცალკე უნდა იხილებოდეს, რადგან თითოეული მათგანი სპეციფიკური ნიშნებით ხასიათდება. ისინი თვლიდნენ, რომ თანამედროვე კრიზისს ორი გლობალური მიზეზი განსაზღვრავს — წინააღმდეგობა საზოგადოებასა და გარემოს შორის და განსხვავება მდიდრებსა და ღარიბებს შორის. მსოფლიოს ერთიანობას მხოლოდ ამ მიზეზების მოსპობა შეუწყობს ხელს.

III მოხსენება — „მსოფლიო წყობის გარდაქმნა“ (1977) — ეკუთვნის მეცნიერთა ჯგუფს ჰოლანდიელი ეკონომისტის ი. ტინბერგენის ხელმძღვანელობით. ავტორები ამტკიცებენ, რომ მსოფლიო ჰარმონიის მიღწევა შესაძლებელია მხოლოდ მაშინ, როდესაც ყველა ქვეყანა საკუთარ მიზნებს გლობალურ ინტერესებს დაუქვემდებარებს; ეკონომიკა უნარჩენო ტექნოლოგიების პრინციპს უნდა დაემორჩილოს, რაც ნიშნავს „ხაზოვანი“ ეკონომიკის „წრიული“ ეკონომიკით შეცვლას.

ავტორთა აზრით, მილიტარიზაციის შემცირებას სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს: შეიარაღებაზე და კონკურენციაზე გაწეული დანახარჯები სახელმწიფოთა ურთიერთთანამშრომლობას უნდა ხმარდებოდეს.

IV მოხსენება — „გლობალური საზოგადოების მიზნები“ (1977) — შეადგინა ფილოსოფიის პროფესორმა ე. ლესლიმ, გახმაურებული წიგნის „სამომავლო სტრატეგია“ ავტორმა. მოხსენებაში ორი ფუნდამენტური საკითხია დაყენებული: რა უნდა იყოს კაცობრიობის მიზნები და რას უნდა მიენიჭოს უპირატესობა — გარემოს ხარისხს თუ მატერიალურ კეთილდღეობას.

მომდევნო მოხსენებები (1978-80) მიეძღვნა კონკრეტულ საკითხებს — ნარჩენების გადამუშავებას, ენერგიის ათვისებას, საზოგადოების კეთილდღეობას და ა. შ.

ერთ-ერთი ცენტრალური მოხსენება — „სწავლებას არ აქვს საზღვრები“ (1980) პროფ. ბოტკინს და მის კოლეგებს ეკუთვნის. ავ-

ტორები აანალიზებენ საზოგადოებრივი სწავლების 2 დონეს — მიკრო- და მაკროსწავლებას. ისინი იხილავენ საკითხს, თუ როგორი უნდა იყოს განათლების სისტემა, რომ ნებისმიერი მნიშვნელოვანი პრობლემა მისაწვდომი და გასაგები იყოს მოსახლეობის ყველა ფენისათვის.

რომის კლუბის და მისი აქტიური წევრების ძალისხმევით 80-იან წლებში შეიქმნა პლანეტის განვითარების ათზე მეტი მოდელი. განსაკუთრებული პოპულარობა მოიპოვეს ფორესტერის, მიდოუზების, მესაროვიჩ-პესტელის მოდელებმა. ყველა მოდელი ეფუძნება იმ აზრს, რომ პლენტის თანამედროვე მდგომარეობა არის არა მხოლოდ რესურსების შეზღუდულობის და ჭარბდასახლების, არამედ პოლიტიკური, სოციალური და ეკონომიკური უთანასწორობის შედეგი. განსხვავებამ მდიდარ და ღარიბ ფენებს შორის, ისევე, როგორც ინდუსტრიულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის, კოლოსალურ მასშტაბებს მიაღწია.

1991 წლის 26 ივლისს შედგა რომის კლუბის საქართველოს ასოციაციის დამფუძნებელი კრება, რომელშიც მონაწილეობდნენ ცნობილი მეცნიერები, საზოგადო მოღვაწენი, კულტურის მუშაკები (ასოციაციის შექმნის ინიციატორები იყვნენ ქალბატონები ე. და მ. აბაშიძეები). ასოციაციამ სრული მხარდაჭერა გამოთქვა რომის კლუბის ფუნდამენტური იდეების მიმართ. მისი მიზნებია: საქართველოს ჩაბმა რომის კლუბის საქმიანობაში, ძირითად მოხსენებათა მასალების პოპულარიზაცია, გლობალური აზროვნების პროპაგანდა და ა. შ.

მდგრადი განვითარება. 1983 წელს გაეროს ინიციატივით შეიქმნა „გარემოს პრობლემებისა და განვითარების საერთაშორისო კომისია“, რომელსაც უნდა დაემუშავებინა საზოგადოებისა და გარემოს ურთიერთობისა და განვითარების საერთაშორისო სტრატეგია. კომისიაში 23 მეცნიერი, პოლიტიკოსი და საზოგადო მოღვაწე შედიოდა. მას ხელმძღვანელობდა ქ-ნი გრო ბრუნდტლანდი, ცნობილი საზოგადო მოღვაწე, შემდგომში ნორვეგიის პრემიერ-მინისტრი (ამიტომ ამ კომისიას ხშირად „ბრუნდტლანდის კომისიას“ უწოდებენ).

კომისიის წინაშე სამი უმთავრესი ამოცანა იდგა:

— გარემოს მდგომარეობისა და ეკონომიკური განვითარების ძირითადი საკითხების ყოველმხრივი გაანალიზება და მათი გადაწყვეტის რეალისტური წინადადებების შემუშავება,

— საერთაშორისო თანამშრომლობის ახალი ფორმების გამოძებნა,

— ამ პრობლემების დაყვანა ცალკეული პირების, ნებაყოფლობითი ორგანიზაციების, საქმიანი წრეების, დაწესებულებებისა და მთავრობების დონემდე მათი წარმატებით გადაწყვეტის ხელშეწყობისათვის.

კომისიამ გააანალიზა საკითხების ფართო სპექტრი და ჩაატარა მრავალრიცხოვანი დისკუსია; საკვანძო საკითხების შესაბამისად, ჩამოაყალიბა საგანგებო საბჭოები, რომელშიც მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის წამყვანი სპეციალისტები იყვნენ დასაქმებული. დისკუსიებში მონაწილეობა მიიღო მრავალმა ათეულმა ათასმა კაცმა მოსახლეობის სხვადასხვა ფენიდან.

კომისიამ განიხილა მსოფლიოს წინაშე უკანასკნელი ათეული წლების მანძილზე წამოჭრილი მწვავე პრობლემები. ისინი ეხება ინდუსტრიული და განვითარებადი ქვეყნების ეკონომიკურ ურთიერთობას, სიმდიდრისა და დოვლათის განაწილებას, რესურსთშთანთქმის ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ფაქტორებს, ბუნებრივი სიმდიდრეების არარაციონალურ ხარჯვას, გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბებს და მრავალ სხვას.

მუშაობის პროცესში კომისია იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ გარემოს მდგომარეობისა და ეკონომიკური განვითარების საკითხები ერთმანეთშია გადახლართული; ისინი საზოგადოებრივი ცხოვრების ერთიან პრობლემებს ქმნიან, ამიტომ მათი განხილვა ერთობლივად უნდა ხდებოდეს. ამავე დროს, ეკოლოგიური და ეკონომიკური პრობლემები მხოლოდ ერთი ქვეყნით როდი შემოიფარგლება! უმრავლეს შემთხვევაში მათ რეგიონალური ან გლობალური მასშტაბები აქვთ.

გადაუჭარბებლად შეიძლება ითქვას, რომ ეს ზოგადი დასკვნა კომისიის მუშაობის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი შედეგია. ეს მით უფრო ხაზგასასმელია, რომ არცთუ შორეულ წარსულში ყველა საერთაშორისო ორგანიზაცია ეკონომიკურ საკითხებს ეკოლოგიურისაგან იზოლირებულად იხილავდა, ხოლო ქვეყნის შიგნით მათ ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი ორგანიზაციები მართავდნენ.

1987 წლის ოქტომბერში, 3 წლის დაძაბული მუშაობის შემდეგ, კომისიამ გაეროს გენერალურ ასამბლეაზე განსახილველად ვრცელი მოხსენება — „ჩვენი საერთო მომავალი“ — წარადგინა. შინაარსით და ფაქტობრივი მასალით ეს მოხსენება ზემოთ აღნიშნული საკითხების შესწავლისა და გადაწყვეტის კონკრეტულ გზებს ასახავს. მისი ძირითადი პრინციპების ზეგავლენით ბოლო დროის გაცხოველებული

დებატები — ეკონომიკური ზრდა თუ გარემოს ნორმალური იერი — თანდათან კომპრომისულ ხასიათს იღებს და ე. წ. მდგრადი განვითარების ერთიან კონცეფციას გამოკვეთს.

კომისიის განმარტებით, „მ დ გ რ ა დ ი გ ა ნ ვ ი თ ა რ ე ბ ა არის ეკონომიკური და სოციალური განვითარების გზა, დაფუძნებული გარემოს სტაბილურ მდგომარეობაზე. ეს გზა უნდა პასუხობდეს თანამედროვე საზოგადოების მოთხოვნებს და, ამავე დროს, მომავალი თაობების განვითარების პერსპექტივებსაც ითვალისწინებდეს“.

მოხსენებას „ჩვენი საერთო მომავალი“ 2 ალტერნატიული კითხვა გასდევს:

— როგორი შეიძლება იყოს ჩვენი პლანეტა?

— როგორი გვინდა რომ იყოს იგი?

როგორც კომისია აღნიშნავს, მეცნიერებას შეუძლია მხოლოდ გააშუქოს ეს პრობლემები, მაგრამ ვერ გადაწყვეტს მათ. რადგან ადამიანები სხვადასხვა პირობებში ცხოვრობენ, მათი არჩევანიც სხვადასხვაგვარი შეიძლება იყოს. მაგრამ დედამიწა ერთია და განუყოფელი, ამიტომ ჩვენ, როგორც ერთი გლობალური სახეობის წარმომადგენლები, ერთიანად ვაგებთ პასუხს პლანეტის მდგომარეობაზე და მხოლოდ ერთობლივი ძალისხმევით გაგვაჩნია რაღაც შანსი, შევაჩეროთ მისი უარყოფითი ცვლილება.

„გარემოს პრობლემებისა და განვითარების საერთაშორისო კომისიის“ დასკვნით, მდგრადი განვითარების რეალიზებისათვის უნდა განხორციელდეს რამდენიმე პირობა, მათ შორისაა:

1 — ე კ ო ნ ო მ ი კ ი ს ზ რ დ ი ს ა ჩ ქ ა რ ე ბ ა. დაახლოებით 50 წლის მანძილზე აუცილებელია ეკონომიკური აქტივობის 5–10-ჯერადი გაზრდა, რათა დაკმაყოფილდეს მზარდი მოსახლეობის მოთხოვნები და მოისპოს სიღატაკე.

2 — მ ო ს ა ხ ლ ე ო ბ ი ს ზ რ დ ი ს შ ე ნ ე ლ ე ბ ა. ამ პრობლემას მხოლოდ მარტივი რაოდენობრივი განზოგადება როდი აქვს! საქმე ისაა, რომ ბავშვი, დაბადებული მდიდარ ქვეყანაში, უფრო „ძძიმე ტვირთს“ წარმოადგენს პლანეტისათვის, ვიდრე ღარიბ ქვეყანაში დაბადებული ბავშვი. ამავე დროს მრავალ რეგიონში მოსახლეობა უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ამის შესაძლებლობას რეგიონის ეკოლოგიური სიტუაცია იძლევა.

3 — ძირითადი ბიოლოგიური კაპიტალის შემცირების შეწყვეტა. ბიოლოგიური რესურსების ხარჯვა ოპტიმალური უნდა იყოს და მან არ უნდა გადააჭარბოს ბუნებრივ აღწარმოებას. დღეს მსოფლიოს ეკონომიკური სისტემები საწინააღმდეგო სურათს გვიჩვენებს, ხოლო ცალკეული ქვეყნების მიერ ეს მოთხოვნა თითქმის უგულებელყოფილია.

4 — წარმოების ხასიათის რადიკალური ცვლილება ენერგიის მაქსიმალური დაზოგვით. იგულისხმება ენერგიის ხარჯვის სტაბილიზირება და შემცირებაც კი. ზოგიერთ ინდუსტრიულ ქვეყანაში ეს პროცესი წარმატებით ხორციელდება, მაგალითად, შვედეთში და იაპონიაში, სადაც ენერგია (პროდუქციის ერთეულზე გადაანგარიშებით) წელიწადში 1,3-2%-ით იზოგება.

5 — კაპიტალდაბანდების გაზრდა გარემოს დაცვაში და მისი შემცირება შეიარაღებაზე. მსოფლიო მასშტაბით შეიარაღებაზე ყოველწლიურად ტრილიონამდე დოლარი იხარჯება, რაც შეადგენს 2,5 მლრდ. დოლარს დღეში. ეს ბევრად მეტია, ვიდრე გარემოს დაცვისათვის გამიზნული კაპიტალდაბანდება ზოგიერთ ქვეყანაში. ინდუსტრიულ ქვეყნებში ეს დანახარჯები შეადგენს ნაციონალური შემოსავლის 1,5-3%-ს (გარემოს დაცვა) და 5-6%-ს (შეიარაღება). კომისიის დასკვნით, კაპიტალდაბანდება გარემოს დაცვაში უნდა გაიზარდოს 5-6%-მდე, ხოლო შეიარაღებაში — შემცირდეს დაახლოებით 2-ჯერ.

პროგრამა 21. მდგრადი განვითარების კონცეფციის საერთაშორისო აღიარების შემდეგ მისი განვითარება და სრულყოფა ხდება. 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროში საერთაშორისო კონფერენცია ჩატარდა გარემოსა და განვითარების საკითხებზე. კონფერენციამ სრულყო აღნიშნული კონცეფცია და ახალი ინიციატივები წამოაყენა მისი ხორცშესხმისათვის.

კონფერენციის მუშაობაში მონაწილეობდა 180-მდე ქვეყნის წარმომადგენელი. სამუშაო კომიტეტმა მოისმინა სახელმწიფოთა მეთაურების, ეკოლოგიის მინისტრების გამოსვლები. კომიტეტის ფარგლებში შეიქმნა ძირითად პრობლემებთან დაკავშირებული 8 საკონტაქტო ჯგუფი: ფინანსური რესურსების, ტექნოლოგიების, ატმოსფეროს გაბინძურების და კლიმატის ცვლილების, ბიომრავალფეროვნების და ბიოტექნოლო-

გიების, მტკნარი წყლის რესურსების, სამართლებრივი საკითხების, ინსტიტუციონალური ღონისძიებების, ტყეების დაცვის.

გარკვეული წინააღმდეგობის მიუხედავად, კონფერენციამ მიიღო 3 ისტორიული დოკუმენტი:

— დეკლარაცია გარემოსა და განვითარების შესახებ,
— განცხადება ტყეების შენარჩუნებისა და მართვის შესახებ,
— XXI საუკუნის „დღის წესრიგი“ (პროგრამა 21).

პარალელურად მომზადდა 2 კონვენცია კლიმატისა და ბიომრავალფეროვნების შესახებ.

პროგრამა 21 შეიცავს 4 განყოფილებას და 40 თავს. I განყოფილება ეხება XXI საუკუნის სოციალურ და ეკონომიკურ საკითხებს. აქ შედის სიღატაკესთან ბრძოლა, მოსახლეობის ზრდის დინამიკა, ჯანდაცვა და სხვ.

II განყოფილებაში განხილულია ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების საკითხები. აქ შედის ატმოსფეროს და მიწის რესურსების დაცვა, გაუდაბნოებასთან და გვალვასთან ბრძოლა, სოფლის მეურნეობის ეკოლოგიზაცია, ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება, ზღვების დაცვა, რადიაციული და სხვა საშიში ნარჩენების უვნებელყოფა.

III განყოფილება ეხება მოსახლეობის ყველა ფენის და ყველა ტიპის სამთავრობო და არასამთავრობო ორგანიზაციების ჩართვის აუცილებლობას XXI საუკუნის საპროგრამო მიზნების განხორციელებაში.

IV განყოფილება პროგრამის ხორცშესხმის საშუალებებს ითვალისწინებს. ესენია: ფინანსური რესურსები, ეკოლოგიურად უსაფრთხო ტექნოლოგიები, მეცნიერება, განათლება და კადრების მომზადება, დამოკიდებულება განვითარებად ქვეყნებთან, საერთაშორისო საორგანიზაციო მექანიზმები და სამართლებრივი დოკუმენტები, ინფორმაციული სისტემები.

პროგრამა 21 ითვალისწინებს მრავალ სხვა საკითხს, რომელთა შორის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია:

— ადამიანის უფლება იცხოვროს ჯანსაღ გარემოში და სრულ ჰარმონიაში ბუნებასთან;
— გარემოს დაცვა როგორც მდგრადი განვითარების განუყოფელი ნაწილი;
— წინააღმდეგობის შემცირება მსოფლიოს ხალხებსა და მდიდარ და ღარიბ ფენებს შორის;
— ბუნებისდაცვითი კანონმდებლობის სრულყოფა;
— უარის თქმა მდგრადი განვითარების ხელშემშლელ ტექნოლოგიებზე.

პროგრამა 21 ხაზგასმით აღნიშნავს, რომ არც ერთ ქვეყანას არ ძალუძს დამოუკიდებლად განახორციელოს მდგრადი განვითარება. ეს უნდა მოხდეს მხოლოდ საერთაშორისო დონეზე.

პროგრამა 21-ის დღის წესრიგს ხელი მოაწერა 100-ზე მეტი ქვეყნის მთავრობის მეთაურმა. ამ დოკუმენტის საფუძველზე ევროპის ეკონომიკურმა თანამშრომლობამ, აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებმა, აშშ-მა, კანადამ და სხვებმა დაამუშავეს მდგრად განვითარებაზე გადასვლის ეროვნული კონცეფცია.

პროგრამა 21-ის მიღების პარალელურად, 1992 წელს ნიდერლანდებში მოძრაობამ „დედამიწის მეგობარი“ ფართო კომპანია გააჩაღა. მისი მიზანი იყო ბუნებრივი რესურსების მოპოვებისა და მოხმარების ახლებური მეთოდების დასამკვიდრებლად პოლიტიკური და სოციალური მექანიზმების გამოყენება.

ორი წლის შემდეგ ევროპის ანალოგიურმა მოძრაობამ დაამუშავა „მდგრადი ევროპის“ კონცეფცია, დაფუძნებული მდგრადი განვითარების პრინციპებზე.

მოიხაზა მდგრადი განვითარების ეტაპები. მაგალითად, ევროპაში I ეტაპი შემოიფარგლება პერიოდით 2010 წლამდე. მოსახლეობის კეთილდღეობის, ეკონომიკის, თუ გარემოს მდგომარეობის თვალსაზრისით, ამ დროისათვის ძირეული ცვლილებების განხორციელება უნდა დაიწყოს. II ეტაპზე (2010 წლის შემდეგ) ხორცი უნდა შეესხას კონცეფციით გათვალისწინებულ ყველა მუხლს.

საყურადღებოა „მდგრადი ევროპის“ პროგრამით გათვალისწინებული ზოგიერთი ვარაუდი. 2010 წლისათვის ნიადაგისა და ტყეების დეგრადირება უნდა შეწყდეს, ნავთობისა და ქვანახშირის მოპოვება შემცირდეს 2-2,5-ჯერ, ენერგიის არატრადიციული წყაროების გამოყენება გაიზრდება 4,8-ჯერ (2100 წლისათვის 45,6-ჯერ).

1990 წელს „დაცული ტერიტორიის“ ფართი ევროპის საერთო ფართის 1%-ზე ნაკლები იყო. 2010 წლისათვის იგი დაახლოებით 10-ჯერ გაიზრდება. ტყიანი ტერიტორიის 10% დაცული ტერიტორიის ფართს უნდა დაემატოს მცენარეთა და ცხოველთა სახეობრივი მრავალფეროვნების შენარჩუნებისათვის.

მდგრადი განვითარების პრინციპმა მნიშვნელოვნად შეცვალა დამოკიდებულება განვითარების, კეთილდღეობის და სხვა საზოგადოებრივი მოვლენების მიმართ. თუ წინათ ქვეყნის კეთილდღეობა განისაზღვრებოდა უპირატესად საერთო ნაციონალური შემოსავლით ან

შემოსავლით ერთ სულ მოსახლეზე, ახლებური მიდგომა ამას არასაკმარისად თვლის. ეს მაჩვენებლები უფრო ეკონომიკური აქტივობის ინდიკატორია, ვიდრე საზოგადოების განვითარების საერთო დონისა. მასში არ აისახება მოსახლეობის ჯანმრთელობა, გარემოს მდგომარეობა, ბუნებრივი რესურსების ხარჯვა, საზოგადოების სოციალური და ფსიქოლოგიური მაჩვენებლები.

ბოლო დროს ეკონომისტთა და სოციოლოგთა მცდელობა მიმართულია იქით, რომ კეთილდღეობის სინთეზურ მაჩვენებელში ისეთი ფასეულობაც აისახოს, რომლის ფულადი გამოხატვა არ შეიძლება. ამის მაგალითია „საზოგადოებრივი განვითარების ინდექსი" (IDI), რომელიც, სხვა ტრადიციულ პარამეტრებთან ერთად, მოსახლეობის სიცოცხლის ხანგრძლივობას, განათლების დონეს, ბუნებრივი რესურსების ხარჯვას ითვალისწინებს.

შესწევთ ქვეყნებს უნარი განავითარონ მდგრადი განვითარების გზა? ასეთ გზაზე გადასვლა შეიძლება შევადაროთ მხოლოდ ორ ეპოქალურ ცვლილებას კაცობრიობის ისტორიაში — ნეოლითურ რევოლუციას (მიწათმოქმედებაზე და მეცხოველეობაზე გადასვლა ნეოლითში) და სამრეწველო რევოლუციას XX საუკუნის მანძილზე. ეს მოვლენები ხორციელდებოდა თანდათან და შეუგნებლად. თანამედროვე რევოლუცია უნდა იყოს ბოლომდე გააზრებული, ხოლო საბოლოო მიზნები მაქსიმალურად გათვითცნობიერებული.

საერთაშორისო თანამშრომლობა. ეკოლოგიური პრობლემების გლობალიზაციის იდეა ეკოლოგიური კრიზისის საფრთხის ზრდასთან ერთად ვითარდებოდა. ამ მიმართულებით ერთ-ერთი უპირველესი ნაბიჯი — გარემოს დაცვის სამართლებრივი პრინციპების დამუშავება იყო.

XX საუკუნის შუა პერიოდის შემდეგ საერთაშორისო სამართლებრივი საკითხები რამდენიმე დოკუმენტში აისახა, რომელთა შორის ძირითადია: გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის (გაერო) გენერალური ასსამბლეის (1962, 1968, 1980) და სტოკჰოლმის კონფერენციის (1972) გადაწყვეტილებები, ევროპის უშიშროებისა და თანამშრომლობისადმი მიძღვნილი თათბირი (ჰელსინკი, 1975), ბუნების დაცვის მსოფლიო ქარტია (1986), გაეროს საერთაშორისო კონფერენციის მასალები გარემოსა და განვითარების დარგში (რიო-დე-ჟანეირო, 1992) და სხვ.

ამ დოკუმენტების მიხედვით, ძირითადი საერთაშორისო სამართლებრივი პრინციპები გარემოს დაცვის დარგში შემდეგია:

— სახელმწიფოთა სუვერენიტეტი საკუთარი ტერიტორიის ბუნებრივ რესურსებზე,

— ქვეყნის ეკოლოგიური კეთილდღეობის არდაშვება სხვა ქვეყნების ხარჯზე,

— ეკოლოგიური ინფორმაციის თავისუფალი საერთაშორისო გაცვლა,

— სახელმწიფოთა ურთიერთდახმარება განსაკუთრებულ ეკოლოგიურ სიტუაციებში,

— ეკოლოგიურ-სამართლებრივი დავის გადაწყვეტა მშვიდობიანი გზით.

ჩამოთვლილი პრინციპები დსთ-ს ქვეყნებზეც გავრცელდა, რომელთა მეთაურებმა 1992 წელს მოსკოვში ხელი მოაწერეს შეთანხმებას ურთიერთთანამშრომლობის შესახებ ეკოლოგიისა და გარემოს დაცვის სფეროში.

საერთაშორისო თანამშრომლობის ობიექტებია: ატმოსფერო, მსოფლიო ოკეანე, კოსმოსი, ანტარქტიკა, სახელმწიფოთაშორისი ბუნებრივი რესურსები.

ატმოსფეროსთან დაკავშირებით პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს შეთანხმებას მასობრივი განადგურების იარაღის (ბირთვული, ქიმიური, ბიოლოგიური) აკრძალვის შესახებ. სერიოზულ საშიშროებას ქმნის ატმოსფეროს ტრანსსასაზღვრო გამაბინძურებლები — მჟავე ნალექის წყაროები, სტრატოსფერული ოზონის დამშლელი ნივთიერებები და სხვ. გლობალურ ატმოსფერულ პროცესებთან დაკავშირებულ საერთაშორისო შეთანხმებებს შორის აღსანიშნავია 1986 წლის სამთავრობათაშორისო გადაწყვეტილება CO_2-ისა და SO_2-ის გამონაბოლქვის 30-50%-ით შემცირების შესახებ.

კოსმოსის, როგორც მსოფლიო თანასაზოგადოების საკუთრების საკითხი, ორ უმნიშვნელოვანეს დოკუმენტშია ასახული. ესენია: დეკლარაცია კოსმოსური სივრცის გამოყენების სამართლებრივი პრინციპების შესახებ (1963) და შეთანხმება სახელმწიფოთა ქმედებების თაობაზე კოსმოსური სივრცის შესწავლისა და ათვისების მიზნით (1967).

მსოფლიო ოკეანის დაცვის პრობლემას 25-მდე სამართლებრივი და ნორმატიული საერთაშორისო დოკუმენტი, მრავალი გადაწყვეტილება, შეთანხმება თუ რეზოლუცია მიეძღვნა. მათ შორის მნიშვნელოვანია ნავთობით, ქიმიური და რადიოაქტიური ნივთიერებებით ოკეანის გაბინძურების აკრძალავი გადაწყვეტილებები; საერთაშორისო კონვენციები თევზის ჭერის, ოკეანის რესურსების დაცვის (1958), საზღვაო სამართლის (1982) შესახებ და მრავალი სხვა.

პირველი საერთაშორისო შეთანხმება ანტარქტიკის სტატუსის, დაცვის და ათვისების შესახებ 1959 წელს გაფორმდა. მისი ძირითადი პრინციპია თავისუფლება სამეცნიერო კვლევების ჩატარებაზე, სამხედრო ღონისძიებების აკრძალვა, ცოცხალი რესურსების დაცვა და ა. შ.

სახელმწიფოთაშორის რესურსად ითვლება ის, რომელსაც იყენებს ორი ან მეტი სუვერენული ქვეყანა. ამის მაგალითებია: ბალტიის ზღვა, მდ. დუნაი, დიდი ტბები, მდ. მტკვარი და სხვ. ასეთი ობიექტების დაცვას და ათვისებას დაინტერესებული მხარეები არეგულირებენ, რისთვისაც პარიტეტულ საწყისებზე მუდმივმოქმედ ორგანოებს — კომისიებს, კომიტეტებს ქმნიან (მაგალითად, დუნაის კომისია, ბალტიის საბჭო, ჰელსინკის კომისია და სხვ.).

1972 წლის ნოემბერში „იუნესკოს“ კონფერენციის მიერ მიღებული იყო „მსოფლიო კულტურული და ბუნებრივი საკუთრების“ — ნაკრძალების, ნაციონალური პარკების, რეზერვატების, კულტურის ძეგლების დაცვის კონვენცია. ამის საფუძველზე მრავალ დაცულ ტერიტორიას და ძეგლს საერთაშორისო სტატუსი მიენიჭა.

საერთაშორისო ორგანიზაციები და ღონისძიებები. გარემოს დაცვას მრავალი საერთაშორისო ორგანიზაცია განაგებს. წამყვანი როლი გაერთიანებული ერების ორგანიზაციას (გაერო) და მის სპეციალიზებულ ქვედანაყოფებს აქვთ. მათ შორის ერთ-ერთია ეკონომიკური და სოციალური საბჭო, რომლის ხელმძღვანელობით მოღვაწეობენ ნაციონალური და რეგიონალური კომისიები და კომიტეტები.

გაეროს პროგრამა გარემოს დარგში („იუნეპი“) 1972 წლის დეკემბერში შეიქმნა. მისი მოღვაწეობის ძირითადი სფეროებია: ადამიანის ჯანმრთელობა; მიწებისა და მტკნარი წყლების, მსოფლიო ოკეანის, ცხოველებისა და გენეტიკური რესურსების დაცვა; ენერგეტიკული რესურსების რაციონალური გამოყენება, განათლება, ეკონომიკისა და ტექნოლოგიების საკითხი.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაცია კულტურის, მეცნიერებისა და განათლების დარგში („იუნესკო“) 1948 წელს შეიქმნა; მისი შტაბ-ბინა პარიზშია. ძირითადი საქმიანობაა: ეკოლოგიური პროგრამების ხელმძღვანელობა (მაგალითად, პროგრამა „ადამიანი და ბიოსფერო“, საერთაშორისო

პროგრამა განათლების დარგში და სხვ.), მსოფლიო მემკვიდრეობის ობიექტების აღრიცხვა და დაცვა, დახმარება განვითარებადი ქვეყნებისათვის სპეციალისტ-ეკოლოგთა მომზადებაში და სხვა.

1992 წლის ოქტომბერში შეიქმნა იუნესკოს საქმეთა საქართველოს კომისია, რომლის სამდივნო საგარეო საქმეთა სამინისტროშია განთავსებული. კომისია დაკომპლექტდა განათლების, მეცნიერების, კულტურის თვალსაჩინო წარმომადგენლებით და ცნობილი საზოგადო მოღვაწეებით. 1994 წელს იუნესკოს შტაბ-ბინაში შეიქმნა საქართველოს მუდმივი წარმომადგენლობა.

საქართველოში განვლილი 10 წლის მანძილზე იუნესკოს ეგიდით მრავალი ღირშესანიშნავი ნაბიჯი გადაიდგა. ეკოლოგიურ ღონისძიებებს შორის აღსანიშნავია ეროვნული და საერთაშორისო „მრგვალი მაგიდები“ ეკოლოგიური განათლების საკითხებზე; პროექტი „სასაზღვრო ბიო-რეზერვატების ჩამოყალიბება სამხრეთ კავკასიაში“, რომლის პრეზენტაცია იუნესკოს შტაბ-ბინაში მოხდა. თბილისის აგრარულ უნივერსიტეტში ჩატარდა კონფერენცია „გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება კავკასიაში“, რომლის დროს მიიღეს რეგიონალური ქარტია „მდგრადი განვითარებიდან პოლიტიკურ სტაბილურობისაკენ“.

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში, საქართველოს აგრარულ და ტექნიკურ უნივერსიტეტებში იუნესკოს ეგიდით ფუნქციონირებენ ეკოლოგიური პროფილის კათედრები.

2001 წელს იუნესკოს საქმეთა ეროვნულ კომისიასთან ჩამოყალიბდა ეკოლოგიური საბჭო.

ბუნებისა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის საერთაშორისო კავშირი, როგორც არასამთავრობო ორგანიზაცია, 1948 წელს დაარსდა. მასში 100-მდე ქვეყანაა გაერთიანებული. ძირითადი მიზნებია: იშვიათ და გადაშენების პირას მისული სახეობების დაცვა, ნაკრძალების, ნაციონალური პარკების, რეზერვატების ორგანიზება; წითელი წიგნების შედგენა.

ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდი (WWF) 1961 წელს დაარსდა. დღეისათვის იგი ახორციელებს 1300-მდე პროექტს, რომელშიც ჩართულია ორგანიზაციის 3800-მდე თანამშრომელი. ფონდის საქმიანობის პრიორიტეტული მიმართულებებია ტყეების, მტკნარი წყლების, ოკეანეებისა და სანაპიროების დაცვა და რაციონალური გამოყენება; იგი ორიენტირებულია აგრეთვე ცხოველთა იშვიათი სახ-

ეობების შენარჩუნებაზე, კლიმატის ცვლილებების მიზეზების დადგენაზე, ტოქსიკურ ნივთიერებათა შეზღუდვაზე და ა. შ.

ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის წარმომადგენლობები 90-მდე ქვეყანაში მოღვაწეობენ. 1992 წელს ფონდის წარმომადგენლობა საქართველოშიც დაარსდა. მისი პირველი ნაბიჯები მიმართული იყო ახალი დაცული ტერიტორიების შექმნაზე, მათი რაციონალური მართვის მექანიზმების შემუშავებაზე, ბიოლოგიური რესურსების რაციონალურ გამოყენებაზე, მეტყევეობის განვითარების ხელშეწყობაზე, მსხვილი მტაცებლების კონსერვაციაზე და ა. შ. წარმომადგენლობამ მნიშვნელოვანი ნაბიჯები გადადგა გარემოსდაცვითი განათლების დარგში; ამ პროგრამის ფარგლებში რესპუბლიკაში 8 რეგიონალური ცენტრი შეიქმნა.

ბუნების დაცვის მსოფლიო ფონდის საქართველოს წარმომადგენლობის ერთ-ერთი ღირშესანიშნავი ინიციატივაა კავკასიაში პირველი ეროვნული პარკის დაარსება.

2002 წლის ივნისიდან საქართველოს წარმომადგენლობა, კავკასიის რეგიონალური ოფისის სახელწოდებით, აფართოებს თავისი საქმიანობის არეალს და მუშაობას იწყებს მთელი კავკასიის მასშტაბით.

ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაცია შეიქმნა 1946 წელს; ძირითადი საქმიანობაა ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვა.

საერთაშორისო სააგენტო ატომური ენერგეტიკის დარგში შეიქმნა 1957 წელს ბირთვული უშიშროებისა და რადიოაქტიური გაბინძურებისაგან გარემოს დაცვის უზრუნველყოფის მიზნით.

გაეროს მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაცია შეიქმნა 1947 წელს. მისი ამოცანაა პლანეტის კლიმატზე ანთროპოგენური ზემოქმედების შესწავლა.

საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაცია შეიქმნა 1948 წელს, მოღვაწეობს ზღვების გაბინძურებისაგან დაცვის სფეროში. მისი თაოსნობით დამუშავებულია ნავთობისა და სხვა გამაბინძურებელი წყაროებისაგან ზღვების დაცვის კონვენცია.

გაეროს სასოფლო-სამეურნეო და სასურსათო ორგანიზაცია დაარსდა 1945 წელს. მისი მოღვაწეობის სფეროებია სახელმწიფოთა კოორდინირება მეურნეობის და სურსათის სფეროში. თანამშრომლობს „იუნესკოსთან“, „იუნეპთან“.

ჩამოთვლილი წამყვანი საერთაშორისო ორგანიზაციების გარდა, ბუნების დაცვის და ბუნებათსარგებლობის დარგში მრავალი სხვა, შედარებით მცირე ორგანიზაციაც ფუნქციონირებს, მაგალითად, პოტენციურად ტოქსიკურ ქიმიურ ნივთიერებათა საერთაშორისო რეგისტრი, გაეროს სპეციალური ბიურო სახელმწიფოთათვის დახმარების აღმოჩენის დარგში სტიქიური უბედურებების დროს, ევროპული ეკონომიკური კომისია (მუშაობს მცირენარჩენიან და უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვაზე), ჰელსინკის კომიტეტი ბალტიის ზღვის დაცვის დარგში.

საერთაშორისო გარემოსდაცვითი კონფერენციებიდან აღსანიშნავია: გაეროს სტოკჰოლმის კონფერენცია გარემოს დაცვის დარგში, რომელიც 1972 წელს შედგა; მიიღო ორი ძირითადი დოკუმენტი: I — ადამიანის უფლებები ჯანსაღ საარსებო გარემოზე და ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნება და II — სახელმწიფოთა სუვერენიტეტი საკუთარი ბუნებრივი რესურსების გამოყენებაზე და პასუხისმგებლობა გარემოს მდგომარეობაზე.

ევროპაში უშიშროებისადმი და თანამშრომლობისადმი მიძღვნილი თათბირი — შედგა ჰელსინკში 1975 წელს ევროპის ყველა ქვეყნის, აშშ და კანადის წარმომადგენელთა მონაწილეობით. მისი დასკვნითი აქტი საფუძვლად დაედო ორ დოკუმენტს: ატმოსფერული ჰაერის ტრანსსასაზღვრო გაბინძურების (1979) და ტრანსსასაზღვრო სამრეწველო ავარიების უარყოფითი ზემოქმედების შეზღუდვის (1992) კონვენციებს.

ევროპის უშიშროებისა და თანამშრომლობის ვენის თათბირი — შედგა 1986 წელს. მისი დასკვნითი დოკუმენტი ეხება SO_2-ის, ნახშირწყალბადების და ატმოსფეროს სხვა გამაბინძურებლების შეზღუდვას, საშიში ნარჩენების უვნებელყოფას, ოზონის დამშლელ ნივთიერებათა წარმოების შეზღუდვას და ა. შ.

გაეროს კონფერენცია გარემოს დაცვისა და განვითარების დარგში — ჩატარდა რიო-დე-ჟანეიროში 1992 წელს; მის მუშაობაში მონაწილეობდა 178 ქვეყნის 15 000-მდე დელეგატი.

საგანგებო აღნიშვნის ღირსია სამთავრობათაშორისო კონფერენცია გარემოსდაცვითი განათლების დარგში, რომელიც 1977 წელს თბილისში ჩატარდა. შეიქმნა მრა-

ვალმხრივი დოკუმენტი „თბილისის დეკლარაცია“, რომელსაც დღემდე არ დაუკარგავს სახელმძღვანელო მნიშვნელობა.

კონფერენციამ შეიმუშავა ეკოლოგიური განათლების ახლებური პრინციპები როგორც ნაციონალურ, ისე საერთაშორისო მასშტაბით. დეკლარაციის თანახმად, გარემოსდაცვითი განათლება უნდა იყოს ზოგადი განათლების ერთ-ერთი აუცილებელი შემადგენელი ნაწილი და უნდა მოიცავდეს მოსახლეობის ყველა ფენას პროფესიის და საქმიანობის მიუხედავად.

დანართი

ზოგიერთი უმნიშვნელოვანესი ცნობა და გამოკვლევა ეკოლოგიაში, გ. როზენბერგის (1992) მიხედვით, ცვლილებებით.

წლები	ავტორები	ქვეყანა	მოკლე შინაარსი
1	2	3	4
490-430 ჩვ. წ.-მდე (ცხოვრების წლები)	ემპედოკლე	ძველი საბერძნეთი	განიხილა მცენარეთა დამოკიდებულება გარემოსთან
384-322 ჩვ. წ.-მდე (ცხოვრების წლები)	არისტოტელე	ძველი საბერძნეთი	ტრაქტატი „ცხოველთა ისტორია“
370-285 ჩვ. წ.-მდე (ცხოვრების წლები)	თეოფრასტე	ძველი საბერძნეთი	„მცენარეთა გამოკვლევა“ — საფუძველი ჩაუყარა გეობოტანიკას
23-79 ჩთ. წ.-მდე (ცხოვრების წლები)	პლინიუსი	ძველი რომი	„ბუნების ისტორია“, 37 ტ — განაზოგადა მონაცემები ზოოლოგიაში, ბოტანიკაში, სატყეო მეურნეობაში
1202	ლეონარდო პიზიდან	იტალია	განიხილა მათემატიკური მიდგომა ცხოველთა კვლევაში (ასაკობრივი სტრუქტურის გათვალისწინებით)
1670	რ. ბოილი	ინგლისი	განახორციელა I ეკოლოგიური ექსპერიმენტი: დაბალი ატმოსფერული წნევის გავლენა ცხოველებზე
1670	ჭ. მენცელი	გერმანია	შემოიტანა ცნება „მცენარეთა გეოგრაფია“
1684	ფ. რედი	იტალია	„დაკვირვებები ცხოველებში მცხოვრებ ცხოველებზე“
1686	ჯ. რეი	ინგლისი	განსაზღვრა სახეობათა გამოყოფის ეკოლოგიური კრიტერიუმი

1	2	3	4
1700	ჟ. ტურნეფორი	საფრანგეთი	ერთ-ერთმა პირველმა აღწერა მცენარეთა ვერტიკალური სარტყლიანობა მთებში და შეადარა იგი ჰორიზონტალურ ზონალობას დაბლობზე (საფუძვლად დაუდო ექსპედიციის მონაცემები არარატზე)
1713	უ. დერემი	ინგლისი	გამოიყენა ტერმინი „ბალანსი“ ეკოლოგიური მნიშვნელობით, განიხილა ცხოველთა რიცხოვნობის რეგულირების საკითხები
1715	ა. ლევენჰუკი	ჰოლანდია	პირველმა შეისწავლა კვებითი ჯაჭვები და პოპულაციების რიცხოვნობის რეგულირების მექანიზმები
1734	რ. რეომიური	საფრანგეთი	„შემუარები მწერების ბუნებრივი ისტორიის შესახებ“
1749	კ. ლინე	შვედეთი	„ბუნების ეკონომია“ – დააფუძნა მცენარეთა ადგილსამყოფელის ტიპოლოგია
1749	ჟ. ბიუფონი	საფრანგეთი	„ბუნების ისტორია“, 36 ტ – განავითარა სახეობების ცვალებადობის იდეა გარემოს ზემოქმედებით
1771	ი. ლეპიოხინი	რუსეთი	„დოქტორ ი. ლეპიოხინის მოგზაურობის დღიური რუსეთის პროვინციებში“
1773	პ. პალასი	რუსეთი	„რუსეთ-აზიური ცხოველების აღწერა“, 3 ტ – ტერიტორიის ეკოლოგიური დარაიონების პირველი ცდა
1775	ა. კავერზნევი	რუსეთი	„ცხოველთა გადაშენების შესახებ“ – გამოიტანა დასკვნა ორგანიზმთა ცვალებადობის შესახებ გარემო ფაქტორების გავლენით
1777	ე. ციმერმანი	გერმანია	განიხილა ძუძუმწოვრების გეოგრაფიული გავრცელების დამოკიდებულება კლიმატთან
1780	ა. ბოლოტოვი	რუსეთი	დაამუშავა მცენარეთა ადგილსამყოფელის კლასიფიკაცია

1	2	3	4
1786	ვ. ზუევი	რუსეთი	„ბუნების ისტორიის მონახაზი“ — ეკოლოგიური პროფილის პირველი სასკოლო სახელმძღვანელო
1798	თ. მალთუსი	ინგლისი	დაამუშავა ორგანიზმთა ექსპონენციალური ზრდის განტოლება
1802	ჟ. ბ. ლამარკი	საფრანგეთი	„ჰიდროგეოლოგია“ — დაადგინა ბიოსფეროს კონცეფცია, რომელიც საფუძვლად დაედო ვ. ვერნადსკის სწავლებას
1805	ა. ჰუმბოლტი	გერმანია	შემოიტანა ცნება „ასოციაცია“
1809	ჟ. ბ. ლამარკი	საფრანგეთი	„ზოოლოგის ფილოსოფია“, ჩამოაყალიბა ორგანიზმებისა და გარემოს ურთიერთობის იდეა
1822	ი. სკოუ	დანია	წიგნში „მცენარეთა გეოგრაფიის საფუძვლები“ განახორციელა დედამიწის მცენარეული საფარის პირველი ბოტანიკურ-გეოგრაფიული დაყოფა
1824	ვ. ედვარდსი	საფრანგეთი	„ფიზიკური ფაქტორების ზემოქმედება სიცოცხლეზე“ — პირველი კრებსი ეკოლოგიურ ფიზიოლოგიაში
1833	კ. გლოგერი	პოლონეთი	აღწერა ფრინველთა შეფერილობის ცვლილებების კანონზომიერება კლიმატის გავლენით
1836	ჩ. დარვინი	ინგლისი	მოგზაურობა დედამიწის გარშემო გემ „ბიგლით“; დაკვირვებები შეჯამებულია „კვლევის დღიურში“ (1839), ერთ-ერთ პირველ კომპლექსურ ეკოლოგიურ ნაშრომში
1836	ფ. უნგერი	ავსტრია	საფუძველი ჩაუყარა ეკოლოგიურ გეობოტანიკას
1837	კ. ბერი	რუსეთი	ექსპედიცია ახალ მიწაზე — ტერიტორიის კომპლექსური ეკოლოგიური გამოკვლევის ერთ-ერთი პირველი მაგალითი
1840	ი. ლიბიხი	გერმანია	ჩამოაყალიბა მინიმუმის (მალიმიტირებელი ფაქტორის) კანონი

1	2	3	4
1840	ე. ევერსმანი	რუსეთი	„ორენბურგის მხარის ბუნების ისტორია“ — დახასიათებულია სტეპების ეკოლოგიური თავისებურებები, აღწერილია სუქცესიები
1845	კ. რულიე	რუსეთი	„გარემო პირობების ზემოქმედება ცხოველებზე“
1853	ლ. შმირდი	ჩეხოსლოვაკია	„ცხოველთა გეოგრაფიული გავრცელება“, 3 ტ
1854	ჟ. სენტ-ილერი	საფრანგეთი	„ორგანული სამყაროს ბუნებრივი ისტორია“ — საფუძველი ჩაუყარა „ეკოლოგიას“. ზოგი მკვლევარი მას (და არა ე. ჰეკელს) თვლის ეკოლოგიის ფუძემდებლად
1854	კ. ბერი	რუსეთი	საფუძველი ჩაუყარა სწავლებას თევზების რიცხოვნობის დინამიკის განმსაზღვრელი ფაქტორების შესახებ
1855	ნ. სევერცოვი	რუსეთი	„პერიოდული მოვლენები ვორონეჟის გუბერნიის ძუძუმწოვრების, ფრინველებისა და რეპტილიების ცხოვრებაში“ — კომპლექსური ეკოლოგიური გამოკვლევა
1855	ა. დეკანდოლი	საფრანგეთი შვეიცარია	„ბოტანიკური გეოგრაფია“, 2 ტ — შეისწავლა მცენარეთა გავრცელების კანონზომიერებები გარემოსთან მიმართებაში
1858	კ. რულიე	რუსეთი	დაამუშავა ცხოველთა ეკოლოგიის შესწავლის მეთოდები
1859	ჩ. დარვინი	ინგლისი	„სახეობათა წარმოშობა ბუნებრივი გადარჩევის გზით“ — შეიცავს მდიდარ მასალას მცენარეთა და ცხოველთა თანასაზოგადოებების არსებობის ეკოლოგიური კანონზომიერებების შესახებ
1860	ა. მიდენდორფი	რუსეთი	„მოგზაურობა ჩრდილოეთ და აღმოსავლეთ ციმბირში“, 2 ტ — აღწერილია ციმბირის ბიოგეოგრაფიული თავისებურებები

1	2	3	4
1860	ლ. პასტერი	საფრანგეთი	საფუძველი ჩაუყარა ეკოლოგიურ მიმართულებას მიკრობიოლოგიაში
1863	თ. ჰექსლი	ინგლისი	„ადამიანთა ადგილი ბუნებაში“ – ერთ-ერთი პირველი შრომა ადამიანის ეკოლოგიაში
1863	ი. ლორენცი	გერმანია	შემოიტანა „ფაციის“ ცნება, რომელიც შინაარსობრივად კ. მიობიუსის „ბიოცენოზის“ იდენტურია
1864	ჯ. მარში	აშშ	„ადამიანი და ბუნება. ფიზიკური გეოგრაფია და მისი ცვლილება ადამიანის გავლენით“.
1866	ფ. რუპრეხტი ა. გრიზებახი	რუსეთი გერმანია	ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად შემოიტანეს გეობოტანიკის ცნება
1866	ე. ჰეკელი	გერმანია	„ორგანიზმთა ზოგადი მორფოლოგია“. 2 ტ – შემოიტანა ცნება „ეკოლოგია“
1868	ე. რეკლიუ	საფრანგეთი	შემოიტანა ცნება „ბიოსფერო“
1868	ა. უოლესი	ინგლისი	შემოიტანა ცნება „ბიოლოგიური ნიშა“
1870	გ. სპენსერი	ინგლისი	„სოციოლოგიის შესწავლა“: თ. ჰექსლისთან და ჯ. მარშთან ერთად საფუძველი ჩაუყარა ადამიანის ეკოლოგიას
1875	ე. ზიუსი	ავსტრია	„დედამიწის სახე“ – ე. რეკლიუსგან დამოუკიდებლად შემოიტანა ტერმინი „ბიოსფერო“
1877	კ. მიობიუსი	გერმანია	შემოიტანა ცნება „ბიოცენოზი“
1879	ა. დე ბარი	გერმანია, ბელგია	შემოიტანა ცნება „სიმბიოზი“
1883	ვ. დოკუჩაევი	რუსეთი	საფუძველი ჩაუყარა სწავლებას ნიადაგებისა და ლანდშაფტების შესახებ
1884	ჯ. მაკ ლოიდი	ინგლისი	პირველმა განიხილა მცენარეთა ეკოლოგიურ-ცენოზური ტიპები
1887	ვ. პანზენი	გერმანია	შემოიტანა პლანქტონის ცნება

1	2	3	4
1887	ს. ფარბსი	აშშ	შემოიტანა ცნება „მიკროკოსმი“, პირველმა განიხილა ტბა როგორც მიკროკოსმი
1892	ფ. ფორელი	შვეიცარია	შემოიტანა ცნება „ლიმნოლოგია“, საფუძველი ჩაუყარა ტბათმცოდნეობას
1995	ე. ვარმინგი	დანია	გამოიყენა ტერმინი „ეკოლოგია“ მცენარეების მიმართ, განავითარა ეკოლოგიური ბოტანიკის საფუძვლები. შემოიტანა ცნება „სასიცოცხლო ფორმები“
1896	ა. ბეკეტოვი	რუსეთი	„მცენარეთა ეკოლოგია“ — პირველი ორიგინალური სახელმძღვანელო
1896	უ. ხედსონი	ინგლისი	ცხოველთა რიცხოვნობის დინამიკის აღწერისათვის შემოიტანა ცნება „სასიცოცხლო ტალღები“
1896	კ. შრეტერი, ო. კიხნერი	გერმანია, შვეიცარია	პირველებმა შემოიტანეს ცნებები აუტ- და სინეკოლოგია
1898	ა. შიმპერი	გერმანია	„მცენარეთა გეოგრაფია ფიზიოლოგიის საფუძვლებით“ — ერთ-ერთი პირველი შრომა ეკოფიზიოლოგიაში
1899	ვ. დოკუჩაევი	რუსეთი	„სწავლება ბუნებრივი ზონების შესახებ“
1900	ვ. კეპენი	გერმანია	შემოიტანა ცნება „ბიოკლიმატოლოგია“
1901	ტ. კაულსი	აშშ	საფუძველი ჩაუყარა სწავლებას სუქცესიური სერიების შესახებ, გ. უოდფორდთან ერთად შემოიტანა ცნება „კლიმაქსი“
1902	პ. ჟაკარი	საფრანგეთი	საფუძველი ჩაუყარა ეკოსისტემების შესწავლის რაოდენობრივ-სტატისტიკურ მიმართულებას
1903	ვ. იოგანსენი	დანია	ეკოლოგიაში დაამკვიდრა პოპულაციის ცნება
1903	კ. რაუნკიერი	დანია	დაამუშავა სწავლება მცენარეთა სასიცოცხლო ფორმების შესახებ

1	2	3	4
1907	ნ. დიმო, ბ. კელერი	რუსეთი	განახორციელეს გეობოტანიკური ინდიკაციის პირველი ცდა
1907	ე. რაკოვიცე	რუმინეთი	შემოიტანა ცნება „ბიოტა“
1909	რ. კოლკვიცი, მ. მარსონი	გერმანია	დაამუშავეს წყალსატევების გაბინძურების ბიოინდიკაციის მეთოდები
1909	ე. მიტჩერლიხი	გერმანია	შემოიტანა ფაქტორთა ერთობლივი მოქმედების კონცეფცია ბიოცენოზებში
1909 (29.12)- 1910 (6.01)		რუსეთი	გ. მოროზოვის, ვ. სუკაჩოვის, ლ. რამენსკის, ბ. კელერის და სხვ. პროგრამული მოხსენებები რუსეთის ბუნებისმეტყველთა და ექიმთა XII ყრილობაზე
1910	გ. გლიზონი, ლ. რამენსკი	აშშ რუსეთი	ჩამოაყალიბეს კონტინუუმის კონცეფცია
1910		ბელგია	III საერთაშორისო ბოტანიკურ კონგრესზე განხორციელდა ეკოლოგიის ოფიციალური გაყოფა აუტეკოლოგიად და სინეკოლოგიად
1911	კ. პეტერსენი, ს. ეკმანი	დანია, შვედეთი	პირველად განახორციელეს ბენთოსის რაოდენობრივი შესწავლა ფსკერსახაპის საშუალებით; პეტერსენმა შემოიტანა ცნება „ბენთოსი“
1911	ვ. შელფორდი	აშშ	ჩამოაყალიბა ტოლერანტობის კანონი
1912	ბ. კელერი	რუსეთი	შემოიტანა ცნებები „სახეობათა ეკოლოგიური ჯგუფები“, „ეკოლოგიური რიგები“
1912	გ. მოროზოვი	რუსეთი	„სწავლება ტყის შესახებ“ — კლასიკური შრომა სატყეო გეობოტანიკაში
1913		ინგლისი	დაარსდა „Journal of Ecology“
1913		ინგლისი	შეიქმნა ბრიტანეთის ეკოლოგიური საზოგადოება

1	2	3	4
1913	ჩ. ადამსი	აშშ	„სახელმძღვანელო ცხოველთა ეკოლოგიის შესწავლაში“
1913	ჟ. ბრაუნ-ბლანკე	შვეიცარია, საფრანგეთი	დაამუშავა მცენარეთა კლასიფიკაციის მეთოდი ეკოლოგიურ-ფლორისტული კრიტერიუმის საფუძველზე
1915	ვ. ალიოხინი	რუსეთი	შემოიტანა წინსწრების პრინციპი, რომელიც მომავალში საფუძვლად დაედო ვალტერ-ალიოხინის წესს. სტაციების ცვლის მსგავსი პრინციპი მწერებისათვის დაამუშავა გ. ბეი-ბიენკომ 1959 წელს
1915	გ. ვისოცკი	რუსეთი	შემოიტანა ცნება „ეკოტოპი“
1915	ი. პაჩოსკი	რუსეთი	შემოიტანა ცნებები „ფლუქტუაცია“, „ფიტოცენოზი“
1916	ფ. კლემენტსი	აშშ	„მცენარეულობის სუქცესიები“ – განავითარა წარმოდგენა მონოკლიმაქსის, პოლიკლიმაქსის, კლიმაქს-მოზაიკის შესახებ; შემოიტანა ცნება „ბიომი“
1916		აშშ	შეიქმნა ამერიკული ეკოლოგიური საზოგადოება
1917	ჯ. გრინელი	აშშ	შემოიტანა ცნება „სივრცობრივი ეკოლოგიური ნიში“
1918	ხ. ჰამსი	შვეიცარია, ავსტრია	შემოიტანა ცნებები „ფიტოცენოლოგია“, „სინუზია“; ი. პაჩოსკისაგან დამოუკიდებლად, აგრეთვე, „ფიტოცენოზი“
1920		აშშ	დაარსდა ჟურნალი „Ecology“
1921	ხ. ბეროუზი	აშშ	„გეოგრაფია როგორც ადამიანის ეკოლოგია“
1921	რ. პარკი, ე. ბიურგესი	აშშ	ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად შემოიტანეს ცნება „ადამიანის ეკოლოგია“
1924	რ. ჰესი	გერმანია	„ზოოგეოგრაფიის ეკოლოგიური საფუძვლები“

1	2	3	4
1925	ი. პაჩოსკი	სსრკ	შემოიტანა ცნება „სახეობის ბიოეკოლოგიური პოტენციალი“ (სახეობის განსახლებისა და ევოლუციის უნარი)
1925	ა. ლოტკა	აშშ	ვ. ვოლტერასთან (1926) ერთად საფუძველი ჩაუყარა მათემატიკურ ეკოლოგიას
1925	ა. ტინემანი	გერმანია	შემოიტანა ეკოლოგიური ცნება „პროდუქცია“
1925	რ. ფიშერი	ინგლისი	დაამუშავა დისპერსიული ანალიზის მეთოდი
1926	ვ. ვერნადსკი	სსრკ	„ბიოსფერო“, 2 ტ — განავითარა ცოცხალი ნივთიერების პლანეტარული გეოქიმიური როლის იდეა
1926	ვ. ვოლტერა	იტალია	დაამუშავა პოპულაციის ზრდის, აგრეთვე კონკურენციაზე და მტაცებლობაზე დამყარებული ურთიერთობის მათემატიკური მოდელები (ლოტკა-ვოლტერას მოდელები)
1927	რ. დემოლი	გერმანია	შემოიტანა ცნება „ბიომასა“
1927	ვ. დოგელი	სსრკ	შექმნა ეკოლოგიური მიმართულება პარაზიტოლოგიაში
1927	ე. ლერუა	საფრანგეთი	შემოიტანა ცნება „ნოოსფერო“
1927	ჩ. ელტონი	ინგლისი	„ცხოველთა ეკოლოგია“ — ჩამოაყალიბა ახალი მიმართულება „პოპულაციური ეკოლოგია“, შემოიტანა რიცხვთა პირამიდის კანონი
1928	რ. ჩეპმენი	აშშ	შემოიტანა ცნება „ბიოტური პოტენციალი“
1931		აშშ	დაარსდა „Ecological monographs“
1931	უ. ოლი	აშშ	შემოიტანა ინდივიდთა აგრეგაციის პრინციპი

1	2	3	4
1931	ვ. სტანჩინსკი	სსრკ	განავითარა წარმოდგენა ტროფული დონეებისა და ენერგიის პირამიდის შესახებ
1932		ინგლისი	დაარსდა „Journal of Animal Ecology“
1932	გ. ვინბერგი	სსრკ	პირველმა განსაზღვრა წყლის თანასაზოგადოებათა პროდუქტიულობა ფოტოსინთეზის ინტენსივობის მიხედვით
1933	დ. კაშკაროვი	სსრკ	„გარემო და თანასაზოგადოება“, „ცხოველთა ეკოლოგიის საფუძვლები“ (1936)
1933	ი. ლეოპოლდი	აშშ	შემოიტანა ცნება „სასაზღვრო ეფექტი“
1934	გ. გაუზე	სსრკ	ჩამოაყალიბა კონკურენტული გამორიცხვის პრინციპი; აღწერა სახეობების ურთიერთქმედებასთან დაკავშირებული ექსპერიმენტული გამოკვლევის შედეგები
1934	ს. ზერნოვი	სსრკ	„ზოგადი ჰიდრობიოლოგია“ — ერთ-ერთი პირველი მონოგრაფია ჰიდრობიოლოგიაში
1935	ა. ტენსლი	ინგლისი	შემოიტანა ცნება „ეკოსისტემა“
1938	ვ. ვილიამსი	სსრკ	„ნიადაგმცოდნეობა“ — წამოაყენა ეკოლოგიური ფაქტორების შეუცვლელობის ჰიპოთეზა
1938		სსრკ	ჩატარდა I საკავშირო ეკოლოგიური თათბირი (ქ. ლენინგრადი)
1939	ფ. კლემენტსი, ვ. შელფორდი	აშშ	„ბიოეკოლოგია“ — პირველი კონცეფტუალური შრომა ეკოლოგიაში
1940		სსრკ	I საკავშირო ეკოლოგიური კონფერენცია (ქ. კიევი); II-IV კონფერენციები ჩატარდა იქვე 1950, 54, 62 წლებში; V — 1973 წელს მოსკოვში

1	2	3	4
1941	ს. სევერცოვი	სსრკ	ეკოლოგია დაუკავშირა ევოლუციის იდეებს, განსაზღვრა იგი როგორც მეცნიერება არსებობისათვის ბრძოლის მექანიზმების შესახებ
1942	ვ. ბიჩერი	აშშ	ერთ-ერთმა პირველმა აღწერა „სა-საზღვრო ეფექტი“ – ორგანიზმთა მრავალფეროვნების და სიმჭიდრო-ვის ზრდა ეკოსისტემების საზღვარ-ზე
1942	რ. ლინდემანი	აშშ	ჩამოაყალიბა რიცხვთა პირამიდის კანონი (10%-ის წესი)
1942	ვ. სუკაჩოვი	სსრკ	შემოიტანა ცნება „ბიოცენოზი“
1942	ვ. ვერნადსკი	სსრკ	„რამდენიმე სიტყვა ნოოსფეროს შესახებ“
1950	ტ. რაბოტნოვი	სსრკ	ჩაატარა კვლევები მცენარეთა პოპულაციების შესწავლაში
1951	ვ. ბეკლემიშევი	სსრკ	შემოიტანა ცნება „კონსორცია“
1954		იაპონია	დაარსდა „Japanese Journal of Ecology“
1957	ჯ. ხატჩინსონი	აშშ	განაზოგადა ჯ. გრინელის და ჩ. ელტონის ცნება „ნიში“ და შემოი-ტანა ცნებები „ჰიპერსივრცობრივი ეკოლოგიური ნიში“ და „რეალიზე-ბული ეკოლოგიური ნიში“
1961	ვ. პეტროვსკი	სსრკ	შემოიტანა ცნება „ცენოპოპულა-ცია“
1964		ინგლისი	დაარსდა „Journal of Applied Ecology“, იუნესკოსთან ჩამოყა-ლიბდა „საერთაშორისო ბიოლოგი-ური პროგრამა“
1965		სსრკ	შეიქმნა სსრკ მეცნ. აკად. მცენა-რეთა და ცხოველთა ეკოლოგიის ინსტიტუტი (ჭ. სვერდლოვსკი)
1965	რ. უიტეკერი	აშშ	დაამუშავა ეკოლოგიური მრავალ-ფეროვნების კონცეფცია (ალფა-, ბეტა- და გამა მრავალფეროვნების ჩათვლით)

1	2	3	4
1965	რ. მაკ-არტური	აშშ	„პოპულაციების ბიოლოგია“ (თანაავტ. ჯ. კონელი), „კუნძულეზის ბიოგეოგრაფიის თეორია“ (თანაავტ. ე. უილსონი, 1967)
1967		სსრკ	შეიქმნა სსრკ მეცნ. აკად. ა. სევერცოვის სახელობის ცხოველთა ევოლუციური მორფოლოგიისა და ეკოლოგიის ინსტიტუტი (მოსკოვი)
1968			ჩამოყალიბდა MAB („ადამიანი და ბიოსფერო“)
1968		გფრ	დაარსდა „Oecologia“
1969	ს. შვარცი	სსრკ	„ცხოველთა ევოლუციური ეკოლოგია“
1970		სსრკ	დაარსდა ჟურნალი „Экология“
1973	ჯ. ლავლოკი, ლ. მარგულისი	აშშ	წამოაყენეს „გეას ჰიპოთეზა“, რომლის თანახმად დედამიწა წარმოადგენს ერთიან კიბერნეტიკულ სისტემას რეგულაციის ბიოლოგიური მექანიზმებით.
1975	რ. უიტტეკერი	აშშ	„თანასაზოგადოებები და ეკოსისტემები“
1977	მ. ბუდიკო	სსრკ	„გლობალური ეკოლოგია“
1977		საქართველო	სამთავრობათშორისო კონფერენცია გარემოსდაცვით განათლების დარგში
1980	დ. სიმბერლოვი	აშშ	„პარადიგმების სუქცესია ეკოლოგიაში“
1997		აშშ	გაეროს კონფერენცია გარემოსა და განვითარები დარგში

საქართველოში სხვადასხვა დროს მრავალი მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური მოვლენა განხორციელდა: შეიქმნა ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტთან – ეკოლოგიური ცენტრი, წამყვან უმაღლეს სასწავლებლებში – ეკოლოგიური და გარემოსდაცვითი პროფილის კათედრები, ჩატარდა ეკოლოგიური კონფერენციები, დაიწერა მრავალი ეკოლოგიური სახელმძღვანელო და მონოგრაფია. ზოგი მათგანი წიგნის შესატყვის განყოფილებებშია მოხსენიებული.

XX საუკუნის ზოგიერთი ტექნოგენური კატასტროფა, აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით

ადგილი და დრო	კატასტროფის ხასიათი	დაღუპულთა რაოდენობა	ტრავმირებულთა რაოდენობა	შედეგი და ზარალი
1	2	3	4	5
ქ. ოპაუ, გერმანია. 1921, სექტემბერი	3000 ტ ამონიუმის გვარჯილის აფეთქება	567	1500	7000-მდე მოსახლე დარჩა უსახლკაროდ (10-20 მლნ ფ. სტ.)
ქ. ძერჟინსკი, სსრკ. 1942	აფეთქება კაპროლაქტამის ქარხანაში, იპრიტის გამონაფრქვევით	160	2000	
ქ. ლუდვიგსხაფენი, გერმანია. 1948, ივლისი	გაზჰაეროვანი ღრუბლის აფეთქება	207	3818	
კიშტიმი, სსრკ. 1957 წ ბოლო	რადიონუკლიდების გაბნევა საწყობში შენახული მასალის აფეთქების შედეგად	მონაცემები გასაიდუმლოებულია	მონაცემები გასაიდუმლოებულია	15 000 კმ^2 ტერიტორიის (10000-მდე მოსახლით) რადიოაქტიური გაბინძურება
ქ. სევეზო, იტალია. 1976, ივლისი	დიოქსინის შემცველი ტუტე მასალის გაფრქვევა	არაა	447	ევაკუირებულია 773 ადამიანი; ნიადაგის ძლიერი გაბინძურება 4 კმ რადიუსში; მოისპო ათასობით პირუტყვი (20 მლნ ფ. სტ.)
ტრიმაილ-აილენდი, აშშ. 1979, მარტი	აეს-ზე ბირთვული რეაქტორის აქტიური ზონის მწყობრიდან გამოსვლა	არაა	არაა	ევაკუირებულია ათასობით ადამიანი (1000 მლნ ფ. სტ.)

1	2	3	4	5
მასისაუგა, კანადა. 1979, ნოემბერი	ქლორის გამოყოფა სარკინიგზო კატასტროფის შედეგად	არაა	არაა	125 კმ^2-ზე ევაკუირებულია 240 000 ადამიანი (1 მლნ ფ. სტ.)
მეხიკო, მექსიკა. 1984, ნოემბერი	6000 ტ ნავთობის გაზის წვა	500	7097	ევაკუირებულია 39 000 ადამიანი, ასობით შენობა დაინგრა (13 მლნ ფ. სტ.)
ბჰოპალი, ინდოეთი. 1984, დეკემბერი	მეთილიზოციონატის გამოყოფა ატმოსფეროში	2000	200000	(100 მლნ ფ. სტ.)
ჩერნობილი, სსრკ. 1986, აპრილი	აეს-ის ბირთვული რეაქტორის დაზიანება, ხანძარი და სადგურის შენობის აფეთქება	531	244	ევაკუირებულია 116 000 ადამიანი, ძლიერი რადიოაქტიური გაბინძურება 100 000 კმ^2-ზე (2 000 მლნ ფ. სტ.)
ბაზელი, შვეიცარია. 1986, ნოემბერი	ხანძარი ქიმიური პროდუქტების საწყობში	არაა	არაა	მდ. რეინის მოწამვლა 250 კმ-ის მონაკვეთზე (20 მლნ ფ. სტ.)
ქ. არზამასი, სსრკ. 1988, ივნისი	სარკინიგზო სატვირთო მატარებლის აფეთქება 3 ვაგონი ფეთქებადი ნივთიერებით	91	744	შენობების დანგრევა, დიდი რაოდენობით გაბინძურებული წყლის ჩაღვრა მდ. ტეშაში (120 მლნ რუბლი)
ქ. ილნევა, ლიტვა. 1989, მარტი	ავარია გაერთიანება „აზოტის“ იზოთერმულ საცავში	7	64	7 000 ტ თხევადი ამონიაკის გამოფრქვევა, ტერიტორიის ქიმიური მოწამვლა
ნორვეგიის ზღვა. 1989, აპრილი	ბირთვული იარაღის მატარებელი ატომური წყალქვეშა ნავის („კომსომოლეცი“) დაღუპვა	42	–	რადიოაქტიური ნივთიერებების გაბნევა და წყლის გაბინძურება

1	2	3	4	5
ბაშკირეთი, სსრკ. 1989, ივნისი	სარკინიგზო კატასტროფა	800	484	დაინგრა 2 მატარებელი და 350 მ სარკინიგზო ლიანდაგი
ბაშკირტოსტანის რესპუბლიკა, რუსეთი. 1994, აგვისტო	ტირლიანის წყალსატევის კაშხალის გარღვევა ბელორეცკის მეტალურგიულ კომბინატზე	39	–	დაინგრა საცხოვრებელი სახლები, სამრეწველო შენობები, საავტომობილო და სარკინიგზო ხიდები
კომის რესპუბლიკა, რუსეთი. 1994, აგვისტო	ავარია ხარიაგა-უსინსკის ნავთობსადენზე	არაა	არაა	დაიღვარა 79 000 ტ ნავთობი (62 მლრდ რუბლი)
ქ. კლივლენდი, აშშ. 1994, ოქტომბერი	3 000 ტ თხევადი გაზის დაწვა	128	200-400	დაინგრა 80 საცხოვრებელი სახლი (20 მლნ ფ. სტ.)
ქ. აბერფანი, დიდი ბრიტანეთი. 1996, ოქტომბერი	ქვანახშირის მასის ჩამონგრევა სკოლის შენობაზე და საცხოვრებელ სახლებზე	147 (მათ შორის 116 ბავშვი)	–	–
იაპონიის ზღვა. 1997, იანვარი	რუსეთის ტანკერის („ნახოდკა") კატასტროფა	1	–	დაიღვარა 19 000 ტ ნავთობპროდუქტი, გაბინძურდა ზღვა და სანაპირო
სარატოვის ოლქი, დაბა ტერნოვკა, რუსეთი. 1997, თებერვალი	სამარა-ტიხორეცკის ნავთობსადენის გარღვევა	–	–	დაიღვარა 2 100 ტ ნავთობი, აქედან 600 ტ ჩაიღვარა წყალსატევებში

ძირითადი ლიტერატურა

ალექსიძე ნ., ეკოლოგიური ბიოქიმიის საფუძვლები. თბილისი, 1999.

ბატონიშვილი ვ., ქართლის ცხოვრება, IV. აღწერა სამეფოსა საქართველოსა. თბილისი, 1973

გიგაური გ., საქართველოს ტყის ბიომრავალფეროვნება. თბილისი, 2000

გორდეზიანი მ., კვესიტაძე გ., ეკოლოგიის ქიმიური საფუძვლები. თბილისი, 2000

გულისაშვილი ვ., ურუშაძე თ., ბუნების დაცვის საფუძვლები. განათლება, თბილისი, 1983

ელიავა ირ., ნახუცრიშვილი გ., ქაჯაია გ., ეკოლოგიის საფუძვლები. თსუ გამომცემლობა, 1992

ზაზანაშვილი ნ., საქართველოს დაცული ტერიტორიების აწმყო და მომავალი. თბილისი, 1997

ზაზანაშვილი ნ., ეკოლოგიის კარიბჭე. თბილისი, 1997

კეცხოველი ნ., მკერდში დაჭრილი ბუნება. თსუ გამომცემლობა, 1973

კოპალიანი ნ., შესავალი კონსერვაციულ ბიოლოგიაში. თბილისი, 2002

მირცხულავა ც., წყალდიდობა და მასთან ბრძოლა. თბილისი, 1987

საქართველოს გარემოს დაცვის მოქმედებათა ეროვნული პროგრამა. საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის სამინისტრო, 2002

საქართველოს ნიადაგების ეროზიისაგან დაცვის 1999-2005 წლების სახელმწიფო მიზნობრივი პროგრამა. საქ. სოფლ. მეურნ. სამინისტრო, საქ. მეცნ. აკადემია. თბილისი, 1987

ნახუცრიშვილი გ., საქართველოს ძირითადი ბიომერი. საქართველოს ბიოლოგიური და ლანდშაფტური მრავალფეროვნება, I ეროვნ. კონფ. მასალები. თბილისი, 2000

სუპატაშვილი გ., ქაჯაია გ., გარემო და ადამიანი. თსუ გამომცემლობა, 2001

ურუშაძე თ., აგროეკოლოგია. თბილისი, 2001

ქაჯაია გ., სახეობის პრობლემა ბიოსისტემატიკაში. თსუ გამომცემლობა, 1968

ქაჯაია გ., გარემოს დაცვა და თანამედროვე ეკოლოგია. „ცისკარი", 5, 1977

ქაჯაია გ., ცხოველთა პოპულაციური ეკოლოგია. თსუ გამომცემლობა, 1990

ქაჯაია გ., ბიოსფერო და საზოგადოება. თბილისი, 1997

ქაჯაია გ., ეკოლოგია (გამოყენებითი ეკოლოგიის საკითხები). თბილისი, 1999

ყურაშვილი ბ., ვისწავლოთ ცხოველთა სამყაროს დაცვა. „მეცნიერება", 1990

ჩხაიძე მ., ეკოლოგიის განმარტებითი ლექსიკონი. თსუ გამომცემლობა, 1999

ჯანაშვილი არჩ., ადამიანი და ბუნება. თბილისი, 1976

ჯაყელი ქრ., ჯაყელი ო., ბუნებრივი რესურსების გამოყენება და ბუნების დაცვა. თსუ გამომცემლობა, 1977

ჰიდრომეტეოროლოგიისა და ეკოლოგიის პრობლემები. საქ. მეცნ. აკად. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტ. შრომები, ტ. 101, 1998

Акимова Т. А., Кузьмин А. П., Хаскин В. В., Экология, Природа-Человек-Техника. М., 2001

Будыко М. И., Глобальная экология. М., 1977

Владимиров А. М. и др., Охрана окружающей среды. Л., Гидрометеоиздат, 1991

Грейдель Т., Крутцен П., Меняющаяся атмосфера. Ж. "В мире науки", 11, 1989

Дре Ф., Экология. М., Атомиздат, 1976

Захаров И. А., Экологическая генетика и проблемы биосферы. Л., 1984

Лагидзе Т., Грузия: экономика и окружающая среда. Докл. Эврон. Ком. ООН, 1995

Каджая Г. Ш., Некоторые особенности антропогенного воздействия на окружающую среду Грузии. Мат. Межд. научн. семинара: Экотоксикологическая оценка риска загрязнения окружающей среды Кавказа. Ереван, 2002

Криксунов Е. А., Пасечник В. В., Сидорин А. П., Экология, учебник для общеобразовательных учебных заведений. М., Изд. "Дрофа", 1997

Лемешев М. Я. (ред), Экологическая альтернатива. Гидрометеоиздат, 1981

Мирцхулава Ц. Е., Оценка негативного воздействия мелиоративных и водохозяйственных объектов на окружающую среду и риска экологической опасности. Докл. ВАСХНИЛ, 5, 1992

Мирцхулава Ц. Е., Выбор стратегии обеспечения экосистем. Докл. Росс. акад. сельхоз. наук, 4, 1993

Мирцхулава Ц. Е., Количественная оценка предельно допустимых нагрузок на ландшафт. Изв. Росс. АН, сер. географическая, 3, 2001

Мирцхулава Ц. Е., О предельно допустимых потерях почв при эрозии. Ж. "Почвоведение", 3, 2001

Мур К., Энергетика: новая эпоха. Серия материалов по экологии, 1995

Натишвили О. Г., Тевзадзе В. И., Движение селей и их взаимодействие с сооружениями. Тбилиси, 2001

Национальный план действий по охране окружающей среды Республики Азербайджан. Баку, 1997

Нахуцришвили Г. Ш. (ред.), Экология высокогорий. Тбилиси, 1989

Наше общее будущее, Доклад МКОСР. М., Прогресс, 1989

Одум Ю., Основы экологии. Изд. "Мир". М, 1975

Олдак П. Г., Колокол тревоги. Изд. полит. лит., 1990

Радкевич В. А., Экология. Минск, 1977

Рамад Ф., Основы прикладной экологии. Гидрометеоиздат, 1981

Ревель Т., Ревель Ч., Среда нашего обитания, т. I-IV. "Мир", 1995

Реймерс Н. Ф., Природопользование. М., "Мысль", 1990

Розанов Б. Г., Основы учения об окружающей среде. Изд. МГУ, 1984

Соколов В. Е., Решетников Ю. С., Мониторинг биоразнообразия в России. Сб.: Мониторинг биоразнообразия. М., 1997

Стадницкий Г. В., Родионов А. И., Экология. М., Высшая школа, 1988

Статистический ежегодник южнокавказских стран (Армения, Азербайджан, Грузия). Изд. "Tacis", 2000

Уильсон Э., Разнообразие живой природы под угрозой. Ж. "В мире науки", 11, 1989

Хуродзе Р., Кормилицын В., Цицкишвили М., Инженерная экология. Тбилиси, 1998

Цветкова Л. И. и др. Экология. Учебник для технических вузов. Санкт-Петербург, 1999

Чернова Н. М., Былова А. М., Экология. М., 1981

Republic of Armenia. National Environmental Action Program. Main Report, 1999

საგანთა საძიებელი*

აბისალური ვაკე 64
აგრეგაცია 39-41
აგრობიომრავალფეროვნება 239
აგროეკოსისტემა 239
„აგროფორესტი“ 235
ადგილსამყოფელი 126, 130
აეროზოლი 88, 111
ავთვისებიანი სიმსივნე 150-153
ავტოტროფები 45
აზბესტი 151, 153
აზბესტოზი 153
აზოტის ოქსიდები (მანოქსიდი NO, დიოქსიდი NO_2 – NO_x) 88, 91, 107, 138, 148, 154, 160, 196
– სუბოქსიდი (N_2O) 107, 158
აკლიმატიზაცია 232
ამოწურვადობის ინდექსი 242
ანაბიოზი 36, 37
ანთროპოგენური გაბინძურება 82, 84, 210
– ნივთიერებები 84
ანთროპოტენტრიზმი (ანთროპოცენტრული მიდგომა) 17
ატმოსფერო 53, 82, 104, 196, 242
აუტეკოლეგია 18
აღკვეთილი 227, 228

ბენზპირენი 139
ბენთოსი 63, 64
ბიოაკუმულაცია 99, 141
ბიოგაზი 192
ბიოგენეზი 55
ბიოგენური ნივთიერება 101, 111, 173, 241
ბიოგეოსფერო 52
ბიოგეოქიმიური ციკლები 56
ბიოგეოცენოლოგია 18
ბიოინდიკატორი 213
ბიოინდიკაცია 213, 215
ბიოლოგია 8-11
– კონსერვაციული 216
ბიოლოგიური ბრძოლა (მავნებლებთან) 232, 233
– დაცვა (მცენარეთა) 231
– მიწათმოქმედება 237, 239
– მრავალფეროვნება 120, 162-171, 252
– პროდუქტიულობა 69, 135, 173
– სისტემები 8
ბიომასა 12, 42, 46-48, 53, 69, 75, 89, 135, 161
ბიომი 60, 213
– აზონალური 63
– ალპური სარტყლის 67
– ზღვის 61, 63
– მაღალმთის 125
– მტკნარი წყლის 61, 64
– სტეპის 66
– სუბნივალური 67
– ხმელეთის 61
ბიოსფერო 18, 52, 118
– სტრუქტურა 60
– ფუნქციონირება 55
ბიოსფერული რეზერვატი 228
ბიოტა 118, 236
ბიოტოპი 44, 130

* შედგენილია გ. ქავჯაიას მიერ.

ბიოტური პოტენციალი 28, 31, 43, 77
ბიოცენოზი 9, 19, 44-52, 71
– დინამიკა 50
– ენერგეტიკა 46
– პროდუქტიულობა 48, 82
– სტრუქტურა 49
ბიოცენტრიზში (ბიოცენტრული მიდგომა) 17
ბოლონისლი 71, 108, 139, 147, 154
ბოტანიკური ბაღი 230
ბუნებათსარგებლობა 246
ბუნების ძეგლი 228
ბუნებრივი გაზი 89
– რესურსები 6, 7, 240
– მტერი (მაგნებლის) 232

გადარჩენის დიაგრამა 33, 34
– დიაპაზონი 33, 34
გადაშენება 126-131
– ნაწილობრივი 126
– სრული 126
გამძლეობის ზღვარი 331
გარემო 5, 19, 216
– აბიოტური 19
– ანთროპოგენური 19
– ბიოგენური 19
– ბიოტური 19
– გეოგრაფიული 19
– გეოლოგიური 19
– პირობები 19, 21
– საარსებო 19, 216, 221
გარემოს გაბინძურება 190, 210, 240
– დაცვა 43, 246
– მონიტორინგი 210
– ტევადობა 43, 126
გარიგა 63
გაუდაბნოება 123, 179, 180, 186, 202, 253
გენოფონდი 167, 168
გენური ინჟინერია 236
გოგირდის დიოქსიდი (SO_2) 81, 83, 107, 111, 137, 146, 154, 160, 196
გოგირდწყალბადი 111, 173, 205

დაგროვების კოეფიციენტი (ნივთიერებების) 141
დათბობა გლობალური 154-156
დარიშხანი 88, 93, 96, 112, 137, 199
დაცული ბილიკები 223,
– ლანდშაფტი 228
– მდინარეები 223
– ტერიტორიები 169, 222, 224, 227
– – ნაციონალური სისტემა 227, 228
დდტ 96, 139
დეზერტიზაცია 179, 180
დეზერტიფიკაცია 179, 180
დემეკოლოგია 16
დემოგრაფიული აფეთქება 77, 79
– სტრუქტურა (პოპულაციის) 41
დიაპაუზა 50
დიელდრინი 140, 141
დიოქსინები 141, 151
დისპერსია (შიგაპოპულაციური) 38, 39
– თანაბარი 38, 39
– შემთხვევითი 38, 39
– ჯგუფური 38, 39

ევოლუცია 172
ევოლუციური თეორია 9
ევტროფიკაცია 172, 173, 176

ანთროპოგენური 172
ბუნებრივი 174
ოლოგია 6, 8, 16
აგრარული 6
გამოყენებითი 6
გლობალური 6
პოპულაციების 18
სამრეწველო 6
სოციალური 6
ფაქტორიალური 18
ფუნდამენტური 16
ქიმიური 6
კოლოგიზაცია (სოფლის მეურნეობის) 231, 237, 253
კოლოგიური კატასტროფა 118
– კრიზისი 16, 69, 75, 245
– მიწათმოქმედება 237-239
– პლასტიკურობა (ვალენტობა) 34, 35
– სოფლის მეურნეობა 231
– ფაქტორები 5, 20
– – აბიოტური 20, 34
– – ანთროპოგენური 5, 20, 21, 43, 68, 169
– – ბიოტური 20, 26
– – მალიმიტირებელი 33
– „ხაფანგები“ 139
ეკოსისტემა 11, 18, 44, 82, 169, 235, 245
ეკოსფერო 52
ეკოტოპი 44
ელიმინაცია 31
ემერჯენტობა 11
ემიგრაცია 43, 182
ენერგეტიკა ბირთვული (ატომური) 189
ენერგია 68, 185, 188, 193
– არატრადიციული 185, 188, 247
– გეოთერმული 192
– მზის 23, 185, 190
– ოკეანური 185, 191
– ტრადიციული 185
– ქარის 185, 190
– წყალბადის 191
ეთროპია 59
ენტომოფაგები 231-233
ეროვნული პარკი 223, 227
ეროზია (ნიადაგის) 121, 176, 186, 202, 211
– ანთროპოგენური 176-179
– ბუნებრივი 176
– გეოლოგიური 176
– დაჩქარებული 178, 179
– ზედაპირული 177
– ქარისმიერი 176, 177, 181
– წყლისმიერი 176, 177
– ჭავლური 177
– ხევური 177

ვერცხლისწყალი 93, 96, 112, 143, 146, 201

ზონა 23
– ინფრააბისალური 64
– არიდული 23
– ჰუმიდური 23
ზოოლოგია ინდიკაციური 213
ზოოლოგიური პარკი 230
ზოოპლანქტონი 64
ზოოფაგები 45
ზრდა ექსპონენციალური 29, 30, 77, 79
– ლოგისტური 79
ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (ზდკ) 146, 147

თანასაზოგადოება 12, 72
თბოენერგეტიკა 85
თერმოდინამიკა 57, 58
– მეორე კანონი 57, 58
– პირველი კანონი 57, 58
თესლბრუნვა 181

იარუსიანობა (ბიოცენოზის) 49
იზოლაცია 40
იზოპრენი 159
იმიგრაცია 43, 183
იმუნიტეტი 236
ინდიკატორი 112, 215
ინვაირონმენტოლოგია 6
ინსექტიციდი 85, 95
ინტროდუქცია 217, 231, 232
იონოსფერო 53

კარბოჭსიჰემოგლობინი 148, 207
კასტა 41
კვებითი ბადე 46
– ჯაჭვი 11, 45, 70, 131, 141
კლიმაქსი 51
კოაქცია 26
კომენსალიზმი 271
კონკურენცია 26, 39, 40
კონსერვაცია (სახეობების) 216
– ex-situ 217
– in-situ 217
კონსუმენტები 45, 73
კონტინენტური კალთები 64
– პლატო 64

ლითოსფერო 53, 82, 115

მავნებლები (სოფლის მეურნეობის) 95
მაკროკლიმატი 21
მარილიანობა (წყლის) 21, 35
მდგრადი განვითარება 249-252
– „ევროპა" (მოძრაობა) 254
მდგრადობა (ბიოლოგიური სისტემების) 12
მეზოკლიმატი 21
მეზოსფერო 53
მეთანი 108, 154
მეტჰემოგლობინი 101, 139
მეწყერი 207
მიგრაცია 37, 43, 50
მიკროკლიმატი 21
მინიმალური რიცხოვნობის წესი 40
მინიმუმის კანონი 32
მოლეკულური ბიოლოგია 8
მონიტორინგი 209, 228
– ბიოლოგიური 211
– ბიომრავალფეროვნების 212, 213
– ბიოცენოზური 212
– გარემოს 209
– გლობალური 210
– იმპაქტური 211
– კომპოზიციური 212
– ნაციონალური 210
– პოპულაციური 212
– რეგიონალური 210
– სტრუქტურული 212
მრავალმხრივი გამოყენების ტერიტორია 228
მრუდი ექსპონენციალური 28
– ლოგისტური 31
მსოფლიო მემკვიდრეობის უბანი 228
მტაცებლობა 26
მუტაცია 97
მუტუალიზმი 28

ნავთობი 88, 147
ნავთობპროდუქტები 111, 202, 244
ნაკრძალი (სახელმწიფო) 222-224
ნალექი (ატმოსფერული) 22
– მჟავე (წვიმა, თოვლი) 71, 108, 160-162
ნარჩენები (ანთროპოგენური) 204, 240
ნაყოფიერება (ნიადაგის) 24, 180
ნაციონალური პარკები 224
– წითელი წიგნები 179
ნახშირბადის დიოქსიდი (CO_2) 88, 107, 154
– მონოქსიდი (CO) 107, 147, 154, 196
ნახშირწყალბადები 88, 107, 112, 197
ნეგენთროპია 60
ნეისტონი 65
ნეოლითი 72, 73
ნეიტონი 64
ნიადაგი 24, 180
ნიტრატები 100, 101, 117, 138, 174, 204
ნიტრიტები 101, 138, 172, 204
ნიტროზამინები 139
ნოოგენეზი 55
ნოოსფერო 52, 54, 55, 241

ოზონი 138, 157
– სტრატოსფერული 155, 156, 158, 159
– ხვრელები 157, 159
ოლის პრინციპი 40
ოპტიმუმის კანონი 33
ორგანიზმები 8-40
– ევრითერმული 36
– ევრიფოტური 36
– ევრიჰალინური 36
– პელაგიალური 64
– სტენოთერმული 36
– სტენოფოტური 36
– სტენოჰალინური 36

პალეოლითი 126
პამპასები 62
პარაზიტიზმი 26
პირამიდა რიცხვთა 48
პესტიციდები 84, 94-99, 113, 116, 132, 199, 203, 212
– ბუნებრივი 233, 234
პლანქტონი 50, 64
პოლიმორფიზმი (პოპულაციის) 41
პოპულაცია 9, 37-43, 126, 133, 135
– დემოგრაფიული სტრუქტურა 43, 70, 126, 135
– დინამიკა 43
– რიცხოვნობა 42, 43, 70, 126, 135
– სიმჭიდროვე 42, 43
პრერია 62
პროდუქტიულობა 47, 64, 75
– ბიოლოგიური 47, 119
– მეორადი 47
– პირველადი 47, 172, 214
პროდუქცია 47
– მეორადი 47
– პირველადი 11, 46, 47, 56
პროდუცენტები 44, 73, 141
პროვინცია ნერიტული 64
– ოკეანური 64
პროკარიოტები 54
პროტოკოოპერაცია 28
პროფილი (ნიადაგის) 24

რადიოაქტიური გაბინძურება 101, 102
– ნივთიერებები 88, 114, 118, 208
– სტრონციუმი 144
– ფოსფორი 140
– ცეზიუმი 144
რადიონუკლიდები 102
რასა სეზონური 41
რედუცენტები 45
რეზერვატი (დაცული ტერიტორია) 223, 224
რეინტროდუქცია 217
რესტოკინგი 217-219
რესურსები 185, 196
– ბუნებრივი 185, 239
– ენერგეტიკული 185
– სახელმწიფოთაშორისი 257
– წყლის 199
რესურსული ციკლი 239
რეცირკულაცია 242
რიცხოვრობა სახეობის 28, 29

სავანა 62, 72
საზოგადოებრივი განვითარების ინდექსი 255
სასიცოცხლო ფორმები 34
სასუქი 173
– მინერალური 199, 204, 235
სახეობა გადაშენებული 127, 171
– დომინანტური 39, 50, 66
– ენდემური 220
– იშვიათი 220
– პრედომინანტური 50
სითბოს რეჟიმი 22
– ჯამი 22
სიკვდილიანობა 29, 43, 80, 182
სილვაკულტურა 235
სიმბიოზი 27
სინეკოლოგია 18
სინოიკია 27
სტეპი 62, 66
სტიქიური მოვლენები 125, 189
სტრატიფიკაცია ტემპერატურული 25
სტრატოსფერო 53, 84, 155
სუქცესია 51, 122
– ეკოლოგიური 51
– მეორადი 52
– პირველადი 52
სუქცესიური რიგი 51
ტაიგა 62
ტემპერატურული რეჟიმი 65
ტექნიკური პროგრესი 71, 73, 245
ტექნოგენეზი 71, 72, 76
ტექნოლოგია მცირენარჩენიანი 242
– უნარჩენო 241, 243, 248
ტექნოსფერო 52, 76
ტოქსიკური ნივთიერებები (ტოქსიკანტები) 49, 84, 117, 138-140, 147, 186, 201
ტრანსლოკაცია 217
ტროპოსფერო 53, 85, 155
ტროფული ჯაჭვი 46
ტროფულობა (წყალსატევის) 172
ტუნდრა 61
ტყე 62, 118-125
– ბირეალური 120
– ზომიერი სარტყლის 62
– კლიმაქსური 122
– მთის 125
– ნათელი 124
– პირველადი 130
– რელიქტური 122, 130
– ტროპიკული 63, 120, 121, 166, 171, 185
– „წმინდა“ 222
– „ხატის“ 222
ტყვია 91, 112, 116, 146, 149

უდაბნო 62, 115, 179
– ანთროპოგენური 179
ურბანიზაცია 154, 186
უტილიზაცია (ნარჩენების) 241

ფენოლები 113, 114, 199, 202
ფიტოპლანქტონი 11, 16, 25, 64, 140, 143, 211
ფიტოფაგები 15, 45, 46, 233
ფიტოცენოზი 49, 66, 125
ფოსფატები 117, 138, 173, 175, 204
ფოტოსინთეზი 11, 23, 46, 126, 214
ფრეონები 154
ფუნგიციდები 95

ქემოტროფები 45
ქვანახშირი 87, 147, 150, 185
ქლორფთორნახშირბადები 108, 158

ღვარცოფი 202

შეზღუდული პასუხისმგებლობის კონცეფცია 246
შემზღუდველი ფაქტორი 32
შობადობა 29, 41, 43, 80, 182, 219
შხამქიმიკატები 204

ჩამდინარე წყლები 199
ჩაპარალი 63

ძილქუში 36, 50

წარმოება (უნარჩენო) 239
წითელი სიები 219
– წივნები 216, 219, 220, 221
– – ადგილობრივი 219
– ნაციონალური 219
– საერთაშორისო 219
– საქართველოს 221
– სსრკ 220
წრებრუნვა (ნივთიერებათა) 55, 56
– ბიოლოგიური 55, 56, 69
– გეოლოგიური 55, 56, 69
წყალბადიონთა კონცენტრაცია 26
წყალდიდობა 178
წყალსატევი 172
– დისტროფული 172
– ევტროფული 172
– ოლიგოტროფული 172

ჭარბტენიანი ტერიტორია 228

ჯგუფის ეფექტი 39

ჰემოგლობინი 101, 148
ჰერბიფაგები 233
ჰერბიციდები 96, 212
ჰეტეროტროფები 45
ჰეტეროტიპული რეაქციები 26
ჰიდრობიონტები 25, 64, 113, 161, 215
ჰიდროსფერო 53, 82, 107, 174, 242
ჰომეოსტაზი 12, 169
ჰომოტიპური რეაქციები 26
ჰუმუსი 25, 69, 101, 178, 184, 235

Contents

Preface 5

Introduction 8
1. Biological Systems 8
2. Persistence of Biological Systems. 12

Chapter I. Basics of fundamental Ecology 16
3. Subject, tasks and levels of Ecology. 16
4. Environment and its peculiarities. Ecological Factors 19
5. Abiotic factors. Sphere of dryland 21
6. Upper layer of soil 24
7. Water sphere. 25
8. Biotic factors 26
9. Organisms and Environment. General rules of adaptation with the environment 28
10. Biological systems of organisms in plurality. Populations. . . . 37
11. Biocenosis and Ecological Systems 44
12. Biosphere 52

Chapter II. A Man and Environment. Factors conductive to the negative changes of the environment 68
13. Peculiarities of the Anthropogenic Impact on the Environment. 68
14. Technogenesis. 71
15. Technosphere 76
16. Demographic Explosion 77

Chapter III. Anthropogenic Change of the Environment 81
17. Notion of Anthropogenic Contamination 82
18. Spread of Anthropogenic Wastes 84
19. Sources of Anthropogenic Contamination. 85
20. Pollution of the Atmosphere 104
21. Pollution of the Hydrosphere 108
22. Pollution of the Lithosphere 115

Chapter IV. Impact of Anthropogenic Contamination on living systems 118
23. Planet Biota (flora, fauna, aquatics) 118
24. Toxic substances in Feeding Chains 137
25. Technogen pollution and Health 145

Chapter V. Global Problems. 154

26. Atmospheric Phenomena 154
27. Preservation of Biodiversity 162
28. Anthropogenic Eutrophication 172
29. Anthropogenic Erosion and desertification 176
30. Population density, poverty and environment 181
31. Urbanization 186
32. Energy Problems 188
hapter VI. Some effects of Anthropogenic Impact on Environment in eorgia 196
hapter VII. Ecological Principles of Environment Protection 209
33. Environment monitoring 209
34. Bio-indication and bio-testing 213
35. Issues of the Conservation Biology 216
36. Environmentally-friendly Agriculture 231
37. Zero-discharge Production 239
hapter VIII. Public and Environment Interaction Strategy 245
iterature 277

შინაარსი

წინათქმა 5

შესავალი **8**

1. ბიოლოგიური სისტემები. 8

2. ბიოლოგიური სისტემების მდგრადობა 12

თავი I. ფუნდამენტური ეკოლოგიის საფუძვლები **16**

3. ეკოლოგიის საგანი და ამოცანები. ეკოლოგიის დონეები 16

4. გარემო და მისი თავისებურებები. ეკოლოგიური ფაქტორები . . 19

5. აბიოტური ფაქტორები. ხმელეთის გარემო 21

მაკროკლიმატი, მეზოკლიმატი, მიკროკლიმატი (21). ტემპერატურა (22). ატმოსფერული ჰაერის ტენიანობა (22). მზის სხივური ენერგია (23). ატმოსფერული მასების მოძრაობა (24)

6. ნიადაგის საფარველი. 24

7 წყლის გარემო 25

8. ბიოტური ფაქტორები. 26

9. ორგანიზმები და გარემო. გარემოსთან შეგუების ზოგადი კანონები. 28

ორგანიზმთა გამრავლების პოტენციური შესაძლებლობა (28). შემზღუდველი ფაქტორის კანონი (32). ოპტიმუმის კანონი. გადარჩენის დიაგრამა (33). ორგანიზმთა სასიცოცხლო ფორმები, ეკოლოგიური პლასტიკურობა (34). გარემოს არახელსაყრელ პირობებთან შეგუების გზები (36).

10. ზეორგანიზმული ბიოლოგიური სისტემები. პოპულაციები . . . 37

ზოგადი დახასიათება (37). შიგაპოპულაციური დისპერსია (38). აგრეგაცია და ჯგუფის ეფექტი (39). ოლის პრინციპი (40). იზოლაცია და ტერიტორიულობა (40). პოლიმორფიზმი (41). რიცხოვნობა და სიმჭიდროვე (42). რიცხოვნობის დინამიკა (43).

11. ბიოცენოზები და ეკოსისტემები 44

ზოგადი დახასიათება (44). კვებითი ჯაჭვები (45). ენერგეტიკა (46). რიცხვთა პირამიდები (48). ბიოცენოზების სტრუქტურა. იარუსიანობა (49). დინამიკა (50).

12. ბიოსფერო 52

შედგენილობა და განვითარება (52). ფუნქციონირება (55). ბიოსფეროს სტრუქტურა (60). ხმელეთის ბიომები (61). ზღვის ბიომები (63). მტკნარი წყლის ბიომები (64). საქართველოს ძირითადი ბიომები (65).

თავი II. ადამიანი და გარემო. გარემოს უარყოფითი ცვლილების ხელშემწყობი ფაქტორები 68
13. გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების თავისებურებები . . 68
14. ტექნოგენეზი 71
აგრარული ცივილიზაციის პერიოდი (71). მექანოენერგეტიკის პერიოდი (72). თბოენერგეტიკის პერიოდი (73). XX საუკუნე (74).
15. ტექნოსფერო 76
16. დემოგრაფიული აფეთქება 77
თავი III. გარემოს ანთროპოგენური ცვლილება 81
17. ანთროპოგენური გაბინძურების არსი 82
18. ანთროპოგენური ნარჩენების გავრცელება. 84
19. ანთროპოგენური გაბინძურების მიზეზები. 85
თბოენერგეტიკა (85). ტრანსპორტი (91). მრეწველობა (92). სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია. პესტიციდების გამოყენება (94). მინერალური სასუქების გამოყენება (100). გარემოს გაბინძურების სხვა მიზეზები (101).
20. ატმოსფერო და მისი გაბინძურება 104
21. ჰიდროსფერო და მისი გაბინძურება 108
22. ლითოსფერო და მისი გაბინძურება 115
თავი IV. ანთროპოგენური გაბინძურების გავლენა ცოცხალ სისტემებზე 118
23. პლანეტის ბიოტა. 118
მცენარეული საფარი (118). ცხოველთა სამყარო (126). ოკეანეთა ბინადარნი (132).
24. ტოქსიკური ნივთიერებები კვებით ჯაჭვებში 137
25. ტექნოგენური გაბინძურება და ადამიანის ჯანმრთელობა . . 145
თავი V. გლობალური პრობლემები 154
26. ატმოსფერული მოვლენები 154
გლობალური დათბობა (154). ოზონოსფერო და ოზონის ხვრელები (157). მჟავე ნალექი (160).
27. ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება 162
28. ანთროპოგენური ევტროფიკაცია 172
29. ანთროპოგენური ეროზია და გაუდაბნოება. 176
30. ჭარბდასახლება, მასობრივი სიღატაკე და გარემო 181
31. ურბანიზაციის პროცესი 186
32. ენერგეტიკული პრობლემები 188
ენერგიის ალტერნატიული წყაროების ათვისება (188). ენერგიის დაზოგვის სტრატეგია (192)

თავი VI. გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედების ზოგიერთი შედეგი საქართველოში (XX ს-ის 80-90-იანი წლები) 196

თავი VII. გარემოს დაცვის ეკოლოგიური პრინციპები. . . . 209

33. გარემოს მონიტორინგი 209

34. ბიოინდიკაცია და ბიოტესტირება 213

35. კონსერვაციული ბიოლოგიის საკითხები 216

სახეობათა კონსერვაციის გზები (216). წითელი წიგნები (219). დაცული ტერიტორიები (222).

36. ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობა 231

37. უნარჩენო წარმოება 239

თავი VIII. საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის სტრატეგია 245

პირველი კონცეფციები (245). რომის კლუბი (246). მდგრადი განვითარება (249). პროგრამა 21 (252). საერთაშორისო თანამშრომლობა (255). საერთაშორისო ორგანიზაციები და ღონისძიებები (257).

დანართი. ზოგიერთი უმნიშვნელოვანესი ცნობა და გამოკვლევა ეკოლოგიაში; გ. როზენბერგის (1992) მიხედვით, ცვლილებებით 262

XX საუკუნის ზოგიერთი ტექნოგენური კატასტროფა; აკიმოვას და სხვ. (2001) მიხედვით 274

ძირითადი ლიტერატურა 277

საგანთა საძიებელი 281

Contents 288