

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია

იუნესკოს რესპუბლიკური კომიტეტი

მისიელ ღოღობერიკე

**წყლის ეკონომიკები:
დასვა და რაციონალური
გაეოყენება**



„მეცნიერება“

თბილისი

1992

ნაშრომში განხილულია წყლის ეკოსისტემები და მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება წყლის ხარისხს, აგრეთვე წყალსამეურნეო კომპლექსები და წყლის რესურსების გამოყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში. გაანალიზებულია ანთროპოგენული დატვირთვები წყლის ეკოსისტემებზე, მათი გამომწვევი ძირითადი მიზეზები და შედეგები. ყურადღება ეთმობა წყლის ეკოსისტემების დაცვის საერთო ორგანიზაციულ საკითხებს, ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის თანამედროვე მეთოდებს, წყლის ეკოსისტემების მონიტორინგს. მოცემულია წყლის ეკოსისტემებთან დაკავშირებული პროგნოზების, დიაგნოსტიკის, ოპტიმიზაციისა და მართვის ზოგიერთი საკითხი, აგრეთვე წყალსამეურნეო ობიექტების ეკოლოგიურა ექსპერტიზის ჩატარების მეთოდოლოგია.

წიგნი განკუთვნილია ამ დარგში მომუშავე სპეციალისტებისათვის და ფართო მკითხველისათვის.

რედაქტორი გ. გ ი გ ი ნ ე ი შ ვ ი ლ ი, გეოგრ. მეცნ. დოქტორი.

რეცენზენტი დ. ნ ა კ ა ნ ი, ბიოლ. მეცნ. კანდ.

შესავალი

ახლოვდება XX საუკუნის დასასრული. თუ როგორი სახით გადავა სამყარო მესამე ათასწლეულში, ეს საკითხი ალელვებს კაცობრიობას, ყველა ქვეყანას, მათი პოლიტიკური მრწამსის მიუხედავად. მომავლის პრობლემები ყოველთვის იყო განსჯის საგანი, მაგრამ გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების პრობლემები განსაკუთრებით გამოიკვეთა ჩვენი საუკუნის 70-იან წლებში, რაც განაპირობა ინტენსიურმა ინდუსტრიალიზაციამ და ადამიანთა ცხოვრების წესის ურბანიზაციამ, ტრადიციული, შედარებით ადგილად ხელმისაწვდომი ენერგეტიკული და ნედლეული რესურსების შემცირებამ. ბუნებაზე დემოგრაფიული „დატვირთვის“ განუწყვეტელმა ზრდამ, ბუნებრივი ეკოლოგიური ბალანსის, ბიოსფეროს თვითრეგულირების უაღრესად მექანიზმის დარღვევამ და სხვა.

გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალური გამოყენების სფეროში მტკნარი წყლის პრობლემას ერთ-ერთი ცენტრალური ადგილი უჭირავს, თუმცა წყალი — როგორც ფილოსოფიური კატეგორია, ცივილიზაციის ყველა ეტაპზე აფიქრებდა კაცობრიობას. სწორედ წყლის განუხაზღვრელმა მნიშვნელობამ განაპირობა გამონათქვამები:

- წყლის გარეშე სიცოცხლე არ არსებობს.
- სიცოცხლე — გასულიერებული წყალია.
- წყალი — ეს დედამიწის სისხლია.
- წყლის შეცვლა მხოლოდ ისევ წყლით შეიძლება.
- უჭაროდ სიცოცხლე შესაძლებელია (ანაერობები), უწყლოდ ის არ არსებობს.
- წყალი და ცოცხალი ნივთიერება დედამიწის ქერქის მიწისრიგების გენეტიკურად შეკავშირებული ნაწილებია.
- წყალი — ყველაზე საკვირველი და ყველაზე გავრცელებული ბუნებრივი შენაერთია — იგი სიცოცხლის წყაროა და დედამიწაზე მისი ფორმირების აუცილებელი პირობაა.

- ადამიანმა არ იცის წყლის ფასი, ვიდრე წყარო არ დაშრება.
- ნუ მეკითხები რამდენი მაქვს მიწა, უკეთესია მკითხო რამდენი მაქვს წყალი.
- არ შეიძლება ითქვას, რომ შენ აუცილებელი ხარ სიცოცხლისათვის, შენ თვითონ სიცოცხლე ხარ... სამყაროს ყველაზე დიდი სიმდიდრე.
- წყალს საზღვრები არ გააჩნია. წყლის პრობლემა მთელი კაცობრიობის პრობლემაა.
- იმ ნივთიერებებს შორის, რომლებიც ფიზიკურად და ფიზიკურქიმიურად შეისწავლება — ყველაზე რთული წყალია.
- უფრო ადვილია შეიქნო ციური სხეულების მიძრავობის კანონები, ვიდრე ნაკადულის.
- წყალი — საერთო მემკვიდრეობაა. ეს უნდა ესმოდეს თითოეულს და წყალი ყაირათიანად გამოიყენოს.
- წყლის მეურნეობის რთული პრობლემების გადასაჭრელად აუცილებელია მსოფლიოს ყველა ქვეყნის სპეციალისტთა ძალისხმევა

ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ წყალი — დედამიწაზე არსებულ ნივთიერებებს შორის ყველაზე პოპულარული და საიდუმლოებით მოცული ნივთიერებაა. მართალია, უკანასკნელი ორი ასწლეულის განმავლობაში მეცნიერებამ წყლის შედგენილობისა და თვისებების შესწავლაში გარკვეულ წარმატებებს მიაღწია, მაგრამ წყალი მეტად არაერთგვაროვანი სითხე აღმოჩნდა, რომელიც არა მარტო ექსპერიმენტულ გამოკვლევებს, არამედ მოდელირებასაც კი ძნელად ექვემდებარება. რაც უფრო ღრმად ვეცნობით წყლის ბუნებას, მით უფრო მეტად ვერწმუნდებით მისი მოქმედების ორიგინალურობაში, მის ახალ, ბოლომდე შეუცნობ სტრუქტურულ თავისებურებაში.

და დღეს, ისევე როგორც რამდენიმე ასწლეულის წინათ, ერთმნიშვნელოვანი პასუხი არ არსებობს ისეთ, ერთი შეხედვით თითქოსდა მარტივ კითხვაზე — რა არის წყალი?! თუმცა უკვე კარგადაა ცნობილი, რომ წყლის ეკოსისტემები — ეს რთული ბუნებრივი კომპლექსებია, წარმოქმნილი ბიოცენოზით (ცოცხალი ორგანიზმებით) და მათი არსებობის არით, რაც ურთიერთკავშირშია ნივთიერებათა და ენერჯის ცვლის მეშვეობით. წყლის ეკოსისტემებს ახასიათებს დიდი რეზისტენტულობა და დრეკადობა, რაც ხელს უწყობს მათ გადაიტანონ პერიოდული მძიმე ან მწვავე ანთროპოგენული დატვირთვები, მაგრამ

ისიც უნდა ითქვას, რომ მუდმივ და ხანგრძლივ დამარღვეველ ზემოქმედებას შეუძლია გამოიწვიოს არაშექცევადი ნეგატიური შედეგები.

ტექნიკურმა პროგრესმა კაცობრიობას თანდათან ჩამოუყალიბა ბუნებისადმი „დამპყრობი“ დამოკიდებულება, შეაიარაღა რა დღეისათვის უკვე დაგმობილი იდეთ — „ბუნება ყველაფერს აიტანს, ყველაფერს გაუძლებს“. უფრო მეტიც, რომ არაფერი ვთქვათ წყლის რესურსების გამოყენების ექსტენსიურ გზებზე, დღეს წყლის ეკოსისტემებში ხვდება ისეთი არატრადიციული გამაბინძურებელი ნივთიერებებიც, რომლებზეც ადრე წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა კაცობრიობას. ასეთ გამაბინძურებლებს მიეკუთვნება: ნავთობპროდუქტები, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, პესტიციდები, მძიმე ლითონები, ქლორ-აზოტ-ფენოლშემცველი ნაერთები, რომლებიც წარმოიქმნებიან მრეწველობისა და სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა დარგის ქიმიზაციით.

აღნიშნული ნივთიერებების უმეტესობას გააჩნია კუმულაციისა და მიგრაციის უნარი. რაც ნაკლებად ან თითქმის შეუსწავლელია, თუ როგორია მათი გავრცელება ბიოტაში, მათი ტრანსფორმაცია დროსა და სივრცეში, ტოქსიკურობა ორგანიზმების მიმართ, აგრეთვე ბიოქიმიური და პათოლოგიური რეაქციები და სხვ., ამიტომ ამ გამაბინძურებლების ეკოსისტემებში მოხვედრა ქმნის პოტენციურ საფრთხეს როგორც ფლორისა და ფაუნისათვის, ასევე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის.

მიუხედავად აღნიშნულისა, ტექნიკური პროგრესი იყო და კვლავ დარჩება საზოგადოების ერთ-ერთი მამოძრავებელი ძალა. ჩვენი წამყვანი სახალხო მეურნეობის ობიექტების წარმოქმნა და განვითარება, ახალი პროდუქტების მიღება, ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფა და ა. შ. ძირითადად განაპირობა პროგრესულმა ტექნიკურმა გადაწყვეტებმა. დღეს, როდესაც თითქმის მოღალდეკა პრეტენზია წაუყენოთ ტექნიკას გარემოზე მისი ნეგატიური ზემოქმედების გამო, ჩვენ მაინც არა გვაქვს უფლება ბოლომდე: არ შევაფასოთ მისი უალტერნატიული როლი, რომელიც მან შეასრულა ცხოვრების დონის გასაუმჯობესებლად. გარემოზე ზემოქმედება ყოველთვის ანგარიშგასაწევაა, მაგრამ მან ტექნიკურ განვითარებას განაჩენი არ უნდა გამოუტანოს, რადგან სწორედ ტექნიკურმა პროგრესმა ჩვენი საერთო მომავალი უნდა განაპირობოს.

ცხადია ტექნიკისა და ტექნოლოგიური პროცესების გამოყენების პირობები სისტემატურად შეიცვლება, მაგრამ მათი მნიშვნელობა არ შემცირდება. ამიტომ დღეს, როგორც არასდროს, წყლის ეკოსისტემების მეცნიერულად დასაბუთებულ საფუძველზე დაცვასა და მათ რაციონალურ გამოყენებას — ეკოლოგიური, ეკონომიკური, სოციალური და სხვ. ფაქტორების გათვალისწინებით უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

სწორედ აღნიშნულ პრობლემებს ეძღვნება წინამდებარე ნაშრომი.

თ ა ვ ი

წყლის რესურსები

1.1. ზოგადი ცნებები დედამიწის ჰიდროსფეროს შესახებ

1.1.1. წყლის ფიზიკა და ქიმია

წყალს შუა საუკუნეებში მარტივ, მთლიან და განუყოფელ ნივთიერებად თვლიდნენ. წყალი შედგება წყალბადისა და ჟანგბადისაგან, იგი შეიძლება მიღებულ იქნას ქიმიური რეაქციების მეშვეობით — ამტკიცებდა ანტუან ლავუაზიე.

1805 წ. ჟოზეფ ლუი გეილუსაქისა და ალექსანდრე ჰუმბოლდტის ერთობლივად ჩატარებული ცდების შედეგად პირველად დადგინდა, რომ წყლის წარმოსაქმნელად საჭიროა წყალბადის ორი და ჟანგბადის ერთი მოცულობა. ასეთივე აზრი განავითარა იტალიელმა მეცნიერმა ამედეო ავოგადრომაც. თითქოს და ყველაფერი ძალიან მარტივად ჩანდა, მაგრამ როგორც ბოლო დროს დავრწმუნდით წყალბადს გააჩნია 2 სტაბილური იზოტოპი (^1H და ^2H , რომლებსაც ჩვეულებრივ აღნიშნავენ H და D), ხოლო ჟანგბადს სამი (^{16}O , ^{17}O და ^{18}O), რის გამოც არსებობს წყლის 9 იზოტოპური სახესხვაობა. ბუნებაში ეს სახესხვაობები საშუალოდ შემდეგი თანაფარდობით (მოლურ პროცენტებში) გვხვდება: H_2^{16}O — 99,73; H_2^{17}O — 0,04; H_2^{18}O — 0,20; HD^{16}O — 0,03. რაც შეეხება სახესხვაობებს — HD^{17}O , HD^{18}O ; D_2^{16}O , D_2^{17}O და D_2^{18}O , მათი ჩამური პროცენტი 10^{-6} – 10^{-16} არ აღემატება.

განსაკუთრებულ ინტერესს მძიმე წყალი წარმოადგენს (D_2O), რომელიც შედგება დეიტერიუმის (D) ორი და ჟანგბადის ერთი ატომისაგან, აგრეთვე ზემოთხსენებული წყალი (T_2O) წარმოქმნილი წყალბადის რადიოაქტიური იზოტოპის — ტრიტიუმის (T) ორი და ჟანგბადის ერთი ატომის ნაერთისაგან.

დედამიწის წყლებში ზემოთმე წყლის რაოდენობა 13—20 კგ არ აღემატება. რაც შეეხება მძიმე წყალს, მისი შედარებით დიდი შემცველობაა სამხრეთ განედის შიგა ჩაკეტილ წყალსატევებში. წვიმას წყალიც მდიდარია მძიმე წყალბადით. მძიმე წყალი ჩვეულებრივი წყლისაგან შეიძლება გამოიყოს ელექტროლიზით.

მძიმე წყალი ჩვეულებრივისაგან განსხვავდება როგორც ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, ასევე ორგანიზმებზე ფიზიოლოგიური ზემოქმედებით. მაგალითად, წყალი, რომელიც შეიცავს დეიტერიუმს ჩვეულებრივ წყალთან შედარებით 11% უფრო მკვრივია, იყინება — 3,8°C, დუღს 101,4°C ტემპერატურის დროს, 23% უფრო ბლანტია და ა. შ.

რადგან წყლის თვისებებს შეეხებთ, ალბათ: ურიგო არ იქნებოდა, თუ გნებავთ ძალიან ზოგადად, შევჩერებულყავით წყლის ზოგიერთ ძირითად ფიზიკურ-ქიმიურ მახასიათებლებზე და წყლის მოლეკულის აღნაგობის სქემაზე, რომლებსაც უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს ბუნებრივ გარემოში მიმდინარე ამა თუ იმ სასიცოცხლო პროცესებზე.

წყლის მოლეკულის შინაგანი აგებულების სტრუქტურა საკმაოდ ორიგინალურია. ჩვეულებრივი წყლის მოლეკულის ცენტრში მოთავსებულია ჟანგბადის ატომი, ხოლო გარკვეული დაშორებით — წყალბადის 2 ატომი, რომელთა განლაგება კმნის ტოლფერდა სამკუთხედს (105° კუთხით). მოლეკულაში წყალბადისა და ჟანგბადის ატომებს შორის კავშირი ელექტრონებით ხორციელდება.

ვინაიდან წყალბადისა და ჟანგბადის ატომის ბირთვების განლაგება არასიმეტრიულია, წყლის მოლეკულებს გააჩნიათ ტეტრაედრის ფორმა. რომლის საპირისპირო ნიშნის პოლუსზე განლაგებულია ორი უარყოფითი და ორი დადებითი მუხტი. მუხტების ასეთი განლაგება განაპირობებს იმ ფაქტს, რომ წყალში კარგად იხსნება არა მარტო ელექტროლიტები, არამედ ბევრი ორგანული ხასიათის არაელექტროლიტი, აგრეთვე ჟანგბადი, CO₂ და სხვა აირები.

ამრიგად, წყალში იხსნება ნებისმიერი ნივთიერება, მართალია ზოგჯერ უმნიშვნელოდაც კი, და როგორც ხშირად აღნიშნავენ წყალში აბსოლუტურად უხსნადი ნივთიერება ბუნებაში არ არსებობს. წყალში იხსნება ოქრო, ვერცხლი, გრანიტი, ბაზალტი და ა. შ. თვით იმ ჭურჭლის მინაც კი, რაშიაც ის ასხია. წყალს უნივერსალურ გამხსნელსაც უწოდებენ. ყოველივე აღნიშნულის გამო ბუნებრივ პირობებში წყალი პრაქტიკულად არასდროს არ არის სუფთა. მაგალითად, წვიმის წყალი შეიცავს იმ მინარევებს, რომლებიც ატმოსფერულ ღრუბლებ-

შია. მდინარეებისა და ტბების წყლები მდიდარია მთის ქანებისა და ნიადაგების ნაწილაკებით. ვარაუდობენ, რომ ზღვის წყალი შეიცავს მენდელევის ცხრილის ყველა ელემენტს, თუმცა ამჟამად 80-მდე ელემენტი აღმოჩენილი. იონების შემცველობის მიხედვით ბუნებრივი წყლები შეიძლება იყოს: მტკნარი, რომლის მინერალიზაცია 1 გ/ლ არ აღემატება; მინერალიზებული, რომელიც შეიცავს მინერალურ ნივთიერებებს 1-დან 50 გ/ლ-მდე და მარილხსნარი, რომელიც შეიცავს 50 გ/ლ-ზე მეტ მინერალს. შედარებით ხშირად გვხვდება ჰიდროკარბონატული, სულფატური და ქლორიდული წყლები.

ბუნებრივ წყლებში პრაქტიკულად ყოველთვის არის მაკროელემენტები: ბორი, ბრომი, ფთორი, იოდი, სპილენძი, დარიშხანა, ნიკელი, კობალტი, თუთია და ა. შ., რომლებიც წყალთან ერთად ხვდებიან როგორც ადამიანებისა და ცხოველების, ასევე მცენარეების ორგანიზმში. მართალია ორგანიზმში ამ მაკროელემენტების კონცენტრაციები საკმაოდ უმნიშვნელოა, მაგრამ მათი შეცვლა შეუძლებელია. ისინი არამარტო მონაწილეობენ ორგანიზმებში მიმდინარე მიმოცვლით პროცესებში, არამედ მოქმედებენ მათ მიმართულებებზე. კერძოდ, მათ შეუძლიათ ფერმენტული პროცესების როგორც სტიმულირება, ასევე დათრგუნვა. მაკროელემენტები მოქმედებენ ორგანიზმების ზრდაზე, გამრავლებაზე და მათი სიცოცხლის ხანგრძლივობაზე.

წყალში იმდენად შენიღბულია უნივერსალური გამხსნელის თვისებები, რომ მეცნიერებსაც კი უჭირთ მათში თავისუფლად გარკვევა. წყალი არა მარტო რეცხავს და ანგრევს ქანებს, ნაგებობათა კედლებს და ა. შ., არამედ შესანიშნავი შემოქმედის როლსაც კი ასრულებს. ასე მაგალითად, სილიციუმის ორჯანგთან შეერთებისას იგი იღებს ჰიდრატის ფორმას და წარმოქმნის ღია ნაცრისფერი ტონებისა და მათი უნატიფესი შეხამების მქონე იღუმალ, მშვენიერ მინერალს — ოპალს ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

წყლის მოლეკულები წარმოქმნიან წყალბადურ ბმებს მრავალრიცხოვან უარყოფითად დამუხტულ მოლეკულებთან, რაც განაპირობებს სხვადასხვა შედგენილობის კომპლექსების წარმოქმნას. მაღალი ტემპერატურების დროს წყალი უპირატესად წარმოდგენილია მონოჰიდროლებით, დაბალი ტემპერატურების დროს კი ძირითადად დიჰიდროლებითა და ტრიჰიდროლებით. მოლეკულები, ეხებიან რა ერთმანეთს, საპირისპირო პოლუსებით წარმოქმნიან კრისტალურ სტრუქტურას მრავალრიცხოვანი სიციარიელებით, რომელთა ზომები წყლის მოლეკულების დიამეტრზე მეტია, ამიტომ ყინულის სიმკვრივე 1-ზე ნაკლებ

ბია. ყინულის გადნობისას წყალბადური ბმების ნაწილი წყდება, რის შედეგადაც განთავისუფლებული მოლეკულები ავსებენ კრისტალური სტრუქტურის სივრცეებს და წყლის სიმკვრივეც იზრდება. ტემპერატურის შემდგომი ზრდით $3,98^{\circ}\text{C}$ -მდე წყალბადური ბმების გაწყვეტა გრძელდება და წყლის „შემჭიდროება“ აღმატება თბური გაფართოების ეფექტს. $3,98^{\circ}\text{C}$ -ს ზემოთ ტემპერატურის მატების დროსაც წყალბადური ბმების გაწყვეტა გრძელდება, მაგრამ უკვე თბური გაფართოების ეფექტი აღმატება წყლის „შემჭიდროებას“, რის გამოც წყლის სიმკვრივე იწყებს შემცირებას. საერთოდ როდესაც სითხე აირად მდგომარეობაში გადადის, ყველა ბმები, გაწყვეტილია, მაშინ როდესაც 20°C -ის დროს შენარჩუნებულია ბმების ნახევარი. ზღვის წყალს კი სხვა თვისებები ახასიათებს, კერძოდ ტემპერატურის შემცირებით სიმკვრივე თანდათან მატულობს გაყინვის პროცესის დაწყებამდე. წყლის სიმკვრივე დამოკიდებულია არა მარტო ტემპერატურაზე. არამედ წნევაზე და წყალში გახსნილი ნივთიერებების შემცველობაზე. მაგალითად, წყლის მაქსიმალური სიმკვრივე — 1 გ/სმ^3 , რომელიც მას გააჩნია $3,98^{\circ}\text{C}$ დროს, შეიძლება წყალში გახსნილი სხვადასხვა მარილების გამო $1,347 \text{ გ/სმ}^3$ -მდეც კი გაიზარდოს.

ბუნებრივ პირობებში ტემპერატურისაგან გამოწვეული წყლის სიმკვრივის მნიშვნელობების ცვალებადობა შეიძლება ერთი შეხედვით უმნიშვნელოდაც კი მოგეჩვენოს, რადგან $0, 4, 10, 20$ და 30°C დროს სიმკვრივე სათანადოდ $0,99986, 1,00000, 0,99972, 0,99823, 0,99567$ მნიშვნელობებს ღებულობს, მაგრამ ეს მხოლოდ ერთი შეხედვით. მაგალითად, ჰიდრობიონტების სიმკვრივე 1 -საგან მხოლოდ მეორე ან მესამე ნიშანში განსხვავდება, მაშინ როდესაც წყლის სიმკვრივის შეცვლა მესამე ან მეოთხე ნიშანში წარმოებს, ეს კი ძალიან ბევრს ნიშნავს პელაგიალური ორგანიზმების სასიცოცხლო გარემოს შესაქმნელად, კერძოდ, სხვადასხვა „საყრდენი“ არეების გამოსაყოფად. ან კიდევ, განსხვავება წყლისა და ყინულის სიმკვრივეებს შორის განაპირობებს ყინულის წყალსატევის ზედაპირზე წარმოქმნას და ცურვას. ეს რომ ასე არ ხდებოდეს, წყალსატევეები ზამთარში ფსკერამდე გაიყინებოდა და კატასტროფულ პირობებს შექმნიდა მათში არსებული ყოველი ცოცხალი ორგანიზმისათვის. თუმცა ცალკეულ პირობებში წყალსატევეებში სიღრმითი ყინულებიც კი ჩნდება, აღნიშნული პროცესები შეიძლება მდინარის ფსკერზეც მიმდინარეობდეს, რის შედეგადაც ზოგჯერ „ყინულის კაშხალი“ წარმოიქმნება.

წყალი, ისევე როგორც ბუნებაში არსებული ყველა ნივთიერება, 100-დან $+4^{\circ}\text{C}$ -მდე გაცივებით მოცულობას იკლებს, ხოლო შემდგომი გაცივებით 0°C -მდე, განსხვავებით სხვა ნივთიერებებისაგან, მოცულობას იმატებს, რასაც წყლის მოლეკულების სტრუქტურას მიაწერენ. გაყინვის შედეგად წყლის მოცულობა თითქმის 11%-ით იზრდება, რის გამოც ჩაკეტილ სივრცეში წყლის გაყინვის დროს წარმოიქმნება ჰარბი წნევები, რომელთა მნიშვნელობა 2,5 ათას კგ d/cm^2 კი აღწევს.

სწორედ აღნიშნული თვისებების გამო კლდის ნაპრალებში გაყინულ წყალს შეუძლია იგი ნამსხვრევებადაც კი აქციოს. წნევების გაზრდით წყლის გაყინვის ტემპერატურა სხვა ნივთიერებებისაგან განსხვავებით მცირდება. მაგალითად, მხედველობაშიც რომ არ მივიღოთ ოკეანის წყლებში გახსნილი მარილების რაოდენობა 4 ათასი მეტრის სიღრმეში წყალი -3°C -ის დროსაც კი არ იყინება.

წყლის თბოტევადობა იცვლება ტემპერატურის მიხედვით და თავის მინიმალურ მნიშვნელობას აღწევს $+35^{\circ}\text{C}$ დროს. ვინაიდან წყალს ახასიათებს მაღალი თბოტევადობა და მცირე თბოგამტარობა, ამიტომ წყალი ნელა ცივდება და ასევე ნელა თბება. წყლის თბოტევადობა 3,3 ათასჯერ აღემატება ჰაერის თბოტევადობას. სწორედ წყლის ეს თვისება ხდის მას მზის ენერჯიის მთავარ აკუმულატორად და გამანაწილებლად პლანეტაზე. ახდენს რა სითბოს აკუმულაციას წელიწადის ან დღის თბილ პერიოდში, ხოლო ცივ პერიოდში კი პირიქით — სითბოს გამონთავისუფლებას, მსოფლიო ოკეანის წყლის უზარმაზარი მასები „მართავენ“ ამინდსა და კლიმატს. წყლის ეს თვისება განაპირობებს მის გამოყენებას თბოგადამტანად სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში და სხვ.

ორიგინალურია წყლის კიდევ ერთი მახასიათებელი — მისი სიბლანტე. ჩვეულებრივ, წყლის სიბლანტე წნევების ზრდასთან ერთად დიდდება, ხოლო ტემპერატურის გაზრდით კი მცირდება. წყლის სიბლანტეზე მოქმედებს მასში გახსნილი ნივთიერებების შემცველობაც. მაგალითად, ზღვის წყლის სიბლანტე (გახსნილი მარილების შემცველობის გამო) უფრო დიდია, ვიდრე მდინარის წყლის. წყლის სიბლანტის ცვალებადობა მნიშვნელოვან ზეგავლენას ახდენს წყალსატევებში ჰიდრობიონტების გადაადგილებაზე.

წყალს — ამ უფრო და უგემო სითხეს გააჩნია სრულიად უნიკალური თვისება — წარმოქმნას არაჩვეულებრივად მტკიცე ზედაპარული აფსკი, რომელზედაც შეიძლება ფოლადის ნემსიც კი დაიდოს. უფრო მეტიც, დადგენილია, რომ რაც უფრო სუფთაა წყალი, მით

უფრო ინტენსიურად იზრდება მისი ზედაპირული დაკიმულობა და თუ ოდესმე მოხერხდება აბსოლუტურად სუფთა, ყოველგვარი მინარევე-ბისაგან თავისუფალი წყლის მიღება, როგორც ვარაუდობენ ასეთი წყლის ზედაპირზე შესაძლებელი იქნება არა მარტო სიარული, არამედ ციგურებითაც სრიალი. მართლაც, გაანგარიშებულია, რომ აბსოლუტურად სუფთა წყალს, როდესაც იგი არ შეიცავს არავითარ მინარევეებს და გახსნილ აირებს, გააჩნია ფენომენალური ზედაპირული დაკიმულობა — 3 სმ დიამეტრის წყლის სვეტის აფსკის გასაგლეჯად საჭირო იქნება 100 ტ ძალის გამოყენება.

აბსოლუტურად სუფთა წყალი არ დუღს, იმ შემთხვევაშიც კი, თუ მას გავაცხელებთ დუღილის ტემპერატურასთან შედარებით რამოდენიმე ათეული გრადუსით მაღალ ტემპერატურაზე. მაგრამ ასეთი წყალი ბუნებაში არ არსებობს, უფრო მეტიც, მისი მიღება ლაბორატორიულ პირობებშიც კი ჯერ-ჯერობით შეუძლებელია.

საერთოდ, გახსნილი მარილების არსებობა წყალში მის ზედაპირულ დაკიმულობას ზრდის, თუმცა სხვა ნივთიერებები კი წყალში მოხვედრისას პირიქით დაკიმულობას ამცირებენ. ამ უკანასკნელ ნივთიერებებს ზედაპირულად — აქტიურს უწოდებენ.

წყალი ელექტრული დენის ცუდი გამტარია, მაგრამ გახსნილი მარილების წყალში არსებობა ელექტროგამტარობას ზრდის, რომელიც ტემპერატურისაგან დამოკიდებულებით იცვლება. ელექტროგამტარობა წყლის სისუფთაის: მაჩვენებელია. გამოხდილი წყლის ელექტროგამტარობა დაახლოებით 100-ჯერ უფრო მაღალია ვიდრე აბსოლუტურად სუფთა წყლის.

წყლის გამჟვირვალობა დამოკიდებულია მასში გამავალი სხივების ტალღის სიგრძეზე. ულტრაიისფერი სხივები წყალში თავისუფლად აღწევენ, ინფრაწითელი კი ძნელად, რაც უაღრესად მნიშვნელოვანია როგორც ფიზიკური, ასევე ბიოლოგიური თვალსაზრისით. წყალი შთანთქავს ხილული სინათლის ნარინჯისფერ და წითელი კომპონენტების დიდ ნაწილს, რითაც აიხსნება წყლის დიდი სივრცეების ცისფერი შეფერილობა.

1.1.2. წყლის წარმოშობა

| მეცნიერები დღესაც განაგრძობენ კამათს ხმელეთის, ზღვებისა და ოკეანეების წარმოშობის შესახებ. გერმანელი გეოლოგის — ვაგნერის აზრით, თავდაპირველად მხოლოდ ერთი, უზარმაზარი კონტინენტი პანგეელი არსებობდა, რომელიც შემდეგ რამდენიმე ნაწილად (კონ-

ტინენტად) დაიყო. მართლაც, თუ დავხედავთ გეოლოგიურ რუკას, დავინახავთ, რომ ეს ჰიპოთეზა მთლად უსაფუძვლო არაა — ამერიკის აღმოსავლეთ ნაპირების კონტურები გვაგონებენ აფრიკის დასავლეთ ნაპიროების კონტურებს. უფრო მეტიც, აღნიშნული ნაპირები თავისი ძირეული ქანების მინერალოგიური შედგენილობითაც ძალიან ემსგავსებიან ერთმანეთს.

ოკეანეებისა და კონტინენტების წარმოშობის შესახებ არსებობს სხვა ჰიპოთეზაც. მაგალითად, მეცნიერთა უმრავლესობა თვლის, რომ საწყის ეტაპზე დედამიწა წარმოადგენდა აირულ მბრუნავ ღრუბელს, რომელიც გაციებისას გარდაიქმნა გაღობილ მასად და შემდეგ დედამიწის ქერქად. უკანასკნელ ხანს საყოველთაო აღიარება მოიპოვა დედამიწაზე წყლის აუზების შექმნის თეორიამ, რომლის მიხედვით ჩვენს პლანეტას არ გააჩნდა არც წყლისა და არც აირის გარსი. სხვადასხვა ჰიპოთეზებს შორის არსებობს აგრეთვე ჰიპოთეზა, რომელიც წყლის კოსმოსურ წარმოშობას ვარაუდობს და ა. შ.

როდის გაჩნდა პირველად ჩვენს პლანეტაზე წყალი თხევად მდგომარეობაში? დედამიწის განვითარების პროცესში როგორ იცვლებოდა მისი მასა და მასში გახსნილი ნივთიერებების შედგენილობა? და სხვა საკითხებს დღესაც გააჩნიათ არა მარტო პრაქტიკული, არამედ მსოფლმხედველობითი მნიშვნელობა. რადგანაც წყლის გარემოსთანაა დაკავშირებული მრავალი სასარგებლო წიაღისეულისა თუ საერთოდ სიცოცხლის წარმოქმნა დედამიწაზე.

არა და ჩვენი პლანეტა, როგორც ამას ამ ბოლო დროს ამბობენ. წყლის პლანეტაა და არა მიწის, ვინაიდან 3/4-ზე მეტი ოკეანეების, ხმელეთზე და წყალზე ყინულების, ტბების, ჭაობების ზედაპირებს უკავია, ხოლო პლანეტის ირგვლივ დატურავს ღრუბლები, რომლებშიაც თავმოყრილია ორთქლისმაგვარი წყალი. დედამიწის ქერქის ნაპრალებშიც და ფორებშიც ყოველთვის შესაძლებელია წყლის აღმოჩენა. ამრიგად წყალი ყველგანაა, სადაც კი ცხოვრობს ადამიანი ან ბინადრობს ნებისმიერი ცოცხალი არსება, იგი შედის მცენარისა და ცხოველის ორგანიზმებში, ადამიანის ორგანიზმშიც 70% წყლისაგან შედგება. წყლის ეკოსისტემები პლანეტაზე ასე თუ ისე ერთმანეთთანაა დაკავშირებული და წარმოქმნის გარსს, რომელსაც პიდროსფერო ეწოდება.

ახლა თუ კოსმოსშიც გადავინაცვლებთ, იქაც საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი წყალი: ყინულოვანი ქუდები მარსის პოლუსებზე, მთლიანად ყინულებით დაფარული იუპიტერის, სატურნისა

და სხვა პლანეტების თანამგზავრები, ყინულოვანი რგოლი სატურნის ირგვლივ, კომეტების ყინულოვანი გული, რომელთა არსებობა ექსპერიმენტულად იქნა დაზუსტებული როდესაც პროექტ „ვეგას“ მიხედვით იკვლევდნენ გალილეის კომეტებს, წყლის ორთქლი ვენერას ატმოსფეროში და სხვ. ამრიგად, როგორც ვხედავთ, წყალი საკმაოდ დიდი რაოდენობითაა კოსმოსშიც, მაგრამ ეს წყალი იმით განსხვავდება დედამიწის წყლისაგან, რომ იგი აქ მთლიანად მყარ ან ორთქლისმაგვარ მდგომარეობაშია.

კოსმოსში დიდი რაოდენობით წყლისა და განსაკუთრებით ყინულის გავრცელება ისეთ პირველად წარმონაქმნებში, როგორცაა კომეტები და კომეტისმაგვარი სხეულები, მოწმობს, რომ ჩვენი პლანეტის პირველად შემადგენლობაში უნდა ყოფილიყო მოლეკულები, ან შესაძლებელია საკმაოდ მსხვილი ყინულოვანი ობიექტები და რაღა თქმაუნდა წყლისწარმომქმნელი კომპონენტები — წყალბადი და ჟანგბადი. ამიტომ ცხადია დედამიწის ევოლუციის საწყის — პირველ ეტაპზე წყალი იარსებებდა როგორც მის ზედაპირზე, ასევე მის წიაღში ყინულოვანი ჩანართების სახით. რაც შეეხება ჩვენი პლანეტის არსებობის დროს, იგი დღეს არსებული მეთოდების საშუალებით, კერძოდ სხვადასხვა ელემენტების ატომების რადიოაქტიური დაშლის სიჩქარის მიხედვით, საკმაოდ დამაჯერებლადაა განსაზღვრული და შეადგენს დაახლოებით 4,65 მლრდ. წელს. უფრო მეტიც, დღეისათვის ნაპოვნია ძველი ქანები, რომელთა ასაკი 3,8 მლრდ. წელია და მათში აღბეჭდილია ყველაზე ძველი ერთუჯრედოვანი ორგანიზმების ნაშთები. ყოველივე ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ეს ქანები დალექილი იყო წყალსატევების ფსკერზე, იმ წყალსატევების რომლებშიაც გაცილებით ადრე იყო სიცოცხლე, ე. ი. ჰიდროსფერო არსებობდა გაცილებით ადრე არა ნაკლებ 4 მლრდ. წლის წინათ.

ამრიგად, როგორც ბოლო მეცნიერული გამოკვლევები და სხვადასხვა ჰიპოთეზების განზოგადება აჩვენებს დედამიწის ქერქის წარმოქმნა და მისი დაყოფა ორ ძირითად ოკიანურ და კონტინენტალურ სტრუქტურად, ჰიდროსფეროსა და ატმოსფეროს წარმოშობა, ბიოსფეროს ჩამოყალიბება იყო ერთდროული ან თითქმის ერთდროული არა უგვიანეს 4 მლრდ. წლის წინანდელი აქტი მას შემდეგ ჩვენი პლანეტის გარსის, მათ შორის ჰიდროსფეროს ევოლუცია მიმდინარეობს თითქმის იგივე კანონზომიერებით, როგორც დღეს.

საერთოდ ამ ბოლო ჰიპოთეზის ქეშმარიტებასაც დრო აჩვენებს, ასე რომ ჭერ-ჭერობით კითხვა, თუ „საიდან გაჩნდა წყალი დედამიწაზე“ — მაინც ღია რჩება.

1.1.3. წყლის წრებრუნვა

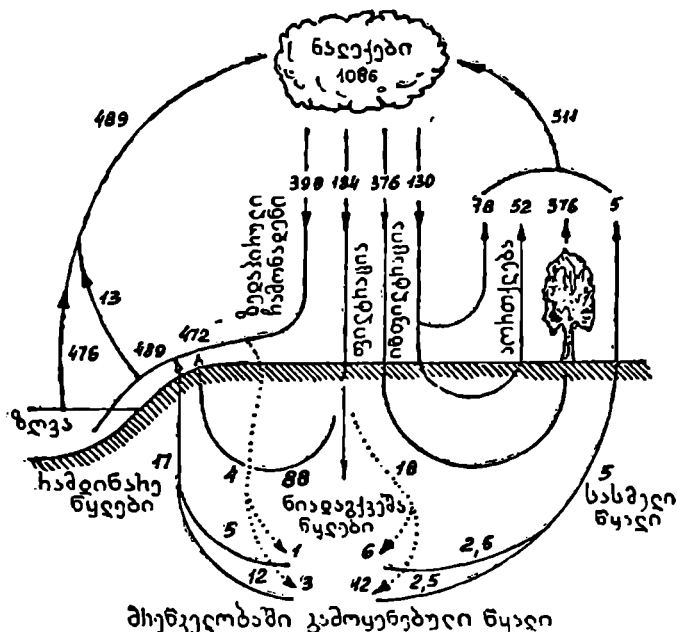
ჩვენს პლანეტაზე წყლის წრებრუნვის პროცესები, შეიძლება ითქვას, შედარებით შესწავლილია. წყლის წრებრუნვა ჩაკეტილი ციკლია და მისი განხილვა ნებისმიერი ეტაპიდან შეიძლება დაიწყო ისევე, როგორც შეიძლება განხილოს სხვადასხვა სირთულის მისი სტრუქტურული სქემა. მაგალითად, წყლის სივრცეებიდან მზის ენერჯით გამოწვეული აორთქლება წარმოქმნის ატმოსფერულ ტენს; ტენი კონდენსირდება ღრუბლებად, რომელიც ქარს გადააქვს; ღრუბლების გაცივება იწვევს ნალექების წარმოქმნას წვიმისა და თოვლის სახით; ნალექები შთაინთქმება ნიადაგის მიერ ან ჩამოედინება მის ზედაპირზე; წყალი უბრუნდება ზღვებსა და ოკეანეებს.

წყლის წრებრუნვაში შესაძლებელია 4 ძირითადი ფაზის გამოყოფა, რომლებსაც უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს პროცესის სრულყოფილი ასახვისათვის, კერძოდ: ნალექების მიტაცება, ევაპოტრანსპირაცია, ინფილტრაცია და წყლის ჩამონადენი. წყლის წრებრუნვის ფრაგმენტის სქემა ნაჩვენებია ნახ. 1-ზე.

მართლაც, მცენარეულობა, როგორც წესი, ასრულებს მნიშვნელოვან მათემატიკურ ფუნქციას, მიიტაცებს რა ნალექების ნაწილს ნიადაგში მოხვედრამდე, რომელიც კვლავ აორთქლდება ატმოსფეროში. ნალექების მაქსიმალური მიტაცება დამოკიდებულია მცენარეულობის ჭიშხე და ზომიერ სარტყელში სუსტი წვიმის დროს მოსული ნალექების 25%-საც კი აღწევს. ნალექების დარჩენილი ნაწილი ხეტა კრონების, ფოთლებისა და ღეროების გავლით იყონება ნიადაგში ან უერთდება ზედაპირულ ჩამონადენს. ნიადაგში მოხვედრილი წყლის ნაწილი ნიადაგშივე რჩება, ნაწილი ამოდის კაპილარების საშუალებით კვლავ მის ზედაპირზე და აორთქლდება, ხოლო ნაწილი შეიწოვება ფესვების მიერ — მიეწოდება ფოთლებს და წარმოებს ატმოსფეროში ტრანსპირაციას.

ეკოსისტემების მიერ ატმოსფეროში წყლის მიწოდებას ევაპოტრანსპირაციას უწოდებენ. იგი ითვალისწინებს როგორც ფიზიკურად აორთქლებულ, ასევე ბიოლოგიურად ტრანსპირებულ წყალს. ჩვეულებრივ, მცენარეების მიერ ტრანსპირებული წყლის რაოდენობა საქ-

მაოდ დიდია. მაგალითად, ერთი არყის ხე დღის განმავლობაში აორთქლებს 75 ლ წყალს, წიფელი — 100 ლ, ცაცხვი — 200 ლ, ან კიდევ დადგენილია, რომ 1 ჰა არყის ტყე ყოველდღიურად აორთქლებს 47 000 ლ წყალს, მაშინ როდესაც 1 ჰა ნაძვის ტყე დაახლოებით —



ნახ. 1. წყლის წრებრუნვის ფრაგმენტის სკემა.

43 000 ლ. აქვე ისიც უნდა აღინიშნოს რომ პირველ შემთხვევაში 1 ჰა ფოთლების მასა (მშრალის წონა) დაახლოებით 5 ტონაა, მაშინ როდესაც ნაძვის ტყის შემთხვევაში — 31 ტონაა. საერთოდ აორთქლებული წყლის რაოდენობა დამოკიდებულია მცენარეულობის ჭიშხე, რის გამოც იგი შეიძლება იცვლებოდეს 20—50 ათას ლ/ჰა, თუმცა თვით ერთი და იგივე ჭიშხის მცენარეულობასაც შეიძლება გააჩნდეს ვარიაცია იმის და მიხედვით თუ სად არის იგი გაშენებული. მაგალითად, იგივე ნაძვის ტყე თუ გაშენებულია მშრალ ნიადაგებზე წელიწადში

1 ჰა აორთქლებს 2 100 მ³ წყალს, მაშინ როდესაც ტენიანი ნიადაგების შემთხვევაში აორთქლებული წყლის რაოდენობა 4 000 მ³-მდე იზრდება.

ამჟამად არსებობს გამოკვლევები, რომლის მიხედვითაც დადგენილია პირდაპირპროპორციული დამოკიდებულება ტრანსპირაციასა, ნალექების რაოდენობასა და მცენარეულობის რაოდენობას შორის. ამ დამოკიდებულებას ხშირად ვალტერის დამოკიდებულებას უწოდებენ და მიუთითებს მასზე, [რომ წელიწადში მცენარეული მასის საშუალოდ 1 ტ გაზრდა იწვევს ნალექების გაზრდას 100 მმ-ით.]

ამრიგად, გამოდის, რომ მცენარეული საფარი უალრესად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ბუნებაში წყლის წრებრუნვის წონასწორობის შესანარჩუნებლად, რის გამოც ცხადი ხდება თუ რა ნეგატიური მოვლენები შეიძლება მოჰყვეს ტყეების წინასწარ მოუფიქრებელ გაკატვას. აქვე აღბათ აღნიშვნის ღირსია კიდევ ერთი საყურადღებო ფაქტიც, რომ ტყით დაფარული ფართობიდან, რომელიც დაშორებულია ზღვას, გაცილებით მეტი წყალი ორთქლდება ვიდრე იმავე ზღვის ზედაპირიდან.

უალრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს წრებრუნვაში წყლის ჩამონადენს. მართლაც, გაანგარიშებულია, რომ ნალექების საშუალო წლიური ნორმის დროს (771 მმ) მიწისქვეშა და ზედაპირულ ჩამონადენს ზღვებსა და ოკეანეებში შეაქვთ ნალექების თითქმის ნახევარი (367 მმ)/ უმეტესი ნაწილი კი (404 მმ) ატმოსფეროში ბრუნდება ევაპორანსპირაციის გზით, რაშიც საკმაოდ დიდი წვლილი მიუძღვის ზემოთ განხილულ მცენარეული საფარის მიერ განხორციელებულ ტრანსპირაციას. საერთოდ დადგენილია, რომ მცენარეების მიერ შთაინთქმება და ტრანსპირდება მოსული ნალექების დაახლოებით 38%.

მართალია, წყალი მუდმივ წრებრუნვაშია და მასში ყოველ გარკვეულ მომენტში წყლის საერთო მარაგის მხოლოდ 0,005% მონაწილეობს, მაგრამ ამ პროცესებთანაა დაკავშირებული ჩვენს პლანეტაზე მთელი რიგი სასიცოცხლო ასპექტებზე წყლის რესურსების ბუნებრივი გამტკნარება; ხმელეთზე წყლის განაწილება; მცენარეების, ცხოველებისა და ადამიანების მტკნარი წყლით უზრუნველყოფა; დედამიწის რელიეფისა და ეროზიული მოვლენების ჩამოყალიბება და ა. შ.

აღსანიშნავია რომ დღეს დედამიწაზე შემოსული მზის ენერჯიის საერთო რაოდენობის დაახლოებით ერთი მეცამედი იხარჯება წყლის მიმოქცევაზე. ეს კიდევ ერთი მაგალითია იმ აუნაზღაურებელი სამსახურისა, რომელსაც მზის ენერჯია გვიწევს.

ვიხილავთ რა წყლის წრებრუნვის საკითხებს საჭიროა შევჩერდეთ კიდევ ორ მნიშვნელოვან ასპექტზე.

პირველი — ის რომ ზღვები და ოკეანეები აორთქლების შედეგად კარგავენ უფრო მეტ წყალს, ვიდრე იღებენ ნალექების სახით; ხმელეთზე კი პირიქითაა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ ნალექების დიდი ნაწილი, რომელიც უზრუნველყოფს ხმელეთის ეკოსისტემებს და მათ შორის ცოცხალი ორგანიზმების საკვების მწარმოებელ აგროეკოსისტემებს, შედგება ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირიდან აორთქლებული წყლისაგან. ამრიგად, მსოფლიო ოკეანე, როგორც პირდაპირ, ასევე ირიბად კვებავს ცოცხალ ორგანიზმებს ჩვენს პლანეტაზე.

მეორე — დადგენილია, რომ დღეს მტკნარი ტბები და მდინარეები შეიცავენ 0,25 გეოგრამ წყალს (1 გეოგრამი 10^{14} ტ.), მაშინ როდესაც წლიური ჩამონადენი ტოლია — 0,2 გეოგრამის, ე. ი. გამოდის რომ წრებრუნვის ხანგრძლივობა თითქმის 1 წლის ტოლია. თუ გავიხსენებთ, რომ წლიური ნალექების რაოდენობა 1,0 გეოგრამია, ხოლო ჩამონადენის — 0,2 გეოგრამი, უნდა ვივარაუდოთ რომ სხვაობა ამ ციფრებს შორის — 0,8 გეოგრამი ყოველწლიურად ხვდება ნიადაგქვეშა წყალ-შემცველ ჰორიზონტებში.

[საერთოდ წრებრუნვის შედეგად წყლის რაოდენობა დედამიწაზე არ მცირდება, რის შედეგადაც წყლის რესურსები პრაქტიკულად ამოუწურავია.] არსებითად სწორედ ამით განსხვავდება წყალი სხვა სასარგებლო წიაღისეულისაგან.

აღნიშნული წრებრუნვის გამო ატმოსფეროს ორთქლის განახლება საშუალოდ ყოველი 10 დღის შემდეგ ხდება, მდინარეების წყლის — 11 დღეში, ნიადაგისეული ტენისა და ზედაპირული წყლების — ყოველწლიურად. რაც შეეხება მიწისქვეშა, აგრეთვე ტბების, ჭაობებისა და მყინვარების წყლებს მათ საკმაოდ დიდი ინერციულობა ახასიათებთ.

არ შეიძლება არ შევჩერდეთ კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მომენტზე. საქმე იმაშია, რომ წყლის წრებრუნვის ზოგიერთი ელემენტა ხელოვნურ მართვასაც ექვემდებარება, რაც საშუალებას იძლევა გავხადოთ: წყლის რესურსები სამეურნეო მიზნებისათვის ხელმისაწვდომი, მივცეთ წყალს საჭირო მიმართულება, შევამციროთ ან მთლიანად აღკვეთოთ ჰიდროლოგიური რეჟიმების არახელსაყრელი ფაქტორები — დაჭაობება, ეროზია, წყალმცირობა მდინარეებზე და ა. შ. აღნიშნულისათვის, ხშირად მიმართავენ ისეთ ღონისძიებებს, როგორიცაა: წყალსაცავებში წყლის დაგროვებას, აორთქლების შემცირებას ან გაზრდის, წვიმის ხე-

ლონურ გამოწვევას, წყლის შესაჩერებლად ტყის ნარგავების შექმნას და სხვ.

და ბოლოს, თუ გავანალიზებთ წრებრუნვის შესახებ ბოლო გამოკვლევებს, დღეს პლანეტაზე 577 000 კმ³ წყალია მიმოქცევაში. ამ რაოდენობის წყალი ყოველწლიურად ორთქლდება მსოფლიო ოკეანესა (505 000 კმ³) და ხმელეთის (72 000 კმ³) ზედაპირიდან, რომელიც შემდეგ ნალექების სახით უბრუნდება ოკეანეებსა და ზღვებს (458 000 კმ³) და ხმელეთს (119 000 კმ³). სხვაობა ნალექებსა და მსოფლიო ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლებას შორის (505 000—458 000 = 47 000 კმ³) წარმოადგენს იმ წყაროს, რომელიც ყოველწლიურად კვებავს ხმელეთის ყველა წყლებს — მდინარეებს, ტბებს, მიწისქვეშა წყლებს და მყინვარებს.

1.1.4. წყალი ცოცხალ ორგანიზმებში

დღემიწაზე ნებისმიერი ცოცხალი არსების მასის ძირითადი ნაწილი წყალია. მართლაც, ბაქტერიები შეიცავენ 81% წყალს (მათი ფორები — 50%), ადამიანის ქსოვილები — 70% (სისხლი — 79%, ლიმფა — 96%) და ა. შ. წყლის შემცველობა ადამიანის ორგანიზმში სიცოცხლის სხვადასხვა პერიოდში სხვადასხვაა: ემბრიონში იგი შეადგენს — 97%, ახალდაბადებულის ორგანიზმში — 77%, 18-დან 50 წლამდე ასაკის მამაკაცებში წყლის შემცველობა მთელი მასის 61%-ს შეადგენს (ქალებში — 54%, რადგან ქალის ორგანიზმი გაცილებით მეტ ცხიმს შეიცავს), 50 წლის შემდეგ ადამიანი იწყებს „გამოშრობას“ და წყლის შემცველობა კლებულობს.

დადგენილია, რომ ადამიანის ორგანიზმში არსებული მთელი წყლის 70% უჭრედის პროტოპლაზმაში იმყოფება, დანარჩენი ნაწილი კი უჭრედებს გარეთ, კერძოდ 7% სისხლძარღვებში, რომელიც წარმოქმნის სისხლის პლაზმას, ხოლო დანარჩენი 23% უჭრედებს შორის და მას ქსოვილთაშორისი სითხე ეწოდება.

ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში ფრანგმა ფიზიოლოგმა კლოდ ბერნარმა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ჩამოაყალიბა პრინციპი, რომლის მიხედვითაც ორგანიზმში მიწოდებული და გამოყოფილი სხვადასხვა ნივთიერებების რაოდენობა გაწონასწორებული უნდა იყოს, ცხადია ეს პრინციპი წყალზეც ვრცელდება.

ადამიანის ორგანიზმიდან წყლის „დანაკარგების“ აღრიცხვა საკმაოდ რთულია, თუმცა მაინც არსებობს საორიენტაციო მონაცემები. მაგალითად, ადამიანი დღე-ღამის განმავლობაში ამოსუნთქვის დროს

ორთქლის სახით გამოჰყოფს 400 მლ წყალს, ხოლო კანის ზედაპირიდან ორთქლდება — 600 მლ. წყლის გამოყოფა სწარმოებს საცრემლე ჯირკვლებიდან (არა მარტო ტირილის დროს!), ლაპარაკისა და ხველების დროს და ა. შ. თუ შევაჯამებთ წყლის ყველა სახის „დანაქარგებს“ ეს ციფრი დაახლოებით 2—2,5 ლიტრია დღე-ღამეში და გარემო ჰირობების, ინდივიდუალთა ორგანიზმებში ნივთიერებათა მიმოცვლის თავისებურების, მათი დარღვევისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით საკმაოდ დიდ დიაპაზონში იცვლება.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო, ცხადია ადამიანის ყოველდღიური მოთხოვნილებაც წყალზე საშუალოდ 2—2,5 ლიტრი უნდა იყოს, მაგრამ ეს კიდევ არ ნიშნავს იმას, რომ ადამიანმა ყოველდღე ამ რაოდენობის წყალი შესვას. საქმე იმაშია, რომ წყლის გარკვეულ რაოდენობას ადამიანი იღებს საკვების სახით, ნაწილი წარმოიქმნება თვით ორგანიზმში ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების დაშლის შედეგად (ენდოგენური წყალი). მაგალითად, 100 გ ცხიმის დაჟანგვით მიიღება 107 მლ წყალი, 100 გ ნახშირწყლების დაჟანგვით კი 55 მლ. სწორედ ამიტომ არის, რომ აქლემის კუბში დაგროვილი ცხიმი დაჟანგვის შედეგად იძლევა 40 ლ წყალს.

საერთოდ, ორგანიზმებში არც ერთი სასიცოცხლო პროცესი არ მიმდინარეობს წყლის გარეშე და ვერც ერთი უჯრედი ვერ იარსებებს წყლოვანი გარემოს გარეშე. ყოველ შემთხვევაში, ჭერ-ჭერობით სიცოცხლის არც ერთი ფორმა არაა ცნობილი, რომელიც წყლის გარეშე არსებობდეს. მაგალითად, საჭმლის მონელების პროცესი მიმდინარეობს მხოლოდ წყლოვან გარემოში, ორგანიზმში სისტემატიურად სწარმოებს სისხლსა და ქსოვილებს შორის წყლის მიმოცვლა და ა. შ.

კოსმობიოლოგები ამ ბოლო დროს იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ ის ადამიანიც კი რომელიც ნაკლებად ოფლიანდება, კანიდან გამოჰყოფს საკმაოდ დიდი რაოდენობის ისეთ არასასიამოვნო და მავნე ნივთიერებებს, როგორცაა მეთანოლი, აცეტალდეჰიდი, ეთანოლი და ა. შ. ეს პროცესი დედამიწაზე საშიში არ არის, მაგრამ კოსმოსურ ზომალდში კოსმონავტები საკუთარი ოფლისაგან რომ არ დაიბრჩენენ, ამიტომ ეწყობა ოფლის სპეციალური მშთანთქმელები.

წყლის უალრესად დიდი მნიშვნელობა ადამიანისათვის მაშინ ხდება გასაგები, როდესაც იგი სასმელი წყლის გარეშე რჩება. მართლაც, ადამიანი საკვების გარეშე 40 დღე ძლებს, უწყლოდ კი მე-8 დღეს კვდება. როდესაც ცოცხალი ორგანიზმი კარგავს წყლის 10%-ს იწყება თვითმონაშენი, ხოლო 21%-ის დაკარგვა იწვევს სიკვდილს.

მრავალი საკვები პროდუქტის მიღება შეიძლება ხელოვნური გზით, მაგრამ ცოცხალი ორგანიზმის მოთხოვნილება წყალზე შეიძლება დაკმაყოფილდეს მხოლოდ ბუნებრივი წყლით.

ვინაიდან ორგანიზმის ძირითადი შემადგენელი ნაწილი წყალია, რომელიც მგრძობიარება მაგნიტური ველის ზემოქმედების მიმართ, ამიტომ ეს ზემოქმედება ადამიანზეც ვრცელდება. ასე მაგალითად დამტკიცებულია, რომ გულ-სისხლძარღვთა დაავადებისა და მიოკარდის ინფარქტის შედეგად სიკვდილიანობის რიცხვი მკვეთრად მატულობს მაგნიტური ქარიშხლების დროს.

ადამიანის ორგანიზმს ახასიათებს თბური თვითრეგულირების შენაღ�წნაღვი უნარი, რომლის მექანიზმი სრულყოფილად დღემდე აუხსნელია, თუმცა ერთი კი ნათელია, ეს თვითრეგულირება სწარმოებს სისხლის ნაკადის მეშვეობით, რომელიც უწყვეტად წრებრუნვაშია, ისევე როგორც სითხე ავტომობილის ძრავის გამაცივებელ სისტემაში. რადგან სისხლი პირველ რიგში წყალია, ამიტომ თერმორეგულირების პროცესი შეიძლება „წყლის“ პოზიციებიდან განიხილოს. წყალს კი გააჩნია სითბოს ისეთი დიდი რაოდენობით წართმევის (და შესაბამისად დაბრუნების) უნარი, როგორც არც ერთ სხვა სითხეს. ცხადია ამ პროცესს სხვა ფაქტორებიც უწყობს ხელს, მაგრამ წყლის თბოგადაცემის მაღალი უნარისა და მისი ძირითადი განმსაზღვრელი როლის უგულველყოფა არ შეიძლება.

უკანასკნელ ხანს წარმოიშვა ჰიპოთეზა, რომლის თანახმად წყალი ადამიანის ორგანიზმში წარმოადგენს აზროვნებისა და მახსოვრობის მექანიზმის ერთ-ერთ კომპონენტს. რამდენად შესაბამემა ეს ჰიპოთეზა ჰეშმარიტებას ამას შემდგომი გამოკვლევები აჩვენებს, მაგრამ მეცნიერების მტკიცებას, რომ წყალი გადამწყვეტ როლს ასრულებს ადამიანის ცენტრალური ნერვიული სისტემის საქმიანობაში, ამას უნდა დავეთანხმოთ.

ამრიგად წყალი ჩვენს ორგანიზმში არა მარტო სიცოცხლის აუცილებელი წყაროა, არამედ გონების მიმმართველიცაა. ხშირად არა მარტო იმას ამბობენ, რომ ადამიანი წყლისაგან წარმოიშვა, არამედ იმასაც, რომ იგი ოკეანეების სიღრმეების მომავალი ბინადარია.

მართლაც, ცხოველებისა და ადამიანების სისხლი ელემენტთა შედგენილობით და პროცენტული შემცველობით ძალიან ჰგავს ოკეანის წყლის მარილების შედგენილობას (ცხრილი 1). გარდა ამისა ამტკიცებენ რომ 500—700 მ სიღრმეზე ადამიანს ყველა შესაძლებლობა აქვს (ყოველ შემთხვევაში თეორიულად მაინც) ტექნიკურ საშუალებათა

დაუხმარებლად გადაიქცეს „იქტიანდრად“, იცურაოს როგორც თევზმა და იარსებოს განუსაზღვრელად დიდი ხნით.

ცხრილი I

მსოფლიო ოკეანის წყლებისა და სისხლის ზოგიერთი კომპონენტები და მათი პროცენტული შემცველობა

კომპონენტები	შემცველობა, %	
	სისხლის	მსოფლიო ოკეანის წყლებს
ქლორი	49,3	55,0
ნატრაუმი	30,0	30,6
ჟანგბადი	9,9	5,6
კალიუმი	1,8	1,1
კალციუმი	0,8	1,2

ვარაუდობენ, რომ ადამიანის ფილტვებს უშუალოდ წყლიდანაც 500—700 მ სიღრმეზეც კი შეუძლია აითვისოს ჟანგბადი. ასეთი ცდები უკვე ჩატარდა თავებზე და ძაღლებზე, რომლებიც წყალში საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში ცხოვრობდნენ. სხვათა შორის შემდეგ ამ ცხოველების მიწაზე დაბრუნებაც შესაძლებელი გახდა. ვინ იცის, შეიძლება ადამიანის ჭერიც მალე დადგეს...

ანაბიოზი... დიდი ხანია ამ ცნებამ მეცნიერულ-ფანტასტიკური ნაწარმოების ფურცლებიდან საოპერაციოებსა და კვლევით ლაბორატორიებში გადაინაცვლა. საქმე იმაშია, რომ გაცივება ანელებს ორგანიზმში მიმდინარე ყველა ფიზიოლოგიურ პროცესს, თავის ტვინზე რთული და ხანგრძლივი ოპერაციების დროს აადვილებს ქირურგების მუშაობას, თრგუნავს მიკროორგანიზმებისა და ვირუსების ზემოქმედებას.

ანაბიოზის გამოყენება ითვალისწინებს ადამიანის ორგანიზმის გაცივების შესაძლებლობას სრულ გაყინვამდე, რაც საშუალებას იძლევა განადგურდეს დაავადების გამომწვევი ყველა მიკროორგანიზმი და ვირუსი. ვარაუდობენ რომ კოსმოსური სივრცის სიცივე განკუთრნავს ადამიანებს ამჟამად უკურნებელი მრავალი დაავადებისაგან, მაგრამ

ადამიანის სრული გაყინვის გზაზე ჯერ კიდევ მრავალი გადაუწყვეტელი პრობლემაა. ერთ-ერთი მათგანია თუ გნებავთ ის რომ გაყინვის დროს წარმოქმნილი ყინულის კრისტალები აუცილებლად გაგლეჯენ უჯრედის გარსს, დაშლიან ბირთვსა და ყველა მის შემადგენელს. თუმცა სათანადო გამოკვლევებით დასაბუთდა, რომ ორგანიზმის კვლავ გაცოცხლება შესაძლებელია თუ გაცივება და შემდგომი გალბობა დიდი სიჩქარეებით იწარმოებს, მაგრამ თანამედროვე ტექნიკისათვის ასეთი სიჩქარეები ჯერ-ჯერობით მიუღწეველია. საქმე იმაშია, რომ ტემპერატურის ცვალებადობის დროს წყალი უჯრედებში ვერ ასწრებს ყინულად ქცევას, ამიტომ, გაცივებისას იგი წყლადვე რჩება, ე. ი. წყალი არ ფართოვდება და არ შლის უჯრედებს.

არც ერთ ნივთიერებას დედამიწაზე არ შეუძლია ერთდროულად იყოს სამ მდგომარეობაში — თხევად, მყარ და აირულში. მართალია ტემპერატურის ზრდით მოლეკულების მოძრაობა ძლიერდება, კრისტალური გისოსი სუსტდება, მოლეკულებს შორის კავშირი არღვევა და ყინული გადაიქცევა წყლად, მაგრამ მდნარი (ლბობილი) წყალი კიდევ დიდხანს ინარჩუნებს კრისტალური სტრუქტურის ნარჩენებს და თვალით უხილავი მიკროსკოპული ყინულები მხოლოდ $+4^{\circ}\text{C}$ და მეტი ტემპერატურის დროს ქრებიან.

მდნარი წყალი ხელს უწყობს ცოცხალი ორგანიზმების ფიზიკური რესურსების ზრდას და ეწინააღმდეგება სინერჯის — უჯრედებში წყლის შემცველობის შემცირებას სიბერეში. ალბათ სწორედ ამით აიხსნება მთის რაიონების მცხოვრებთა სიცოცხლის ხანგრძლივობა, რომლებიც მყინვარებისა და თოვლის მდნარ წყალს სვამენ.

მდნარი წყლის საიდუმლოების თეორიული ახსნა ჯერ კიდევ წინაა, თუმცა შორეულ წარსულშიც კი იცოდა ხალხმა, რომ თუ წიწილები მდნარ წყალს სვამენ ისინი ზრდაში უსწრებენ თავის ტოლებს. ასეთი ქათმებისაგან თითქმის 2-ჯერ მეტი კვერცხის მიღება შეიძლება და სხვ.

მდნარი წყლის გამოყენება სამკურნალო მიზნებითაც შესაძლებელია. მაგალითად, იგი სწრაფად ამცირებს სისხლში ქოლესტერინის რაოდენობას, აუმჯობესებს ნივთიერებათა მიმოცვლის პროცესებს, ხელს უწყობს ლორწოვანი გარსის ძირითადი ფუნქციების ნორმალიზაციასა და ა. შ.

დადგენილია, რომ „ცხელი“ საამქროების მუშებს, რომლებიც სასმელად მხოლოდ მდნარ წყალს იყენებენ, კანისა და სხეულის ტემპერატურა უქვეითდებოდათ, რასაც ადგილი არ ჰქონდა იმ მუშებში,

რომლებიც ჩვეულებრივ წყალს სვამდნენ. მაღაროს მუშების ჯგუფს, როდესაც სისტემატურად უტარებდნენ ყელ-ყურის ლორწოვანი გარსის ინჰალაციას მდნარი წყლით ისინი ნაკლებად ავადდებოდნენ ზემო სასუნთქი ორგანოების კატარით, ანგინითა და ბრონქიტით.

საერთოდ, მდნარი წყალი „ჩვეულებრივი“ წყლისაგან განსხვავდება ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით, მაგალითად, სიბლანტით, დიელექტრიკული შეღწევადობით და ა. შ., თუმცა რამდენიმე დღოს შემდეგ ეს განსხვავება ქრება. ვარაუდობენ, რომ მდნარი წყლის ასეთი „სტრუქტურული მახსოვრობის“ საიდუმლოება წყლის მოლეკულების სტრუქტურის ცვლილებების კანონზომიერებაში იმალება.

1.1.5. წყალი და მცენარეულობა

ბუნებაში წყლის წრებრუნვაში აქტიურ მონაწილეობას მცენარეებუ იღებენ, რის შედეგადაც ყოველწლიურად მოძრაობაშია დაახლოებით 475 მლრდ. ტ. წყალი. იმისათვის კი, რათა სრული წარმოდგენა გვქონდეს თუ რა მნიშვნელობა აქვს წყალს მცენარეულობისათვის ალბათ პირველ რიგში სასურველია გავიგოთ რისგან შედგება მათი სხეული.

დადგენილია, რომ მცენარეთა შედგენილობის მთავარი ელემენტებია: ნახშირბადი (45%), წყალბადი (6,5%), ჟანგბადი (42%), აზოტი (1,5%) და სხვადასხვა მინერალების შემცველი ნაცარი (5%). ამავე დროს მცენარეთა ცხიმების, ცილებისა და ნახშირწყლების ფორმირებაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ჟანგბადი და წყალბადი, რომელთა წარმოქმნის წყარო კვლავ წყალია. ნახშირორჟანგის შეღწევა უჯრედშორისში ხდება ფოთლებზე განლაგებული მიკროსკოპული ნასვრეტებით, ხოლო შემდგომი ათვისების პროცესში უშუალოდ მონაწილეობას წყალი იღებს, რასაც თანა სდევს ჟანგბადის გამოყოფა ატმოსფეროში.

საერთოდ ნახშირორჟანგისა და წყლის გადასაქცევად შაქრად, სახამებლად და სხვა ორგანულ ნივთიერებებად აუცილებელია მზის ენერგია და ამ პროცესს ფოტოსინთეზს უწოდებენ. ფოტოსინთეზის შედეგად დედამიწაზე მცენარეულობა ყოველწლიურად 100 მლრდ. ტონაზე მეტ ორგანულ ნივთიერებებს წარმოქმნის, ხოლო ფოტოსინთეზის პროცესზე უშუალო გავლენა აქვს წყალს. მცენარეთა ფიზიოლოგიურ პროცესები ნორმალურად მიმდინარეობს, როდესაც მათი უჯრედები საკმარისადაა გაჭრებული წყლით. წყალი კი მცენარეების ორგანიზმში ძირითადად ფესვთა სისტემის (უამრავი წვრილი ფესვები — ძაფები,

რომლებიც ყველა მიმართულებითაა შექრილი ნიადაგში) საშუალებით ხვდება. ფესვები ამარაგებენ მცენარეს არა მარტო წყლით, არამედ მინერალური მარილების ელემენტებითაც (აზოტი, ფოსფორი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი, რკინა, გოგირდი და ა. შ.). მცენარეებში წყალმკაცრად რეგულირებულია, იგი მუდმივად მოძრაობაშია და გარემოში მისი გამოყოფა აქტიური მექანიზმების — უჯრედების კოსმოსური წნევისა და მცენარის ფოთლებიდან წყლის აორთქლების პროცესის დახმარებით ხდება.

დადგენილია, რომ სიმინდის ერთი მცენარე დათესვიდან მოსავლის აღებამდე აორთქლებს 200 ლ-მდე წყალს, ხოლო სიმინდის 1 ჰა ტენის ხარჯი დაახლოებით 6 ათასი ტონაა, საგანჯანჯლო ხორბლის — 3,4 ათასი ტონა, იონჯის — 7,4 ათასი ტონა, კომბოსტოსი — 6 ათასი ტონა და ა. შ. რაც უფრო ნაკლებია აირების შემცველობა წყალში, მით უფრო უკეთესია იგი მცენარეებისათვის, რადგანაც ასეთ წყალს მნიშვნელოვნად ეცვლება ბიოლოგიური აქტივობა. მართლაც, თუ წყალს გავაცხელებთ 70—100°C-მდე, პერმეტიულად დავხურავთ და გავაციებთ 20°C-მდე, ხოლო შემდეგ ასეთ დეგაზირებულ წყალში ჩავალბობთ შაქრის ჰარხლის თესლს, მოსავალი თითქმის 50%-ით გაიზრდება. ანკიდევ. მარცვლეულის თითოეულ კილოგრამზე ორი ჰიქა ასეთი წყლის დამატების შედეგად ხორბლის თავთავები იწყებენ უფრო ინტენსიურ სუნთქვას და შესაბამისად მოსავალი იზრდება.

მცენარეთა წყლის რეჟიმისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგის ტენიანობას. მშრალი და ცხელი დღის განმავლობაში მცენარე იმაზე მეტ ტენს კარგავს, ვიდრე იღებს ფესვთა სისტემიდან, თუმცა ღამით, როდესაც აორთქლების პროცესის ინტენსივობა დაქვეითებულია წყლის დეფიციტი შეიძლება გათანაბრდეს ფესვების დამჭირხენელი მუშაობის შედეგად. თუ შემოსული წყლის რაოდენობა სისტემატიურად ვერ ფარავს გაცემულს, მცენარე შეიძლება გახმეს. წყლის დეფიციტის პირველი ნიშანია მცენარის ფოთლებისა და ღეროების ჰკნობა. დადგენილია, რომ როდესაც წყლის დეფიციტი 20%-ს აღემატება იწყება ფოტოსინთეზის ინტენსივობის დაქვეითება, ხოლო 50%-ის დროს ფოტოსინთეზი საერთოდ აღარ მიმდინარეობს. საერთოდ, წყლის დეფიციტი ყველა ბიოქიმიური და ფიზიოლოგიური პროცესის დარღვევის მიზეზია. ტენის უქმარისობის დროს ძველი ფოთლები ჯერ ჰკნება, შემდეგ კი ხმება. წყლის შემდგომი დეფიციტი გავლენას ახდენს ჯერ ახალგაზრდა ფოთლებზე, შემდეგ ყვავილის ორგანოებზე. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ მცენარეს გახმობამდე კვლავ მივაწ-

ვდით წყალს, მცენარის ქსოვილების სრული აღდგენა მაინც აღარ ხდება. ასეთი მცენარე იზრდება დაბალი ტენის და იძლევა დაბალ მოსავალს.

მცენარე წყალს იღებს ატმოსფერული ჰაერიდან ორთქლის სახითაც, მაგრამ მცენარის წყლით მომარაგების საქმეში ეს არსებითი არ არის, რადგანაც ამ გზით მიღებული წყალი ვერ გადაარჩენს მცენარეს გვალვის დროს. მცენარეები ნამს ითვისებენ ფოთლების ბაგეების საშუალებითაც და ამ გზით ივსებენ წყლის ნაკლებობას წლის გვალვიან პერიოდში. დედამიწის ზოგიერთ რაიონებში, კერძოდ პერუსა და დასავლეთ აფრიკის სანაპიროს უდაბნოებში მცენარეები ცოცხლობენ მხოლოდ ნისლების ტენის ხარჯზე. საერთოდ ნამისა და ნისლების ტენს ველური მცენარეულობისათვის უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვიდრე კულტურულისთვის. გვალვიან რაიონებში, განსაკუთრებით კი უდაბნოებში, მცენარეები შეგუებულნი არიან ტენის ნაკლებობას, რისთვისაც სათანადოდ იცვლება არა მარტო მათი ფესვთა, არამედ ღეროებისა და ფოთლების სისტემაც. საერთოდ, მცენარეები ევოლუციური განვითარების პროცესში შეგუებულნი არიან წყალუზრუნველყოფის სხვადასხვა პირობებს. ზოგი მცენარისათვის წყალი არა მარტო აუცილებელი პროდუქტია, არამედ საარსებო გარემოც. ტენის მოყვარულ მცენარეები — ჰიდროფიტები მთლიანად ან ნაწილობრივ იზრდებიან წყალში. მათ მიეკუთვნება წყალმცენარეები და წყლის ყვავილოვანი მცენარეები. ზომიერად ტენიანი ნიადაგების ბინადარ მცენარეებს მიეკუთვნება მეფოზიტების დიდი ჯგუფი: სამყურას ტიპის მინდვრის ბალახი, მარცვლეული, ტყის ბალახის უმრავლესობა, თითქმის ყველა ფოთლოვანი ხე, მინდვრის კულტურები (შვრია, ჭვავი, კარტოფილი), ბოსტნეული (კომბოსტო, კამა, სალათა), ხილ-კენკროვანი (ვაშლი, მოცხარი). გვალვისადმი განსაკუთრებით გამძლეა ქსეროფიტები, რომლებიც წყალს ძალიან ეკონომიურად ხარჯავენ.

მცენარეები ხელს უწყობენ ტენის შენარჩუნებას ნიადაგში და ჰაერში, რაც განსაკუთრებით მკლავნდება ტყეში და მასთან ახლოგანლაგებულ ტერიტორიებზე. გამოანგარიშებულაა, რომ ვეგეტაციური პერიოდის განმავლობაში ტყე ჰაერში აორთქლებს ტენის ისეთ რაოდენობას, რომელიც წლიური ნალექების ჯამს უტოლდება. ყოველივე ეს მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს წყლის რესურსების შენარჩუნება-რეგულირებისა და ტყეში და მასთან მიმდებარე ტერიტორიებზე ხელსაყრელი კლიმატის შექმნისათვის. მცენარეული მასალის ზრდასა საშუალოდ 1 ტონით წელიწადში, შეესაბამება ნალექების 100 მმ-ით

ზრდა. ასევე დადგენილია, რომ ტყის მცირე ზომის წყალშემკრები აუზის ჩამონადენი 50—95 %-ით მეტია ღია უტყეო წყალშემკრები აუზის ჩამონადენზე.

ამრიგად, წყალი — აუცილებელი პირობაა მცენარის სიცოცხლისათვის. წყლის მონაწილეობით მიმდინარეობს მათში პრაქტიკულად ყველა ფიზიოლოგიური პროცესები. გარდა ამისა, წყალი ქმნის ნიადაგის, მცენარეებისა და ატმოსფეროს ერთიანობისა და ურთიერთკავშირის პირობებს.

1.2. წყლის რესურსები და მათი განაწილება

1.2.1. მსოფლიო წყლის ბალანსი

წყალი დედამიწაზე წარმოქმნის ჰიდროსფეროს, რომელიც მთლიანად მოიცავს პლანეტის თავისუფალ წყალს, ე. ი. წყალს, რომელიც დედამიწის ქერქის მინერალებთან დაკავშირებული არ არის ფიზიკურად და ქიმიურად. წყალი მოედინება მზის ენერჯისა და გრავიტაციული ძალების ზემოქმედებით; ერთი აგრეგატული მდგომარეობიდან გადადის მეორეში. ჰიდროსფერო მჭიდრო კავშირშია დედამიწის სხვა სფეროებთან — ლითოსფეროსთან, ატმოსფეროსა და ბიოსფეროსთან.

დედამიწის (510 მლნ. კმ³) დაახლოებით 71% (361,1 მლნ. კმ³) უკავია ზღვებსა და ოკეანეებს. მსოფლიო ოკეანე მეტისმეტად არათანაბრადაა განაწილებული: ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მას უკავია ფართობის 53%, სამხრეთში — 91%. გარდა ამისა, ხმელეთის დაახლოებით 3% უჭირავს ტბებსა და მდინარეებს. ანტარქტიდა და დედამიწის ყველაზე დიდი კუნძული გრენლანდია დაფარულია მყინვარებითა და თოვლით; აგრეთვე მყინვარებითაა დაფარული მაღალი მთიანი სისტემები და პოლარული კუნძულები. მათი ფართობი (16 მლნ. კმ²) დაახლოებით ხმელეთის 11%-ს შეადგენს, რაც ევროპის ტერიტორიას თითქმის 1,5-ჯერ აღემატება. ხმელეთის მნიშვნელოვანი ნაწილი გადამეტენიანებულია (6 მლნ. კმ²) — ჭაობებსა და წყლით დაფარულ მიწებს უკავიათ კიდევ ხმელეთის საერთო ფართობის 4%.

ამრიგად, ერთი შეხედვით ჩვენს პლანეტაზე წყლის უზარმაზარი მოცულობაა, რომელიც ქმნის ილუზიას წყლის რესურსების სიუხვისა და ამოუწურავობის შესახებ. თუმცა ეს ასე არ არის, რადგან ჰიდროსფერო — დედამიწის ყველაზე სხელი გარსია, რომელიც ყველა მდგომარეობაში მოიცავს პლანეტის მასის 0,024%-ზე ნაკლებს და პრაქტი-

კულად მხოლოდ მისი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია გამოსაყენებელი-
მართლაც დედამიწის წყლების დაახლოებით 80% — ოკეანებშია,
19% — დედამიწის ზედაპირის ქვეშ განლაგებული ქანების ფორებში,
1% — ყინულში, 0,002% — მდინარეებში, ნაკადულებში და ტბებში,
0,0008% — ატმოსფეროში.

საერთოდ, დღეისათვის სახალხო მეურნეობა ძირითადად იყენებს
მტკნარი წყლის სამ ბუნებრივ წყაროს: მდინარის ჩამონადენს, მიწის-
ქვეშა წყლებს და შიდა წყალსატევებს — ტბებს. მდინარეებისა და
ტბების წყლის მარაგი დედამიწაზე არსებული მტკნარი წყლის საერთო
მარაგის 1% -ზე ნაკლებს შეადგენს. მტკნარი წყლის დაახლოებით 70%
კი თავმოყრილია ჩრდილო და სამხრეთ პოლუსების ყინულოვან არეში
და მთის ყინვარზე, ხოლო დაახლოებით 30% — მიწისქვეშა წყლებია.

აღნიშნული მტკნარი წყლის რესურსები იყოფა საუკუნოვან და გა-
ნახლებად წყლის მარაგად. პირველს მიეკუთვნება მყინვარები, ტბები
და მიწისქვეშა წყლები, რომელთა აღდგენას ასეულობით წლები სჭირ-
დება. რაც შეეხება განახლებად წყლის მარაგს, მათ მიეკუთვნება მდი-
ნარეები და მიწის ზედაპირთან ახლომდებარე მიწისქვეშა წყლები. ისი-
ნი ყოველწლიურად აღდგებიან ბუნებაში წყლის მიმოქცევის შედეგად.
სხვათა შორის, ძალიან ხშირად, სპეციალურ ლიტერატურაშიც კი ამ
ორ მცნებას ერთმანეთში ურევენ, მიუხედავად იმისა, რომ მათ განზო-
ბილებებიც სხვადასხვა აქვთ. მართლაც, სტატიკური იზომება მოცულო-
ბითი სიდიდეებით (მ³, კმ³), ხოლო განახლებადი რესურსები — მოცუ-
ლობითი სიდიდეებით, რომლებიც დროის ერთეულებთანაა შეფარდე-
ბული (მ³/წმ, მ³/წლ, კმ³/წლ).

ფრანგი ოკეანოლოგის კლოდ რიფოს უახლესი გამოკვლევების მი-
ხედვით, წყლის მოცულობა დედამიწაზე 1,42 მლრდ. კმ³ შეადგენს და
ოკეანებში თავმოყრილია დაახლოებით 1,4 მლრდ. კმ³ წყალს, ე. ი.
32 მლნ. კმ³-ით ნაკლები, ვიდრე წინათ ითვლებოდა. ბოლო მონაცე-
მებით, მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე 80მ-ით ნაკლები აღმოჩ-
ნდა ვიდრე ამას ადრე თვლიდნენ და იგი შეადგენს 3790 მ. ერთი შე-
ხედვით ეს თითქოსდა უმნიშვნელო დაზუსტებაა, მაგრამ აღნიშნული
სხვაობა შეესაბამება იმ მოცულობას, რომელიც დაახლოებით 80-ჯერ
აღემატება ადრიატიკის ზღვის მოცულობას.

როდესაც მომავლის წყლის ბალანსზეა საუბარი, მეცნიერები იმე-
დის თვალთ შეჰყურებენ არქტიკისა და ანტარქტიდის ყინულოვან სა-
ფარს. სხვათა შორის, შესაძლებელი რომ იყოს დედამიწის ზედაპირზე
ყინულის საფარის თანაბარი გადანაწილება, იგი ჩვენს პლანეტას 53 მ

სისქის ფენით დაფარავდა და ყინულის დნობის გათვალისწინებით მსოფლიო ოკეანის დონე 64 მ-ით აიწევდა. რის შედეგადაც დაიტბორებოდა 1,5 მლნ. კმ მჭიდროდ დასახლებული ნაყოფიერი ზღვისპირა დაბლობები, თუმცა ამით ხმელეთის ფართობი მხოლოდ 1%-ით შემცირდებოდა.

ატმოსფეროში კონცენტრირდება დაახლოებით 14 ათასი კმ³ წყალი და იმ შემთხვევაში თუ ეს წყალი დედამიწაზე თანაბრად დაიღვრება წარმოიქმნება 26 მმ სისქის, ნალექების ფენა. ზედაპირული მტკნარი წყლების პროცენტი მთლიან ჰიდროსფეროში საკმაოდ უმნიშვნელოა, დაახლოებით მთელი მისი მოცულობის 0,25% (360 ათასი კმ³), მათ შორის 278 ათასი კმ³ წყალი წარმოდგენილია ტბებით ხოლო დანარჩენი 82 ათასი კმ³ — ნიადაგის ტენია.

მდინარეების კალაპოტებში წყლის რაოდენობა წელიწადის დროების მიხედვით ძლიერ იცვლება, ე. ი. შეინიშნება მდინარის ხარჯების სეზონური ცვალებადობა: წყალდიდობისა და წყალმცირობის პერიოდები. ისეთი მდინარის ხარჯი, მაგალითად, როგორცაა ლუარა, წყალმცირობის დროს 500 მ³/წმ შეადგენს, ხოლო წყალდიდობის დროს თითქმის 100-ჯერ იზრდება. ვარაუდობენ რომ, მდინარეებში ერთდროულად მიედინება 1200 კმ³ წყალი და მათ ყოველდღიურად ზღვებსა და ოკეანეებში შეაქვთ დაახლოებით 1 მლნ. მ³ მტკნარი წყალი.

მდინარის წყლის რესურსები შედგება ორი არატოლფასოვანი, წარმოშობით განსხვავებული ნაწილისაგან: მიწისქვეშა და ზედაპირულისაგან. პირველი მდგრადია და ამიტომ, როგორც წესი, რეგულირებას არ საჭიროებს. ამავე დროს იგი ზოგადად ახასიათებს წყლის მიმოცვლის აქტიური ზონის მიწისქვეშა წყლების განახლებად მარაგს. სიღრმული მიწისქვეშა წყლები (მდინარის დრენაჟის დონის ქვემოთ) სუსტად მონაწილეობენ წყლის წრებრუნვაში, და ამიტომ უპირატესად მინერალიზებული არიან. ზედაპირული ჩამონადენი (წყალდიდობის) საკმაოდ ცვალებადია და მათი გამოყენება ხშირად დარეგულირებას საჭიროებს.

წყლის რესურსები არათანაბრადაა განაწილებული კონტინენტების მიხედვით. ევროპასა და აზიაში, სადაც მსოფლიოს მოსახლეობის თითქმის 70% ცხოვრობს, თავმოყრილია მდინარის ჩამონადენის მხოლოდ 39%. წყლის ყველაზე დიდი რაოდენობა აზიასა და სამხრეთ ამერიკაშია, მაგრამ აზიის მოსახლეობის მრავალრიცხოვნობისა და მაღალი ნამატის გამო კონტინენტი 1 სულ მოსახლეზე მოსული წყლის რაოდენობით, ითვლება წყლის ყველაზე ღარიბ კონტინენტად. მხოლოდ ყო-

ფილ საბჭოთა კავშირის გააჩნია წყლის საკმარისი რაოდენობა, მაგრამ აქაც იგი ტერიტორიულად არათანაბრადაა განაწილებული.

დედამიწის წყლების რაოდენობაზე საუბრისას იგულისხმება მხოლოდ ის წყალი, რომელიც პრაქტიკულად ხელმისაწვდომია ადამიანისათვის. ცალკეული გაანგარიშების მიხედვით ვარაუდობენ, რომ მიწისქვეშა წყლები შეადგენენ დედამიწის წყლების საერთო რაოდენობის 4% -ს (60 ათას კმ³). მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს პირობითად ორ იარუსად ჰყოფენ, რომელთა შორის საშუალო ზღვრად მიღებულია კონრადის ზღვარი (დაახლოებით 20 კმ ზედაპირიდან).

ჰიდროგეოლოგების მიერ ამ ბოლო დროს აღმოჩენილია მტკნარი წყლის უზარმაზარი მარაგი თითქმის ყველა კონტინენტზე და ყველა უდაბნოს ქვეშ. ასეთი ზღვა არსებობს მსოფლიოში ყველაზე უსიცივნლო და ყველაზე დიდი უდაბნოს — საჰარის ქვეშ. მაგრამ მიწისქვეშა მტკნარი წყლების ინტენსიურ გამოყენებას თანა სდევს გაუთვალისწინებელი გართულებები: მტკნარ წყალთან ერთად დედამიწის ზედაპირზე ამოდის მარილიანი წყლებიც. გასაკვირი ამაში არფერია. მიწისქვეშა მტკნარი წყლის ზღვები ხომ მხოლოდ თხელი აფსკია იმ უსიცივნლო და ამოუწურავი ოკეანის ზედაპირისა, რომელიც ასაზრდოებს დედამიწის წიაღს და რომლის არსებობაც უკვე ექვს ალარ იწვევს. თავისი ჩარევით ადამიანი არღვევს ბუნების მიერ დადგენილ რომელიღაც წონასწორობას მიწისქვეშა მტკნარსა და მლაშე წყლებს შორის. ცხადია, თავდაპირველად საჭიროა იმ წონასწორობათა კანონზომიერების შესწავლა, რაც შესაძლებელს გახდის მიწისქვეშა წყლების გამოყენებას.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში დასავლეთ ციმბირის დაბლობების ქვეშ აღმოჩენილია 3,5 მლნ. კმ² ფართობის „წყალსაცავი“, რაც ევროპის ტერიტორიის დაახლოებით 1/3-ს შეადგენს. თურქმენეთის ტერიტორიის ქვეშ კი განლაგებულია „წყალსაცავი“, რომელიც სიდიდით არაა ზღვას აღემატება. ყაზახეთის უწყლო უდაბნოების ქვეშ განლაგებული მტკნარი წყლების მარაგი შეადგენს 65 ისეთ ტბაზე მეტს, როგორც ბალხაშია. დადგენილია, რომ ყაზახეთის მიწისქვეშა ზღვებში თავმოყრილი მტკნარი წყლების რაოდენობა 60 მლრდ. მ³-ს აღწევს. ჰიდროგეოლოგების ბოლო მონაცემებით მიწისქვეშა წყლების მარაგი დედამიწის ქერქში მხოლოდ 800 მ სიღრმემდე დაახლოებით 4 მლრდ. კმ³ შეადგენს და ასეთი მოცულობის შესავსებად საჭიროა დედამიწის ყველა მდინარის წყლების ჩადინება 100 წლის განმავლობაში.

მტკნარი წყლის დიდი რესურსები თავმოყრილია ჭაობებში. მგა-
ლითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირში ჭაობებს უკავიათ დასავლეთ ციმ-
ბირის ტერიტორიის დაახლოებით 50—70%, ევროპული ჩრდილოეთას
და ჩრდილო-დასავლეთ რაიონების 4%. ქვეყნის წყალმცირე რაიონებ-
ში ნაწილობრივ შენარჩუნებულია დაახლოებით 300 ჭაობი, რომლებიც
ხელუხლებელი ბუნების ეტალონს წარმოადგენენ.

საორიენტაციო მონაცემებით ჭაობების საერთო ფართობები 2,7
ათას კმ² შეადგენს, აქედან ევრაზიაში 0,9, აფრიკაში 0,3, ჩრდილოეთ
ამერიკაში — 0,18, სამხრეთ ამერიკაში — 1,3, ავსტრალიაში — 0,004-
კმ².

საერთოდ ურთიერთმოქმედებს რა წყლის წრებრუნვა ლითოსფე-
როსთან, ატმოსფეროსთან და ბიოსფეროსთან ერთმანეთს უკავშირებს.
ჰიდროსფეროს ყველა შემადგენელ ნაწილებს: ოკეანეებს, მდინარეებს,
ნიადაგის ტენს, მიწისქვეშა წყლებს და ატმოსფერულ ტენს.

წყლის წრებრუნვის რიცხობრივ გამოსახვას მის ცალკეულ რგო-
ლებში წყლის ბალანსს უწოდებენ. წყლის ბალანსის დამახსიათებლად
გამოიყენება განტოლებათა სისტემა, რომელთა გაანგარიშების შედე-
გები მ. ლვოვიჩის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 2.

ცხრილი 2'

დედამიწის წლიური წყლის ბალანსი

წყლის ბალანსის ელემენტები	მოცულობა, კმ ³	სისქე, მმ
---------------------------	---------------------------	-----------

ხმელეთის პერიფერიული ნაწილი, რომლის მდინარეებიც ოკეანეში
ჩაედინება (116800 ათასი კმ²)

ნალექები	106 000	910
მდინარის ჩამონადენი	44 230*	380*
აორთქლება	61 770	530

ხმელეთის ჩაკეტული ნაწილი, რომლის ზედაპირული ჩამონადენი ოკეანეში
არ ჩაედინება (32 100 ათასი კმ²)

ნალექები	7 500**	238**
აორთქლება	7 500	238

მე-2 ცხრილის გავრცელება

მსოფლიო ოკეანე (361 100 ათასი კმ²)

ინალექები	411 600	1 140
მდინარეების ჩანადენი	44 230*	120
აორთქლები	455 830	1 260

დედამიწა მთლიანად (510 000 კმ²)

ინალექები	525 100	1 030
აორთქლები	525 100	1 030

შ ე ნ ი შ ე ნ ა: * — ითვალისწინებს 2400 კმ² (20 მმ) მიწისქვეშა წყლების ჩამონადენს ოკეანეებში მდინარეების გარეშე და 300 კმ² წყლისა და ყინულის ჩამონადენს პოლარული მყინვარებიდან; ** — მათ შორის 830 კმ² (26' მმ) მდინარის ჩამონადენი.

წყლის ბალანსის დახასიათების დროს ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ბარამეტრია წყალგაცვლის აქტიუობა, რომელსაც ადგილი აქვს წრე-ბრუნვის დროს და მათი მნიშვნელობები მ. ლევიჩის მიხედვით მოცემულია ცხრილში 3.

ც ხ რ ი ლ ი '3'

წყალგაცვლის აქტიუობა ჰიდროსფეროს სხვადასხვა ნაწილებში

ჰიდროსფეროს შემადგენელი ნაწილები	წყლის მოცულობა, ათასი კმ ³	ბალანსის ელემენტი, ათასი კმ ³ წელიწადში	წყალგაცვლის აქტიუობა, წლების რაოდენობა
მსოფლიო ოკეანე	1 370 000	452	3 000
მიწისქვეშა წყლები	60 000	12	5 000*
მათ შორის აქტიური წყალი			
გაცვლის ზონებში	4 000	12	300**
პოლარული მყინვარები	24 000	3	8 000
ხმელეთის ზედაპირული წყლები	280	40	7
მდინარეები	1,2	40	0,03
ნიადაგის ტენი	80	80	1
ატმოსფეროს: ორთქლი	14	525	0,027

• სულ მთელი ჰიდროსფერო | 1 454 000 | 525 | 2 800
შენიშვნა: ოკეანეებში მიწისქვეშა წყლების მოხვედრა მდინარეების გარეშე: *—4 200 ელი; **—280 წელი.

ჰიდროსფეროს სხვადასხვა ნაწილებში წყალგაცვლის აქტივობის (ცხრილი 3) ანალიზი აჩვენებს, რომ მდინარეებში წყალი იცვლება საშუალოდ ყოველ 11 დღეში, სწორედ ამის გამო მდინარის ბუნებრივ კალაპოტებში წყალი ყოველთვის მტკნარია. იმ შემთხვევაში კი როდესაც წყალგაცვლის აქტივობა ხანგრძლივად მიმდინარეობს წყლის მინერალიზაცია იმატებს. და რაც მთავარია წყლის წრებრუნვა — ეს ის პროცესია, რომლის დროსაც მიმდინარეობს წყლის რესურსების გლობალური გამტკნარება.

1.2.2. ზედაპირული მტკნარი წყლის რესურსები

ზედაპირული მტკნარი წყლის რესურსები თავმოყრილია მდინარეებში, ტბებში, ხელოვნურ წყალსაცავებში, ჭაობებში, მყინვარებში და მინაყინებში.

მდინარეები წარმოადგენენ წყლის ნაკადებს, რომლებიც მიედინებიან ბუნებრივ კალაპოტებში და იკვებებიან თავიანთი აუზისაგან ზედაპირული და მიწისქვეშა ჩამონადენით.

ზედაპირული ჩამონადენის საერთო სიდიდით ყოფილ საბჭოთა კავშირს მეორე ადგილი უკავია მსოფლიოში, რის გამოც მდინარეების საშუალო მრავალწლიური ჩამონადენი 4714 კმ³ შეადგენს, აქედან 4384 კმ³ ფორმირდება ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე, ხოლო დანარჩენი მოედინება საზღვარგარეთიდან.

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე მიედინება დაახლოებით 3 მლნ. მდინარე, რომელთა საერთო სიგრძე 10 მლნ. კმ-ია (ცხრილი 4), მაგრამ მიუხედავად ამისა, ერთეულ ფართობზე წყლით უზრუნველყოფა დედამიწის საშუალო მაჩვენებელზე დაბალია. მართლაც, ყოფილი საბჭოთა კავშირის ფართობი მთელი ხმელეთის ფართობის 16%, ხოლო ჩამონადენი მსოფლიო ჩამონადენის მხოლოდ 13%. ეს აიხსნება კონტინენტური კლიმატით და ყოფილი საბჭოთა კავშირის შედარებით დაბლობი ტერიტორიით. ჩამონადენის მხოლოდ 4% ჩაედინება ბალტიის ზღვაში, 4% — შავსა და აზოვის ზღვებში, 10% — კასპიისა და არალის ზღვებში, ხოლო 82% — ჩრდილო ყინულოვან და წყნარ ოკეანეებში. ამრიგად, ყოფილი საბჭოთა კავშირის წყლის რესურსების უმეტესობა განაწილებულია ციმბირისა და შორეული აღმოსავლეთის ნაკლებად დასახლებულ რაიონებში, რომლებსაც წყლის ასეთი მოცულობები ჭერ-ჭერობით არც ჭირდებათ. ამავე დროს, ყოფილი საბჭო-

თა კავშირის ევროპული ნაწილისა და შუა აზიის მკვიდროდ დასახლებული და განვითარებული მრეწველობის რაიონები საქმარისად არ არიან წყლით უზრუნველყოფილი.

ცხრილი 4

ყოფილი საბჭოთა კავშირის მდინარეების რაოდენობა და მათი სიგრძეები

მდინარეების კატეგორიის მათი სიგრძეების მიხედვით, კმ	რაოდენობა	საერთო სიგრძე, კმ
ძალიან მცირე <10	2 812 587	5 624 881
11—25	113 974	1 697 939
მცირე 26—100	32 733	1 426 288
საშუალო 101—500	3 844	669 861
დიდი >500	280	228 895
ს უ ლ	2 963 398	9 647 864

ასევე უთანაბროდაა განაწილებული სამდინარო ქსელი საქართველოშიც. დასავლეთ საქართველოში იგი ხშირია, მაგრამ მცირეა ივრის ზეგანზე, რაც დაკავშირებულია ჩამონადენი მოდულის განაწილებასთან (80—150 ლ/წმ კმ²-დან დასავლეთ საქართველოში 3 ლ/წმ კმ²-მდე ივრის ზეგანზე და ქვემო ქართლის სამხრეთ-აღმოსავლეთ დაბლობზე). საქართველოს მდინარეები შავი და კასპიის ზღვების აუზებს მიეკუთვნება. კასპიის ზღვის თითქმის მთელი ჩამონადენი გამოაქვს მდინარე მტკვარს. შავი ზღვის მდინარეები კი არ კქმნიან ერთიან სისტემას, ჩაედინებიან რა ზღვაში დამოუკიდებლად.

მსოფლიოში უდიდეს სამდინარო აუზად ითვლება მდ. ამაზონი, რომელშიაც თავმოყრილია პლანეტის მდინარის წყლების საერთო მოცულობის თითქმის ერთი მესამედი. საერთოდ, ბოლო მონაცემებით დღეს ყველა მდინარის საერთო ჩამონადენი შეადგენს 36 ათას კმ³-ზე მეტს; რაც დაახლოებით 200-ჯერ აღემატება ბალტიის ზღვის მოცულობას.

დედამიწის ზოგიერთი უმთავრესი მდინარეების რამდენიმე მანასიათებელი მოცემული მე-5 ცხრილში, ხოლო მე-6 ცხრილში კი ნაჩ-

დელამიწის ზოგიერთი უმაჯრესი მდინარეების მახასიათებელი

მდინარე	სიგრძე, კმ	აუზის ფართობი, ათასი კმ ²	წყლის ხარჯი, მ ³ /წმ	წლიური ჩამონადენის სისქე, მმ
ნილოსი	6671	2870	2600	29
მისისიპი (მისურით)	6420	3268	19000	163
ამაზონი	6400	7180	175000	770
იანცუი	5800	1808	34000	596
ობი (ირტიშით)	5410	2290	12300	130
ენისეი (ანგარით)	5075	2580	19800	219
მეკონგი	4500	810	4600	180
ამურა (არგუნით)	4410	1855	10800	185
ლენა	4400	2490	17000	216
პარანა	4380	4250	15000	170
კონგო	4320	3691	39000	335
მაკენზი	4250	1804	14000	247
ნიგერი	4160	2092	12000	182
იუკონი	3700	855	6300	255
ვოლგა	3530	1360	8060	188
წმ. ლავრენტი	3350	1269	9800	300
ინდი	3180	980	3850	124
დუნაი	2850	817	6430	255
ორინოკო	2730	1086	29000	850
განგი	2700	2055	38000	588
მურეი	2570	1160	470	405
დნეპრი	2200	504	7000	—

ვენებია თუ როგორ არის ცალკეულ კონტინენტზე თითოეული მოსახლელე უზრუნველყოფილი მდინარის ჩამონადენით.

წყლის რესურსების განაწილება მოკავშირე რესპუბლიკებშიც ასევე არათანაბარია (ცხრილი 7). 1 სულ მოსახლეზე წყლით უზრუნველყოფის მაღალი მაჩვენებლები გააჩნია რუსეთის, თურქმენეთის, ტაჯიკეთის და ყირგიზეთის რესპუბლიკებს, რაც შეეხება მოლდავეთს, სომხეთსა და უკრაინას აქ აღნიშნული მაჩვენებელი საკმაოდ დაბალია. განსაკუთრებით მაღალი მაჩვენებლები გააჩნია საქართველოს 1 კმ² ტერიტორიაზე მოსული წყლის რესურსების მიხედვით.

ტბებს მთელი ხმელეთის დაახლოებით 1,8% უკავია (2,7 მლნ. კმ²), ხოლო მათი საერთო მოცულობა საშუალოდ 230 ათასი კმ³. საბჭოთა კავშირში დაახლოებით 3 მლნ. ტბაა, საერთო მოცულობით 26,5 ათასი კმ³ (ცხრილი 8). დედამიწის ზოგიერთი უმთავრესი ტბების მახასიათებლები მოცემულია ცხრილში 9.

საერთოდ როგორც ვხედავთ ტბებში საკმაოდ დიდი რაოდენობის მტკნარი წყლის მარაგებია თავმოყრილი. მაგალითად, ბაიკალის ტბაში თავმოყრილია ყოფილ საბჭოთა კავშირში არსებული ყველა მტკნარი

ცხრილი 6

კონტინენტებზე თითოეული მოსახლის უზრუნველყოფა მდინარის ჩამონადენით

დასახელება	ფართობი, ათასი კმ ²	მოსახლეობა, მლნ.	მდინარის ჩამონადენი, კმ ³		მდინარის წყლის რესურსი თითოეულ მოსახლეზე, ათასი მ ³ /წელიწადში	
			მთლიანი	მიწისქვეშა	მთლიანი	მიწისქვეშა
ევროპა	9770	790,5	3110	1065	393	1,34
აზია	45200	3349,5	13190	3410	3,94	1,02
აფრიკა	30290	645,3	4225	1465	6,55	2,27
ჩრდილო ამერიკა	20830	394,5	5960	1740	15,11	4,41
სამხრეთ ამერიკა	17810	297,1	10380	3740	34,94	12,59
ავსტრალია	8400	26,5	1965	465	74,15	17,55
მთელი მსოფლიო	132300	5503,4	38830	11885	7,05	2,16

წყლის რესურსების განაწილება მოკავშირე რესპუბლიკების მიხედვით

რესპუბლიკა	სიღარი 'სებრადიონი'	'(მნიშვნელოვანი) 1987	-ივადიყ იყადიყადი სამნიდნიყადიყადნი იყადიყადნი	-ნივადიყ იყადიყადი ნიდნიყადნი	-ნივადიყ იყადიყადი ნიდნიყადნი	-ნივადიყ იყადიყადი ნიდნიყადნი	-ნივადიყ იყადიყადი ნიდნიყადნი	-ნივადიყ იყადიყადი ნიდნიყადნი	ყოველწლიურად წყლის რესურსები I კვმ		ყოველწლიურად წყლის რესურსები I მოსახლეზე	
									აღვლობა-როფი ჩამონადენი, კმ3	საერთო რესურსები, კმ3	აღვლობა-როფი ჩამონადენი, კმ3	საერთო რესურსები, კმ3
რუსეთის	17075,4	145,3	4021	221	4241	4242	0,235	0,248	27,6	29,19		
უკრაინის	603,7	51,2	40,4	161	210	210	0,082	0,348	0,96	4,10		
ბელორუსიის	207,6	10,1	37,6	21,6	59,2	59,2	0,181	0,285	3,72	5,86		
უზბეკეთის	447,4	19,0	12,2	92,4	63,6	104,6	0,027	0,234	0,64	5,51		
ყაზახეთის	2717,3	16,2	53,5	59,5	72,3	113	0,020	0,042	3,30	6,97		
ყირგიზეთის	198,5	4,1	48,7	0,37	35,7	49,1	0,245	0,247	11,88	11,97		
ტაჯიკეთის	143,1	4,8	52,2	34,3	85,4	86,5	0,365	0,604	10,88	18,02		
თურქმენეთის	488,1	3,4	0,23	67,8	60,0	68,0	0,0005	0,139	0,07	20,00		
მოლდავეთის	33,7	4,2	0,81	10,6	11,4	11,4	0,024	0,338	0,19	2,71		
ლატვიის	64,5	2,6	16,6	17,9	34,3	34,5	0,257	0,535	6,38	13,20		
ლიტვის	65,2	3,6	14,6	10,6	25,2	25,2	0,224	0,387	4,06	7,00		
ესტონეთის	45,1	1,6	11,9	4,8	16,7	16,7	0,264	0,370	7,43	7,00		
საქართველოს	69,7	5,3	52,6	9,8	62,4	62,4	0,755	0,895	9,92	10,44		
სომხეთის	29,8	3,4	7,2	2,2	8,6	9,4	0,242	0,315	2,12	11,77		
აზერბაიჯანის	86,6	6,8	8,0	22,3	30,3	30,3	0,092	0,350	1,18	2,76		
ს უ ლ	22403,0	281,7	4386	333	4563	4720	0,196	0,211	455	16,76		

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტბების რაოდენობა და მათი ფართობები

ტბის ფართობები, კმ ²	რაოდენობა	წყლის სარკის საერთო ფართობი, კმ ²
1-ზე ნაკლები	2 814 727	159 532
1—10	36 896	87 075
10—100	2 358	55 913
100-ზე მეტი	185	185 920
ს უ ლ	2 854 166	488 440

შენიშვნა: კასპიისა და არალის ზღვების გარეშე.

წყლის დაახლოებით ნახევარი, რომელიც თითქმის 5-ჯერ აღემატება ქვეყნის მდინარეების წლიური ჩამონადენის ჯამს.

საქართველო მდიდარი არაა ტბებით, მაგრამ ცალკეულ რაიონებში არსებობს ვულკანური, ტექტონიკური, ზღვიური, მდინარეული, მყინვარული და სხვა წარმოშობის ტბები. ფართობის მიხედვით ყველაზე დიდია — ფარავნის ტბა (37 კმ²), ქარწახი (26,6 კმ²) და პალიასტომი (17,3 კმ²).

ვიხილავთ რა ზედაპირული მტკნარი წყლის რესურსებს არ შეიძლება გვერდი ავუაროთ ხელოვნურ წყალსატევებში დაგროვილი წყლის მასებს. ბოლო 30 წლის განმავლობაში მსოფლიოში 30 ათასზე მეტი წყალსაცავი მოეწყო 6 ათას კმ³ წყლის საერთო მოცულობით და დაახლოებით 400 ათასი კმ² სარკობრივი ზედაპირის ფართობით. წყალსაცავების კლასიფიკაცია სხვადასხვა მახასიათებლებით სწარმოებს, მაგალითად: მოცულობისა და წყლის სარკობრივი ზედაპირის ფართობის მიხედვით, წყალსაცავში წყლის მიმოცვლისა და დონეების ცვალებადობის გათვალისწინებით და ა. შ. ცხრილში 10 მოცემულია წყალსაცავების კლასიფიკაცია ზომების (მთლიანი მოცულობისა და სარკობრივი ზედაპირის ფართობის) გათვალისწინებით.

მსხვილი წყალსაცავების მოწყობის შედეგად წყალგაცემა მდინარეებზე მნიშვნელოვნად შენედა. ცალკეული მონაცემებით ყოფილ საბჭოთა კავშირში მდინარეებში წყლის დაყოვნების დრო ბოლო დროს

დედამიწის ზოგიერთი უმთავრესი ტიპების მახასიათებლები

ტიპი	წყლის სარკის ფართობი, კმ ² ათასი	წყლის მოცულობა, კმ ³	საშუალო სიღრმე, მ	მაქსიმალური სიღრმე, მ
ვერხნეე	82,4			393
ვიქტორია	68,0			80
გურონი	59,6			208
მიჩიგანი	58,0			281
ბაიკალი	31,5	23 000	730	1 741
ბალხაში	22—17	112	6,1	26
ლადოგის	17,7	908	51	230
ონეგის	9,72	285	29	127
ისიკ-კული	6,28	1 730	279	702
ზაისანი	5,51	53	9,6	—
ტაიმირი	4,56	13	2,8	26
ხანკა	4,15	16,5	4	10,6
ჩუდს	3,55	25,2	7,1	15
ალაკოლი	2,65	58,6	22,1	54
ჩანი	1,99	4,3	2,2	9
სეიანი*	1,36	50,5	43,2	86

*—საშუალო ნიშნულს მიხედვით წყლის დონის დაწევამდე.

22 დღე-ღამიდან 89 დღე-ღამემდე გაიზარდა. 1980 წლისათვის თუ როგორ შეიცვალა წყალგაცვლა სხვადასხვა კონტინენტის მდინარეებზე წყალსაცავების მოწყობის შედეგად მოცემულია მე-11 ცხრილში.

თუ რაოდენ დიდი ზომის წყალსაცავებია მოწყობილი ამჟამად მსოფლიოს სხვადასხვა მდინარეებზე, ამაზე ნათლად შეტყველებს მე-12 ცხრილში მოყვანილი ზოგიერთი მონაცემიც.

საქართველოს წყალსაცავებში მთლიანად დაგროვილია 3 000 მლნ. მ³-ზე მეტი წყალი, ხოლო სარკობრივი ზედაპირის ფართობი ამ წყალსაცავების დაახლოებით 163 კმ² შეადგენს.

ჭაობი წარმოადგენს წყლიან ტერიტორიას, რომელიც მთლიანად ან ნაწილობრივ დაფარულია მცენარეულობით. ჭაობი ერთგვარი გარდა-

წყალსაცავების კლასიფიკაცია ზომების (მთლიანი მოცულობისა და სარკობრივი ზედაპირის ფართობის) გათვალისწინებით

წყალსაცავის კატეგორია	მთლიანი მოცულობა, კმ ³	სარკობრივი ზედაპირის ფართობი, კმ ²
უმსხვილესი	50-ზე მეტი	5000-ზე მეტი
ძალიან მსხვილი	50—10	500—500
მსხვილი	10—1	5000—500
საშუალო	1—0,1	100—20
არა დიდი	0,1—0,01	20--2
მცირე	0,01—ზე ნაკლები	2-ზე ნაკლები

მდინაარეებში წყალგაცვლის ხანგრძლივობის ცვალებადობა წყალსაცავების მოწყობის შედეგად სხვადასხვა კონტინენტზე 1980 წლისათვის

კონტინენტი	მდინარის წლიური ჩამონადენი, კმ ³	საშუალო წლიური ხარჯი, კმ ³ /დღე—ღამე	წყლის მოცულობები მდინარის კალაპოტებში, კმ ³	წყლის მოცულობები მდინარის კალაპოტებში და წყალსაცავებში, კმ ³	წყალგაცვლის ხანგრძლივობა ჩვეულებრივ პირობებში, დღე—ღამე	წყალგაცვლის ხანგრძლივობა წყალსაცავის გამოყენების წინებით, დღე-ღამე	წყალგაცვლის ხანგრძლივობის გაზრდა, წერ
ევროპა	3 100	18,5	180	675	10,0	67,5	6,7
აზია	13 190	36,1	565	2 415	12,9	185,7	14,3
აფრიკა	4 225	11,3	195	1 935	17,7	115,0	6,4
ჩრდილო ამერიკა	5 950	16,6	250	1 580	13,9	15,3	1,1
სამხრეთ ამერიკა	10 380	28,4	1 000	1 410	35,7	50,3	1,4
ავსტრალია	1 965	4,0	25	100	6,2	25,0	4,1
მთელი მსოფლიო	38 830	106,3	2 115	10 530	19,8	99,0	4,9

ზოგიერთი დიდი ზომის წყალსაცავის მახასიათებლები

წყალსაცავი	მთლიანი მოცულობა, კმ ³	სარკობრივი ზედაპირის ფართობი, კმ ²
კარიბა	185	5 180
ბრატსკი	169,3	5 000
ვოლტა	148	8 490
ნასერი	147	5 470
კრასნოიარსკი	73,3	1 650
ზეია	68,4	2 419
ბუხტარმინსკი	53,0	4 300
მედი	37,5	638
ვოლგოგრადი	33,5	3 500
რიბინსკი	25,4	3 800

მევალი ზონაა წყალსა და ხმელეთს შორის, თუმცა დაჭაობებულ წყალსა და დაჭაობებულ ხმელეთს შორის საზღვრის გატარება თითქმის შეუძლებელია. ჭაობები ძირითადად იკვებებიან გრუნტის წყლებით, მდინარეებიდან გადმოსული წყლებით, ზედაპირული ჩამონადენით და ატმოსფერული ნალექებით.

ჭაობებს დასაველეთ ციმბირის ტერიტორიის თითქმის 50—70% უკავია, ხოლო ყოფილ საბჭოთა კავშირის ჩრდილო-დასავლეთ ტერიტორიის — 40%. ტორფნარის საშუალო სიმძლავრე — 4,5 მ-ია, ხოლო საერთო მოცულობა 3 160 კმ³. ვინაიდან ტორფში დაახლოებით 95% წყალია, ამიტომ ჭამური წყლის მარაგი ჭაობებში საშუალოდ 1,17 ათასი კმ³-ს შეადგენს, ანუ ყოფილ საბჭოთა კავშირში არსებული ზედაპირული წყლების — 2,6%-ს. აღსანიშნავია, რომ ჭაობის წყლის ამ მოცულობებიდან 1 ათასი კმ³ დასაველეთ ციმბირის ტერიტორიაზეა განლაგებული.

საკმაოდ დიდი მტკნარი წყლის მარაგია დაგროვილი ყინულებში, რომლებიც განლაგებულია ჩრდილო ყინულოვან ოკეანეში და მთიან რეგიონებში. ყოფილ საბჭოთა კავშირში მყინვარებში აკუმულირებულია დაახლოებით 13 ათასი კმ³ წყალი, აქედან 91% უშუალოდ ოკეანეების ყინულებში, ხოლო დანარჩენი მთიანი რეგიონის მყინვარებში.

ყოფილ საბჭოთა კავშირის მთიან რეგიონებში მოთავსებულია დაახლოებით 27 ათასამდე მყინვარი, საერთო ფართობით 23 ათასი კმ². აღსანიშნავია რომ მყინვარები კვებავენ მთის მდინარეებს, თუმცა

წყლის წრე-ბრუნვაში მონაწილეობს მათი შედარებით უმნიშვნელოვანესი ნაწილი. ძირითადი მასა როგორც წესი მტკნარი წყლის საუკუნოვან მარაგს წარმოადგენს.

მუდმივი გამყინვარების რაიონებში შედარებით დიდი რაოდენობის მტკნარი წყალი დაგროვილი მინაყინებში, რომლებიც წარმოქმნება ნიადაგის წყლების გაყინვის შედეგად. ცალკეული მინაყინების ფართობები ზოგჯერ 100 კმ²-მდეც კი აღწევს, ხოლო მათი მოცულობები 0,6—6 კმ³-ს.

საბჭოთა კავშირის ჩრდილო-აღმოსავლეთით ამჟამად დაფიქსირებულია დაახლოებით 7,5 ათასი მინაყინი, საერთო მოცულობით 30 კმ³. მინაყინებისაგან წარმოქმნილი მდნარი წყალი ყოფილი საბჭოთა კავშირის ჩრდილო-აღმოსავლეთის მდინარეების საშუალო წლიური ხარჯის 30—50% შეადგენს.

1.2.8. მიწისქვეშა წყლის რესურსები

მიწისქვეშა წყლებში იგულისხმება წყლები, რომლებიც მდებარეობენ დედამიწის ქერქის, ანუ ლითოსფეროს, ზედა ფენებში. მათი წარმოქმნის, გავრცელების პირობები, მოძრაობის კანონები, ქიმიური შედგენილობა და სხვ. ჯერ კიდევ მთლიანად შესწავლილი არ არის, მაგრამ მიუხედავად აღნიშნულისა, დღეისათვის, როდესაც ახსიათებენ მიწისქვეშა წყლების სახეობებს, გულისხმობენ მათ მდგომარეობას ქანებში (ორთქლის სახით, თხევადი, მყარი სახით), მოძრაობის უნარს (ბმული, თავისუფალი) და ქანებთან მათ ურთიერთქმედებას (ფიზიკურად შეკავშირებული, კრისტალიზაციური, ცეოლითური).

როგორც აღრე აღვნიშნეთ, მიწისქვეშა ჰიდროსფერო კონრადის ზღვარით პირობითად ორ იარუსად იყოფა. გრავიტაციული წყლების საერთო მასა $1,5 \cdot 10^{23}$ გ ან 150 მლნ. კმ³, მაგრამ ეს რაოდენობა ზედა იარუსის წყლების დაახლოებით 1/3-ია. ვინაიდან ქანები შეიცავენ კიდევ $4,2 \cdot 10^{23}$ გ ბმულ წყლებს, ამიტომ ლითოსფეროს ზედა იარუსში წყლების რაოდენობა 570 მლნ. კმ³-ია. ქვედა იარუსში კონრადის ზღვარსა და მოხორციელების ზედაპირს შორის ვარაუდობენ რომ შესაძლებელია 500 მლნ. კმ³ თავისუფალი და ქიმიურად ბმული წყლების არსებობა, რაც მიწისქვეშა ჰიდროსფეროს წყლების საერთო რაოდენობის დაახლოებით 47% უნდა შეადგენდეს. მთლიანად კი მიწისქვეშა ჰიდროსფერო დედამიწის მთლიანი ჰიდროსფეროს წყლების 42% უახლოვდება.

მიწისქვეშა წყლების არსებობა რასაკვირველია მხოლოდ მოხოროვიჩიჩის ზედაპირით არ განისაზღვრება. შესაძლებელია წყლის არსებობა მანტიაშიც, მაგრამ ჰიპოთეზურადაც კი ძნელია მისი რაოდენობრივი შეფასება. თუ გავითვალისწინებთ მანტიის მასას $4 \cdot 10^{27}$ გ და მასში 0,5% წყლის შემცველობას, როგორც ვარაუდობენ მაშინ წყლის საერთო მარაგი მანტიაში იქნება $2 \cdot 10^{25}$ გ. ამრიგად, მოხოროვიჩიჩის ზედაპირს ზემოთ მთელი წყლის შემცველობა შეადგენს დაახლოებით 1%, ხოლო 99% — მარაგადაა მანტიაში.

მიწისქვეშა წყლების ფორმირებაზე ვაგუენას ახდენს კლიმატი, რელიეფი და სტრუქტურულ-ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორები.

ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე მიწისქვეშა წყლების მარაგები მოცემულია ცხრილში 13.

ცხრილი 13

მიწისქვეშა წყლების მარაგი ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე

ტერიტორია	ფართობი, ათასი კმ ²	საანგარიშო ზონა	ზონის სიმძლავრე, გ	მიწისქვეშა წყლების მარაგი, მლნ. კმ ³
ვერობული ნაწილი	5 446	1	100	0,10
		2	200	0,15
		3	2 000	0,55
აზიური ნაწილი	16 954	1	200	0,45
		2	400	0,78
		3	2 000	1,60
ს უ ლ				3,63

ბოლო გამოკვლევების მიხედვით ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე მტკნარი და მლაშე მიწისქვეშა წყლების საერთო მარაგი აღწევს 15 მლნ. კმ³.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ამ ბოლო დროს თერმიულ წყლებს. გაანგარიშებულია რომ მათი მარაგი 3,5 კმ სიღრმემდე (ტემპერატურით 40—200°C) შეადგენს 7,9 მლნ. მ³/დღე-ღამეში, ხოლო 7—15 კმ სიღრმეზე მარაგები დაზუსტებული არ არის, მაგრამ კიდევ უფრო მაღალია წყლის ტემპერატურა (200—350°C).

ამრიგად, როგორც ვხედავთ მიწისქვეშა წყლების მარაგი საკმაოდ დიდია, მაგრამ ჭერ-ჭერობით ტექნიკური თუ სხვადასხვა მიზეზებით შესაძლებელია მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილის გამოყენება.

თ ა ვ ი II

წყლის ბალანსის პროგნოზირება და რესურსების მართვა

2.1. წყლის ბალანსის პროგნოზირება

2.1.1. ტერიტორიის წყლის ბალანსის შეფასების ექვსკომპონენტური მეთოდი

სხვადასხვა პრაქტიკული მიზნებისათვის აუცილებელია ამა თუ იმ ტერიტორიაზე შეფასებული იქნას წყლის ბალანსი. საკმაოდ დიდი ხნის განმავლობაში წყლის ბალანსის პროგნოზირებისათვის გამოიყენებოდა სამკომპონენტური გამოსახულება, რომლის მიხედვითაც ატმოსფერული ნალექები P წარმოდგენილი იყო როგორც მდინარის ჩამონადენისა R და აორთქლების E ჯამი, ე. ი. $P = R + E$. სხვათა შორის ეს დამოკიდებულება პრაქტიკაში პირველად გამოყენებული იქნა ფრანგი ინჟინრის პიერ პეროს მიერ ლუვრის წყალსადენის მოწყობის დროს.

ცოტა მოგვიანებით ცალკეული სპეციალისტები აღნიშნულ გამოსახულებას სხვა მოდიფიკაციითაც იყენებდნენ. მაგალითად, საბჭოთა მეცნიერმა ვ. გლუშკოვმა მდინარის ჩამონადენი R ამუდარიის შესწავლის დროს ორ კომპონენტად დაშალა, კერძოდ, ზედაპირულ (წყალდიდობის) ჩამონადენად — S და მდინარეში მიწისქვეშა ჩამონადენად — U , ამრიგად $R = S + U$.

გამოიყენა რა ვ. გლუშკოვის იდეა წყლის ბალანსის დასახასიათებლად მ. ლვოვიჩმა შემოიღო ექვსკომპონენტური განტოლებათა სისტემა

$$\begin{aligned}P &= S + U + E; \\R &= S + U; \\W &= P - S = U + E;\end{aligned}$$

$$K_U = \frac{U}{W};$$

$$K_E = 1 - K_U = \frac{E}{W},$$

სადაც W არის ტერიტორიის საერთო დატენიანება;

K_U და K_E — სათანადოდ მდინარის მიწისქვეშა წყლებით კვებისა და აორთქლების კოეფიციენტები, რომლებაც აჩვენებს წლიური ინფილტრაციის თუ რა ნაწილით სწარმოებს მიწისქვეშა ჩამონადენის ფორმირება და რა ნაწილი იხარჯება აორთქლებაზე.

ტერიტორიის წყლის ბალანსის შეფასების ექვსკომპონენტური მეთოდი უკვე კარგა ხანია გამოიყენება როგორც ყოფილი საბჭოთა კავშირის, ასევე საზღვარგარეთისა და საერთოდ მთელი მსოფლიოს წყლის ბალანსის შესასწავლად. მეთოდი წლების განმავლობაში თანდათან იხვეწებოდა, რამაც განაპირობა ის, რომ მისი გამოყენება შეიძლება იმ შემთხვევაში კი, როდესაც საპროგნოზო ტერიტორიაზე არასაკმარისად ან საერთოდ შეუსწავლელია ჰიდროლოგიური მახასიათებლები.

ვარაუდობენ, რომ მომავალში შესაძლებელია წყლის ბალანსის კომპონენტების რიცხვი კიდევ უფრო გაიზარდოს, რის შედეგადაც მეთოდი კიდევ უფრო დაუახლოვდება და უფრო სრულყოფილად ასახავს წყლის წრებრუნვას ბუნებაში. ასე მაგალითად, მეშვიდე კომპონენტად შეიძლება გამოვიყენოთ მყინვარის ჩამონადენი, რომელიც მთის მდინარეების კვების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს.

საქმე იმაშია, რომ დღეს მყინვარის ჩამონადენი არც ისე მცირეა რომ მხედველობაში არ იქნეს მიღებული. მაგალითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ა. კრენკეს გაანგარიშებით ყოველწლიური ყინულოვანი ჩამონადენი მყინვარების სისტემის სტაციონარული მდგომარეობის დროს — 52,8 კმ³, მათ შორის 41,9 კმ³ — მყინვარის თხევადი ჩამონადენია, 5,8 — ყინულების ჩანადენი ზღვაში და 5,1 — წვიმის ნალექების ჩამონადენი მყინვარებიდან.

აღნიშნული მეთოდი საფუძვლად უდევს როგორც ტერიტორიულ, ასევე ზონალურ და თუ გნებავთ კონტინენტალური ჰიდროლოგიური და საერთოდ წყლის რესურსების ბალანსური რუქების შედგენას. მტკნარი წყლის რესურსების ბალანსური შეფასების შედეგები სხვადასხვა კონტინენტებზე, საბჭოთა კავშირისა და საერთოდ მსოფლიოსათვის მოცემულია ცხრილში 14.

სხვადასხვა კონტინენტის მტკნარი წყლის რესურსების ბალანსის შეუასება ექსკომპონენტაინი მეთოდით (მ. ლოვიჩის მიხედვით)

წყლის ბალანსის ელემენტები	აზია		აფრიკა		სამხრეთ ამერიკა		აღმოსავლეთი ევროპა (ტანკანის, ახალი გრენლანდი და ახალი ზელანდიის ჩათვლით)		მთელი მსოფლიო (სოლიდური მყინვარების, მინერალური წყლების და სხვა წყლების ჩანაღებების გარეშე)		უფიციური საბჭოთა კავშირი
	ევროპა	აზია	აფრიკა	ჩრდილო ამერიკა (კანადის არქაბელაგის გარეშე)	სამხრეთ ამერიკა	აღმოსავლეთი ევროპა (ტანკანის, ახალი გრენლანდი და ახალი ზელანდიის ჩათვლით)	მთელი მსოფლიო (სოლიდური მყინვარების, მინერალური წყლების და სხვა წყლების ჩანაღებების გარეშე)	უფიციური საბჭოთა კავშირი			
ფართობი, მლნ. კმ ²	9,8	45,0	30,3	20,7	18,4	8,7	132,3	22,4			
ნალექები, P	734	726	686	670	1648	736	834	500			
მდინარის ჩამონადენი											
მთლიანი, K	319	293	139	287	583	226	294	198			
მიწისქვეშა, U	109	76	48	84	210	54	90	46			
ზედაპირული, S	210	217	91	203	373	172	204	152			
ტერიტორიის საერთო დატენიანება, W	524	509	595	467	1275	564	630	348			
აორთქლება, E	415	433	547	383	1065	510	540	300			
ნალექები, P	7165	32690	20780	13910	29355	6405	110305	10960			
მდინარის ჩამონადენი											
მთლიანი, R	3110	13190	4225	5960	10380	1965	38830	4350*			
მიწისქვეშა, U	1065	3410	1465	1740	3740	465	11885	1020			
ზედაპირული, S	2045	9780	2760	3720	7140	1500	26945	3330			
ტერიტორიის საერთო დატენიანება, W	5120	22910	18020	9690	22715	4905	83360	7630			
აორთქლება, E	4055	19500	16555	7950	18975	4440	71475	6610			

ფ ა რ ლ ო ბ ი თ ი ს ი დ ი დ ე ე ბ ი

მიწისქვეშა ჩამონადენი მდინარეში მთლიანი ჩამონადენისაგან %	34	26	35	32	36	24	31	25
მდინარის მიწისქვეშა წყლებით კვების კოეფიციენტი, K _კ	0,21	0,15	0,08	0,18	0,20	0,10	0,14	0,13
ჩამონადენის კოეფიციენტი, K _კ	0,43	0,40	0,23	0,31	0,35	0,31	0,36	0,40

*) ეკო კმ ტრანზიტული ჩამონადენის გარეშე.

2.1.2. მიწისქვეშა (ნიადაგის) წყლების ბალანსის მოდელი

ნიადაგში ტენის რაოდენობა დამოკიდებულია არა მარტო გრუნტის თვისებებზე, არამედ მრავალ სხვა ფაქტორზეც. მაგალითად, კლიმატური ფაქტორები განაპირობებენ წყლის იმ რაოდენობას, რომლებიც ხვდებიან ნიადაგის ზედაპირზე ატმოსფერული ნალექების სახით, ამავდროს წყლის იმ რაოდენობასაც, რომელიც უკანვე უბრუნდება ატმოსფეროს აორთქლებისა და ტრანსპირაციის შედეგად. გარკვეულ როლს ასრულებს ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაც, მაგალითად: ირიგაცია, თესლბრუნვის გრაფიკი, ნიადაგური საფარის დამუშავების წესი, მცენარეული საფარის გადაძოვება და ა. შ.

ნიადაგში წყლის ბალანსის მარტივ მოდელს, რომელიც წყლის წრებრუნვის პრინციპებზეა აგებული, შემდეგი სახე აქვს

$$S = P + J + ET - Dr - R_o,$$

სადაც S არის ნიადაგის წყლების მოცულობის ცვალებადობა მცენარეულის ფესვების ზონაში; P — ატმოსფერული ნალექები (თოვლი ან წვიმა); J — მორწყვა; ET — ევაპოტრანსპირაცია; Dr — დრენირება, R_o — ჩამონადენი.

როგორც ვხედავთ, პარამეტრები P , J და ET დადებითია, მაშინ როდესაც Dr , R_o და S შეიძლება იყოს როგორც დადებითი ასევე უარყოფითი. თუ Dr სიდიდე ნაკლებია ნულზე, მაშინ ტენის ნაკადი მიმართულია ზევით, რასაც ადგილი აქვს მაშინ, როდესაც ნიადაგის წყლის დონეები მიწის ზედაპირთან ახლოა განლაგებული. თუ $R_o < 0$ მაშინ სისტემაში შემოსული წყლის რაოდენობა აღემატება გასული წყლის რაოდენობას. საერთოდ, როდესაც S უარყოფით მნიშვნელობასღებულობს ეს იმაზე მეტყველებს, რომ ნიადაგში წყლის რაოდენობა მცირდება, დადებითი მნიშვნელობის დროს კი პირიქით.

მართალია ზემოთ მოყვანილი წყლის ბალანსის მოდელი საკმაოდ მარტივია, მაგრამ მასში შემავალი პარამეტრების განსაზღვრა დიდ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. მაგალითად, დღემდე არ არსებობს Dr -პარამეტრის პრაქტიკული განსაზღვრის საიმედო მეთოდი, ისევე როგორც სხვა პარამეტრების განსაზღვრაც დაკავშირებულია საკმაოდ დიდ ცდომილებებთან. ამიტომ ცდომილების შესამცირებლად საჭიროა მოდელის გამოყენების დროს მოდელირებისათვის შეირჩეს დროის მცირე ინტერვალი.

წყლის ბალანსის მოდელის განტოლების სხვადასხვა სახის მოდიფიკაცია საშუალებას იძლევა გამოიყენონ ნელოვნური გზები, ეს კი

უფრო მოქნილს და პრაქტიკულად ადვილად გამოსაყენებელს ხდის ამ განტოლებას. მაგალითად დღეს საკმაოდ წარმატებით გამოიყენება ისტიუარტის მოდელი, რომელიც საშუალებას იძლევა დაუკავშირდეს ET ამა თუ იმ კულტურის მოსავლიანობას, ან კიდევ ხანკისის მოდელი, სადაც ET გაყოფილია ორ მდგენელად, კერძოდ აორთქლებად (E) და ტრანსპირაციად (T). თუმცა არ შეიძლება არ აღინიშნოს ზემოთ განხილული მარტივი მოდელების ძირითადი ნაკლოვანება, რაც გამოიხატება იმაში, რომ ისინი საშუალებას არ იძლევიან მხედველობაში იქნას მიღებული ნიადაგის დამლაშება, რადგანაც მათში არ არის ისეთი ბლოკი, რომელიც ითვისისწინებდეს მასების გადატანას.

ამ ბოლო დროს აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრის მიზნით შეიქმნა შედარებით რთული მოდელები, რომლებიც გულისხმობს წყლის ნაკადის ხაზოვან (ერთგანზომილებიან) მოძრაობას

$$\partial\theta/\partial t = \partial/\partial Z (K(\theta)\partial H/\partial Z) + A(Z),$$

სადაც θ არის ნიადაგის მოცულობითი ტენიანობა; t — დრო; Z — სიღრმე ვერტიკალურად; $K(\theta)$ — ფილტრაციის კოეფიციენტი (ტენიანობის ფუნქცია); H — ჰიდრაულიკური დაწნევა; $A(Z)$ — განტოლების თავისუფალი წევრი, რომელიც ახასიათებს მცენარის ფესვების სისტემის კვების დროს წყლის დანაკარგებს.

განტოლების ეს თავისუფალი წევრი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი გამოსახულებით

$$A(Z) = \frac{|H\theta + (1,05 \cdot Z) - h(Z,t) - S(Z,t)| \text{ RDF}(Z)K(\theta)}{\Delta X \Delta Z}$$

სადაც $H\theta$ არის ფესვების სისტემაში წყლის ეფექტური დაწნევა; $(1,05 \cdot Z)$ — შემასწორებელი კოეფიციენტი, რომელიც საშუალებას იძლევა გადავიდეთ ფესვების სისტემაში სხვადასხვა სიღრმეებზე; h — წნევა გრუნტის „ჩონჩხში“; S — ოსმოსური წნევა, რომელიც წარმოიქმნება ცვლადი სიმკვრივის ნაკადში; RDF — ფესვების სისტემის სიმკვრივის ფუნქცია; ΔX — მანძილი ფესვების სისტემის ზედაპირიდან გაზომვის წერტილამდე $h(Z, t)$, $S(Z, t)$, რომელიც ჩვეულებრივ აიღება 1 სმ; ΔZ — ნაზრდი სიღრმეზე.

მიწისქვეშა წყლების ბალანსის განხილვის დროს როდესაც საჭიროა გავითვალისწინოთ სპეციფიკური იონები და სხვა ჰიდროგეოქიმიური ასპექტები შეიძლება გამოვიყენოთ შემდეგი განტოლება

$$\partial(\Theta C)/\partial t = \partial/\partial z [D(\Theta, q)C/Z + qC],$$

სადაც C არის მარილების კონცენტრაცია; $D(\Theta, q)$ — დიფუზია-დისპერსიის გაერთიანებული კოეფიციენტი; q — ერთეულ მოცულობაში წყლის ნაკადის ხარჯი.

არსებობს უფრო რთული მოდელებიც რომლებიც ითვალისწინებს მარილების მიგრაციას და სხვ.

განხილული განტოლების ამოსახსნელად როგორც წესი გამოიყენება რიცხობრივი ალგორითმები, რომელთა რეალიზაცია ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანაზე სწარმოებს.

2.1.3. წყლისა და თბური ბალანსის მოდელი აორთქლების პროგნოზირების დროს

აორთქლებას ბუნებრივ გარემოში წყლის ღია ან კიდევ მცენარეულით დაფარული მიწის ზედაპირებიდან, როგორც ზემოთ დავინახეთ, უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ჰიდროლოგიურ ციკლში, ე. ი. საერთოდ წყლის წრებრუნვაში და აქედან გამომდინარე წყლის ბალანსში. უფრო მეტიც, წყალი ხედება რა ჰიდროლოგიური ციკლის აორთქლების ფაზაში იგი უშუალო გამოყენებისათვის ხელმიუწვდომელი ხდება და როდესაც, დედამიწაზე სხვადასხვა რეგიონებში წყლის გამოყენების მასშტაბები მათ ზღვრულ მნიშვნელობებს უახლოვდება ამ შემთხვევაში აორთქლების მოცულობისა და ინტენსივობის შესწავლას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

წყლის ბალანსის განტოლება, რომელიც გულისხმობს მასების შენახვას ჰიდროლოგიურ სისტემაში შეიძლება შემდეგი სახით ჩაიწეროს

$$(P - E) A + Q_1 - Q_0 = dS/dt,$$

სადაც P არის ნალექების საშუალო ინტენსიობა; F — აორთქლება; A — ზედაპირის ფართობი; Q_1 — ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მოდინება; Q_0 — ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ჩამონადენი; S — სისტემის ტენშემცველობა.

ვინაიდან დედამიწაზე არსებულ ნებისმიერ მოცემულ სისტემაში აორთქლება აკავშირებს წყლისა და თბურ ბალანსს, ამიტომ თუ მხედველობაში არ მივიღებთ პროცესის არასტაციონარობას, ფოტოსინთეზს და ჰორიზონტალურ ადვექციას თბური ბალანსის განტოლება შემდეგ სახეს მიიღებს

$$R_n = L_e E + H + G,$$

სადაც R_n არის რადიაციული ბალანსი; L_e — ორთქლწარმოქმნის ფარული სითბო; E — აორთქლება; H — ატმოსფეროში სითბოს ტურბულენტური ნაკადი; G — ნიადაგში სითბოს ნაკადი.

განტოლების მიხედვით რადიაციული ბალანსი ნაწილობრივ იხარჯება სითბოს ატმოსფეროსთან მიმოცვლის დროს. სითბოს ეს სიდიდე შეიძლება წარმოდგენილი იქნას CpT სახით, სადაც Cp — ჰაერის კუთარი თბოტევადობაა მუდმივი წნევის დროს, ხოლო T — ტემპერატურაა. ვინაიდან პრაქტიკულად შეუძლებელია აორთქლების განხილვა ატმოსფეროში სითბოს ტურბულენტური ნაკადის გარეშე ამიტომ შემოდებულია ბოუენის ფარდობა $Bo = H/L_e E$, რომელიც წარმოადგენს უაღრესად მნიშვნელოვან პარამეტრს მეტეოროლოგიური და კლიმატოლოგიური თვალსაზრისით.

წყლისა და თბური ბალანსის კომპონენტების განსაზღვრისათვის დღეისათვის ჩატარებულია მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები, როგორც რეგიონალურ, ასევე გლობალურ მასშტაბებში. ვინაიდან მხოლოდ ექსპერიმენტული მონაცემები ამ კომპონენტების დასადგენად საკმარისი არ არის, ამიტომ გამოიყენება სხვადასხვა საანგარიშო (თეორიული) მოდელებიც. გამოთვლითი ტექნიკის გამოყენებამ ხელი შეუწყო საკმაროდ რთული საანგარიშო მოდელების შექმნასა და მათ რეალიზაციას. მაგალითად მხედველობაში მიიღება ისეთი ფაქტორები, როგორიცაა: ატმოსფეროს ქვედა ფენების დიფერენციაცია მისი შედგენილობის მიხედვით, აორთქლების ზედაპირების სიმტკიცეს სითბოს ადვექცია და ა. შ.

ცხრილში 15 მოცემულია სხვადასხვა ავტორების მიერ დაზუსტებული თბური ბალანსის კომპონენტები გლობალურ მასშტაბებში, რომ-

ცხრილი 15

საშუალო თბური ბალანსის კომპონენტების მნიშვნელობები გლობალურ მასშტაბში ($\times 41,9$ მჯ.მ⁻² წელი⁻¹)

ავტორები	ხმელეთი			ოკეანე			მთლიანი დედამიწა		
	R_n	$L_e E$	H	R_n	$L_e E$	H	R_n	$L_e E$	H
ბუდიკო (1971)	49	25	24	82	74	8	72	60	12
ბაუმგარტენი და რეიხელი (1975)	50	28	22	81	69	12	72	57	15
კორზუნი და სხვ. (1974)	49	27	22	91	82	9	79	67	12

ლის მიხედვითაც დედამიწის რადიაციული ბალანსი ძირითადად იხარჯება აორთქლებაზე. კერძოდ ოკეანის ზედაპირზე ფარული სითბოს ნაკადი $L_e E$ მთელი რადიაციული ბალანსის R_n -ის დაახლოებით 90 %-ს შეადგენს, ხოლო ხმელეთზე კი საშუალოდ 50 %.

2.1.4. წყლის ბალანსის მოდელი „ნალექები - ჩამონადენი“

ყოველდღიურ სამეურნეო საქმიანობაში ჩამონადენის პროგნოზირებას რომ უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ამაზე მეტყველებს თუ გინდ ის ფაქტიც, რომ ამჟამად შექმნილია საკმაოდ დიდი რაოდენობის იმიტაციური მოდელები, რომლებიც შეიძლება პირობითად 4 ჯგუფად დაიყოს: ხაზოვან, ტრანსფორმაციულ, ცალკეულ მოვლენებისა და წყლის ბალანსის დინამიკურ მოდელებად.

ვინაიდან წყლის ბალანსის დინამიკური მოდელები დროის ხანგრძლივ ინტერვალში ჩამონადენის უწყვეტი მოდელირების საშუალებას იძლევიან და უახლოვდებიან ჰიდროლოგიური მოდელირების იდეალს ამიტომ შეეჩერდეთ სწორედ ამ სახის მოდელებზე.

წყლის ბალანსის პირველი მოდელი, (I ვერსია), რომელიც სტანდორდის მოდელის სახელწოდებით იყო ცნობილი წლების განმავლობაში განიციდდა დახვეწას და გაუმჯობესებას, რის შედეგადაც შეიქმნა მოდელი (IV ვერსია), რომლის ბლოკ-სქემა მოცემულია ნახ. 2

აღნიშნული ბლოკ-სქემა რადგან დღეისათვის ყველაზე სრულყოფილია ამიტომ შეეჩერდეთ იმიტაციური პროგრამის ზოგიერთ ასპექტზე.

მოდელირების საწყის მონაცემებად აღიება ნალექები და ჯამური აორთქლება. ნალექები როგორც წესი პროგრამაში შეიყვანება ყოველსაათური ინტერვალით, ხოლო ჯამური აორთქლება შეიძლება აღებულ იქნას როგორც ყოველდღიური, ასევე ნახევარი თვის გასაშუალოებული. პროგრამა ითვალისწინებს აგრეთვე ისეთ პარამეტრებს, როგორიცაა: აუზის წყალუფონვად ფართობს, ინფილტრაციას, ფერდობებზე ჩამონადენს, ნიადაგის ტენს, ფართობებს რომლებიც მცენარეულობით არის დაფარული, თოვლის საფარის მახასიათებლებს, თოვლის დნობის ინტენსივობას და ა. შ.

იმიტაციური მეთოდების გამოყენება სტოქასტიკურ მოდელებთან ერთად მნიშვნელოვნად ზრდის წყლის ბალანსის პროგნოზირების სიმელობას. ამჟამად სტოქასტიკური მოდელები საკმაოდ დეტალურადაა დამუშავებული როგორც ჩვენში ასევე საზღვარგარეთ, თუმცა ისიც

უნდა ითქვას რომ მათი გამოყენების დროს საჭიროა ყურადღება მიექცეს ერთ მნიშვნელოვან შეზღუდვას, კერძოდ მას რომ სტოქასტიკურად გენერირებული ჩამონადენის საიმედოობა დამოკიდებულია იმ ფუნქციის განაწილების პარამეტრის საიმედოობაზე, რომელიც მისი გენერაციის დროს გამოიყენება.

2.2. წყლის რესურსების მართვა

2.2.1. წყლის რესურსების ტერიტორიული გადანაწილება

წყლის რესურსების ტერიტორიალურ გადანაწილებას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე სამეურნეო საქმიანობის სრულყოფილი წარმართვისათვის, რადგან წყლითუზრუნველყოფის პრობლემა ცალკეულ რეგიონებში თანდათან უფრო დაძაბული ხდება. მაგალითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირში მთელი მდინარის ჩამონადენის საკმაოდ დიდი ნაწილი თავმოყრილია ციმბირსა და შორეულ აღმოსავლეთში, მაშინ როდესაც ეკონომიკურად განვითარებულ სამხრეთ დენის მხოლოდ 16% მოდის.

დღეს წყლის რესურსებზე გავლენას ახდენს არა მარტო კლიმატური პირობები, არამედ სამეურნეო საქმიანობაც. თუ 1940 წლისათვის ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად ყოფილ საბჭოთა კავშირში წლიური ჭამური ჩამონადენი 14 კმ³-ით შემცირდა, 1975 წლისათვის ამ შემცირებამ 92 კმ³-ს მიაღწია.

ჩამონადენის შემცირება ცვლის არა მარტო მდინარისა და მიწისქვეშა წყლების რეჟიმს, არამედ გავლენას ახდენს მიმდებარე ტერიტორიის მცენარეულ საფარზე და ცხოველთა სამყაროზეც. ანალოგიური სურათი შეინიშნება მაშინაც როდესაც სწარმოებს ახალი მძლავრი არხებისა თუ წყალსაცავების მოწყობა.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულის გამო წყლის რესურსების ტერიტორიალური გადანაწილება საჭიროებს არა მარტო ტექნიკურ-ეკონომიკურ დასაბუთებას, არამედ აუცილებელია ისეთი ფაქტორების გათვალისწინებაც, როგორცაა: ეკოლოგია, სოციოლოგია, საზოგადოებრივი აზრი და ა. შ.

წყლის რესურსების ტერიტორიული გადანაწილება ახალი არ არის. ამ ღონისძიებას მიმართავენ ჯერ კიდევ ურარტუს სახელმწიფოში. 500 წლის წინათ ინდოეთში მოწყობილი იყო დასავლეთ ჯა-

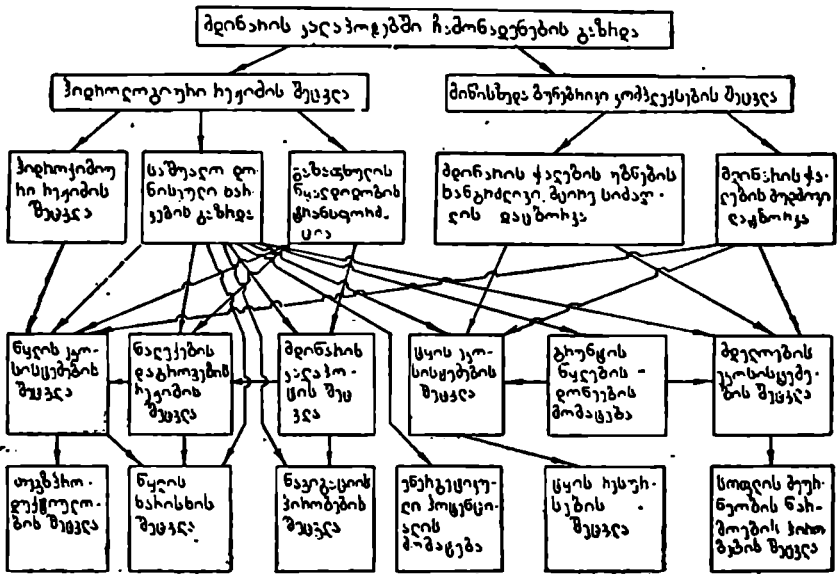


ნახ. 3. წყლის რესურსების ტერიტორიული გადანაწილების სქემა, რომელიც შედგენილი იქნა ყოფილი საბჭოთა კავშირის ჩრდილოეთის მდინარეების სამხრეთში გადმოსაყვებად.

მუნასა და აგრას არხები ჰიმალაის კალთებიდან ჩამონადენის გადასანაწილებლად პენჯაბის, უტარ-პრადეშის და რაჯასტანის შტატებში. აშშ კალიფორნიის შტატში წყლის გადაცემა განხორციელებულია რამდენიმე ტრასით ჩრდილოეთიდან და აღმოსავლეთიდან. აშშ დასავლეთის შტატების მოსახლეობის დაახლოებით 1/3 წყალს ღებულობს სისტემებით, რომელთა სიგრძე 100 მილსაც კი აღემატება.

რაოდენობას ითვალისწინებს, ნავარაუდებია რომ მომავალი 20—30 წლის განმავლობაში ეს ციფრი ერთი რიგით მაინც გაიზრდება.

პროექტების მასშტაბების ზრდასთან ერთად თავი იჩინა ახალმა პრობლემებმა, ისეთმა როგორცაა, მაგალითად: პროექტირებასთან დაკავშირებული საწყისი მასალის საიმედოობა, ტერატორიალური გადანაწილების საერთოდ ეფექტურობის ზუსტი განსაზღვრა, თანამედ-



ნახ. 5. ეკოლოგიური შედეგის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა მე-3 უბნისათვის.

როგოების სხვა მსხვილ მნიშვნელოვან პრობლემებთან კავშირი (ენერგეტიკა, რესურსები, კაპიტალური დაბანდება, სასურსათო საკითხები და ა. შ.), წყლის გადაადგილების გავლენა გარემოზე, წყალმომარაგების პრინციპულად ახალი მეთოდების შემუშავება და ა. შ.

წყლის რესურსების ტერიტორიალური გადანაწილების პრობლემაში შეიძლება გამოყოფილი იქნას 3 ძირითადი ბლოკი: ტექნოლოგიური,

წელის რესურსების ტერიტორიული განაწილების მაგალითები აშშ

პროექტის დასახელება	შტატი	წელის გადაცდების მიმართულება	გადაცდებული წელის წლიუ- რი რაოდე- ნობა, კმ²	საერთო სიგრძე, კმ		წყალსაცემები		პლროლეკ- ტოსადგურე- ბის საერთო სიმძლავრე 10 ⁶ კვტ	დამატებითი მონაცემები
				არბე- ბის	გურაბე- ბის	რაო- დენობა	საერთო მოცულო- ბა, კმ²		
კოლორადო ლიდი ტომსონი (1939—1959)	კოლო- რადო	მდ. კოლორა- დო, კლდეა- ნი მიუზი, სამხრეთის კლდე	0,4	154	55	10	1,2	180	4 სატუები სადგური სა- ერთო სიმძლავ- რით 30X10 ⁶ კვტ
ცენტრალური არიზონა (1968—)	არი- ზონა	მდ. კოლორა- დოს აუზი, ცენტრალური არიზონა	2,7	600	10	4			9 სატუები სადგური საე- რთო სიმძლავ- რით 54 X 10 ⁶ კვტ
ფრაინგან—არკანზასი (1962—)	კოლო- რადო	მდ. კოლორა- დოს აუზი, მდ. არკანზა- სის აუზი	0,1		42	4	0,9	200	
ცენტრალური იუტა (1964—)	იუტა	იუტას შტატ- ში მდინარე- ების აუზებს შორის	0,2	190	10	6	1,3	133	
კალიფორნიის წყლების სახელმწიფო პროექტი	კალი- ფორ- ნია	შტატში, ჩრდლოეთი- დან სამხრე- თისაკენ	4,2	1100		23	8,2	630	18 სატუები სადგური

მოვიდეს განუზღვრელობაზეც კი. ამიტომ დღეს გარკვეულ მასშტაბებს ზემოთ მსხვილი პროექტების განხორციელება მიზანშეუწონელი გამოდის.

წყლის ტერიტორიული გადანაწილების შედეგად მიღებული ეკონომიკური ეფექტი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი კრიტერიუმია ასეთი პროექტების განხორციელების დროს.

ცხრილი 17

წყლის რესურსების ტერიტორიული გადანაწილების მაგალითები
ყოფილ საბჭოთა კავშირში

მდინარე— ღონორი	არხის დასახელება	გადაღებული წყლის წლიური რაოდენობა, კმ ³	სფ მკმ ²	წყლის ძირითადი მომხმარებელი
--------------------	------------------	--	------------------------	--------------------------------

აუზებს შორის წყლის გადაღება

ვოლგა	ვოლგა—მოსკოვი	2,3	100	ქალაქები და მრეწველობა
ამუდარიი	ყარაყუმი	7,8	760	სოფლის მეურნეობა
დნეპრი	ჩრდილო ყირიმი	8,2	400	"
ირტიში	ირტიში—ყარაგანდა	2,2	460	მრეწველობა
სამურაი	სამურაი—აშურონი	1,7		სოფლის მეურნეობა,
დნეპრი	დნეპარ—ღონბასი	1,2		მრეწველობა
ვოლგა	ვოლგა—ურალი	3,1	400	სოფლის მეურნეობა

აუზს შიდა გადაღება

ნარინი	დიდი ფერგანა	6	350	სოფლის მეურნეობა
სირდარიი	მშიერი სტეპი	4,4		
მტკვარი	ზემო ყარაბაღი	3,6	170	
ყუბანი	ნეეინომისკი	1,9	50	
ღონი	ღონი—მაგისტრალური	1	110	
თერგი	თერგი—კუმის	2,7	150	
მტკვარი	ზემო შირვანის	2,4	120	

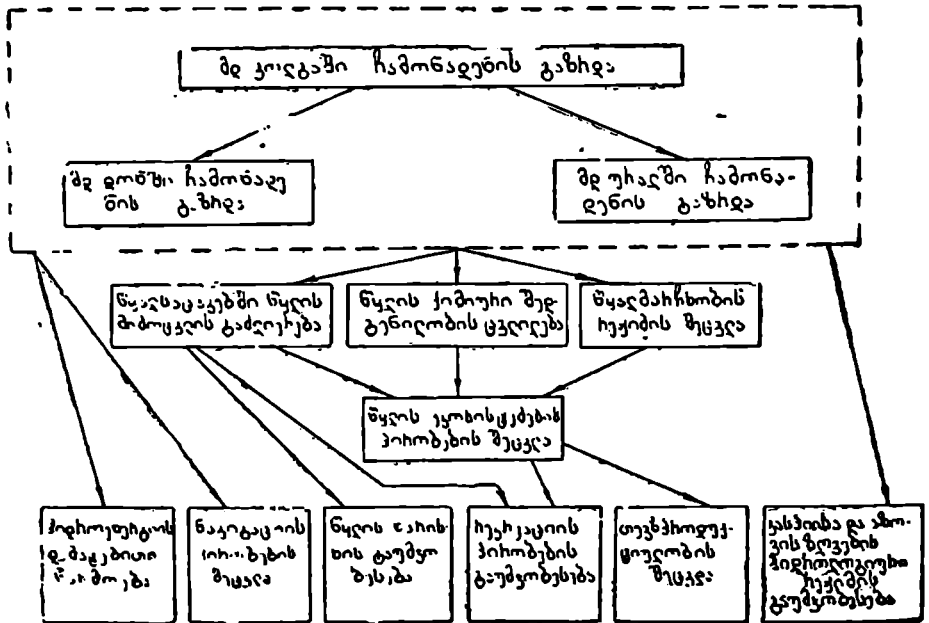
ე. ფიშერის მიხედვით ეკონომიკური ეფექტურობის ანალიზი უნდა ეყრდნობოდეს შემდეგი სახის უტოლობებს

$$(DB_M + SB_M) + (DB_T + SB_T) > (DC_X + SC_X) + SC_c + TC$$

და

$$TC + [(DC_X + SC_X) - (DB_T + SB_T)] < TC_A$$

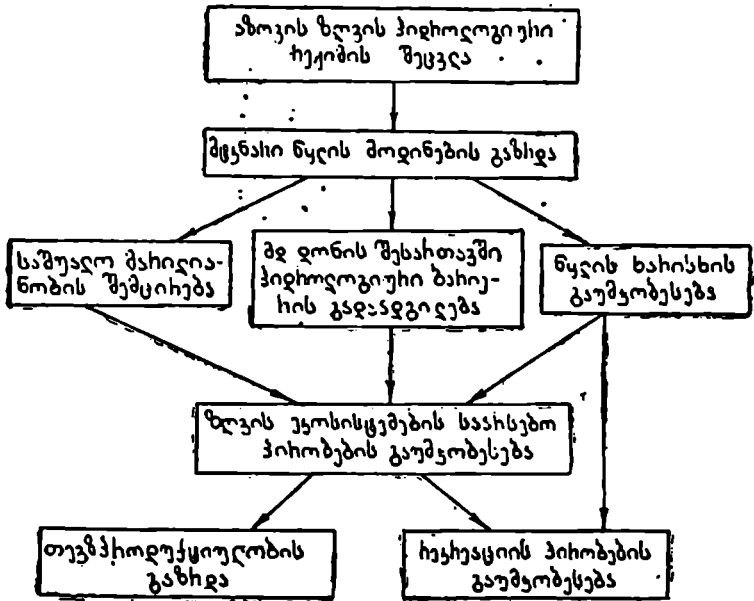
სადაც DB — არის პირდაპირი შემოსავალი წყლის გადაგდების შედეგად; DC — პირდაპირი დანახარჯები (გადაგდების უარის თქმის შემ-



ნახ. 7. ეკოლოგიური შედეგის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა მე-5 უბნისათვის.

თხევებაში ღირებულება); SB და SC — მეორადი მოგება და ზარალი; TC — დანახარჯები წყლის გადაგდების სისტემის მოწყობაზე; M — ინდექსი რეგიონის რომელიც აწარმოებს წყლის იმპორტს; X — ინდექსი

რეგიონის, რომელიც აწარმოებს წყლის ექსპორტს; T — რეგიონი, რომლის ტერიტორიის გავლით ხორციელდება წყლის გადაადგება; C — რეგიონი, რომელიც კონკურენციას უწევს M რეგიონს სამეურნეო თვალსაზრისით.

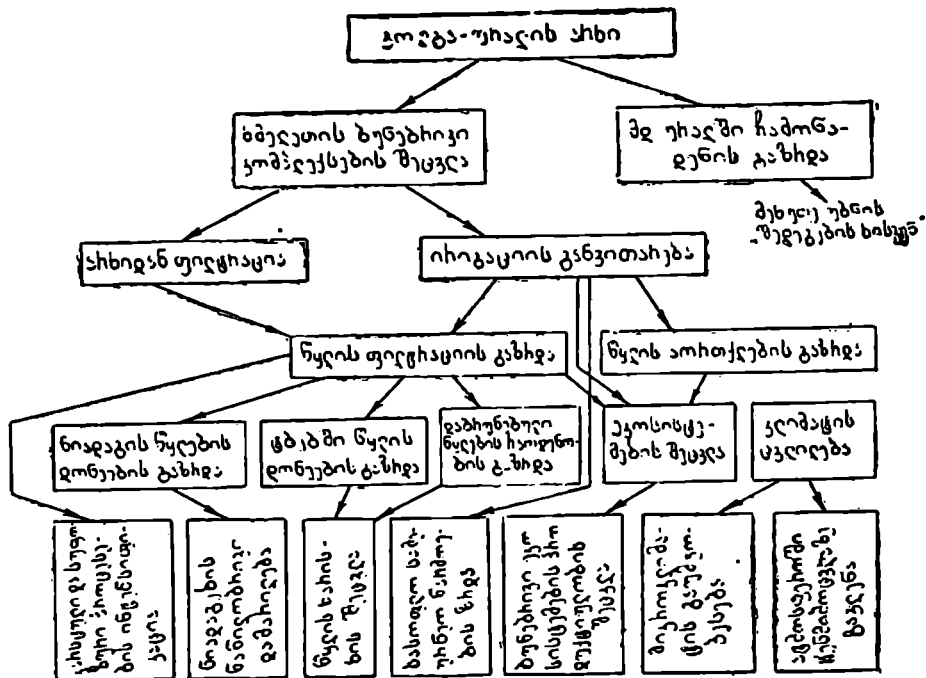


ნახ. 8. ეკოლოგიური შედეგის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა მე-6 უბნისათვის.

თუ ორივე უტოლობა შესრულებულია მაშინ პროექტი ეკონომიკურად რენტაბელური იქნება.

საკმაოდ დიდ სირთულეებთანაა დაკავშირებული წყლის რესურსების ტერიტორიალური გადანაწილების ეკოლოგიური ასპექტების გამოკვლევა. ამოცანის სირთულეზე თვალნათლივ მეთყველებს ეკოლოგიური შედეგის განსაზღვრის ის რამდენიმე ბლოკ-სქემა (ნახ. ნახ. 4—10) კი რომლებიც აგებულია ყოფილ საბჭოთა კავშირში წყლის

რესურსების ტერიტორიალური გადანაწილების ერთ-ერთ ყველაზე უმსხვილესი პროექტის (ნახ. 3) სხვადასხვა უბნებისათვის.



ნახ. 9. ეკოლოგიური შედეგის განსაზღვრის ბლოკ-სქემა მე-7 უბნისათვის.

ამრიგად წყლის რესურსების ტერიტორიალური გადანაწილება წყლის რესურსების მართვის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა, რომელიც საჭიროებს ღრმა მეცნიერულ დასაბუთებას. წინააღმდეგ შემთხვევაში პროექტი განხორციელების შემდეგ შეიძლება საბოლოო ჯამში არა ეკონომიკურიც გამოდგეს, რომ არაფერი ვთქვათ სხვა ნეგატიურ ეკოლოგიურ მოვლენებზე.

2.2.2. ადგილობრივი ჩამონადენის აკუმულირება

მდინარის ჩამონადენის ბუნებრივი რეჟიმი უპირატესად ხასიათდება მნიშვნელოვანი უთანაბრობით და ხშირად არ ემთხვევა მისი გამოყენების რეჟიმებს სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში (ენერგეტიკა, სოფლის მეურნეობა, მრეწველობა და ა. შ.), რისთვისაც, მიმართავენ ჩამონადენის დარეგულირებას წყალსაცავების მოწყობით. თუ მდინარის ბუნებრივი ჩამონადენი აღემატება მომხმარებლის მოთხოვნებს წყალსაცავებში წარმოებს ჭარბი ჩამონადენის აკუმულირება, ხოლო დაგროვილი მარაგის ხარჯვა სწარმოებს მაშინ, როდესაც მომხმარებლის მოთხოვნილება აღემატება მდინარეში წყლის მოდინებას. იმის და მიხედვით თუ რა ზომისაა, ანუ რა მოცულობისაა წყალსაცავი, შესაძლებელია გნხორციელდეს მდინარის მრავალწლიური, სეზონური, კვირის განმავლობაში და დღე-ღამური რეგულირება. ამრიგად, წყალსაცავები, რომლებიც ხორციელდებიან მდინარეებზე სხვადასხვა ტიპის კაშხლების მოწყობით, საშუალებას იძლევიან ვმართოთ მდინარის ჩამონადენი წინასწარ შერჩეული სტრატეგიის მიხედვით.

წყალსაცავებით მდინარის ჩამონადენის დარეგულირებას ადამიანები უხსოვარი დროიდან მისდევდნენ, მაგრამ მათი მასიური მოწყობა ჩვენი საუკუნის 40-იანი წლების ბოლოდან დაიწყო. ამ რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში წყალსაცავების რაოდენობა მთელ მსოფლიოში 4-ჯერ და მეტად გაიზარდა, ხოლო მათი მოცულობები თითქმის 10-ჯერ.

60-იან წლებში დაწყებული „გიგანტომანიის“ შედეგად მოეწყო და დაპროექტდა რამდენიმე „უმსხვილესი“ (წყალსაცავების საერთაშორისო კლასიფიკაციის მიხედვით) წყალსაცავი. მაგალითად, კარბა (ზამბიაში) წყლის სარკობრივი ზედაპირის ფართობით 5,18 ათასი კვადრატული კილომეტრი, ვოლტა (განაში) 8,49, ქვედა ობის (ყოფილ საბჭოთა კავშირში) — 135 და ა. შ. სხვათა შორის ცალკეულ სპეციალისტთა და საზოგადოების პროტესტის გამო ქვედა ობის წყალსაცავი, რომლის ფართობიც ჩეხოსლოვაკიის ტერიტორიასაც კი აღემატება და რომელსაც უნდა დაეფარა 1,5-ჯერ მეტი ტერიტორია ვიდრე ყოფილ საბჭოთა კავშირში მოწყობილ ყველა ჰიდროელექტროსადგურის წყალსაცავებს, აღარ განხორციელდა.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში ამჟამად მდინარეებზე მოწყობილია სხვადასხვა დანიშნულების და ზომის დაახლოებით 4 ათასი წყალსაცავი.

100 მლნ. მპ დიდი მოცულობის წალსაძავეების მოწყობის დინამიკა
სხვადასხვა კონტინენტზე

წალსაძავეების მოწყობის პერიოდი	ევროპა	აზია	აფრიკა	ჩრდილო ამერიკა	ცენტრალური და სამხრეთ ამერიკა	ავსტრალია	მთელ მსოფ- ლიოში
1900 წლამდე	$\frac{9}{3}$	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{25}{9}$	$\frac{1}{1}$		$\frac{41}{14}$
1901—1950 წწ.	$\frac{104}{122}$	$\frac{46}{18}$	$\frac{15}{15}$	$\frac{342}{344}$	$\frac{22}{18}$	$\frac{10}{11}$	$\frac{539}{528}$
1951—1985 წწ.	$\frac{404}{491}$	$\frac{526}{1068}$	$\frac{89}{870}$	$\frac{516}{1325}$	$\frac{179}{623}$	$\frac{63}{66}$	$\frac{1777}{4982}$
ს უ ლ	$\frac{517}{616}$	$\frac{577}{1628}$	$\frac{105}{885}$	$\frac{883}{1678}$	$\frac{202}{641}$	$\frac{73}{77}$	$\frac{2357}{5552}$

შენიშვნა: პრიცხველში მოცემულია წალსაძავეების რიცხვი, მნიშვნელში წალსაძავეების მთლიანი მოცულობა კმ³.

ვი, რომელთა საერთო მოცულობა 1200 კუბურ კილომეტრს აღემატება. მათ შორის საქართველოში 41 წალსაძავეი. აქედან წალსაძავეები, რომელთა მოცულობა 1 მილიონ კუბურ მეტრზე ნაკლებია — 11, 1-დან 10 მლნ კუბურ მეტრამდე — 14, 10-დან 100 მილიონ კუბურ მეტრამდე — 10, ხოლო წალსაძავეები, რომელთა მოცულობა 100 მილიონ კუბურ მეტრს აღემატება სულ 6, თუ არ ჩაეთვლით მშენებარე და დაპროექტებულ წალსაძავეებს.

წალსაძავეების მოწყობის დინამიკა, წლების მიხედვით რომელთა მოცულობა 100 მლნ. მპ აღემატება მოცემულია ცხრილში 18, ხოლო ცხრილში 19 მოყვანილია ამ წალსაძავეების განაწილება ცალკეულ ქვეყნებში.

საერთოდ წალსაძავეების კლასიფიკაცია და ტიპიზაცია საკმაოდ რთულია, რადგანაც ისინი ერთდროულად არა მარტო ეკოსისტემებია.

არამედ საინჟინრო ნაგებობაც და წყალსამეურნეო ობიექტიც. უფრო მეტიც, მიუხედავად იმისა, რომ წყალსაცავები ეწყობა ადამიანის მიერ და ექსპლუატაციაც მისივე ზედამხედველობით მიმდინარეობს, მათში

ცხრილი 19

წყალსაცავების საერთო რიცხვი და მოცულობები სხვადასხვა ქვეყანაში

ქვეყანა და რეგიონი	ვეელა წყალსაცავი		წყალსაცავები რომელთა მოცულობა 100 მლნ. მ ³ და მეტი			
	რაოდენობა	მოცულობა, კმ ³	რაოდენობა	% საერთო რაოდენობიდან	მოცულობა, კმ ³	% საერთო მოცულობიდან
აშშ	4132	829	697	17	791	84,0
სსრკ	2552	1195	237	9	1174	98,3
ინდოეთი	1110	169	152	14	158	93,1
ჯანადა	500	748	133	26	730	97,6
ესპანეთი	525	43	82	16	37	86,0
ბრაზილია	379	252	84	22	236	93,6
იაპონია	1938	15	35	2	7	46,7
ჩინეთი	500	203	142	28	194	95,6
სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა	289	25	29	10	23	92,0
საზღვარგარეთის ევროპული ნაწილი მათ შორის	1763	162	329	19	137	86,0
ალბები	322	10	28	9	5	49,0
ს უ ლ	14000	3651	1948	14	3492	95,6

ადგილი აქვს ისეთი სახის პროცესებსა და მოვლენებს, რომლებიც ჯერ კიდევ დაზუსტებას საჭიროებს, ისევე როგორც საკმაოდ დეტალურადაა შესასწავლი თუ რა გავლენას ახდენს ესა თუ ის კონკრეტული წყალსაცავი გარემოზე. მართლაც, წყალსაცავებს ჩვენ ვაპროექტებთ 10 000-წლიანი, 1 000-წლიანი, 100-წლიანი უზრუნველყოფით მდინარის ჩამონადენზე, მყარ ნატანზე და ა. შ. მაგრამ ჯერ კიდევ არ ვი-

ციტ მისი გავლენით თუ როგორ შეიცვლება ეკოლოგიური წონასწორობა რეგიონში დროის მცირე მონაკვეთშიც კი.

ცხრილი 20

უფილი საბჭოთა კავშირის ზოგიერთი წყალსაცავის გამოყენება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში.

წყალსაცავი	ფართობი, ფაქუზ	მოცულობა, კუბ		სახალხო მეურნეობის დარგები								
		მთლიანი	სასარგებლო	ენ	ირ	წტ	ხდ	წყ	სმ	წბ	რ	
ბრატსკის	5470	164,9	48,0	+		+	+	+	+			+
კრასნოიარსკის	2000	73,3	30,4	+		+	+	+	+	+		+
ზეისკის	2419	68,4		+		+	+	+	+			+
უსტ-ილიშსკის	1873	59,4		+		+	+	+	+			+
კუიბიშევის	6450	58,0	34,6	+	+	+	+	+			+	+
ბუხტარმინსკის	5500	53,0	31,0	+	+	+		+	+	+	+	+
ირკუტსკის	32966	47,65	46,0	+		+	+		+	+	+	+
ვილიულსკის	2170	35,9	17,8	+		+		+				
ვოლგოგრადის	3117	31,45	8,3	+	+	+	+	+	+			+
კაპჩაგაისკის	1947	28,14	6,64	+	+	+	+		+			+
რიბინსკის	4550	25,42	14,4	+		+	+	+	+	+	+	+
ციმლიანსკის	2702	23,86	11,5	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ხანტაისკის	2120	23,52	17,0	+								
ტოქტაგულის	284	19,5		+	+					+	+	+
კახოვის	2155	18,2	6,8	+	+	+		+	+	+	+	+
მინგეჩაურის	605	16,07	8,3	+	+	+		+	+	+	+	+
ვოტკინსკის	1130	14,90	8,4	+		+	+	+	+			+
კრემენჩუგის	2252	13,52	9,0	+	+	+		+	+			+
სარატოვის	1831	12,37	1,8	+	+	+	+	+	+			+
კამის	1915	12,20	8,4	+		+	+	+	+	+	+	+
ნურეკის	98	10,50	4,5	+	+	+		+	+	+	+	+

შენიშვნა: ენ — ენერგეტიკა; ირ — ირიგაცია; წტ — წყლის ტრანსპორტი; ხდ — ხეტყის დატურება; წყ — წყალმომარაგება; სმ — სათევზე მეურნეობა; წბ — წყალდიდობასთან ბრძოლა; რ — რეკრეაცია.

წყალსაცავებით ადგილობრივი ჩამონადენის დარეგულირების დროს უაღრესად დიდ მნიშვნელობა ენიჭება ამ პროცესის საამედო ასახვას, რისთვისაც დღეს არსებობს სხვადასხვა საანგარიშო მეთოდები, რომლებსაც ძირითადად საფუძვლად უდევს წყლის ბალანსის განტოლება

$$W_{\text{გარ}} = W_{\text{წ}} \pm \Delta V - W_{\text{ა}} + W_{\text{გ}} - W_{\text{გან}},$$

სადაც $W_{\text{გარ}}$ არის ჩამონადენის დარეგულირებული მოცულობა;

$W_{\text{წ}}$ — წყლის მოდინებული მოცულობა წყალსაცავში T დროში;

ΔV — წყალსაცავის გამოყენებული მოცულობა T დროის განმავლობაში (+ აღნიშნავს წყალსაცავში ღონის დაწვეას, — წყალსაცავის შევსებას); $W_{\text{ა}}$, $W_{\text{გ}}$ — წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა აღებული და დაბრუნებული წყლის მოცულობები; $W_{\text{გან}}$ — წყლის დაკარგული მოცულობები წყალსაცავიდან (ფილტრაციაზე, აორთქლებაზე, ყინულწარმოქმნაზე და ა. შ.) T დროის განმავლობაში.

გარდა იმისა რომ წყალსაცავების მოწყობის დროს საკმაოდ ფუნდამენტურად მიმდინარეობს წყალსამეურნეო და ენერგეტიკული გაანგარიშებები ამ ბოლო დროს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალსაცავებისა და მასთან მოწყობილი კომპლექსების გავლენას გარემოზე. აღნიშნული გავლენის ამსახველი ერთ-ერთი სქემა მოცემულია ნახ. 12.

2.2.3. წყლის გამტანარება

მტანარი წყლის დეფიციტი, როგორც აღვნიშნეთ, მსოფლიოში თანდათან იზრდება. გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ბოლო მონაცემებით 80 ქვეყანაში, რომელშიც ცხოვრობს მსოფლიოს მთელი მოსახლეობის დაახლოებით 40 პროცენტი, უკვე განიცდის სასამელი წყლის სერიოზულ უკმარისობას. ვარაუდობენ, რომ მომავალი საუკუნის დასაწყისისათვის მტანარი წყლის დეფიციტი ყოველწლიურად 120—150 · 10⁹ მ³ მიაღწევს. აღნიშნული დეფიციტის მოხსნა შეიძლება სხვადასხვა ღონისძიებების გატარების საშუალებით, რომელთაგან ერთ-ერთი მარილიანი (მარილშემცველობით 10 მგ/ლ-ზე მეტი) და მომლასო (2—10 მგ/ლ) ოკეანეების, ზღვებისა და მიწისქვეშა წყლების გამტანარებაა.

საერთოდ ხშირად შესაძლებელია მტკნარი წყლის ერთი რეგიონიდან მეორეში გადაგდება, მაგრამ ზოგჯერ როგორც ამას პრაქტიკა აჩვენებს თუ ის რეგიონი რომელიც მტკნარი წყლის ნაკლებობას განიცდის, მაგრამ მის ახლოს გვაქვს მარილიანი და მომლაშო წყლები, მათი გამტკნარება შეიძლება უფრო ეკონომიკურად გამართლებული გამოდგეს ვიდრე მტკნარი წყლის ტრანსპორტირება დიდ მანძილზე. მაგალითად, წინასწარი ძალიან მიახლოებითი მონაცემებით დათვლილია, რომ 1000 მ³/დლ-ლ წყლის გამტკნარება ადგილზე უმჯობესია, ვიდრე მტკნარი წყლის მიწოდება 40—50 კმ-ის მანძილზე, ან კიდევ 100 000 მ³/დლ-ლ წყლის ადგილზე გამტკნარება, ვიდრე მტკნარი წყლის ტრანსპორტირება 150—200 კმ-ის მანძილიდან.

ჯერ კიდევ 70-იანი წლის შუა პერიოდისათვის მსოფლიოში ექსპლუატაციაში იყო 800-ზე მეტი გამამტკნარებელი მსხვილი სტაციონალური დანადგარი, რომელთა ჯამური წარმადობა 1,3-1,5 მლნ. მ³ აღწევდა დღე-ღამეში.

1975 წ. გადამუშავებული ზღვებისა და ოკეანეების წყლის რაოდენობამ მიაღწია 2.1 მილიონ კუბურ მეტრს, დანადგარების მწარმოებლობა გაიზარდა საშუალოდ 18 პროცენტით. ვარაუდობენ, რომ ახლო მომავალში დღე-ღამეში გადამუშავებული წყლის რაოდენობა მიაღწევს 50 მილიონ კუბურ მეტრს, ანუ 18 კუბურ კილომეტრს წელიწადში. დღეისათვის წყლის გამტკნარებით მალეებელი წყალი მთლიანი წყალმომარაგების 0,05 პროცენტს შეადგენს. აშშ სადაც წყლის გამტკნარების დანადგარების რიცხვი ბოლო 20 წლის განმავლობაში 30-ჯერ გაიზარდა, წყლის გამტკნარებას მთლიან წყალმომარაგებაში უჭირავს 0,1 პროცენტი, ხოლო 2000 წლისათვის ვარაუდობენ მათ გაზრდას 7 პროცენტამდე.

გამამტკნარებელი წყლის მოცულობების გაზრდა დაკავშირებულია წყლის გასამტკნარებელი ეფექტური დანადგარების შექმნაზე. დღეისათვის უკვე შეიქმნა სპეციალური დანადგარები, რომლებიც 1 კუბური მეტრი მტკნარი წყლის მისაღებად საჭიროებენ 2...7 კილოვატ საათ ელექტროენერჯას. ყოფილ საბჭოთა კავშირში უმსხვილესი გამამტკნარებელი დანადგარი წარმადობით 160 ათასი მ³/დლ-ლ კარგა ხანია ფუნქციონირებს ქ. შევჩენკოში, კუვეიტში ექსპლუატაციაშია დანადგარი წარმადობით 220 ათასი მ³/დლ-ლ და ა. შ. ბევრ საზღვაო გემბსაც გააჩნიათ ავტონომიური გამამტკნარებელი მოწყობილობა.

ამჟამად წყლის გამტკნარებისათვის გამოიყენება სხვადასხვა მეთოდები, როგორც წყლის აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლა (დის-

ტილიაცია, გაყინვა), ასევე აგრეგატიული მდგომარეობის შეცვლის გარეშე (ელექტროდიალიზი, ჰიპერფილტრაცია ანუ შებრუნებული ოსმოსი, იონური მიმოცვლა, წყლის ექსტრაქცია ორგანიული გამხსნელებით, წყლის გაცხელება გარკვეულ ტემპერატურამდე, იონების სორბცია ფოროვან ელექტროდებზე, ბიოლოგიური მეთოდი ზოგიერთი წყალმცენარეების თვისებების გამოყენების საშუალებით — შთანთქმის მარილები სინათლეზე და გამოჰყოს ისინი სიბნელეში და ა. შ.).

აღნიშნული მეთოდებიდან ჯერ-ჯერობით არც ერთი არ არის უნივერსალური და თითოეული მათგანის გამოყენება გამართლებულია ამა თუ იმ კონკრეტული შემთხვევისათვის. თუმცა შეიძლება ძალიან მოკლედ შევიჩერდეთ ზოგიერთ იმ მეთოდზე, რომელმაც უფრო მეტი პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა დღეისათვის.

დისტილაცია (თერმული მეთოდი) ერთ-ერთი ყველაზე უფრო შესწავლილი და გავრცელებული მეთოდია წყლის გამტკნარების, განსაკუთრებით ზღვის წყლის. აღნიშნული მეთოდი მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნას მაშინ, როდესაც არსებობს გასამტკნარებელი წყლის დიდი წყალსატევი და შედარებით იაფფასიანი სითბოს მსხვილი წყარო. აღნიშნული მეთოდის რეალიზაცია სწარმოებს მყისიერი აორთქლებისა და მრავალკორპუსიანი წყლის გამოხდის სადისტილაციო დანადგარების გამოყენებით. წყლის გამამტკნარებელ ამ ნებისმიერ დანადგარს გააჩნია თავისი ოპტიმალური საფეხური, ანუ ის საფეხური, რომლის დროსაც სითბოს ღირებულება (კაპიტალური დაბანდება და საექსპლუატაციო ხარჯები) მინიმალურია, ე. ი. დისტილაციის მიღებისათვის იხარჯება მინიმალური სახსრები. მყისიერი აორთქლების მეთოდი („ფლეში“) დაფუძნებულია აორთქლების ააქანში დუღილის ტემპერატურის შემცირებაზე წნევის შემცირებასთან ერთად. გაცხელებულ წყალს ატარებენ იზოლირებულ ვაკუუმურ საქანში (ამაორთქლებელში), სადაც აორთქლება სწარმოებს ნაწილობრივ — მყისიერად. რაც უფრო მაღალია წყლის ტემპერატურა და დიდია ვაკუუმის სიღრმე, მით უფრო მეტია წყლის აორთქლება.

იონური მიმოცვლით წყლის გამტკნარების დროს სწარმოებს მარილიანი წყლის თანმიმდევრული გაფილტვრა კათიონიტურ და ანიონიტურ ფილტრებში, პერიოდული რეგენერაციით. აღნიშნული მეთოდის რენტაბელობა შეზღუდულია გახსნილი მარილის საწყისი შემცველობით 1,5—2,0 გ/ლ. თუმცა ცალკეულ შემთხვევებში შესაძლებელია უფრო მაღალი კონცენტრაციის მარილიანი წყლის გამტკნარება.

ელექტროდიალიზის მეთოდი გამოიყენება წყლის გასამტკნარებ-

ლად მას შემდეგ რაც შეიქმნა იონიტის ფისისაგან დამზადებული სელექციური იონმიმომცვლელი მემბრანების წარმოება. დანადგარები სადაც სწარმოებს მარილის გამოყოფა წყლიდან, ანუ ელექტროდიალიზატორები, განხორციელებულია 300-მდე უჯრედი — საკანისაგან, რომლებიც წარმოქმნილია კათიონიტისა და ანიონიტის მემბრანის კედლებით. დღეისათვის ყოფილ საბჭოთა კავშირში აღნიშნული დანადგარები საშუალებას იძლევიან დღე-ღამეში გამტყნარებული იქნას 5—1000 მ³ წყალი.

ფართო გავრცელება ჰპოვა წყლის გამტყნარების მეთოდმა, რომელიც ეყრდნობა წყლის ფილტრაციას სპეციალურ ნახევრადშედლწევად მემბრანებში. წნევა, რომლის დროსაც მიმდინარეობს ფილტრაცია მეტი უნდა იყოს ოსმოსურ წნევაზე, რომელიც განპირობებულია მარილების კონცენტრაციით მტყნარ და მარილიან წყალში (მაგალითად ოკეანეების წყლებისთვის, მარილიანობით 35 გ/ლ, ოსმოსური წნევა დაახლოებით 2,4 მპა ტოლია). ამ დროს მტყნარი წყალი გადის მემბრანაში, ხოლო მარილის იონები არ გაიფილტრებია. აღნიშნულ მეთოდს ყოფილ საბჭოთა კავშირში ჰიპერფილტრაციას უწოდებენ, ხოლო საზღვარგარეთ შებრუნებულ ოსმოსს. ამ მეთოდის დადებით მხარედ შეიძლება ჩაითვალოს ის რომ 1 მ³ წყლის გამტყნარებისათვის საწყისი მარილიანობით 35 გ/ლ საჭიროა 7—8 კვტ ელექტრო ენერჯიის ხარჯი. გარდა ამისა დანადგარი და მისი ექსპლუატაცია მარტივია.

ამ ბოლო დროს უდაბნოებსა და უწყლო კუნძულებზე ძალიან ხშირად გამოიყენება მზის ენერჯიით წყლის გამამტყნარებლები. ამ დანადგარებით ზაფხულის თვეებში მზის რადიაციის ხარჯზე 1 მ² ფართობიდან დაახლოებით 4 ლ მტყნარი წყლის მიღება შეიძლება დღე-ღამის განმავლობაში.

2.2.4. მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსება

ძალიან ხშირად ამა თუ იმ რეგიონში მიწისქვეშა წყლის რაოდენობა არასაკმარისია, ხოლო ზედაპირული წყლის გამოყენება, რომელიც არსებობს ამ რეგიონში გარკვეული მიზეზებით მიზანშეწონილი არ არის. ამ შემთხვევაში მიმართავენ მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნურ შევსებას.

საერთოდ, მიწისქვეშა წყლების მარაგის შევსება ატმოსფერული ნალექებით, ზედაპირული წყლით და ა. შ., როგორც ეს აღინიშნა, ბუნებრივი პროცესია და მიმდინარეობს განუწყვეტლივ. ამიტომ, როდესაც ვლაპარაკობთ ხელოვნურ შევსებაზე, აქ უსათუოდ ვგულის-

ზომით ადამიანის ჩარევას და ნაგებობების (საინფილტრაციო აუზების, ქვების და ა. შ.) მოწყობას, რომლებიც ხელოვნურად კვებავენ მიწის-ქვეშა წყლებს. ამ დროს საჭიროების მიხედვით, გარდა წყლის რაოდენობის გაზრდისა, შეიძლება აუცილებელი პირობაც იყოს წყლის ხარისხის გაუმჯობესებაც და ამიტომ ტერმინი „ხელოვნური შევსება“, ცხადია ზუსტად არ ასახავს რეალურ პროცესს. საერთოდ მიწისქვეშ ხელოვნურად მისაწოდებელი წყლის ხარისხი შეიძლება გაუმჯობესდეს როგორც წინასწარ, ვიდრე ის მიეწოდება საინფილტრაციო ნაგებობას, ასევე საინფილტრაციო ნაგებობაში და მიწისქვეშა წყალშემცველ ფენაშიც.

მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსების ეფექტურობაზე მეტყველებს შემდეგი ფაქტები: ქ. რიგის წყალმომარაგების სისტემას საინფილტრაციო აუზების მოწყობის შედეგად მიეწოდება 100 000 კუბურ მეტრზე მეტი წყალი დღე-ღამის განმავლობაში. აშშ წყალმომარაგების სისტემაში 30%-ზე მეტი წყლის მარაგი განპირობებულია მიწისქვეშა წყლების ხელოვნური გამდიდრებით. კალიფორნიაში ხელოვნური გამდიდრების გზით შექმნილია სპეციალური მიწისქვეშა წყალსაცავი, რომლის მოცულობაა 990 კმ³.

მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსებისათვის განსაკუთრებით ხელსაყრელია თბილი და ზომიერი კლიმატის რაიონები, სადაც შემავსებლად გამოიყენება ტბები და მდინარეები, რომლებიც ხასიათდებიან საკმაოდ დიდი ჩამონადენით და წყლის საჭირო ხარისხით მთელი წლის განმავლობაში. ცხადია, ამ დროს ინფილტრაციისათვის უნდა იყოს სათანადო გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნურ შევსებას გარკვეული წვლილი შეაქვს ქ. თბილისის წყალმომარაგების საქმეშიც.

მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსების სქემების კლასიფიკაცია შესაძლებელია მოხდეს სხვადასხვა ფაქტორებისა და პირობების მიხედვით, თუმცა ძირითადად მაინც შეიძლება გამოაყოს ღია (აუზები, არხები და ა. შ.) და დახურული (ჭაბურღილები, ქები, გალერეები) საინფილტრაციო ნაგებობები.

ღია საინფილტრაციო ნაგებობები გვხვდება უფრო ხშირად, ვინაიდან ისინი უმეტეს შემთხვევაში ეკონომიკურია.

საინფილტრაციო აუზებში წყლის მიწოდებამდე წყლის წინასწარი გამზადების სქემაში ხშირად ითვალისწინებენ ჟანგბადით წყლის დამატებით გამდიდრებას აერაციის საშუალებით, მაგალითად, გაშხეფების მეთოდებით, კასკადების მოწყობით და ა. შ. მთის მდინარეებში, სადაც

წყალში გახსნილი ქანგბადის რაოდენობა თითქმის მაქსიმალურია, აღნიშნული ღონისძიებების მოწყობას ხშირად აზრი ეკარგება.

საინფილტრაციო აუზებს, როგორც წესი, გეგმაში უნდა ჰქონდეს მართკუთხა ფორმა, ხოლო კვეთი კი სიგრძეზე, ასევე სიგანეში შეიძლება იყოს ტრაპეციოდალური (იშვიათად მართკუთხა). მსხვილ ობიექტებზე აუზს შეიძლება ჰქონდეს სიგრძე 200—400 მ. განი 15—30 მ, ხოლო სიღრმე 3—4 მ. საინფილტრაციო აუზი შეიძლება მოეწყოს ფსკერის დაფარვის გარეშე ან ფსკერის ქვიშით ან ხრეშით დაფარვით.

მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსება და მათი გამოყენება სასამეურნეო მიზნებისათვის ბევრ შემთხვევაში გაცილებით უფრო ეკონომიკური გამოდის, ვიდრე ზედაპირული წყლების სრული გაწმენდა და მათი შემდგომი გამოყენება. უფრო მეტიც, ცალკეულ შემთხვევებში ხელოვნური შევსება მიწისქვეშა წყლის გამოყენებაზე უფრო ეკონომიკურიცაა.

საერთოდ წყლის ხარისხის გაუმჯობესების საკითხში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მომენტია წყლიდან მიკრობებისა და ვირუსების მოცილება. საქმე ის არის, რომ ბევრი ბაქტერია და ვირუსი ხანგრძლივად დროის განმავლობაში ზოგჯერ ერთ წელზეც მეტ ხანს ინარჩუნებს მოქმედების უნარს. ამიტომ მეტად დიდი სიფრთხილეა საჭირო წყლის ხარისხის გაუმჯობესების ამა თუ იმ სქემის შერჩევისათვის. ცნობილია, რომ დალევისა და ფილტრაციის შედეგად წყალს შეიძლება მოსცილდეს 97—98% ვირუსებისა, განსაკუთრებით კოაგულირებისა და სიმღვრივის შემცირების (0,5 მგ/ლ) შედეგად.

საინფილტრაციო აუზებში წყლის მიწოდებამდე, როგორც აღვნიშნეთ, თუ ეს საჭიროა და მოხერხებულა, მიზანშეწონილია მოხდეს მიწოდებული წყლის აერაცია, ანუ გაჯერება ქანგბადით. შემდეგ კი წყლის ხარისხის გაუმჯობესება წარმოებს საინფილტრაციო აუზში და აუზის ფსკერიდან ინფილტრაციის შედეგად. ამ დროს აერაციის ზონაში, ქვიშებში წყლის ინფილტრაცია საგრძნობლად აუმჯობესებს წყლის ხარისხს. წყალი გაივლის აერაციის ზონას, ხვდება წყალშემცველ ფენაში, სადაც კვლავ საბოლოოდ წარმოებს წყლის ხარისხის გაუმჯობესება. თუ აღნიშნული პროცესის შედეგად წყალი შეესაბამება სათანადო მოთხოვნებს იგი უშუალოდ მიეწოდება მომხმარებელს. თუმცა საჭიროა ყოველი შემთხვევისათვის მოეწყოს წყლის ქლორირება, რათა არ მოხდეს შემთხვევით ბაქტერიოლოგიურად გაბინძურებული წყლის მომხმარებლისთვის მიწოდება.

მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსების დროს საჭიროა, გადაწყდეს საკითხი იმის თაობაზე, თუ ზემოთ განხილულ რომელ სტადიაზე (საინფილტრაციო აუზში, აერაციის ზონაში, თუ წყალშემცველ ზონაში) რა ხარისხით უნდა მოხდეს წყლის ხარისხის გაუმჯობესება ისე, რომ წყლის ხარისხი საბოლოოდ შეესაბამებოდეს სასურველ კონდიციას და საკითხის გადაწყვეტა იყოს ეკონომიკურად გამართლებული.

თ ა ვ ი III

წყლის ეკონისტიმები და მოთხოვნები, რომლებიც წაიყენება წყლის ხარისხს

3.1. წყლის ეკონისტიმები

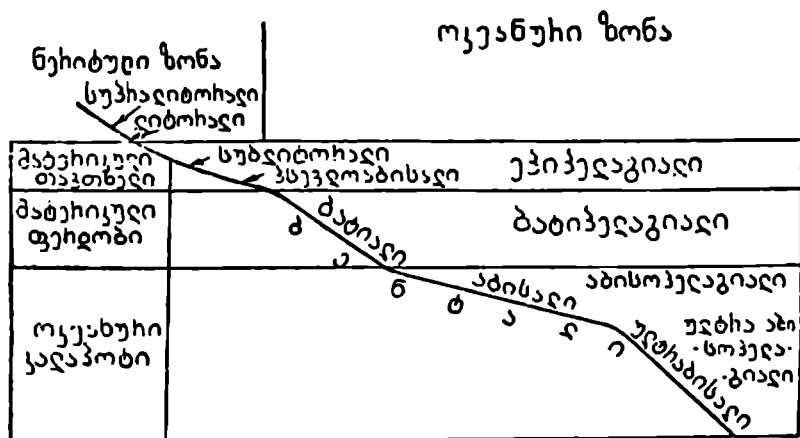
3.1.1. ზღვები და ოკეანები

მსოფლიო ოკეანე იყოფა 4 ოკეანედ და მათ მეტ-ნაკლებად განკერძოებულ უბნებად — ზღვებად. განარჩევენ განაპირა — ოკეანესთან ვრცლად დაკავშირებულ და შიგა — თითქმის ყველა მხრიდან ხმელეთით გარშემორტყმულ ზღვებს. მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე 3710 მ, მაქსიმალური — 11022 მ.

ოკეანის წყლის სიზრქეს ყოფენ ცალკეულ ზონებად ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით (ნახ. 13). წყლის ზედა ფენას 200 მ სიღრმემდე (სუბლითორალის ქვედა ზღვარი) ეწოდება ეპიპელაგიალი, ხოლო უფრო ღრმად განლაგებულ ფენას (ბათიალის ქვედა ზღვრამდე) — ბათიპელაგიალი. შემდეგ განლაგებულია აბისოპელაგიალი (ბათიალის ქვედა ზღვრიდან 6—7 კმ სიღრმემდე) და ულტრააბისოპელაგიალი. ჰორიზონტალური მიმართულებით მსოფლიო ოკეანე იყოფა სანაპირო ანუ ნერიტულ ზონად, რომელიც მდებარეობს კონტინენტურ მეჩხრზე და ოკეანურ ზონად, რომელიც განლაგებულია ბათიალის და აბისალის ზონებზე.

ოკეანის ფსკერი დაფარულია ნალექების მეტ-ნაკლებად სქელი ფენით, რომელიც ზოგჯერ რამდენიმე კილომეტრსაც კი აღწევს. ოკეანის

გრუნტი იყოფა ტერიგენულ და პელაგიულ გრუნტებად. ტერიგენული დანალექები ოკეანეში ხმელეთიდან შემოდის და წარმოადგენს ხმელეთის დაშლის პროდუქტს. ასეთ დანალექებს უკავიათ ოკეანის ფსკე-



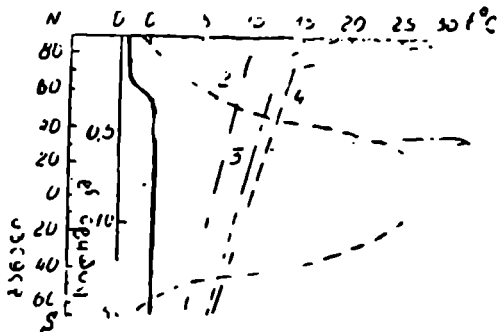
ნახ. 13. მსოფლიო ოკეანის მახასიათებელი ზონები.

რის ზედაპირის დაახლოებით 1/4. პელაგიული დანალექები ძირითადად წარმოიქმნება პელაგიალის ბინადართა ნაშთებისაგან და ნაწილობრივ მცირე არაორგანული ნაწილაკების ხარჯზე. მათ უკავიათ ოკეანის ფსკერის 3/4. ოკეანის გრუნტის შექმნაში არსებით როლს ასრულებენ დიატომური წყალმცენარეები და რადიოდარიები.

ვერტიკალური მიმართულებით ოკეანის წყლები ტემპერატურის, მარილიანობის და ზოგიერთი სხვა მახასიათებლების მიხედვით იყოფა ზედაპირულ (150—400 მ), საშუალო (ზედაპირულის ქვეშ 1000—1200 მ), სიღრმულ (3000—4000 მ) და ფსკერულ წყლებად (ნახ. 14).

ოკეანის წყლების მთელი სიზრქე უწყვეტ მოძრაობაშია და აღძვრება თერმოგალინური (გათბობა, გაცივება, ნალექები, აორთქლება) და მექანიკური ფაქტორებით (ქარის მხები ძაბვა, ატმოსფერული წნევა), აგრეთვე მოქცევის წარმომქმნელი ძალებით. რის შედეგად ოკეანეებში არსებობს როგორც ზედაპირული. ასევე სიღრმული დინებების ურთულესი სისტემა (ნახ. 15). აღსანიშნავია, რომ სიღრმული დინებების სიჩქარე შეიძლება აღწევდეს 10—20 სმ/წმ, რაც ზედაპირული დინების საშუალო სიდიდის თანაზომადია.

წყლის ვერტიკალური გადაადგილება შეიძლება გამოიწვიოს წყლის ერთმანეთზე განლაგებული ფენების სიმკვრივის ცვლილებამ, წყლის დონის აწევამ და დაწევამ შესაბამისად ქარპირა და ქარზურგა ნაპი-



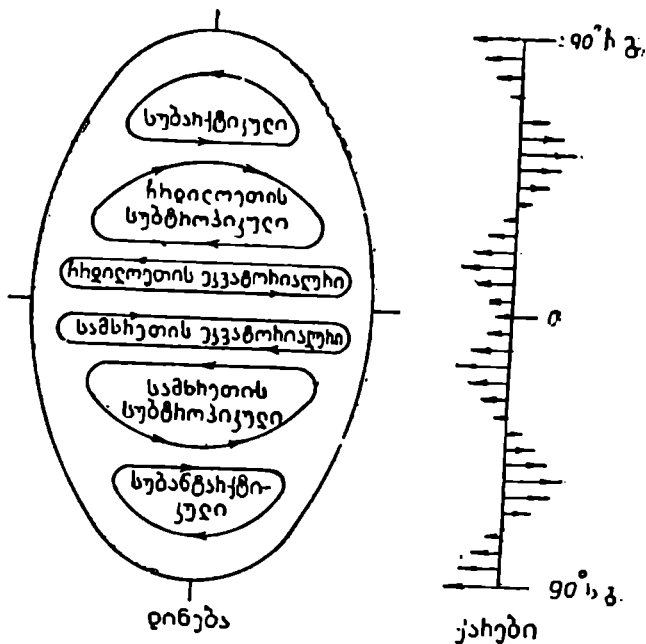
ნახ. 14. მსოფლიო ოკეანის წყლების საშუალო წლიური ტემპერატურა სხვადასხვა რაიონებში, სიღრმეებზე და ზედაპირზე: 1—4—სათანადოდ პოლარულ, ზომიერ, სუბტროპიკულ და ტროპიკულ რაიონებში; 5—საშუალო ტემპერატურა წყლის ზედაპირზე სხვადასხვა განედებში.

რებთან, ციკლონებისა და ანტიციკლონების გადავლამ და ზოგიერთმა სხვა შემთხვევამ. განარჩევენ წყლის მასების კონვერგენციის (შეყრის) რაიონებს, სადაც ზედაპირული წყლები სიღრმეში ეშვება და დივერგენციის (გაყრის) რაიონებს, სადაც სიღრმული წყლები ზედაპირზე ამოდის.

ტალღები ოკეანეებსა და ზღვებში ძირითადად ქარისა და მოქცევის ძალების ზემოქმედებით წარმოიქმნება. რომლებიც ერთდროულად მოქცევა-მიქცევის დინებების წარმოქმნასაც განაპირობებენ. განასხვავებენ ნახევრადდღელამურ, დღელამურ და შერეულ მოქცევებს. პირველ შემთხვევაში წყალი 24 საათისა და 50 წუთის განმავლობაში ორჯერ მოაწყდება ხმელეთს და დაიწევს უკან. ყველაზე დიდი მოქცევები შენიშნება მაშინ, როდესაც დედამიწა, მთვარე და მზე ერთ ხაზზეა განლაგებული, ე. ი. ახალი და სავსე მთვარის დღეებში, ყველაზე მცირე

რე — როდესაც კუთხე მზეს, დედამიწასა და მთვარეს შორის 90° -ის ტოლია.

ოკეანის სიღრმეებში წყლის ტემპერატურა მუდმივია მთელი წლის განმავლობაში, ხოლო ზედაპირზე ტემპერატურა დამოკიდებულია მათ



ნახ. 15. ოკეანეების ზედაპირზე ღრმების წარმოქმნის სქემა.

გეოგრაფიულ მდგომარეობაზე, სეზონზე, დინების ხასიათზე და მრავალ სხვა ფაქტორზე.

სითბოს ძირითად წყაროს წარმოადგენს მზის რადიაცია, რომელსაც იღებს ზღვის ზედაპირი. როდესაც მზე ზენიტზეა, ზღვის წყალში აღწევს რადიაციის დაახლოებით 98%. თუ წყალი უფრო თბილია ჰაერზე, მაშინ ცივი ჰაერი წყალს ართმევს სითბოს და პირიქით. რის შედეგადაც წყლის ტემპერატურა ხასიათდება დღე-ღამური და წლიური

ციკლით და მას იგივე ხასიათი აქვს როგორც ჰაერის ტემპერატურას, თუმცა ეს ციკლი გარკვეული დროით ჩამორჩება ჰაერისას.

ზღვის წყალი იყინება შედარებით ნელა, ვიდრე მტკნარი წყალი, რადგან იგი მარილიანია. ამავ დროს ზღვის ყინულის სიმკვრივე მტკნარი წყლის სიმკვრივეზე ნაკლებია.

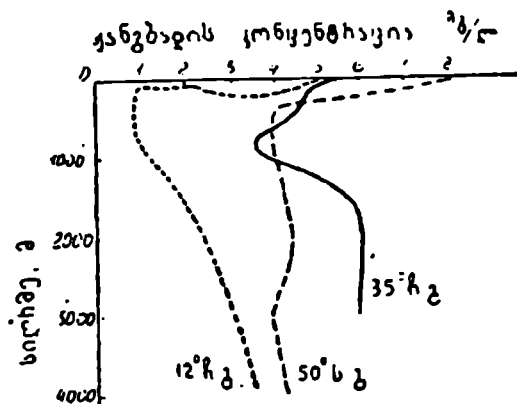
ოკეანის წყლის განათება სწრაფად მცირდება ზედაპირიდან ქვევით და ჩვეულებრივ უკვე 100—200 მ სიღრმეზე საკმარისი აღარ არის მტკნარეების არსებობისათვის. წყალში სინათლის შეღწევის სიღრმე გარდა სეზონისა და გეოგრაფიული მდებარეობისა დამოკიდებულია მის გამჭვირვალობაზე, რაც ძირითადად განისაზღვრება შეწონილი ორგანიზმებისა და მათი დაშლის პროდუქტების რაოდენობით.

ოკეანეების წყლის მარილიანობა ძალიან მდგრადია და ჩვეულებრივ მერყეობს 34—35‰ ფარგლებში. მხოლოდ ზედაპირულ ფენაში ცვლილება შეადგენს 2—3‰, ზოგჯერ უფრო მეტსაც, რაც ძირითადად განპირობებულია ინტენსიური აორთქლებითა და წვიმებით გამოწვეული გამტკნარებით. ზღვის წყალი ყველაზე დიდი რაოდენობით შეიცავს ქლორიდებს (88,8%), სულფატებს (10,8%) და კარბონატებს (0,4%). ცალკეული იონების შემცველობა გამოისახება სიდიდეებით (%): Cl^- —19,35; SO_4^{2-} —2,70; HCO_3^- —0,14; Na^+ —10,76; Mg^{2+} —1,30; Ca^{2+} —0,41, ზღვის წყალი შეიცავს მინერალური მარილების 3,5%, მათ შორის სუფრის მარილს (NaCl). თუ ამ მარილებს თანაბრად გადავანაწილებთ დედამიწის ზედაპირზე, იგი დაიფარება მარილის 45 მ სიზრქის ფენით. თუ მხოლოდ კონტინენტს დავფარავდით, მაშინ სიმალე მიაღწევდა 153 მ (50-სართულიანი ცათამბჯენის სიმალე). შიგა ზღვებში მარილების შედგენილობა შესამჩნევად იცვლება მტკნარი წყლების შემოსვლის ხარჯზე, რომელთაც მარილების მკვეთრად განსხვავებული შედგენილობა აქვთ.

ოკეანის ზედაპირული წყლები ინტენსიურად აერირდება ატმოსფეროსთან კონტაქტის მეშვეობით და მტკნარეთა ფოტომასინთეზებელი თვისებების შედეგად. შიგა ზღვების წყლების ფსკერულ ზონაში ზოგჯერ შეინიშნება ქანგბადის ან დეფიციტი ან მისი სრული გაქრობა, როდესაც (მაგ. შავი ზღვა) ვერტიკალური გადაადგილების პროცესები შენელებულია და არ მოიცავს წყლის მთლიან სიზრქეს (ნახ. 16).

მსოფლიო ოკეანე დასახლებულია უძველესი ფლორითა და ფაუნით და მოიცავს 200 ათასზე მეტ სახეობას. ხმელეთის მოსახლეობა

კი ძირითადად წარმოადგენს ზღვის ბინადრებისგან გეოლოგიურად ახალგაზრდა წარმონაქმსს. ზღვის ფაუნის ნაირგვარობაზე მეტწველებს ის ფაქტი, რომ ცხოველთა 63 კლასიდან მსოფლიო ოკეანეში წარმოდგენილია 52, მხოლოდ ზღვის ფორმებით — 31. ცოტა სხვა სურათია

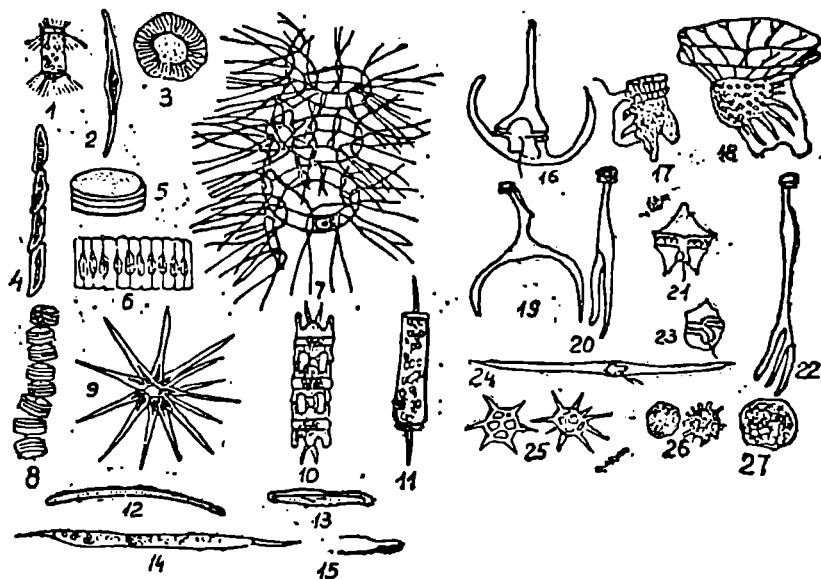


ნახ. 16. მსოფლიო ოკეანის ზოგიერთ რაიონში ქანგზადის კონცენტრაციები სხვადასხვა სიღრმეებზე.

მცენარეებში: მათი 33 კლასიდან ზღვებში გვხვდება 10 და მხოლოდ ზღვის ფორმებით — 5. ყვავილოვანი მცენარეების წილი ზღვაში ძალიან უმნიშვნელოა, ამასთან ერთად მცენარეები — მეორადი ბინადრები არიან ზღვის ძუძუმწოვრებისა და რეპტილიების მსგავსად. ზღვის ფლორის ძირითად წარმომადგენლებს მიეკუთვნება ერთუჯრედიანი წყალმცენარეები (დიატომური, პერიდინული, კოკოლიტოფორადული), მნიშვნელოვნად მცირე რაოდენობით — მრავალუჯრედიანი, რომლებიც სანაპირო ზონაში ბინადრობენ (მწვანე, წაბლა და წითელი) და სოკოები. წყლის მთელ სიზრქეში და ფსკერულ დანალექებში უდიდესი რაოდენობითაა ბაქტერიები და აქტინომიცეტები. ცხოველებიდან ყველაზე დიდი მნიშვნელობა გააჩნიათ ფორამინიფერებს და რადიოლარებს, ღრუბლებს, ნაწლავღრუიანებს, პოლიქეტებს, მოლუსკებს, კიბოსნაირებს, თევზებს და ძუძუმწოვრებს.

მსოფლიო ოკეანის ბინადართა არეალები შეიძლება იყოს ფართო ან ვიწრო, მთლიანი ან გაწყვეტილი.

მსოფლიო ოკეანეში აღრიცხულია დიატომური წყალმცენარეების — დაახლოებით 3 ათასი სახეობა, პერიდინული — 1,5 ათასი, მწვანე — 300, ლურჯმწვანე — 200. ოკეანის ცალკეულ რაიონებში შე-



ნახ. 17. ზღვის ფიტოპლანქტორული ორგანიზმები:

- 1—Corethron, 2—Nitzschia closterium, 3—Planktoniella, 4—Nitzschia seriata. 5—Coscinodiscus, 6—Fragilaria, 7—Chaetoceras, 8—Thalassiosira, 9—Asterionella, 10—Biddulphia, 11—Ditylum, 12—Thalassiothrix; 13—Navicula, 14, 15—Rhizosolenia (ზაფხულის და ზამთრის), 16—Ceratium, 17—Dinophysis, 18—Ornithocercus, 19, 20—Triposolenia, 21—Peridinium, 22—Amphisolenia, 23—Goniaulax, 24—Ceratium, 25—Silicoflagellata, 26—Coccolithophoridae, 27—Halosphaera.

ინიშნება მხოლოდ მათი ნაწილი. მსოფლიო ოკეანეში ფიტოპლანქტონის ჯამური რაოდენობა შეადგენს 1,5 მლრდ. ტ. (ნახ. 17).

წყალმცენარეების საშუალო რიცხვი სხვადასხვა რაიონებში მერყეობს 10^2 -დან 10^5 უჯრედამდე ლიტრში, ბიომასა 0,5 მგ-დან 1 გ/მ³-მდე

ზღვების ფიტოპლანქტონის ძირითადი მასა თავმოყრილია 100—150 მ ფენაში. ზღვის პლანქტონის კიბოსნაირთა 1200 სახეობიდან ნიჩაბ-ფეხებს განეკუთვნება 750, ამფიპოდებს — 300-ზე მეტი და ევფა-უზიდებს — 80-ზე მეტი. დახლოებით 4000 სახეობას მოიცავს ნაწლავ-ღრუიანები, რომელთა ყველაზე მასიურ ფორმებად ითვლება მედუ-ზები, სიფონოფორები და ა. შ. ზოოპლანქტონის ჯამური რაოდენობა მსოფლიო ოკეანეში შეადგენს 21,5 მლრდ. ტ., რომელთაგან დაახ-ლოებით 9 მლრდ. ტ. მაკროპლანქტონის წილზე მოდის, 12 მლრდ. ტ. წარმოდგენილია მეზოპლანქტონით და 1 მლრდ. ტ. მიკროპლანქტო-ნით.

ზღვები და ოკეანეები მრავალფეროვანი მინერალური სიმდიდრის წყაროა. უკანასკნელ ხანს მეცნიერები ოკეანეს „თხევად მადანს“ უწოდებენ, რადგანაც მასში უზარმაზარი რაოდენობითაა კონცენტრირ-ბული მენდელეევის ელემენტების პერიოდული სისტემის თითქმის ყველა ელემენტი. ზღვებისა და ოკეანეების წყლებში გახსნილია 300 მლრდ. ტ. მეტი თორიუმი, 80 მლრდ. ტ. იოდი, 3 მლრდ. ტ. ურანი, 800 მლნ. ტ. მოლიბდენი, 164 მლნ. ტ. ვერცხლი, 20 ათასი ტ. რადი-უმი და ა. შ. ძვირფასი ლითონების თუ რა გრანდიოზული მარაგია თავმოყრილი ზღვებსა და ოკეანეებში, ამაზე ნათლად მეტყველებს ისიც, რომ მხოლოდ 1492 წლიდან, ე. ი. კოლუმბის მიერ ამერიკის აღ-მოჩენის დროიდან 1965 წლამდე, მსოფლიოში მოიპოვეს 66,3 ათასი ტონა ოქრო, რომლის მარაგიც მსოფლიო ოკეანეში 10 მლრდ. ტ. აღე-მატება, რაც პლანეტის თითოეული მცხოვრებისთვის თითქმის 2 ტ. შეადგენს.

მაგრამ, მიუხედავად წყალში გახსნილი კოლოსალური მინერალური მარაგისა, მეცნიერთა ყურადღებას პირველ რიგში იპყრობს ოკეანის წიაღი — მინერალების საგანძური. ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერზე განლაგებული საბადოები შეიცავენ ასეული მილიარდობით ტონა რკი-ნასა და მარგანეცს, ნიკელის, კობალტის, სპილენძისა და სხვა ძვირ-ფასი მინერალების დიდ რაოდენობას. ზღვებისა და ოკეანეების ფსკე-რულ დანალექებში თავმოყრილია ნავთისა და აირის უზარმაზარი რე-სურსები, რომლებიც ვარაუდობენ, რომ 4—5-ჯერ აღემატება ხმელე-თის რესურსებს. ხმელეთზე აღმოჩენილი კობალტის რესურსები შეად-გენს მხოლოდ დაახლოებით 1 მლნ. ტ., მაშინ როდესაც ოკეანის ფსკერზე კონკრეტიაში იგი დაახლოებით 1,5 მლრდ. ტ. შეადგენს. კონკრეტის წარმოქმნაში მთავარ როლს ბაქტერიები ასრულებენ, რომლებსაც იშვიათი ელემენტების კონცენტრირების უნარი აქვთ. ამ

„ცოცხალმა საბადოებმა“ მიიქციეს იაპონელი სპეციალისტების ყურადღება და დაიწყეს მათი ხელოვნური წარმოება. ასე მაგ., დაიწყეს ასცილიუმების გამოცენა, რომლებსაც შესწევთ უნარი მილიარდობით მეტი ვანადიუმის კონცენტრირებისა, ვიდრე იგი არის ზღვის წყალში. ანალოგიური მეთოდით მოიპოვებენ იაპონიაში იოდსა და კალიუმს წყალმცენარეებისაგან, მოლუსკების ნიჟარებისგან მაგნეზიტს, კობალტს, ურანს და სპილენძს კონკრეციებისგან. ყველაზე ძვირი აღმოჩნდა ოქროს მოპოვება. ზღვის წყალში ოქროს შემცველობა შეადგენს 0,004 მგ/მ³. ზღვის „ოქროს რესურსების“ გამოყენების იდეა წარმოიქმნა პირველი მსოფლიო ომის დამთავრებისას, როდესაც ვერსალის მშვიდობიანი ხელშეკრულების თანახმად გერმანია ვალდებული იყო გამარჯვებული სახელმწიფოებისათვის გადაეხადა უზარმაზარ რეპარაციები. წარმოიქმნა პრობლემა: სად უნდა მოექდებნათ ამდენი ოქრო აღნიშნული ვალდებულების შესასრულებლად: გერმანელმა ჭიმიკოსმა ხაბერმა წამოაყენა წინადადება — დაეწყოთ გამოკვლევები ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერზე. იგი ამტკიცებდა, რომ მსოფლიო ოკეანეში 10 მლრდ. ტ.-ზე მეტი ოქროა. თითქოსდა გამოსავალი მოიძებნა, მაგრამ ხაბერის პროექტის რეალიზაცია არ მოხერხდა, რადგანაც ზღვაში ოქროს მოპოვება მეტისმეტად ძვირი აღმოჩნდა.

მაგრამ არსებობს ოკეანის საგანძურის მიღების სხვა წყაროც — ჩაძირული გემები. ზღვის წიაღი ინახავს დედამიწაზე მოპოვებული ოქროსა და ვერცხლის მთელი რაოდენობის თითქმის $\frac{1}{8}$ და ძვირფასი თვლების დიდ რაოდენობას. მარტო მე-16 საუკუნეში ზღვებსა და ოკეანეებში პორტუგალიამ 124 მლნ. ოქროს დოლარის, ხოლო ესპანეთმა 50 მლნ. ოქროს დოლარის სიმდიდრე „დააკრვა“.

ამერიკელი ოკეანოგრაფები რეხნისერი და ტერი თვლიან, რომ ოკეანის ფსკერის ყოველ 40 კვ. კილომეტრზე ერთი დაღუპული გემი მოდის, ხოლო იაპონელი მეცნიერები ამტკიცებენ, რომ ყოველ 2,5 კვ. კილომეტრზე ზღვებსა და ოკეანეებში მობინადრე ცხოველებისა და მცენარეების 150 ათასი სახეობიდან დღეისათვის ადამიანი იყენებს მხოლოდ 1500 სახეობას. თუ ხმელეთის საშუალო პროდუქტიულობა 10 ც/ჰა ტოლია, ოკეანის სანაპირო რაიონების ბიომასის პროდუქტიულობა 1500 ც/ჰა აღწევს.

ამჟამად ინტენსიური თევზჭერა წარმოებს მსოფლიო ოკეანის აკვატორის მხოლოდ 25%. სამრეწველო თევზჭერის ყველაზე ინტენსიური რაიონი — სანაპირო ზონაა. კონტინენტურ შელფზე, 200 მ სიღრმემდე მოიპოვებენ თევზის 90%. მონაცემებით, ამჟამად მსოფლიო

ოკეანე იძლევა თავისი საერთო მსოფლიო წარმოების ცხოველური ცილების მხოლოდ 10%. ბრიტანელმა იქტიოლოგმა — ლუკსმა გამოიანგარიშა, რომ თევზის მეურნეობის რაციონალური წარმოებისას 1 ჰექტარზე შეიძლება 2-ჯერ მეტი თევზის მიღება, ვიდრე ხორცისა ხმელეთის ანალოგიურ ფართობზე. დიდი პერსპექტივები იშლება აკვაკულტურების დამუშავებით. სანაპირო რაიონებში თევზების, კიბოსნაირების და წყალმცენარეების იშვიათი ჯიშების გამოსაყვანი „წყალქვეშა ფერმების“ შექმნით.

აკვაკულტურები უკვე გამოჰყავთ აშშ, ესპანეთში, საბჭოთა კავშირში, დიდ ბრიტანეთში და სხვ.

მსოფლიო ოკეანის გამოკვლევა გრძელდება, ვინაიდან ჯერ კიდევ ბევრი გაურკვეველი პრობლემაა. მაგალითად, 1984 წ. დამთავრდა დიდი ბრიტანეთის სამეცნიერო-კვლევითი გემის „ფარნელას“ ექსპედიცია, რის შედეგადაც შესაძლებელი გახდა წყნარი ოკეანის ფსკერის დაახლოებით 900 ათასი კმ ფართობის დეტალური გამოსახვა, აღმოჩენილი იქნა 67 ახალი წყალქვეშა ვულკანი, დადგინდა რამდენიმე კილომეტრის სიგრძის დიდი კანიონები და გიგანტური მეწყერები და სხვ.

3.1.2. მდინარეები

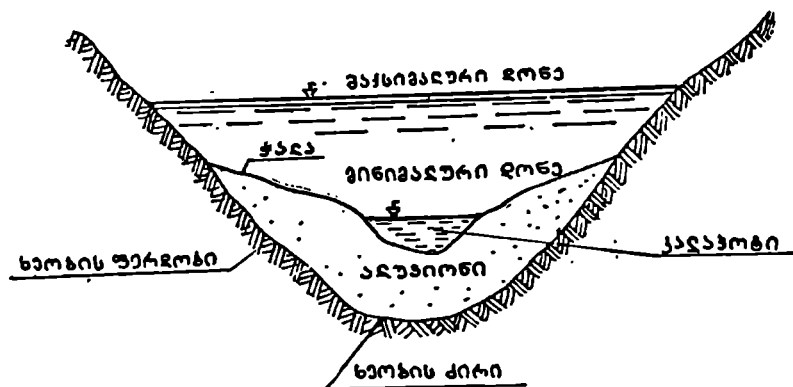
მდინარეები წარმოადგენს წყლის ნაკადებს, მოედინებიან ბუნებრივ კალაპოტებში და იკვებებიან თავიანთი აუზებიდან ზედაპარული (წვიმის, თოვლის, მყინვარის) და მიწისქვეშა ჩამონადენით.

მთავარი მდინარე, ყველა მისი შენაკადებით წარმოქმნის მდინარის სისტემას და უერთდება ოკეანეს, ზღვას ან ტბას. თუმცა მდინარეს შეიძლება შესართავი არ ჰქონდეს, მაგალითად როდესაც იგი ტროპიკული რაიონის უდაბნოს ტერიტორიაზე მოედინება და შემდეგ ქვიშებში ივარგება დიდი ფილტრაციისა და აორთქლების გამო. მდინარე ასევე შეიძლება დაიკარგოს ჭაობებში და სხვ.

მდინარის შესართავები სხვადასხვაგვარია, მაგრამ მიუხედავად ამისა შეიძლება გამოვყოთ მათი ორი ძირითადი სახე: ესტუარიისა და „დელტა“ ტიპის. პირველ შემთხვევაში შესართავი ზღვის მიერ არაა შეტბორილი მილიანად და მდინარის მოტანილი მყარი ნატანი ზღვის ტალღების მიმოქცევის გამო ირეცხება. მეორე შემთხვევაში მდინარის დიდი რაოდენობით მოტანილ მყარ ნატანს ზღვის ტალღების მიმოქცევა ვერ რეცხავს. ამ დროს მდინარის შესართავს აქვს განტოტებები.

რომლებიც ბერძნული ასოს Δ-ს სახეს უახლოვდება. მაგალითად, მდ. მისისიპში დანალექი ნატანის ფენის სისქე 160 მ-ზე მეტია, დელტის სიგრძე — 329 კმ, სიგანე 300 კმ, ხოლო დელტის საერთო ფართობი 32 ათასი კმ².

მდინარის სისტემა თავის წყლებს კრებს წყალშემკრები ფართობიდან და იგი მიედინება ხეობებში. მდინარეები მთელი წლის განმავლობაში განუწყვეტლივ მოძრაობს კალაპოტში, ხოლო წყალდიდობის დროს კი ჭალებში. ხეობის ძირი როგორც წესი ამოვსებულია ალუვიონით, ხოლო მდინარის ჭალა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს სხვადასხვა სახის კალაპოტის ტერასებით (აკუმულაციურა, ეროზიული, შერეული) (ნახ. 18).

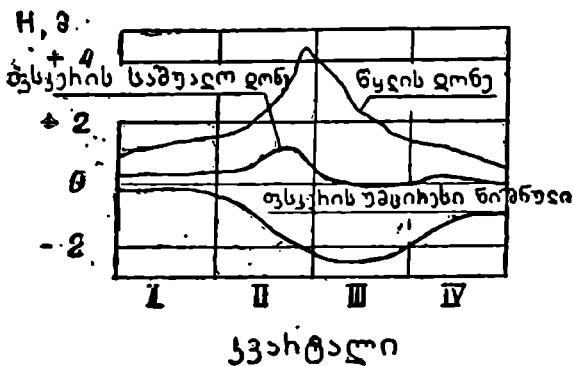
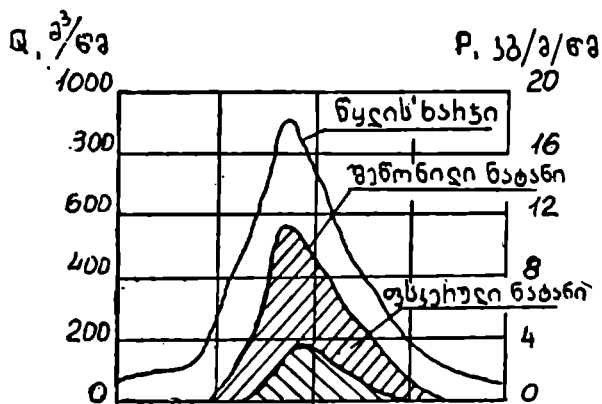


ნახ. 18. მდინარის სახასიათო განივი რილი.

მდინარის წყლიანობის მახასიათებელია მისი განივკვეთში დროის ერთეულში გავლილი წყლის რაოდენობა, ანუ ხარჯი. სათავეიდან შესართავამდე პირობითად შეიძლება გამოვყოთ მდინარის ზედა, შუა და ქვედა დინება, რომლებშიაც სათანადოდ იცვლება არა მარტო წყლის ნაკადის სიჩქარეები, არამედ ხარჯიც. მდინარეების სათავეებში დინების სიჩქარე დიდია, რის გამოც ხდება კალაპოტების გამოჩენა და წყალში მისი დაშლის პროდუქტების შეტანა. კალაპოტების გამოჩენა როგორც სიღრმული, ასევე გვერდითი მიმართულებით ვი-

თარღება. გვერდითი ეროზიის გამო მდინარე ხშირად იცვლის ნაპირების მოხაზულობას, იკლავება და წარმოქმნის შენარღებს.

მდინარეებს მყარ ნატანთან ერთად ჩამოაქვს გახსნილი (მინერალური და ორგანული) ნივთიერებები და ბიოჩამონადენი (ნახ. 19). მსოფლიოს ყველა მდინარის მყარი ჩამონადენი ყოველწლიურად $0,13-0,14 \times 10^8$ ტ, იონური — 23×10^8 , მიკროელემენტების ჩამონადენი — $0,36 \times 10^8$, ორგანული ნივთიერებების — $7,2 \times 10^3$, მინერალური კოლოიდების (კაჟი, რკინა, ალუმინი) — $1,75 \times 10^4$ ტ.



ნახ. 19. მდინარის ზოგიერთი მახასიათებელი სეზონების გათვალისწინებით.

საერთოდ არსებობს მდინარეების ჩამონადენის ციკლები, რომელთა ხანგრძლივობა 2-დან 3 წლამდე, 5-დან 7-მდე, 11-დან 13-მდე და 22-დან 28 წლამდე იცვლება. ეს ციკლები, როგორც სხვა გეოფიზიკური მოვლენების ციკლები, დღემდე ბოლომდე ახსნილი არაა.

ადგილის რელიეფის მიხედვით შეიძლება გამოიყოს მდინარეების ორი ძირითადი ჯგუფი: ვაკის — წყნარი, მდორე დინებით და მთის — სწრაფი დინებით. მდინარის მთიან მონაკვეთებში ნაკადის სიჩქარე 5—6 მ/წმ კი აღწევს.

მდინარეებში წყლის ტემპერატურა დამოკიდებულია მდინარის კვების ხასიათზე, რაიონის კლიმატზე, სადაც ის მიედინება და სხვადასხვა პიდროლოგიურ თავისებურებებზე. მერიდიონალური მიმართულების მდინარეებს თბილი წყლები მიაქვთ მაღალ განედებში და ცივი — დაბალ განედებში. მდინარეებში ტემპერატურა სეზონურად 0—30°C-ის დიაპაზონში მერყეობს, დღელამური აღწევს 8—10°C (მთის მდინარეების სათავეში) და მხოლოდ 1—1,2°C შეიძლება ადგილი ჰქონდეს ვოლგასა და ოკას ტიპის დაბლობის მდინარეებში.

მდინარეში ნაკადის ტურბულენტური რეჟიმი თითქმის ერთგვაროვანს ხდის ტემპერატურის განაწილებას ცოცხალ კვეთში. წყლის ტემპერატურა ცვალებადია მდინარის სიგრძეზე, რაც განპირობებულია მდინარის კვების ხასიათით, შენაკადებით, ლანდშაფტური ზონების თბური რეჟიმებითა და თავისებურებებით.

შემოდგომისა და ზამთრის პერიოდში წყლის ტემპერატურის დაწევა 0°C და ზოგჯერ უფრო დაბლა იწვევს მდინარეზე ყინულის წარმოქმნას.

მდინარის ყინულოვან რეჟიმში შეიძლება სამი ფაზის გამოყოფა: გაყინვა — ანუ ყინულის პირველადი ფორმების წარმოქმნა, გაძვიფვა — ყველა მისი თანმხლები მოვლენებით და გაღობა — ანუ ყინულსვლა.

მდინარის სანაპირო ზოლი, თავთხელები, ყურეები და ა. შ. წარმოადგენს ყინულის წარმოქმნის პირველ კერას. მრავალ მდინარეზე გაძვიფვის წინ შეიძლება აღმოცენდეს წყალში სიღრმითი ყინულები, აღნიშნული პროცესები შეიძლება მდინარის ფსკერზეც მიმდინარეობდეს. რის შედეგადაც ზოგჯერ წარმოიქმნება „ყინულის კაშხალი“.

მდინარეებზე ყინულის წარმოქმნის ერთ-ერთი გავრცელებული ფორმა, რომელიც დაკავშირებულია წყლის შიგა ყინულებთან — ეს თოშია. თოში შეიძლება მოძრაობდეს ან იყოს მდინარეში ყინულის საფარის ქვეშ.

მდინარის წყალში სინათლე არ აღწევს, თუ მასში ბევრი შეწონილი ნივთიერებაა. გამჭვირვალობა ფსკერამდე შეინიშნება მოის მდინარეებში, რომლებიც გამოურეცხავ ქანებზე და პლანქტონით ღარბ ადგილებზე მიედინება.

მღვიმეები და მიწისქვეშეთის რთული ქსელი — ეს მდინარეების წყლის ქიმიური აქტიურობის ხილული სურათია. მთლიანად, ყოველ სსრ კავშირის მდინარეებს წელიწადში გამოაქვთ 326,8 მლნ. ტ. მარილები. მდინარის წყლები იყოფა ჰიდროკარბონატულ, სულფატურ და ქლორიდულ წყლებად. ჰიდროკარბონატული კლასის მდინარეების წყალი ჩვეულებრივ სუსტად მინერალიზებულია (როგორც წესი 0,2‰, მხოლოდ ზოგიერთ შემთხვევაში 1‰-მდე). ქლორიდული ტიპის მდინარეებში მარილიანობა აღწევს 19‰.

უმთავრეს იონებს, რომლებიც გვხვდება მდინარის წყალში, მიეკუთვნება 8 სახის იონი, აქედან 4 დამუხტულია დადებითად (კათიონები), ხოლო 4 კი უარყოფითად (ანიონები). ანიონებს მიეკუთვნება: ქლორის Cl' , სულფატების SO''_4 , ჰიდროკარბონატების HCO'_3 და კარბონატების CO''_3 იონები. კათიონებს მიეკუთვნება: ნატრიუმის Na' , კალციუმის Ca'' , მანგანუმის Mg'' , კალიუმის K' იონები. მათი ნარევის მდგომარეობა სხვადასხვანაირია, განსაკუთრებით მდგრადია Cl' და Na' იონები, ვაცილებით ნაკლებად მდგრადია SO''_4 იონები.

ბიოგენურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება ის ნივთიერებები, რომლებიც ასე თუ ისე დაკავშირებულია წყლის ორგანიზმების სიცოცხლისუნარიანობასთან და მეორეს მხრივ, რომელთა არსებობა წყალში განაპირობებს წყლის ორგანიზმების არსებობას. პირველ რიგში ესენია ნიტრატებისა NO'_3 და ნიტრიტების NO'_2 იონები, ამონიაკის იონები NH'_4 და ფოსფორმჟავას იონები $H_2PO'_4$ და HPO'_4'' . ბიოგენურ ნივთიერებები ძირითადად წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერებების დაშლით, რომლებიც განიცდიან ქიმიურ ცვალებადობას ზოგიერთი ბაქტერიის ზეგავლენით. ეს ნივთიერებები ბუნებრივ წყაროებში უმნიშვნელო რაოდენობითაა მგ/ლ-ს მეათასედლიდან მეათედამდე. ბიოგენურ ნივთიერებებს მიეკუთვნება აგრეთვე რკინისა და სილიციუმის შენაერთები, რომელთა რაოდენობა წყალში აგრეთვე მცირეა.

მიკროელემენტებს მიეკუთვნება ბრომი, იოდი, მანგანუმი, სპილენძი, ტიტონი, ფტორი, რადიუმი და ა. შ.. რომლებიც აგრეთვე ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება ბუნებრივ წყაროებში, მაგ., მგ/ლ-ის ათეულ ან ასეულ ნაწილებში.

ორგანულ ნივთიერებებს მიეკუთვნება სხვადასხვა მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების დაშლის პროდუქტები. ისინი მდინარეში არამარტო წარმოიქმნებიან, არამედ ხვდებიან გარედანაც. ამ ნივთიერებების შედგენილობა მეტად რთულია, მათი წყალში ყოფნა წყალს აძლევს ყვითელ შეფერილობას.

გახსნილი აირებიდან, რომლებიც გვხვდება მდინარეებში, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ჟანგბადს (O_2) და ნაწშირორჟანგს (CO_2). აირების ხსნადობა წყალში მცირდება მინერალიზაციისა და ტემპერატურის გაზრდით. მდინარეებში წყლის გამდიდრება ჟანგბადით წარმოებს ატმოსფეროდან და გარდა ამისა, წყალმცენარეებით, ანუ ფოტოსინთეზით. ჟანგბადი მდინარეებში მცირდება ისეთი მოვლენებით, როგორცაა ცოცხალი ორგანიზმების სუნთქვა, ორგანული ნარჩენების ლპობა და ა. შ. როგორც წესი, მდინარეებში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობა 14 მგ/ლ ნაკლებია და ცალკეულ შემთხვევებში აღემატება ამ სიდიდესაც.

ნაწშირორჟანგის ხარჯვა მდინარეში ძირითადად კარბონატული ქანების გახსნით და მცენარეული ორგანიზმების მიერ ფოტოსინთეზის დროს წარმოებს. წყალბადის იონები H^+ კი წყალში ძალიან მცირე რაოდენობით გვხვდება.

მდინარის ფლორა და ფაუნა შედგება ბენთოსის, პლანქტონისა და ნექტონისაგან (ნახ. 20). სუსტადაა განვითარებული პერიფიტონი, ხოლო რაც შეეხება ნეისტონს და პლეისტონს, ისინი მდინარეში ტურბულენტური ძრაობის გამო თითქმის არ გვხვდება.

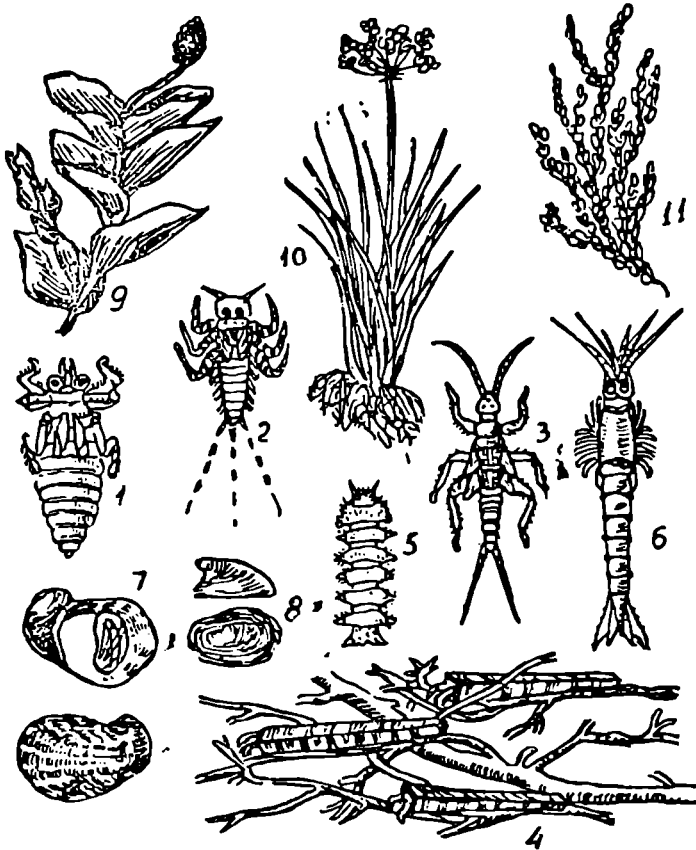
მდინარეებში თავისუფლად მცურავი და შეტივნარებული ორგანიზმები — პლანქტონი წარმოდგენილია ნახევრადმიკროსკოპული და მიკროსკოპული ცხოველებით (ზოოპლანქტონით) და წყალმცენარეებით (ფოტოპლანქტონით).

პლანქტონური წყალმცენარეები ყოფილ საბჭოთა კავშირის მდინარეებში წარმოდგენილია დიატომური და მწვანე წყალმცენარეების განსაკუთრებით მდიდარი სახეობებით, შემდეგ ლურჯმწვანე და ევგლენური, ოქროსფერი, პიროფიტული და ყვითელმწვანე წყალმცენარეებით. ასე მაგალითად, წყალმცენარეების 1502 სახეობიდან მდ. ვოლგაში, დიატომური შეადგენს 538, მწვანე 429, ლურჯმწვანე 200, ევგლენური 137, ოქროსფერი 118, პიროფიტური 43 და ყვითელმწვანე 37.

პლანქტონის რაოდენობა მდინარეებში წლის განმავლობაში საგრძნობლად იცვლება, ეცემა მინიმუმამდე ზამთარში და წყალდიდობის

დროს მდნარი წყლებით განზავების შედეგად, რომლებიც გარდა ბაქტერიებისა, არავითარ ორგანიზმებს არ შეიცავენ.

ზაფხულის მაქსიმუმის შემდეგ პლანქტონური ორგანიზმების რაოდენობა მცირდება, რაც პირველ რიგში დაკავშირებულია მრავალი ჰიდრობიონტის გადასვლასთან ფსკერზე მოსვენების სტადიაში.



ნახ. 20. მდნარის ფლორისა და ფაუნის ზოგიერთი სახეობანი:

- 1—Gomphus, 2—Heptagenia, 3—Nemura, 4—Brachycentrus,
 5—Blepharocerus, 6—ულსის მზიმთა, 7—მდნარის ლუნკა,
 8—მდნარის თევზა, 9—რღესტი, 10—სუსაკი, 11—ფონტინალისი

მდნარის დინებასთან ერთად პელაგიალის ბინადარი კანონზომიერად ტრანსფორმირდება.

მდინარის ფსკერის მიხედვით მდინარეში ბინადრობენ სხვადასხვა ბენტიკური (ფსკერული) ცხოველები. ფიტობენტოსური (წყლის ზედა ფენების) მცენარეულობა გვხვდება მდინარის იმ უბანზე, სადაც ნაკადის წელი დინებაა. აღნიშნული მცენარეულობა, ანუ რაყა და აგრეთვე ქვები, რომლებიც გარშემოზრდილია წყალმცენარეებით, წარმოადგენს მრავალრიცხოვანი წვრილი ცხოველების ადგილსამყოფელს და საკვებს.

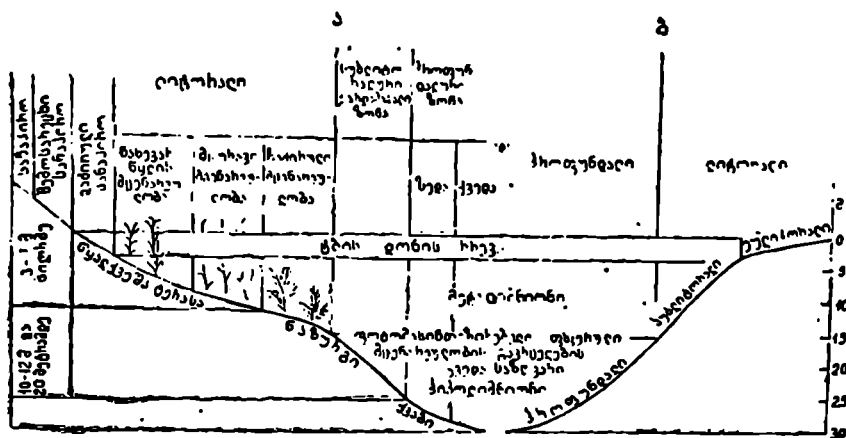
ნექტონი ძირითადად წარმოდგენილია თევზებით, რომელთა სახეობრივი ნაირგვარობა განსაკუთრებით მდიდარია დაბალი განედების მდინარეებში. მაგ., იუკონაში — 14 სახეობაა, პეჩორაში — 29, ენისეიში — 39, ვოლგაში — 59, კონგოსა და ამაზონკაში — შესაბამისად 400 და 748 სახეობა. სსრ კავშირის ტერიტორიაზე განსაკუთრებით გავრცელებულია ცქვრინი, კალმახი, კაპარჭინა, ქარიყლაპია, ფარგა, თავდიდა, ქორჭილა; გამავალი თევზებიდან — სვია, ზუთხი, ტარაღანა, ჩრდილოეთის ორაგული, შორეული აღმოსავლეთის ორაგული, ნახევრად გამავალი თევზებიდან — ნაფოტა, ტარანი, წვერა და სხვ.

ესტუარიებში მდინარისათვის დამახასიათებელი პირობები რთულადაა გადახლართული ზღვის პირობებთან და ამ მიზეზით მოსახლეობის შედგენილობა გამოირჩევა უკიდურესი თავისებურებებით. შესართავიდან შორს ეს შედგენილობა წარმოდგენილია ევრიგალინური სახეობებით, შესართავთან ახლოს კი დიდ მნიშვნელობას იძენს ზღვის მლაშე წყლებისა და ევრიგალინური ფორმები. სახეობრივი ნაირგვარობა მცირდება მლაშეწყლიან მონაკვეთებში. ზღვიდან მდინარისაკენ მკვეთრად ეცემა სახეობათა რაოდენობა პელაგიური ლიფსიტებით. ესტუარიების მოსახლეობა ბიომასის მიხედვით გამოირჩევა სიმდიდრით, რაც მთელი რიგი მიზეზებით აიხსნება. მოქცევებისა და მიქცევების მოქმედება უზრუნველყოფს საკვები ნივთიერებების ინტენსიურ ცირკულაციას და მეტაბოლიტების სწრაფ მოცილებას. წყალში ფოტოსინთეზებელი მცენარეების ყველა სასიცოცხლო ფორმის ერთდროული არსებობა — პლანქტონური წყალმცენარეების მიკრო და მაკროფიტობენტოსის — ესტუარიების ცხოველურ სამყაროს უზრუნველყოფს საწყისი (პირველადი) საკვებით, რითაც ხელს უწყობს მისი რაოდენობის ზრდას.

3.1.5. ტბები

ტბები ბუნებრივი წყალ ატევენია. ტბების ქვაბულები წარმოქმნის მიხედვით იყოფა: ტექტონიკური, ყინულოვანი (ეროზიული და აკუმულაციური), ნამდინარევი, სანაპირო, ვულკანური, კარსტული და სხვ.

წყლის მიმოცვლის მიხედვით ტბები შეიძლება დავყოთ რამდენიმე ჯგუფად, კერძოდ, ტბები, რომელშიც სათავეს იღებენ მდინარეები. ტბები, რომლებშიაც არც ჩადის არც გამოდის მდინარეები და ბოლოს გამდინარე ტბები, რომელშიაც მდინარეების მიერ ჩატანილი წყლის რაოდენობა გაედინება სხვა მდინარეებით.



ნახ. 21. ტბის მახასიათებელი ზონები.

ტბის წყლის მასას და ქვაბულს შორის, აგრეთვე გარსმდებარე ტერიტორიასა და ტბაში დასახლებულ ორგანიზმებს შორის მიმდინარეობს ურთიერთშემოქმედება რთული მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური პროცესების სახით, რომლებიც განაპირობებს ტბის ჯანვითარების ნორმალურ ციკლს. დროთა განმავლობაში ტბა ქვაბულის გარეგანი სახე ცვალებადობას განიცდის. ქვაბულზე განსაკუთრებით ეავლენას ახდენს წყლის მასები. ტალღური მოქმედება ანგრევს ტბის ნაპირებს. ნგრევის პროდუქტები, რომლებიც წარმოდგენილია

მსხვილი ფრაქციით, მნიშვნელოვანი რაოდენობით გროვდება ნგრევის ადგილთან და წარმოქმნის წყლისქვეშა სანაპირო ტერასას, ხოლო წვრილი ფრაქციები შეწონილი სახით გადაიტანება ნაკადის ღინების გამო და შემდეგ ილექება ტბის ფსკერზე.

ტბის ნაპირები შეიძლება დაიყოს გამორეცხილ და დალექილ უბნებად, გარდა ამისა, ნაპირის არე შედგება: ნაპირის, სანაპირო და ნაპირისპირა ზონისაგან.

ტბები, ცხადია, განსხვავდება ერთმანეთისაგან როგორც ფორმით, ასევე ზომებით, რომელთა რიცხოვრივი დახასიათება შეიძლება მორფომეტრიული ელემენტების მაჩვენებლებით. ტბის ძირითადი მორფომეტრიული ელემენტებია: ტბის ფართობი, სიგრძე, სიგანე, სანაპირო ხაზის სიგრძე, სანაპირო ხაზის კლაკნილობის ხარისხი, წყლის მოცულობა ტბაში, საშუალო და მაქსიმალური სიღრმეები და სხვ.

წყლის ბალანსის ცვალებადობა, ანუ მოცულობის შეცვლა დროის მიხედვით, იწვევს წყლის დონეთა ცვალებადობას. ტბებში წყლის დონეების რყევა წარმოებს აგრეთვე პერიოდულად სეზონების მიხედვით. ტბებში, რომლებიც მოთავსებულია ზომიერ განედში და რომელთა წყალშემკრები აუზები მთებშია მოთავსებული, დონეების მაქსიმუმი შეინიშნება ზაფხულში ან შემოდგომაზე. დონის აწევა ჩვეულებრივ იწყება ზამთარში, როდესაც აორთქლება დაბალია და გრძელდება მაის-ივნისამდე. მას შემდეგ რაც აორთქლება იზრდება, იწყება ტბაში დონის დაწევა.

ტბებში ადგილი აქვს წყლის ზედაპირების დროებით გადახრას, ანუ დენიველაციას, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სეიშების მოქმედებით და საერთოდ ყოველგვარი დინამიური პროცესებით — ტალღების დროებითი და მუდმივი მოძრაობით, სხვადასხვა ღინებებით და ა. შ.

ტალღების სიმაღლე პატარა ტბებში რამდენიმე სანტიმეტრია, მაშინ როდესაც დიდ ტბებში ზოგჯერ 5—7 მეტრს აღწევს.

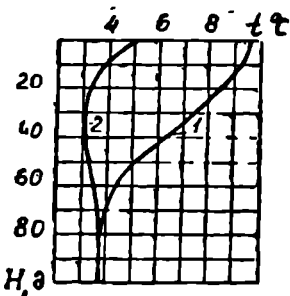
ტბებზე ხდება აგრეთვე წყლის ზედაპირების რიტმიული რყევადობა, რასაც სეიშს უწოდებენ. ასეთი მოვლენები, როგორც წესი, გამოწვეულია ატმოსფერული წნევის მკვეთრი ცვალებადობით ტბის ცალკეულ ნაწილებში, ძლიერი თავსხმა წვიმებით ან ქარის სიჩქარის მკვეთრი ცვალებადობით. სეიშით გამოწვეული დონეთა რყევის ამპლიტუდა რამდენიმე სანტიმეტრიდან, დაახლოებით, 2 მეტრამდეც კი არის შენიშნული.

ქართ გამოწვეული დინებები დამოკიდებულია ქარის სიჩქარეზე, მიმართულებასა და ხანგრძლივობაზე. ისინი გაცილებით ნაკლები სიჩქარისაა, ვიდრე დინებები ზღვებსა და ოკეანეებში. დინებების სიჩქარესა და მიმართულებებზე ძირითადად მოქმედებს ტბის ქვაბულის ფორმა და ზომები, ნაპირების კონფიგურაცია, კუნძულების არსებობა და სხვ. ტბაში დინებების სიჩქარეები, ჩვეულებრივ, იზომება სმ/წმ. ზედაპირული დინებები წარმოიქმნება ქარის მცირე სიჩქარეების დროსაც კი (1 მ/წმ). ქართ გამოწვეული დინებები შეიძლება გავრცელდეს ტბის სიღრმეებში, ფსკერამდეც. მუდმივი დინებები (დრეიფული) შეინიშნება მხოლოდ ზოგიერთ დიდ ტბებში. თუ საითკენ არის მიმართული ქარი, ნაპირთან წყლის დაგროვების შესაბამისად დონე აიწევს, ხოლო მის მოპირდაპირე მხარის ნაპირზე კი დონის დაწვეა შეინიშნება. მდინარეული დინებები, ცხადია, არის გამდინარე ტბებშიც. ამ დროს მდინარის შესართავთან ტბის დონე აწეულია, ხოლო ტბიდან გამომდინარე მდინარის სათავესთან, პირიქით, დონე დაწეულია.

ტბებში დინებები, რომლებიც გამოწვეულია სეიშით, განპირობებულია დონეების სხვაობით და გვხვდება ტბის ცალკეულ ზონებში.

ტბებში წყლის ტემპერატურა განიცდის მნიშვნელოვან ცვალებადობას. სითბოს ძირითადი წყარო ტბებში — ეს მზის ენერჯიაა. ენერჯიის დიდი ნაწილი, რომელიც ტბის ზედაპირზეა, შთაინთქმება წყლის ზედა ფენებით. წყლის სიღრმითი ფენები სითბოს ღებულობს კონვექციური დინებებით, აგრეთვე ქარისაგან გამოწვეული გადაადგილებებით. (ნახ. 22).

ნახ. 22. წყლის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობა ტბის (1) და ხელოვნური წალასაყვის (2) სხვადასხვა სიღრმეებზე.



ტბებში სითბო ძირითადად იხარჯება წყლის ზედაპირიდან ატმოსფეროში სითბოს გაცემაზე.

ზომიერ სარტყელში არსებული ტბებისათვის თბური რეჟიმის წლიური ციკლი შეიძლება დავახასიათოთ ოთხი ფაზით:

- წყლის ტემპერატურა იზრდება ტბის ზედაპირიდან (სადაც ტემპერატურა 0°C უახლოვდება) ფსკერისაკენ (სადაც ტემპერატურა წყლის მაქსიმალურ სიმკვრივის ტემპერატურას უახლოვდება, ე. ი. 4°C ან ნაკლებია მასზე), ეს ხდება ზამთრობით;
- გაზაფხულის ცირკულაციის პერიოდში წყლის მთელი სისქე ერთმანეთში ერევა და ლებულობს ერთნაირ ტემპერატურას (დაახლოებით 4°C);
- ზაფხულობით წყლის ტემპერატურა ტბის ზედაპირიდან ($28... 30^{\circ}\text{C}$) ფსკერისაკენ კლებულობს (4°C და მეტს);
- შემოდგომაზე წყლის მასები ერთმანეთში ერევა და ლებულობს ერთნაირ ტემპერატურას თითქმის ტბის მთელ სიღრმეზე (დაახლოებით 4°C და მეტს).

ჩვეულებრივ, ტბების გაძვიფვა იწყება 5...10 დღით ადრე, ვიდრე მდინარისა. ყინულის მაქსიმალური სისქე ტბებზე, როგორც წესი, შეინიშნება თებერვალ-მარტში და დაახლოებით 15%-ით მეტია, ვიდრე მდინარეებზე მოცემულ რეგიონში. ყინულის სისქის მატება ტბებზე მიმდინარეობს იგივე პროცესით, როგორც მდინარეებზე. ყინულის გახსნა და ყინულსვლა ტბებზე იწყება დაახლოებით 10...20 დღით გვიან, ვიდრე მდინარეებზე.

ტბის წყლის ქიმიური შედგენილობა ძირითადად განისაზღვრება ტბაში ჩამდინარე როგორც ზედაპირული, ასევე მიწისქვეშა წყლების შედგენილობით და მჭიდროდაა დაკავშირებული წყალშემკრები აუზის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებზეც. წყლის ქიმიური შედგენილობას ფორმირებაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ როგორი წესით ხდება ტბებში წყლის მიმოცვლა. მაგალითად, ტბებში, სადაც არ ხდება მდინარეების ჩადინება და წყალი იხარჯება აორთქლებას, სისტემატურად გროვდება მარილები და მატულობს მათი კონცენტრაცია, რის გამოც ტბა მლაშეა. პირიქით, როდესაც ტბა გამდინარეა, დროის გარკვეულ პერიოდში წარმოებს წყლის განახლება და მარილები არ გროვდება. ტბის ქიმიური შედგენილობისათვის მნიშვნელოვანი ფაქტორებია ტბის სიღრმე, ფართობი და მოცულობა.

ტბის წყლები განიხილება, როგორც რთული პოლმდისპერსული სისტემები, რომლის შედგენილობაში H_2O -ს გარდა შედის იონები (HCO'_3 , CO'_3 , SO'_4 , Cl' , Ca M'_2 , Na), დისოცირებული მოლეკულები, აირები,

მინერალური და ორგანული ნაწილაკები, დაწყებული კოლოიდურიდან მსხვილ ორგანიზმებამდე და მათ ნარჩენებამდე. მარილების შედგენილობა ტბის წყალში იცვლება რამდენიმე მგ-დან 300 გ-მდე და მეტი 1 ლიტრზე. იმისდა მიხედვით, თუ რომელ ბუნებრივ ზონაში მდებარეობს ტბა, წყალში შეიძლება ჰქარბობდეს ესა თუ ის იონები. მაგალითად, ტუნდრაში არსებული ტბის წყალი ხასიათდება Si და HCO_3^- იონებით, ტყის ზონაში — Ca^{2+} და HCO_3^- იონებით; თუ ტბა სტეპშია, მაშინ უპირატესად შეიძლება იყოს Na^+ და SO_4^{2-} ან Na^+ Cl^- იონები. გარდა მინერალიზაციის მთავარი იონებისა, ტბებში გვხვდება დეფიციტური ბიოგენური ელემენტები, რომლებაც აუცილებელია ტბაში სიცოცხლის განვითარებისათვის, კერძოდ: N (მთვრებულ ფორმაში), P, Si, Fe, Mn, Cu, Zn და სხვ.

აირები, როგორც წესი, ტბაში აღწევს წყლის სარკის ზედაპირიდან, რომლებიც შემდეგ გადაიტანება წყლის მასებით, მათი ჰარბი ნაწილი გამოიყოფა ატმოსფეროში. აირები, როგორც წესი, მოქმედებს ტბის ჰიდროქიმიურ რეჟიმებზე და ორგანიზმების არსებობაზე. ნახშირორთქანგის, მისი ბიკარბონატული და კარბონატული მარილების დისოციაციაზე მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ბევრ შემთხვევაში ტბის წყლის მჟავიანობა ან ტუტეიანობა. ერთი მხრივ, ჟანგბადის, მეორე მხრივ კი გოგირდწყალბადის, მეთანის და წყალბადის არსებობა ახასიათებს ჟანგვა-აღდგენით ზონებს წყლის ფენებში. ჟანგბადის დეფიციტი იწვევს თევზების დახოცვას, უხერხემლოებისა და მცენარეულობის დაღუპვას. წყალში ჟანგბადის არარსებობის დროს სიცოცხლეს ინარჩუნებს მხოლოდ ბაქტერიები. წყლის მცენარეულობა ფოტოსინთეზის დროს გამოყოფს ჟანგბადს და ქმნის ორგანულ ნივთიერებებს. იყენებს რა აირებს და ბიოგენურ ელემენტებს, ფოტოსინთეტიკისა და ხემოსინთეტიკის ორგანიზმები ქმნიან ავტოქტონურ ან წარმოშობის მიხედვით ადგილობრივ ორგანულ ნივთიერებებს. ნივთიერებებს, რომლებიც ტბაში გარედან ხედებიან, ალოქტონური ეწოდება.

ტბის ფსკერზე მინერალური და ორგანული ნაწილაკებისაგან, რომლებიც მოყვება ტბაში ჩამონადენს ან აუზებიდან ჩამოაქვს ქარს, წარმოქმნება ფსკერული ნატანი, მის წარმოქმნას ხელს უწყობს აგრეთვე თვით ტბაში ნაპირების ნგრევა და ცოცხალი ორგანიზმებისა და მცენარეულობის დაღუპვა.

ტბის წყლის ფერსა და გამჭვირვალობას განაპირობებს წყალში არსებული მინერალური და ორგანული ნივთიერებები. ცისფერი ფერი

და დიდი გამჭვირვალობა (დაახლოებით 40 მ-მდე, მაგალითად, ბაიკალში) ახასიათებს სუფთა ტბებს. სიმღვრივის გადიდებით ტბის წყლის ფერი ხდება მწვანე, მურა, ყავისფერი და გამჭვირვალობა მნიშვნელოვნად მცირდება (1 მ და ნაკლებიც). აღსანიშნავია, რომ გამჭვირვალობაზეა დამოკიდებული ფოტოსინთეზის ფენის სიმძლავრე.

ტბაში განლაგებისა და შეგუების მიხედვით შეიძლება გამოვყოთ სხვადასხვა ტიპის ორგანიზმები. კერძოდ, ორგანიზმებს, რომლებიც ტბის ფსკერზე გვხვდება, ბენტოსებს უწოდებენ, ხოლო ორგანიზმებს კი, რომლებიც წყლის სარკულ ზედაპირთანაა — პლეისტონებს. ორგანიზმები, რომლებიც აქტიურად ცურავენ ტბაში, იწოდებიან ნექტონებად, ხოლო წვრილ ორგანიზმებს, რომლებიც შეწონილ მდგომარეობაშია და პასიურად გადაადგილდება წყალთან ერთად, პლანქტონებს უწოდებენ (ნახ. 23).

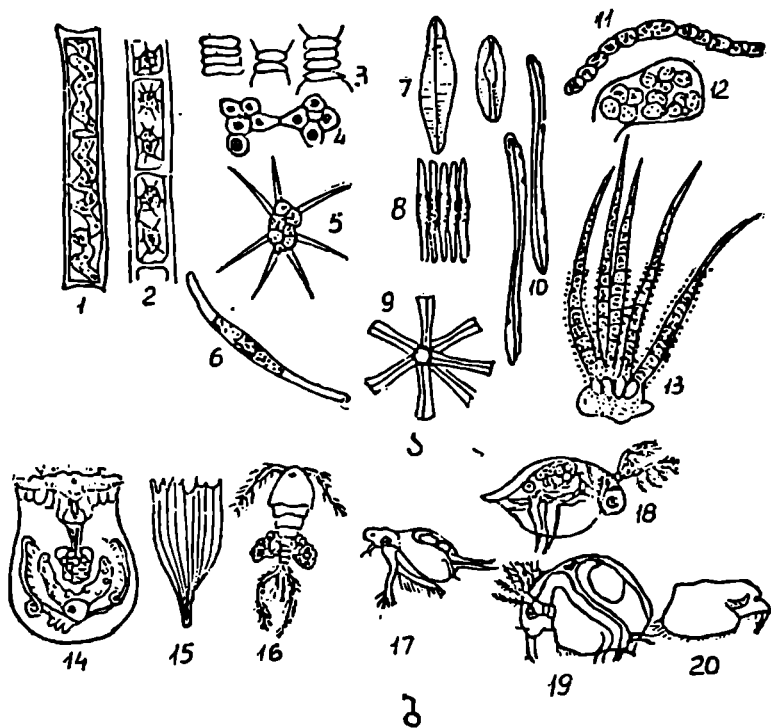
აღსანიშნავია, რომ მცირე ტბებში ზომიერი მინერალიზაციით და საკმარისი რაოდენობის საკვები მარილით, თუ ეს ტბები სათანადოდ თბება კიდეც, კარგი პირობებია ცოცხალი ორგანიზმების განვითარებისათვის. წყლის ძალიან მცირე მინერალიზაცია და განსაკუთრებით მცირე რაოდენობის საკვები მარილი, ტბის დიდი სიღრმეები, დბალო ტემპერატურა, პირიქით, აძნელებს ორგანული სიცოცხლის განვითარებას.

ბიოლოგიური პროდუქციულობის მიხედვით ტბები შეიძლება დავყოთ მაღალპროდუქციულად, მდიდარ ბიოგენურ ელემენტებიან (ევტროფული), მცირეპროდუქციულ, ღარიბ ბიოგენურ ელემენტებიან (ოლიგოტროფული) და ღარიბ მკვებავ ნივთიერებებიან (დისტროფული) ტბებად.

ოლიგოტროფულ ტბებში, რომლებიც ხასიათდებიან, ჩვეულებრივ, დიდი ან საშუალო სიღრმეებით, წყალი დიდი გამჭვირვალობისაა. წყლის ფერი იცვლება ცისფერიდან მწვანემდე და ფსკერისკენ O_2 რაოდენობა თანდათან მცირდება, თუმცა 60...70% ნაკლები თითქმის არასდროს არ არის.

ევტროფულ ტბებში, რომლებიც კარგად თბება მზის სხივებით, წყლის გამჭვირვალობა მცირეა, წყლის ფერი იცვლება მწვანიდან მურამდე, ტბის ფსკერი დაფარულია ორგანული ლამით. O_2 რაოდენობა ძალიან მკვეთრად მცირდება ტბის ფსკერისაკენ, ზოგჯერ კი საერთოდ ქრება.

დისტროფიული ტბები მცირე გამკვირვალობის წყლებით ხასიათდება. წყლის ფერი ყვითელი ან მურაა, მინერალიზაცია მცირეა, ხოლო.



ნახ. 23. ტბების ფიტოპლანქტონისა და ზოოპლანქტონის ზოგიერთი წარმომადგენელი:

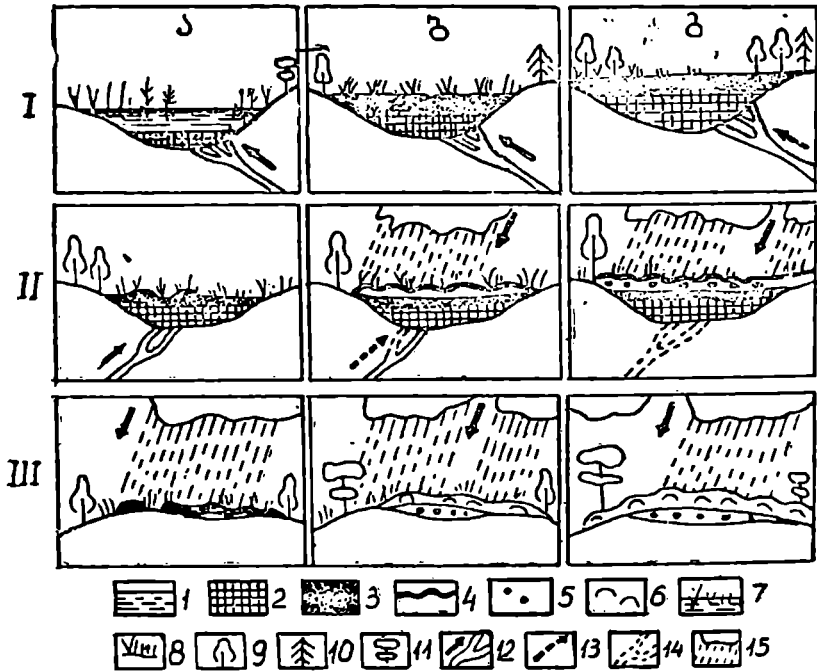
- 1—Spirogyra, 2—Zygnema, 3—Scenedesmus, 4—Coelastrum, 5—Richtriella;
 6—Closterium, 7—Navicula, 8—Fragilaria, 9—Asterionella, 10—Nitzschia,
 11—Anabaena, 12—Microcystis, 13—Gloethrichia, 14—Asplanchna, 15—
 Notolca, 16—Macrocylops, 17—Diaphanosoma, 18—Daphnia,
 —19Bosmina, 20—Acantholeberis.

O₂ რაოდენობა ძალიან შემცირებულია, ვინაიდან მიმდინარეობს ორგანული ნივთიერებების უანგვეთი პროცესები.

3.1.4. ჭაობები

ჭაობის დამახსიათებელი და აუცილებელი ნიშანია ხავსისა და სხვა ჰიდროფილური მცენარეებისაგან ტორფის წარმოქმნა. ჭაობი წყლის კეების განლაგების პირობებისა და მცენარეულობის შედგენილობის ხასიათის მიხედვით იყოფა ევტროფულ, ოლიგოტროფულ და გარდამავალ ანუ მეზოტროფულ ჭაობებად (ნახ. 24).

ევტროფული ჭაობები განლაგებულია რელიეფის დადაბლებებში, მათი ზედაპირი ჩაზნექილია ან ბრტყელი. ოლიგოტროფული ჭაობები



ნახ. 24. ევტროფული (I), მეზოტროფული (II) და ოლიგოტროფული ჭაობების განვითარების ძირითადი სტადიები (ა, ბ, გ):

1—ტბა; 2—საპროპელი; 3—ბარის ტორფი; 4—მეზოტროფული მცენარეულობით წარმოქმნილი კოლოხები; 5—გარდამავალი ტორფი; 6—ზეგანის ტორფი; 7—11—მცენარეულობა; 12—13—ჭაობის გრუნტებიდან კება, სათანადოდ წყლის მუდ.ივი და წვეტილი მიწოდებით; 14 — წყლის ყოფილი მიწოდების ძარღვი; 15—ატმოსფერული ნალექები.

განლაგებულია რელიეფის ამაღლებულ ადგილებზე. გააჩნიათ ამოზნე-
ქილი ზედაპირი, იკვებებიან ატმოსფერული ნალექებით. გარდამავალ
ჭაობებს განხილული ნიშან-თვისებების მიხედვით საშუალოდ მდგო-
მარეობა უკავიათ. ჭაობი, გიგანტური ღრუბელის მსგავსად შეიწოვს
ატმოსფერულ ტენს და მასთან ერთად მტვერს, მჰვარტლს, გოგირდის,
აზოტის, ნახშირბადის ქანგეულებს, სხვადასხვა ნახშირორქანებს და
ა. შ. ჭაობები შეიწოვენ გაბინძურებულ ტენს და აბრუნებენ სუფთას.
თუ დაეხედავთ მსოფლიოს რუკას, დაინახავთ, რომ ყველაზე დიდი
მდინარეები გამოედინებიან ჭაობებიდან. ჭაობების წყალი განსაკუთ-
რებულია: თავისუფალია მხოლოდ მისი მცირე ნაწილი, დანარჩენი კი
მჭიდროდაა დაკავშირებული ტორფის კოლოიდურ ნივთიერებებთან.

ჭაობებზე გავრცელებულია ხემცენარეები, ბუჩქები, ბალახი, ხავსი
და ლიქენი. თითოეულ მცენარეს თავისი ეკოლოგიური ოპტიმუმი
აქვს, რომლის ფარგლებშიც იგი ვითარდება.

უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს ტყისა და ჭაობის ურთიერთკავ-
შირი. ტაიგის ზონის ჩრდილოეთ ნაწილში ჭაობები იტაცებენ ტყის
ტერიტორიას, ხოლო სამხრეთ ტაიგასა და ტყესტეპში კი პირიქით —
ტყე იტაცებს ჭაობს, ან ტყეც და ჭაობიც წონასწორობაშია.

ქიმიური ელემენტების წრებრუნვის შედეგად ტორფის ჭაობები
აგროვებენ ორგანულ და მინერალურ ნივთიერებებს. მაგალითად, ზე-
დური ჭაობის ერთ ჰექტარზე (საშუალო სიღრმე — 3 მ) თავმოყრილია
4900 კგ აზოტი, 1225 კგ კალციუმი, 525 კგ მაგნიუმი, 200 კგ ფოს-
ფორი, 350 კგ კალიუმი. თუ მხედველობაში მივიღებთ კარელიის ყვე-
ლა ზედურ ჭაობს, რომლებსაც 1,5 მლნ. ჰა უკავია, გამოდის, რომ მათ-
ში დაგროვილია დაახლოებით 250000 ტ აზოტი, 70000 ტ კალციუმი,
25000 ტ მაგნიუმი, 12000 ტ ფოსფორი და 20000 ტ კალიუმი. ქვედურ
და გარდამავალ ტორფებში კი მინერალური მარილების რაოდენობა
გაცილებით მეტია ზედურ ჭაობებთან შედარებით.

ჩვენს წელთაღრიცხვამდე პირველი ათასწლეულის დასაწყისში კა-
რელიის მოსახლეობამ უკვე იცოდა ჭაობებში რკინის მადნის მოპო-
ვება და მისი დამუშავება. ჭაობის მადნის წარმოქმნა (მურა რკინაქვა)
ხდება ბიოქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების მონაწილეობით.

ტორფის საბადოებს კიდევ ერთი უნიკალური თვისება აქვთ — თა-
ვის წიაღში ინახავენ არა მარტო უძველესი ფლორისა და ფაუნის ნარ-
ჩენებს, არამედ კაცობრიობის კულტურის კვალსაც.

1972 წლის თებერვალში ქურონალ „კურიერ იუნესკო“-ში, შემდეგ
კი სხვადასხვა პოპულარულ პუბლიკაციებში გამოჩნდა სენსაციური

ფაქტი: იუტლანდიაში, ტორფის დამუშავებაზე ნაპოვნი იქნა მოკლული ადამიანის გვამი. როგორც გამოიჩვენა, იგი ტორფის საბადოში დაახლოებით 2000 წელს იმყოფებოდა და იმდენად კარგად შეინახა (გადარჩა ტანსაცმელი, თმები, შინაგანი ორგანოები და საკმლის ნარჩენებიც კი კუჭში), რომ პოლიციამ იგი თანამედროვე მსხვერპლად ჩათვალა და დაიწყო გამოძიება. უცნობს ყელში წაქერილი ჰქონდა წვრილი ქაშარი. როდესაც დაადგინეს, რომ გვამი ეკუთვნის ქვის ხანის ადამიანს, მომხრჩვალა და ჭაობში ჩაგდებული — გვამით დაინტერესდნენ მეცნიერებიც. ასეთ ფაქტებს სხვა ქვეყნებშიც ჰქონდა აღვლილი: ინგლისსა და შოტლანდიაში, ნორვეგიაში და ირლანდიაში. გარდა ამისა, ტორფის საბადოებში ნაპოვნი ქვის ხანის სოფლები, ოქროს მონეტები, რომის იმპერატორებისა და რუსი თავადების გამოსახულებით, მორებისაგან შეკრული გზა, უძველესი სამარხები და სხვ.

ტორფი გამოიყენება სამედიცინო პრაქტიკაშიც: მისგან მზადდება წამალი, მაგ., პრეპარატი „ტორფოტი“, რომელიც გამოიყენება სისხლნაკლებობის, მოწამვლის დროს და კანის რეგენერაციისათვის. გარდა ამისა, გამოიყენება როგორც სამკურნალო ტალახი. 1962 წელს შუასაუკუნეების აბანოს გათხრებისას ავსტრიაში ჭაობის წყალში აღმოაჩინეს 2 მეტრიანი აბაზანა, რომლის ასაკი განისაზღვრებოდა 1364 წლით.

ტორფის ტალახისა და ჭაობის წყლის მოქმედ საწყისს წარმოადგენს ჭაობისა და ტალახის „თაიგული“, რომელიც სხვადასხვა სამკურნალო ბალახების, მათი ღეროებისა და ფესვების მიერ ტორფში ჩარჩენილ სამკურნალო ნივთიერებებს აერთიანებს. ავსტრიის ჭაობ-მცოდნეობის ინსტიტუტში ჩაატარეს მთელი რიგი ასეთი ბუკეტების ანალიზი, რის შედეგადაც აღმოაჩინეს ვალერიანის, ლენცოფას და ა. შ. 200-ზე მეტი მცენარის მცენარეული ნარჩენები ან ქიმიური შენაერთები. ბუკეტში ნაპოვნი ორგანულ ნაერთთა მასა: ბითუმის, ცვილის, ფისის, ცხისების, პექტინის, ამინომჟავების, ჰუმინური, მჟაუნ და ცხიმ-მჟავების, სათრიმლავი ნივთიერებების, ლიგნინების, შაქრის, სახამებლის, ეთერზეთების, ბალზამის, სალიცილატების, ქსილოზის და სხვა. არაორგანული შემადგენლებისაგან სამკურნალო ტორფში აღმოჩენილია: რკინის ქანგი, ალუმინი, კალციუმი, მაგნიუმი, კალიუმი და ნატრიუმი, კაჟ-ფოსფორ და ნახშირმჟავები, ნიტრატები, ამონიუმის მარილები, ბორის, ბარის, სტრონციუმის, ტიტანის, ცირკონიუმის, ვანადიუმის, ქრომის, ვერცხლის, მანგანუმის, ოქროს, იოდის და სხვ. ყველა ეს აღნიშნული ნივთიერება მრავალი საუკუნის მანძილზე ერთიანდებოდა, შედიოდა ურთიერთრეაქციაში, განიცდიდა ბაქტერიების ზე-

მოქმედებს და ქმნიდა ტორფის ტალახისა და ქაობის წყლის განუმეორებელ, სასწაულმოქმედ ქიმიურ ბუკეტს.

ავსტრიის ერთ-ერთი კომერციული საწარმო წარმატებით აყენებს ტორფის ყველა სასარგებლო თვისებას და აწარმოებს როგორც სამკურნალო პრეპარატებს, ასევე კოსმეტიკურ საშუალებათა მთელ გამას. ამ წამლებს შორისაა რეემატიზმის, კუჭ-ნაწლავის და ზოგიერთი გინეკოლოგიური დაავადების საშუალებები. ამზადებენ წამლებს ფრინველებისა და ცხოველებისათვის. საკმაოდ დიდია კოსმეტიკურ საშუალებათა სიაც ქაობის კბილის პასტა, ქაობის შამპუნი, ქაობის სითხე, რომელიც ხელს უწყობს თმის ზრდას, ქაობის შავი კრემი სახისათვის, ქაობის საპონი და ა. შ.

ქაობის მოსახლეობა მწირია როგორც სახეობრივი შედგენილობით, ასევე რაოდენობრივად. უარყოფითი ზემოქმედება აქვს წყალ-



ნახ. 25. ქაობის წარმომადგენელთა ზოგიერთი სახეობა:

- 1—Sphagnum, 2—Xanthidium, 3—Micrasterias, 4—Mocrotrix,
5—Arcella.

ში ჰუმინურ ნივთიერებათა დიდ შემცველობას, ქახგბადის დაბალ კონცენტრაციას და გაზრდილ მყავიანობას — განსაკუთრებით ოლიგოტროფულ ქაობებში. ხშირ შემთხვევაში ქაობი ღარიბია ბიოგენე-

ბით, პირველ რიგში — ევტროფული ჭაობები, რადგანაც მათი ჰქვევავე ატმოსფერული ნალექები თითქმის არ შეიცავენ მარილებს.

წყალმცენარეებიდან ყველაზე მეტად გავრცელებულია შოლტისებურნი, რომლებიც ზაფხულში სრულიად ქრება ფიტოპლანქტონიდან და მათ ნაცვლად ვითარდება მწვანე წყალმცენარეები. გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ჭაობებში მცირე რაოდენობით ვითარდება დიატომური წყალმცენარეები.

ჭაობის წყალსატევებში ზოობენტოსი ძალიან მწირია, რაც განპირობებულია პირველ რიგში არახელსაყრელი აირული რეჟიმით წყალს ფსკერულ ფენაში. ჭაობის წყლის მაღალი მჟავიანობის გამო თითქმის არ ვითარდებიან მოლუსკები და სხვა კიროგანჩონჩხიანი ცხოველები. ჭაობის წარმომადგენელთა ზოგიერთი სახეობანი მოცემულია ნახ. 25.

3.1.5. მიწისქვეშა წყლები

მიწისქვეშა წყლები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ მდებარეობს დედამიწის ქერქის, ანუ ლითოსფეროს ზედა ფენებში. მოძრაობის უნარის მიხედვით მიწისქვეშა წყლები შეიძლება იყოს თავისუფალი და ბმული. მაგალითად, თავისუფალი წყლები იყოფა გრავეტაციულ და კაპილარულ წყლებად. გრავეტაციული წყლები მოძრაობს სიმძიმის ძალის ზეგავლენით და გაიჟონება (ინფილტრაციული და ინფლუაციური) ზემოდან ქვემოთ ან გადაადგილდება წყალგამტარ ფენებში დონეებისა და დაწნევების ნიშნულთა სხვაობის შედეგად. გრავეტაციული წყალი შეიძლება იყოს დაწნევიანი და უდაწნეო.

კაპილარული წყალი მოთავსებულია ქანების კაპილარულ ფორებსა და ნაპრალებში.

წარმოქმნის მიხედვით მიწისქვეშა წყლები შეიძლება იყოს: ინფილტრაციული, კონდენსაციური, სედიმენტაციური, ორგანული, მაგმური და მეტამორფული.

ინფილტრაციული წყლები წარმოიქმნება მიწის ზედაპირიდან ატმოსფერული ნალექებისა და ზედაპირული წყლების თანდათანობით ჩაჟონებით ქანების სიცარიელებებში (ფორებში, ნაპრალებში და ა. შ.). აღნიშნული ტიპის წყლებისაგან შედგება ძირითადად მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც დედამიწის ქერქის ზედა ფენებშია.

მიწისქვეშა წყლების ინფილტრაციული კება დამოკიდებულია მრავ-

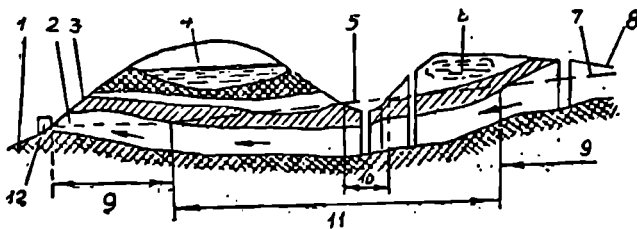
ვალ ფაქტორზე: ნალექებისა და აორთქლების რაოდენობაზე, ზედაპირული წყლების ჩამონადენზე და სხვა.

მიწისქვეშა წყლების ინფილტრაციული კვება ცვალებადია დროის წლიურ და მრავალწლიურ ციკლში.

იმის მიხედვით, თუ რა მანძილი აქვს გრუნტის წყალს გავლილ, წყალშემცველ ფენაში არჩევენ მოკლე და გრძელ ფილტრატებს, უკანასკნელი, როგორც წესი, უფრო კარგი ხარისხისაა.

კონდენსაციური წყლები წარმოიქმნებიან ჰაერიდან მიწაში მოხვედრილი და დედამიწის ღრმა წყალში წარმოქმნილი ორთქლის კონდენსაციის შედეგად. აღნიშნული მოვლენები გვხვდება განსაკუთრებით მაღალმთიან რაიონებში, მაგრამ კონდენსაციური ხერხით მიღებული წყლების რაოდენობა ინფილტრაციულთან შედარებით მცირეა.

მიწისქვეშა წყლები წყალშემცველი ქანის სიტარიელების ხანიათისა და მათში წყლების განლაგების მიხედვით იყოფა: ფოროვან (ქვიშებში, კენენარში და სხვ. ნამტვრევ ქანებში), ნაპრალოვან (კლდოვან ქანებში — გრანიტებში, ქვიშაქვებში და ა. შ.) და კარსტულ (ქიმიურ და ორგანოგენულ დანალექ ქანებში — კირქვები, დოლომიტი, თაბაშირი და სხვ.) წყლებად.



ნახ. 26. მიწისქვეშა წყლების სახეები: 1—წყალგაუმტარი ფენა (საგები); 2—წყალშემცველი ფენა; 3 — წყალგაუმტარი ფენა (სახურავი); 4—გრუნტის წყლის აუზი; 5—ბიეზომეტრული დაწნევის ხაზი; 6—ზედა წალები; 7—გრუნტის წყლების თავისუფალი ზედაპირი; 8—კვების არე; 9—უღაწნეო გრუნტის წყლების არე; 10—შადრევის წარმოქმნის ზონა; 11—ფენათაშორისი დაწნევიანი წყლების ზონა; 12—წყარო.

თუ ქანის ფენა გრავიტაციული ტიპის წყალს შეიცავს, მას წყალშემცველ ფენას (ან პორიზონტს) უწოდებენ, რომელიც შეიძლება იყოს ფოროვანი ან ნაპრალებიანი (ნახ. 26).

წყალშემცველი ჰორიზონტის ქვემოთ წყალგაუმტარი ფენაა (საგები) — თიხები, თიხოვანი ფიქლები, არანაპრალოვანი ვულკანური და სხვა ქანები.

წყალშემცველი ჰორიზონტი ქანის შედგენილობისა და ასაკის მიხედვით არის ერთგვაროვანი და არაერთგვაროვანიც. ამ უქანასკნელ შემთხვევაში წყალშემცველი ჰორიზონტი შეიძლება შედგებოდეს რამდენიმე ფენისაგან, მაშინ მათ წყალშემცველი კომპლექსები ეწოდებათ.

დედამიწის ზედაპირიდან პირველ მუდმივმოქმედ უდაწნეო წყალშემცველ ჰორიზონტს გრუნტის წყლების ჰორიზონტი ეწოდება, ხოლო წყლებს — გრუნტის წყლები. ვინაიდან გრუნტის წყლები უდაწნეო წყლებია, აქვთ თავისუფალი ზედაპირი და ატმოსფეროსთან უშუალო კავშირი. მანძილს წყალგაუმტარი საგებიდან თავისუფალ ზედაპირამდე გრუნტის წყლის ჰორიზონტის სიძლიავე (ანუ ფენის სისქე) ეწოდება. დედამიწის ზედაპირიდან გრუნტის წყლების თავისუფალ ზედაპირამდე მთელ სივრცეს აერაციის ზონა ეწოდება, რომელშიაც წარმოებს დედამიწის ზედაპირიდან წყლების ჩაჟონვა.

აერაციის ზონაში ხშირად გამოერევა წყალგაუმტარი შრეები და ზედაპირიდან ჩაჟონილი წყალი დროებით მათზე გროვდება. ასეთ წყლებს ზედა წყლები ეწოდება.

წყალშემცველი ჰორიზონტები, რომლებიც განლაგებულია გრუნტის წყლების ქვემოთ, გამოყოფილია მათგან წყალგაუმტარი ან მცირედწყალგაუმტარი ქანებით და მათ ეწოდებათ ფენათშორისი წყლების ჰორიზონტები. ამ ჰორიზონტის წყლებს კი ეწოდება ფენათშორისი წყლები. ფენათშორის წყლებს ქვემოდან აქვს წყალგაუმტარი საგები, ხოლო ზემოდან წყალგაუმტარი სახურავი. აღნიშნული ტიპის წყლები შეიძლება იყოს უდაწნეო და დაწნევიანი (არტეზიული).

მიწისქვეშა წყლები შეიძლება მოთავსებული იყოს და განიცდიდეს ცირკულაციას მაგმურ, მეტამორფულ და ნალექ ნაპრალებიან ქანებში. ასეთ წყლებს ნაპრალები წყლები ეწოდება. ნაპრალები წყლები შეიძლება იყოს უდაწნეო და დაწნევიანი.

თუ მიწისქვეშა წყლები მოთავსებულია და ცირკულირებს ნაპრალებში, სიცარიელებში, არხებში, გამოქვაბულებში და ა. შ., რომლებიც წარმოქმნილია კირქვების, დოლომიტების, თაბაშირისა და სხვ.

გამოტუტვით, მაშინ ასეთ წყლებს კარსტული წყლები ეწოდება. კარსტული წყლები შეიძლება იყოს უდაწნეო და დაწნევიანი.

ზედაპირზე ბუნებრივად გამოსულ მიწისქვეშა წყლებს წყაროები ეწოდება. წყარო შეიძლება წარმოქმნას როგორც უდაწნეო, ასე დაწნევიანმა წყალმა. უდაწნეო წყლების მიერ წარმოქმნილ წყაროს დამავალი წყარო ეწოდება, ხოლო დაწნევიანი წყლების მიერ — ალმავალი წყარო.

აერაციის ზონაში მყოფ წყლებს ზედა წყლებს უწოდებენ. ნიადაგის ტიპის, რაიონის გეოგრაფიის, კლიმატური პირობებისა და სხვ. მიხედვით ზედა წყლების სიმძლავრე იცვლება დიდ დიაპაზონში და შეიძლება აღემატებოდეს 1,3...1,5 მეტრსაც. აღნიშნული ტიპის წყლები ძირითადად წარმოიქმნება ატმოსფერული და ზედაპირული წყლების ინფილტრაციით და მათ ფორმირებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადგილმდებარეობის რელიეფი.

გრუნტის წყლები, რომელთა რეჟიმები (დონეება, ტემპერატურა, ქიმიური შედგენილობა და ა. შ.) მნიშვნელოვნად ცვალებადია, ძირითადად წარმოიქმნება ატმოსფერული ნალექების ხარჯზე. ისინი იკვებებიან აგრეთვე წყალსატევებიდან და მდინარეებიდან, მათ ზოგჯერ ფილტრატებს უწოდებენ. ტერიტორიას კი, რომელზედაც ხდება გრუნტის წყლების შეესება ჩაჟონვით, კვების არე ეწოდება, რომელიც, ჩვეულებრივ, ემთხვევა გავრცელების არეს.

რელიეფისა და გეომორფოლოგიური პირობებისაგან დამოკიდებულებით გრუნტის წყლები შეიძლება თვითონ კვებადეს მდინარეებს, ე. ი. მათ შორის შეიძლება არსებობდეს მჭიდრო ჰიდრაულიკური კავშირი.

გრუნტის წყლები შეიძლება წარმოიქმნას კონდენსაციური და მიწისქვეშა დაწნევიანი წყლებისაგან.

რელიეფისა და ქანების წყალუვნადობის ხასიათის მიხედვით გრუნტის წყლები შეიძლება იყოს თითქმის უძრავი ან მოძრაობდეს სხვადასხვა სიჩქარით.

გრუნტის წყლების ჩაღრმავება იცვლება დიდ დიაპაზონში, შეიძლება ითქვას ნულიდან ზოგჯერ რამდენიმე ასეულ მეტრამდე. დაბლობი რელიეფის დროს გრუნტის წყლების ჩაღრმავება გაცილებით მცირეა, ვიდრე ამაღლებულ უბნებზე.

გრუნტის წყლების ჩაღრმავებაზე გავლენას ახდენს მცენარეული საფარი და სამეურნეო ფაქტორებიც (წყალსატევების მოწყობა, მი-

წების მორწყვა, გაწვლოვანება და ა. შ.). ზოგიერთ რაიონებში შეიძლება ხდებოდეს გრუნტის წყლების პერიოდულად წარმოქმნა და გაქრობა.

ფენათშორისი მიწისქვეშა წყლები, უპირატესად დაწნევიანია, ანუ არტეზიული.

ფენათშორისი არტეზიული წყლები გვხვდება დედამიწის ზედაპირიდან საშუალო ან ღრმა ფენებში და წარმოიქმნება ქანების შრეების განსაკუთრებული წყობის შემთხვევაში. ერთი ან რამდენიმე არტეზიული წყლით სავსე ფენას, ხშირად არტეზიულ აუზს უწოდებენ. ამ უკანასკნელს შეიძლება ჰქონდეს დიდი ზომები, რამდენიმე ათეულიდან ასეულ ათას კვადრატულ კილომეტრამდე. არტეზიულ აუზებში შეიძლება გამოიყოს სამი არე: კვების, დაწნევის და განტვირთვის.

არტეზიული აუზები ვერტიკალურ ჰრილში შეიძლება დავყოთ სამ ზონად. ზედა ზონა, სადაც წარმოებს წყლის თავისუფალი მიმოცვლა და არსებობს კავშირი თანამედროვე კლიმატურ ფაქტორებსა და ზედაპირულ წყლებს შორის. შუა ზონა, რომელშიაც გართულებულია წყლის თავისუფალი მიმოცვლა, რაც განპირობებულია კლიმატის საუკუნოვანი ცვალებადობით. ქვედა ზონაში კი საერთოდ არ არსებობს წყლის მიმოცვლა და კავშირი კლიმატურ ფაქტორებთან.

არტეზიული აუზები ეფექტურად გამოიყენება წყალმომარაგების სისტემაში და დიდი რაოდენობითაა როგორც საბჭოთა კავშირში, ასევე რესპუბლიკაში. კერძოდ, საქართველოს არტეზიული აუზებიდან ცნობილია: ალაზნის, კოდორის, კოლხეთის, რაჭა-ლეჩხუმისა და სამეგრელოს აუზები.

ნაპრალები, რომლებშიც მოძრაობს მიწისქვეშა ნაპრალური წყლები, წარმოიქმნება გეომორფოლოგიური, ტექტონიკური და კლიმატური ფაქტორების ზეგავლენით.

წყლის მოძრაობის სიჩქარე ნაპრალებში ძირითადად დამოკიდებულია ნაპრალების ზომებზე. თუ ტექტონიკური ნაპრალები კვეთს დაწნევიანი წყლების შემცველ ფენებს, ეს წყლები ნაპრალების საშუალებით შეიძლება ზედაპირზე ამოვიდეს. მიწისქვეშა წყლები მოთავსებულია სხვადასხვა წარმოშობის ნაპრალებში და ხშირად ერთმანეთთან ჰიდრაულიკურადაა დაკავშირებული.

კარსტული წყლები გავრცელებულია კირქვებში, თაბაშირის შემცველ ქანებში, თიხებშიც და საერთოდ ისეთ ქანებში, რომლებიც

წყლის მოძრაობის შედეგად იშლებიან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება დიდი ზომის მიწისქვეშა არხები, სიცარიელები, მღვიმეები და ა. შ. აქ წყლის მოძრაობა შეიძლება იყოს როგორც ლამინარული, ასევე ტურბულენტურიც.

კარსტული წყლები განსაკუთრებით მგრძობიარეა ნალექების მიმართ, ამიტომ მათი დებიტი, დონეები და საერთოდ რეჟიმები ხშირად ცვალებადია.

წყაროების სრულყოფილი კლასიფიკაცია არ არსებობს, მაგრამ შეიძლება გამოვეყნოთ წყაროები, რომლებიც დაკავშირებულია ზედა გრუნტის, ნაპრაღურ, კარსტულ, არტეზიულ და მრავალწლიური გამყინვარების რაიონების მიწისქვეშა წყლებთან.

წყაროების დებიტი იცვლება სეზონურად და წლების განმავლობაშიც. წყაროები, რომლებიც მხოლოდ წლის გარკვეულ პერიოდში — გამზაფხულზე ან წყალდიდობის დროს აღმოცენდებიან და შემდეგ აქლავ ქრებიან, იკვებებიან ზედა წყლებით.

წყაროს დებიტის ცვალებადობა განპირობებულია მრავალი ფაქტორით და შეიძლება იცლებოდეს დიდ დიაპაზონში — რამდენიმე კუბური სანტიმეტრიდან, რამდენიმე კუბურ მეტრამდე წამში.

მიწისქვეშა წყლებს აქვს მაღალი სანიტარიული თვისებები, ისინი ბაქტერიოლოგიურად სუფთაა და თავისუფალია მექანიკური მინარევებისაგან. მიწისქვეშა წყლებს აქვს მარტო გახსნილი მინარევები, მარილებისა და სხვა სახით, რაც გამოწვეულია იმით, რომ ქანებში გაელისას წყალში იხსნება ამ ქანების შემცველი ნივთიერებანი. ზედაპირული წყლების გრუნტში ფილტრაციის შედეგად წყალში ქანგბადის რაოდენობა მნიშვნელოვნად მცირდება ნიადაგში სხვადასხვა ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვასთან დაკავშირებით. ამავე დროს წყალი მდიდრდება ნახშირორჟანგით, რაც ადიდებს სხვადასხვა ქანების წყალში ხსნადობას.

დედამიწის ზედაპირიდან დაშორებული წყლის ხარისხი უკეთესია, რადგან იგი ინტენსიურად იფილტრება. მიწისქვეშა წყლების ხარისხი, ზედაპირულ წყლებთან შედარებით, სტაბილურია როგორც დღე-ღამის, ასევე სეზონის, წლიურ და მრავალწლიურ პერიოდშიც.

ტ ე მ კ ე რ ა ტ უ რ ი ს მიხედვით მიწისქვეშა წყლები იყოფა: განსაკუთრებულ ცივ (0°C), ძალიან ცივ ($0-4^{\circ}\text{C}$), ცივ ($4-20^{\circ}\text{C}$), თბილ ($20-37^{\circ}\text{C}$), ცხელ ($37-42^{\circ}\text{C}$), ძალიან ცხელ ($42-100^{\circ}\text{C}$) და განსაკუთრებულ ცხელ (100°C მეტი) წყლებად.

მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა დამოკიდებულია ინფილტრაციული წყლებისა და ქანების ტემპერატურაზე, მათზე მოქმედებს ისეთი ფაქტორებიც, როგორცაა მიწისქვეშა წყლების გზის სიგრძე, სიჩქარე, სხვადასხვა ფიზიკური და ქიმიური პროცესები, რომლის შედეგადაც წყლის ტემპერატურა იზრდება ან მცირდება.

მიწისქვეშა წყლებს აქვს თავისებური თბური რეჟიმი და ცალკეულ შემთხვევაში მათზე გავლენას ვერ ახდენს ან ახდენს ძალიან უმნიშვნელოდ ზედაპირული წყლების ინფილტრაცია. მაგალითად, ნატახტრის წყაროების მაქსიმალური ტემპერატურა შეინიშნება მაშინ, როდესაც მდინარე არაგვეში წყლის ტემპერატურა მინიმალურია.

წყლის ტემპერატურის რეჟიმი დედამიწის ზედა ფენებში რეგიონის მიხედვით სხვადასხვანაირია, საერთოდ კი ტემპერატურა დედამიწის სიღრმეში მატულობს.

მზის გამოსხივების ინტენსივობის ცვალებადობის გამო მიწის ზედაპირიდან 1,5...40 მ თბური რეჟიმი ხასიათდება დოკლამურა და წლიური ცვალებადობით. ამ სიღრმის ქვემოთ კი ხდება ტემპერატურის მრავალწლიური და საუკუნოვანი ცვალებადობა.

გრუნტის წყლები ხასიათდება გამჭვირვალობით, ხოლო ფერი შეიძლება მისცეს გახსნილმა მარილებმა, მაგალითად, რკინამ. მიწისქვეშა წყლებს გემოს აძლევს მასში გახსნილი ნივთიერებები: მლაშე გემოს — ქლორიანი ნატრიუმი, მწარეს — მაგნიუმის სულფატი, ყანგის გემოს კი — რკინის მარილები.

წყლის სუნი მიაინიშნებს წყალში ბიოქიმიური წარმოშობის აირების (გოგირდწყალბადის და სხვა) ან ლობობად ორგანულ ნივთიერებათა არსებობაზე.

მიწისქვეშა წყლების სიმკვრივე შეიძლება იყოს 1...1,2 გ/სმ³ და მეტიც. სიმკვრივე მნიშვნელოვნად იზრდება მინერალიზაციისა და ტემპერატურის გადიდებით, ტემპერატურის გაზრდა კი იწვევს სიმკვრივის მნიშვნელოვან შემცირებას.

მიწისქვეშა წყლების ელექტროგამტარობა დამოკიდებულია წყლების მინერალიზაციის ხარისხზე და ელექტროგამტარობის საზომად მიღებულ კუთრ ელექტრონულ წინაღობაზე. მტკნარი წყლები ხასიათდება უმნიშვნელო ელექტროგამტარობით და მათი მნიშვნელობა იცვლება დიპაზონში 33×10^{-5} ... $1,3 \times 10^{-3}$ ომი. მ.

დღეისათვის მიწისქვეშა წყლებში აღმოჩენილია მენდელეევის პერიოდული სისტემის 60-მდე ელემენტი. წყლის ქიმიური შედგენილობა იცვლება დროის მიხედვით.

მიწისქვეშა წყლების ქიმიურ შედგენილობაზე საერთოდ მსჯელობენ ისეთი მაჩვენებლების მიხედვით, როგორცაა მინერალიზაცია და მშრალი ნაშთის მასიური კონცენტრაცია. მშრალი ნაშთის მასიური კონცენტრაციის მიხედვით მიწისქვეშა წყლები შეიძლება დავყოთ შემდეგ ჯგუფებად: ზედმიწევნით მტკნარი (200 მგ/ლ) მტკნარი (200...1000 მგ/ლ), მცირემარილიანი (1000...3000 მგ/ლ), ძლიერმარილიანი (3000...10000 მგ/ლ), მლაშე (10000...35000 მგ/ლ) და მარილწყალი (35000 მგ/ლ მეტი).

წყალბადური მაჩვენებელი (pH), რომელიც წყალბად-იონთა კონცენტრაციის უარყოფით ლოგარითმს წარმოადგენს, ახასიათებს წყლის აქტიურ რეაქციას, ანუ მიწისქვეშა წყლების აგრესიულობას და ძირითადად დამოკიდებულია წყალში ნახშირმჟავას სხვადასხვა ფორმების შემცველობაზე, ორგანულ მჟავებზე, აირებზე და სხვ. მიწისქვეშა წყლების უმეტეს ნაწილს pH აქვს 6...8,4 ზღვრებში.

წყლებში სიხისტე ძირითადად განპირობებულია კალციუმისა და მაგნიუმის იონების არსებობით. მიწისქვეშა წყლებში გვხვდება სიხისტის მიხედვით შემდეგი ჯგუფები: ძალიან რბილი (1,5 მგ. ეკვ./ლ-მდე), რბილი (1,51...3,0 მგ. ეკვ./ლ), ზომიერად ხისტა (3,01...6,0 მგ. ეკვ./ლ), ხისტი (6,01...9,0 მგ. ეკვ./ლ) და ძალიან ხისტი (9,0 მგ. ეკვ./ლ მეტი).

მიწისქვეშა წყლების ქიმიური შედგენილობის, წყლის დონეებისა და ტემპერატურის ცვალებადობა ერთმანეთთან მჭიდრო კავშირშია და ხშირად ერთდროულადაც მიმდინარეობს. მიწისქვეშა წყლების ბინადართ ჩვეულებრივ ტროგლობიონტებს უწოდებენ. დღეისათვის არტეზიული წყლების ბინადრის ძალიან სუსტადაა შესწავლილი. გრუნტისა წყლებიდან ჰიდრობიოლოგიური თვალსაზრისით შედარებით კარგადაა შესწავლილი მღვიმის წყლები.

მღვიმის წყლების ბინადარის შედგენილობა პირველ რიგში დამოკიდებულია მათი განათების ხარისხზე. ევტროფულ ზონაში შეინიშნება შემთხვევითი ბინადრების ტროგლოქსენების სიჭარბე. აქ კვების ძირითად წყაროს მცენარეები და მათი ნარჩენები წარმოადგენს. ოლიგოფოტურ ზონაში ქარბობენ ტროგლოფილები, ორგანიზმების ბიომასა აქ ნაკლებია, მნიშვნელოვანი რაოდენობით ვითარდება ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები და ბაქტერიები. აფოტური ზონის ბინადარნი კემპარიტი ტროგლობიონტები არიან, რომელთათვისაც დამახასიათებელია ევრიფაგია. იგი წარმოდგენილია ბაქტერიებით, უმარტივესე-

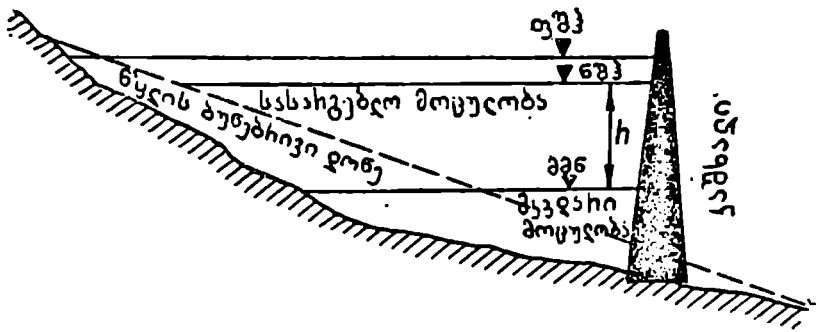
ბით, კიბოსნაირებით, ზოგიერთი მოლუსკებითა და ამფიბიებით. ფაუნა უმთავრესად შედგება წყლის პირველადი ცხოველებისგან, რომელთა შორის ბევრი ენდემური სახეობაა. სახეობრივი შედგენილობის მიხედვით განსაკუთრებით მდიდარია ნიჩაბფეხა კიბორჩხალები (120 სახეობაზე მეტი) და კრევეტები, შედარებით მცირერიცხოვანია მოლუსკები, ერთეული ფორმებითაა წარმოდგენილი არქიანელიდები, წურბელები და პოლიქეტები. მღვიმეების ბინადარი მოიცავს ზღვას ფორმებთან ნათესაურად დაკავშირებულ ორგანიზმებსაც. მღვიმის ცხოველების რიცხოვნობა და ბიომასა უმნიშვნელოა, ძირითადად საკვების საკმარისი რაოდენობის უქონლობის გამო, რომელიც აქ ზედაპირიდან შემოდის. უხვად აქ მხოლოდ ბაქტერიებია წარმოდგენილი, რომელთა ბიომასა, მაგ. ამიერკავკასიის ზოგიერთ მღვიმეში შეადგენს გრუნტის საერთო მოცულობის 10—20 %-ს.

3.1.6. ხელოვნური წყალსატევები და არხები

ადამიანის ხელით შექმნილ წყალსატევებს შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს წყალსაცავებს, ტბორებს, სანაოსნო და სარწყავ არხებს, მრავალრიცხოვან სალექტებს, საირიგაციო სისტემის ნაირგვარ წყალსატევებს. წყალსაცავებს მიეკუთვნება მსხვილი წყალსატევები შენელებული წყალ ცვლით, რომელთა რეჟიმი ხელოვნურადაა შეცვლილი და მუდმივად რეგულირდება წყლის რესურსების დაგროვებისა და მათი შემდგომი გამოყენების მიხედვით. წყალსაცავები ჩვეულებრივ მდინარეული, ტბიური და ჩასხმითი წარმოშობისაა. ამ უკანასკნელს ქმნიან რელიეფის დადაბლებებში, სადაც არხების საშუალებით მიაწვდიან წყალდიდობის ჰარბ წყლებს. ფორმის მიხედვით არჩევენ გაჭიმულ — ხეობის ტიპის და შედარებით განიერ — ტბის ტიპის წყალსაცავებს, განლაგების სიმაღლის მიხედვით — დაბლობის, მთისწინა და მთის წყალსაცავებს.

წყალსაცავები წყლის დაგროვების ხასიათისა და ხარჯის მიხედვით, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შეიძლება იყოს წლიური, სეზონური, კვირეული და დღე-ღამური რეგულირების. პირველი ტიპის წყალსაცავები უზრუნველყოფენ ბუნებრივი ჩამონადენის მოცულობის ზრდას წყალმცირე წლებში და ამიტომ დიდი ზომისა უნდა იყოს (უნდა იტევდეს მდინარის წლიური ჩამონადენის 20—50%). სეზონური რეგულირების წყალსაცავებში მიმდინარეობს ჩამონადენის გადანაწილე-

ბა წლის განმავლობაში: წყალდიდობის დროს წყალი გროვდება და უზრუნველყოფს საჭირო დონეს წყალმციროების პერიოდებში. კვირული და დღე-ღამური რეგულირება ჩვეულებრივ დამოკიდებულია ელექტროენერგიის გამომუშავების ნორმების ცვალებადობაზე სამუშაო და უქმე დღეებში და ა. შ. წყალსაცავის მთლიანი მოცულობა შედგება სასარგებლო (რომელიც გამოიყენება) და მკვდარი (რომელიც არ იხარჯება) მოცულობებისაგან. წყალსაცავის მნიშვნელოვანი პარამეტრებია — შეტბორვის ნორმალური დონე, მკვდარი მოცულობის დონე და შეტბორვის ფორსირებული დონე, რომელიც წარმოიქმნება წყალდიდობის მოჭარბებული ხარჯების გატარებისას (ნახ. 27).



ნახ. 27. წყალსაცავის მოცულობები და წყლის დონეები: 1—შეტბორვის ნორმალური დონე; 2—შეტბორვის ფორსირებული დონე; 3—მკვდარი მოცულობის დონე.

მდინარეული წყალსაცავების ქვაბულები ხშირად ასიმეტრიულია, რადგანაც იმეორებენ ყოფილი ხეობის მოხაზულობას.

წყალსაცავების დამახასიათებელი თვისებაა — დონის ხშირი და ამასთან ერთად მნიშვნელოვანი ცვალებადობა, რაც დაკავშირებულია წყლის დაგროვებისა და ხარჯის (მორწყვაზე, ელექტროენერგიის გამომუშავებაზე და სხვა საჭიროებებზე) რეჟიმის თავისებურებებთან. წყალსაცავში დონის დაწევისას მისი ნაპირისპირა წყალთხელი ზოლი წყლისგან იცლება, ზაფხულში შრება და ზამთარში იყინება, რასაც თან სდევს წყლის მრავალი ბინადარის ფიზიკური განადგურება. დიდ წყალსაცავებში ქარების დროს შეინიშნება ძლიერი ღელვა და ნაპირების ენერგიული გამორეცხვა. ჰიდროლოგიური მახასიათებლების მიხედვით მდინარის წყალსაცავებს გააჩნიათ როგორც მდინარის ასევე

ტბის ნიშან-თვისებები; ტბებს ემსგავსებიან მნიშვნელოვანი სივანით, განსაკუთრებით კაშხლისწინა მონაკვეთში, რის გამოც ძლიერდება ქარისმიერი მოქმედება; დინების შენელებას თან სდევს წყლის დაწმენდა და წყლის სიზრქის განშრეგება — ტემპერატურული და ჟანგბადური დიქტომიის წარმოქმნა. მდინარესთან მსგავსება მეტავენდება დინების სიჩქარის შენარჩუნებაში, განსაკუთრებით ზედა ნაწილში და დატბორილი კალაპოტის ღერძის გასწვრივ, რის გამოც ჰიდროლოგიური გრადიენტები ტბებთან შედარებით გაცილებით სუსტადაა გამოხატული. წყალსაცავების ზედა ნაწილში ჰიდროლოგიური რეჟიმი მდინარის რეჟიმის მსგავსია, ხოლო ქვედა ნაწილში — ტბისა. ჰიდროლოგიური რეჟიმის დამახასიათებელი მაჩვენებელია წყალთმომოცვლის კოეფიციენტი — წყალსაცავიდან წლიური ჩამონადენის ფარდობა წყალსაცავის მოცულობასთან. დაბლობის მდინარეებზე მოწყობილ წყალსაცავებში, წყალმომოცვლის კოეფიციენტი მერყეობს, როგორც წესი 1-დან 10-ის ფარგლებში და რაც უფრო მაღალია იგი, მით უფრო ემსგავსება წყალსაცავის რეჟიმი მდინარისას. წყალსაცავების ჰიდროლოგიურ და ბიოლოგიურ რეჟიმზე ძლიერად მოქმედებს წყლის დონის დაწევა სიღრმული წყლების გადაადგილების ხარჯზე, რომლებიც ვეგეტაციური პერიოდის განმავლობაში გამოირჩევა დაბალი ტემპერატურით, ჟანგბადის შედარებით დაბალი შემცველობით და ბიოგენების მაღალი კონცენტრაციით. ასეთი წყლების გადაადგილების შედეგად წყალსაცავში მიმდინარეობს სითბოს დაგროვება, ბიოგენების შემცირება და ჟანგბადური პირობების გაუმჯობესება ფსკერთან. რასაც ქვედა ბიეფში — კაშხლის შემდეგ ერთდროულად თანა სდევს ტემპერატურის შემცირება ჟანგბადური რეჟიმის გაუარესება და მდინარის გამდიდრება ბიოგენებით.

სახეობრივი შედგენილობითა და რაოდენობრივი სიმდიდრით წყალსაცავების ბინადარს უკავია თითქოსდა შუალედური მდგომარეობა მდინარისა და ტბის ბინადართ შორის. მდინარის ტიპის წყალსაცავების ზედა ნაწილში შენარჩუნებულია მდინარის ბინადარი შუა ნაწილში — ფლორა და ფაუნა შუალედური ხასიათისაა, ხოლო კაშხლისწინა ზონაში იძენს ტბის ბინადართა ნიშან-თვისებებს. ტბის ტიპის წყალსაცავებში, ბინადარი ბუნებრივია თავისი შედგენილობის მიხედვით ტბის ბინადარის მსგავსია. წყალსაცავის არსებობის პირველ სტადიაზე ბინადარი უახლოვდება საწყისი წყალსატევის ბინადარებს. შემდგომში იგი იძენს სპეციფიკური სახეს, რაც ძირითადად წყალსატევის გეოგრა-

ფიულ მდებარეობაზეა დამოკიდებული. წყალსაცავის ფაუნის ფორმირების პროცესი დაბლობის დიდ მდინარეებზე მიმდინარეობს სამ სტადიად. ფორმირებული წყალსაცავის პლანქტონი ძირითადად შედგება ბაქტერიებისაგან, ლურჯმწვანე, დიატომური და მწვანე წყალმცენარეებისაგან, ინფუზორიებისგან და კიბოსნაირებისაგან. მდინარეებთან შედარებით, აქ ბაქტერიების შემცველობა რამდენადმე დიდია. ასე მაგ., კუიბიშევის წყალსაცავში წყლის 1 მლ. — 1—2 მლნ. ბაქტერიაა, ვოლგოგრადის — 0,17—დან 3,3 მლნ-მდე, რიბინსკის — 0,6—1,2 მლნ. დაახლოებით ასეთივე მდგომარეობაა სხვა დიდ წყალსაცავებშიც. წყალსაცავებში ფიტოპლანქტონის სიმდიდრე დიდადაა დამოკიდებული შემოსული წყლების სიმღვრივის ხარისხზე და მისი დაწმენდის სიჩქარეზე. წყალსაცავის ზედა ნაწილში, სადაც წყლის სიმღვრივე მნიშვნელოვანია — ფიტოპლანქტონი ნაკლებია და სახეობრივი შემადგენლობით (დიატომურების სიჭარბით) უფრო მდინარისას წააგავს. ვიდრე შუა ნაწილში. კაშხალისწინა მონაკვეთში ფიტოპლანქტონი აგრეთვე ცოტაა, ვინაიდან დიდი სიღრმის გამო ფსკერზე ჩაშვებულ წყალმცენარეებსა და ცხოველებში არსებული ბიოგენები გამოდიან წრებრუნვიდან, ჩერდებიან გრუნტში და საკვები მარაგების უკმარისობა ზღუდავს წყალმცენარეების განვითარებას. ჩვენი წყალსაცავების ფოტოტროფულ პლანქტონში ყველაზე მეტად გავრცელებულია დიატომური, ლურჯმწვანე, მწვანე წყალმცენარეები. წლის ცივ პერიოდში იზრდება დიატომურების, ხოლო ცხელ პერიოდში — ლურჯმწვანე წყალმცენარეების როლი. წყალმცენარეების ზოოპლანქტონი უპირატესად წარმოდგენილია უფრო შოლტისებურებით, ინფუზორიებით, დატოტვილულვაშიანი და ნიჩაბფეხა კიბოებით. 1 ლიტრ წყალში ჩვეულებრივ გვხვდება რამდენიმე, მილიონი უფრო შოლტისებრი, ათეული ათასი ინფუზორია, ერთეულობით და ათეულობით ეგზემპლარი კიბოსნაირი. შტორმებისა და ძლიერი ქარების შემდეგ წყალსაცავის ნაპირების გასწვრივ შეინიშნება მინარეებისაგან მღვრიე წყლის განიერი ზოლები, რომელშიც თითქმის აღარ არის ზოოპლანქტონი.

მიკროორგანიზმების რაოდენობა წყალსაცავის ნედლი ლამის 1 გ-ში მერყეობს 0,5—2,5 მლრდ. უჯრედის ფარგლებში.

წყალსაცავების სანაპირო ზონაში ზოობენტოსის არსებობაზე უარყოფითად მოქმედებს მისი პერიოდული გაშრობა და გაყინვა.

წყალსაცავების ფსკერული ბინადრის შედგენილობა დიდადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორი იყო იგი საწყის წყალსატევში.

ნექტონი პრაქტიკულად მხოლოდ თევზებითაა წარმოდგენილი. მდინარეების დარეგულირების შემდეგ მათი შედგენილობიდან რეოფილური ფორმები ქრება, ლიმნოფილურები კი პირიქით, მრავალრიცხოვანი ხდება. ლიმნოფილური თევზებისათვის განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობებია წყალსაცავის არსებობის პირველ წლებში, როდესაც წყლით დაფარული მცენარეულობის დიდი რაოდენობა წარმოქმნიან ქვირითვის საყრელ დამატებით ადგილებს. შემდგომში წყლით დაფარული მიწისზედა მცენარეების გადაშენების შედეგად ფიტოფილური თევზებისათვის ქვირითვის ყრის პირობები უარესდება და მათი რაოდენობა კლებულობს. გარდა ამისა, თევზების რიცხოვნობაზე აზარელსაყრელად მოქმედებს მათი საკვები ბაზის გაღარიბება, რაც შეინიშნება წყალსაცავის მოწყობიდან 1—2 წლის შემდეგ.

ხელოვნურ წყალსაცავებს მიეკუთვნება ის ტბორებიც, რომლებსაც აწყობენ თევზის მოშენებისთვის, დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებისათვის, მინდვრების მოსარწყავად, საქონლის დასარწყულებლად და მთელი რიგი სხვა მიზნებისათვის. ტბორი შეიძლება იყოს კაშხალით წარმოქმნილი მდინარეებისა და ღრანტეების გადახიდვის შედეგად; ნათხარი, რომელიც ატმოსფერული ნალექებითა და გრუნტის წყლებით იკვებება და ტბორები, რომლებშიც წყალი სპეციალური არხებით ჩაედინება.

ყველა შემთხვევაში ტბორი წარმოადგენს მცირე წყალსატევს წყლის სარკის მცირე ფართობით. ტბორის მცირეწყლოვნობის გამო მასში მიმდინარეობს წყლის ფენების ძლიერი შერევა ქარის მიერ, გრუნტის ამობურცვა მკვეთრად აქვეითებს წყლის გამჭვირვალობას, რაც ხელს უშლის მზის რადიაციის შეღწევას წყლის სიღრმეში. ამის გამო, მიუხედავად წყალმცირობისა, ზაფხულში წყლის ტემპერატურა ხშირად რამდენიმე გრადუსით უფრო მაღალია ზედაპირთან, ვიდრე ფსკერზე. გრუნტის ამობურცვა მკვეთრად აძლიერებს ფსკერისა და წყლის სიზრქის ურთიერთქმედებას, რაც იწვევს მასში ბიოგენებისა და ფსკერული დანალექებიდან სხვა ნივთიერებების შეტანის გაძლიერებას. ტბორების ბინადარი გამოირჩევა სახეობრივი ერთფეროვნებით, თუმცა თავისი რიცხოვნობისა და ბიომასის მახედვით იგი ხშირად ტბის ბინადარზე უფრო მდიდარია. ტბორების ფაუნაში მთავარ როლს ასრულებენ წყლის მეორადი ორგანიზმები, რომლებიც უპირატესად ევრიბიონტური ფორმებითაა წარმოდგენილი, რაც გარემოს

ტემპერატურულ, ქანგბადურ და სხვა ფაქტორების არამდგრადობას ასახავს. ტბორებში ბაქტერიების რიცხვი შეიძლება აღწევდეს რამდენიმე ათეულ მილიონს 1 მლ-ში, როგორც ეს შეინიშნება, მაგალითად, ტბორებში ორგანული სასუქების შეტანის შემთხვევაში.

ჩვენი ტბორებისათვის ყველაზე მეტად დამახასიათებელია მწვანე და ლურჯმწვანე წყალმცენარეები. ზოოპლანქტონი უმთავრესად შედგება ინფუზორიების, დატოტვილულეაშიანი და ნიჩბფეხება კიბობი-საგან. თუ ტბორები გაუმტარია, მაშინ ფიტობენტოსი მნიშვნელოვნად მდიდარია. მაკროფიტების ბარდებში ჩვეულებრივ გავრცელებულია ლერწამი, ისლი და სხვ., რომლებზედაც ჩნდება მდიდარი ფიტოფილური ფაუნა მწერების ჭუპრებისაგან, მოლუსკებისგან, ღრუბლებისაგან. განსაკუთრებით მდიდარია რბილი მცენარეულობის ფაუნა. ზობენტოსი უპირატესად მოიცავს ინფუზორიებს და მიკროზობენტოსის სხვა წარმომადგენლებს, ოლიგოქეტებს, მოლუსკებს, კოდოს ჭუპრებს. იმაგოს და ა. შ. ზობენტოსი ტბორის ფსკერზე საკმაოდ თანაბრად ნაწილდება როგორც სახეობრივი, ასევე რაოდენობრივი თვალსაზრისით. ინფაუნის ორგანიზმების უმრავლესობა თავმოყრილია გრუნტის ზედაპირულ ფენაში, ამასთან ერთად ცხოველები დღისით უფრო დიდ სიღრმეებში არიან, ვიდრე ღამით. ზამთარში ფსკერული ორგანიზმები აღწევენ გრუნტში უფრო ღრმად, ვიდრე ზაფხულში. ტბორების ნექტონი წარმოდგენილია მცირერიცხოვანი თევზებით, კერძოდ, კარჩხანათი და კობრით. ხელოვნურად აშენებენ კალმახს და სხვა სახეობებს.

სარწყავი სისტემების არხებსა და წყალსატევს აგებენ ხელოვნურად, მდინარეების ჩამონადენის გადანაწილებასთან დაკავშირებით მორწყვის, ნაოსნობის, სასმელი წყლის ტრანსპორტირებისა და სხვა მიზნებისათვის. არხებში შემოსული წყალი უნდა აკმაყოფილებდეს სხვადასხვა მოთხოვნებს მაგალითად, სარწყავ არხებში მეტად მნიშვნელოვანია ზოგიერთი იონის კონცენტრაცია, ტექნიკურ არხებში --- წყლის ბიოლოგიური სრულფასოვნება. არხების მოსახლეობა უდიდეს შემოქმედებას ახდენს წყლის ხარისხზე და გარდა ამისა, არსებითად ცვლის არხების წყალგამტარიანობის უნარს და სანაოსნო თვისებებს (ლერწამითა და ლაქაშით ამოვსება და ა. შ.).

სარწყავი სისტემები წააგავს მდინარის ინვერსირებულ სისტემებს. თუ მდინარის სისტემაში კალაპოტს ქვედა ადგილი უკავია, ხოლო წყალსატევი განლაგებულია მაღლა, სარწყავ სისტემებში, პირიქით, სათავე არხი განლაგებულია ყველა ელემენტზე მაღლა. მთავარ მდი-

ნარეში ჩაედინებიან შენაკადები, ხოლო სათავე არხიდან განშტოებები წყალს მიაწვდიან მომხმარებელს.

სარწყავი არხების სათავეში წყალი თავისი მახასიათებლებით უახლოვდება საწყისს (მდინარის ან სხვ.), შემდგომში ტემპერატურა, გამკვირვალობა და სხვადასხვა ჰიდროქიმიური მაჩვენებლები იცვლება და შესაბამისად ყალიბდება სპეციფიკური ბინადარი. სანაპირო ფერდობებზე ვითარდება ლითორეოფილები, სათავიდან დაშორებისას და დინების სიჩქარის შენელებისას ფსამორეოფილები იცვლებიან პელორეოფილებით და პელოფილებით. იქ, სადაც დინების სიჩქარის შენელების გამო ფსკერზე დიდი რაოდენობის შეწონილი მასალა გროვდება, ნაპირებთან ჩნდება უმალლესი წყალმცენარეები, რომლებიც თავის მხრივ ანელებენ დინების სიჩქარეს.

ფერდობების ბინადართა სიუხვე და სტრუქტურა მოპირკეთებულ და მოუპირკეთებელ არხებში ძალიან განსხვავებულია, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს საწყისი წყლების ხარისხის ტრანსფორმაციის ხასიათს. ჰიდროლოგიური რეჟიმის წამყვან ელემენტს, რომელიც განაპირობებს არხების ბინადართა ამა თუ იმ სახეს, წარმოადგენს დინების სიჩქარე.

3. 2. მოთხოვნები, როგორც წამყვანა წყლის ხარისხს

3.2.1. ბუნებრივი წყლის ხარისხი

წყლის შემადგენლობისა და თვისებების მახასიათებელია წყლის ხარისხი, რომელიც ამავე დროს განსაზღვრავს მის ვარგისიანობას ამა თუ იმ კონკრეტული წყალმომხმარებლისათვის.

წყლის ხარისხი განისაზღვრება ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიურ-ბაქტერიოლოგიური მაჩვენებლებით.

წყლის ფიზიკური მაჩვენებლებია: ტემპერატურა, სიმღვრივე, გამკვირვალობა, ფერიანობა, გემო და სუნნი.

ზედაპირული წყლების ტემპერატურა ატმოსფერული ტემპერატურის ზეგავლენით წლის განმავლობაში იცვლება ძალიან დიდ დიაპაზონში $0,1-30^{\circ}\text{C}$, მაშინ როდესაც მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა შედარებით სტაბილურია $8-12^{\circ}\text{C}$ (ცხადია მხედველობაში თუ არ მივიღებთ თერმიულ წყლებს).

წყალს სიმღვრივეს აძლევს წყალში მყოფი მოტივტივე-შეწონილ მღვამარეობაში მყოფი და კოლოიდური ნივთიერებანი (სხვადასხვა სახის მექანიკური მინარევები — ქვიშა, თიხა, ორგანული ნივთიერებები, პლანქტონი და სხვ.).

სიმღვრივე შეიძლება განპირობებული იყოს წყალში ისეთი მინერალური ნივთიერებების არსებობით, როგორცაა თუთიის, რკინისა და მანგანუმის ნაერთები. სიმღვრივე ჩვეულებრივად ახასიათებს ზედაპირულ წყლებს, განსაკუთრებით მდინარისას, ხოლო რაც შეეხება მიწისქვეშა წყლებს, მათ გააჩნიათ დაბალი სიმღვრივე. ბუნებრივი წყაროს სახისა და წლის ღროის მიხედვით შეწონილი ნივთიერებების რაოდენობა წყალში იცვლება ძალიან დიდ დიაპაზონში.

მინარევების რაოდენობის მიხედვით ბუნებრივი ზედაპირული წყლები იყოფა: მცირე სიმღვრივის — 50 მგ/ლ-მდე; საშუალო სიმღვრივის — 50—250 მგ/ლ; მღვრიე — 250—1500 მგ/ლ-ზე მეტი.

გამჭვირვალობა სიმღვრივის შებრუნებული ცნებაა, თუმცა წყალში შეწონილი ნივთიერებების რაოდენობისა და გამჭვირვალობას შორის მკაცრი ცალსახა კავშირი არ არსებობს. საერთოდ რაც მეტია სიმღვრივე მით ნაკლებია წყლის გამჭვირვალობა. გამჭვირვალობა დამოკიდებულია არა მარტო შეწონილი ნივთიერებების რაოდენობაზე, არამედ კოლოიდურ მინარევებზე. გარდა ამისა წყლის გამჭვირვალობაზე მოქმედებს ნაწილაკების ფორმა და ზომები, რასაც სიმღვრივისათვის მნიშვნელობა არა აქვს.

ფერს (ყვითელი, მოყავისფრო ან ყვითელ-მწვანე და ა. შ.) ბუნებრივ წყალს აძლევს მაღალმოლეკულური ჰუმუსური ნივთიერებები, რომლებიც გამოირჩევიან ნიადაგებიდან, ჩადიან ტოფოვანი ჰაობებიდან, წარმოიქმნებიან მცენარეულობით და მათ ნაშთების ბაქტერიულ-აერობული ლპობის პროდუქტებიდან. ფერიანობა უფრო ახასიათებს ტბების, ჰაობებისა და წყალსაცავების წყლებს. წყლის ფერი შეიძლება გამოიწვიოს ისეთმა ლითონებმა. როგორცაა სპილენძი, რკინა და მანგანუმი. ფერიანობა იზომება გრადუსებში, ე. წ. პლატინაკობალტის შკალით. ნორმების მიხედვით ფერიანობა 20° არ უნდა აღემატებოდეს. აქედან გამომდინარე ბუნებრივი ზედაპირული წყლები ჰუმუსური ნივთიერებების მიხედვით შეიძლება დაიყოს სუსტად შეფერილ — როდესაც ფერიანობა 35°-მდეა, საშუალოდ შეფერილ 35—120° და ძლიერ შეფერილად 120°-ზე მეტი. გემოსა და სუნს წყალს აძლევს შიგ გახსნილი სხვადასხვა აირები, მინერალური მარილები, ორგანული ნივთიერებები, მიკრო ორგანიზმები და წყლის დამპალა

მცენარეები. დიდი რაოდენობით მინერალური მინარევეები იძლევა მინერალურ წყლებს, წყლის ტემპერატურის გაზრდის დროს ძლიერდება სუნი და გემოც. დადგენილია, რომ სასმელ წყალში არსებული მარილებიდან წყლის გემოზე უფრო მეტ გავლენას ახდენს ქლორიდი და კარბონატები, ვიდრე სულფატები და ბიკარბონატება. ზედაპირული წყლების სუნი იცვლება წლის განმავლობაში სეზონების მიხედვით. პრაქტიკაში ზოგჯერ წყლის სუნის ინტენსივობის შეფასება წარმოებს სინჯის გახსნით წყალში, ვიდრე დაფიქსირდება სუნის გამოვლენის ზღურბლი. ჩვენში გემო და სუნი იზომება თანრიგებით — დეგუსტაციის საშუალებით. აღსანიშნავია, რომ სუნის შეგრძნება ადამიანებში სუბიექტურია და ცვალებადი. დადგენილია, რომ მოზრდილი ქალები ზოგიერთი ნივთიერებების სუნის მიმართ უფრო მგრძნობიარენი არიან ვიდრე მოზრდილი მამაკაცები. ასაკის მომატებასთან ერთად (60 წელზე ზემოთ) სუნის შეგრძნება ადამიანებში ქვეითდება, ქვეითდება აგრეთვე გემოვნების შეგრძნების უნარიც. წყლის გემოს მიმართ ადამიანის ოპტიმალურა მგრძნობიარობა შეინიშნება როდესაც წყლის ტემპერატურა 22°C .

წყლის ძირითადი ქიმიური მაჩვენებლებია: შეტოვტივებული ნივთიერებების კონცენტრაცია (მგ/დმ³); მშრალი ნაშთი (მგ/დმ³); ქანგვადობა (მგ/მლ³); გახსნილი ქანგვადი (მგ/დმ³); ქანგვადის ბიოქიმიური მოზმარება — „შბმ“ (მგ/დმ³); თავისუფალი ქლორი (მგ/დმ³); წყალბადური მაჩვენებელი (pH); წყლის სიხისტე (მგ-ეკვ/დმ³); ელექტროგამტარობა (ომი⁻¹ სმ⁻¹) და ა. შ. მინერალური ნაერთები მიწისქვეშა წყალში გაცილებით უფრო დიდი რაოდენობითაა, ვიდრე ზედაპირულ წყლებში. ისინი განაპირობებენ წყლის ქიმიურ თვისებებს და ისეთ მახასიათებლებს, როგორცაა: ხვედრითი წინაღობა და აქტიური რეაქცია, კარბონატული და საერთო სიხისტე, ამონიუმის აზოტის, ნიტრატებისა და ნიტრატების შედგენილობა და ა. შ.

წყლის ხარისხის შესაფასებლად ერთ-ერთი ძირითადია წყალბადური მაჩვენებელი (pH). წყალბადის იონების კონცენტრაცია წყალში განსაზღვრავს მის აქტიურ რეაქციას. ნეიტრალური რეაქციის დროს $\text{pH} = 6,5-7,5$, ძლიერი მჟავური რეაქციის დროს $\text{pH} < 5,5$, სუსტი მჟავური რეაქციის დროს — $\text{pH} = 5,5-6,5$, სუსტი ტუტოვანი რეაქციის დროს — $\text{pH} = 8-10$, ხოლო ძლიერტუტოვანი რეაქციის დროს $\text{pH} > 10$. აღსანიშნავია რომ pH დაბალი მნიშვნელობების დროს იზრდება წყლის კოროზიული მოქმედება ბეტონზე, ლითონზე და სხვა მასალებზე.

წყლის სიხისტე განპირობებულია წყალში გახსნილი კალციუმის- და მაგნიუმის მარილების არსებობით. არჩევენ საერთო, კარბონატულ-დროებით სიხისტეს და არაკარბონატულ-მუდმივ სიხისტეს. მიწისქვეშა წყლები, რომლებიც გაივლიან კირიან, თაბაშირიან და სხვა ქანებს, განსხვავებით ზედაპირული წყლებისაგან, ხასიათდებიან მაღალი სიხისტით. ზედაპირული წყლები კი ჩვეულებრივ მცირე ან ცვალებადი სიხისტით. მდინარეების სიხისტე შედარებით მცირეა წყალდიდობის პერიოდში.

აზოტშემცველი ნაერთები — ამონიუმის მარილები, ნიტრატები და ნიტრიტები წარმოადგენენ ორგანული ნივთიერებების დაშლის პროდუქტებს, რომლებიც ძირითადად განპირობებულია ჩამდინარე წყლებით. აღნიშნული ნაერთების არსებობა მიუთითებს წყლის გაბინძურებაზე. მაგალითად ამონიუმის ნაერთი მიგვაენიშნებს ახალ, ხოლო ნიტრატების არსებობა კი წყლის არადიდიხნის გაბინძურებაზე. რაც შეეხება ნიტრატებს, წყალში მათი შემცველობა მეტყველებს წყლის ძველ ლიკვიდირებულ გაბინძურებაზე.

მთავარი იონების ნაირსახეობა და რაოდენობა როგორც ზედაპირულ, ასევე მიწისქვეშა წყლებში საკმაოდ დიდ დიაპაზონში იცვლება.

წყალი შეიძლება შეიცავდეს აგრეთვე მძიმე და მსუბუქ ლითონებს: რკინას, მანგანუმს, ტიტანს, სპილენძს, თუთიას, ნიკელს, ალუმინს და ა. შ.

ბუნებრივ წყალში რკინა შეიძლება იყოს იონური ფორმით — ორი ან სამვალენტოვანი რკინა, ორგანული და არაორგანული კოლოიდების სახით, კომპლექსური ნაერთების ფორმით და ბოლოს წერილდ-ასპერსიული სახით. მიწისქვეშა წყალში რკინა უპირატესად გახსნილი ორვალენტოვანი სახით გვხვდება. რკინა წყალს აძლევს უსიამო გემოს და იძლევა ჟანგისფერ ნალექს.

მანგანუმიც რკინის მსგავსად წყალში შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფორმით, კერძოდ ბიკარბონატების, მინერალური და ორგანული კომპლექსების სახით და ა. შ.

ფთორი მაღალი კონცენტრაციებით ჩვეულებრივად გვხვდება მიწისქვეშა წყლებში, უპირატესად იმ რეგიონებში სადაც ქანები ფტორს შეიცავენ. ზედაპირულ წყლებში ძირითადად მათი კონცენტრაცია 1 მგ/ლ არ აღემატება, მაშინ, როდესაც მიწისქვეშა წყლები ხასიათდებიან ფტორის მაღალი კონცენტრაციებით 10 მგ/ლ-ზე მეტიც კი. ვარაუდობენ რომ თუ ფტორის კონცენტრაცია წყალში 0,4—1,0 მგ/ლ-ზე

ნაკლებია იგი იწვევს კბილების კარიესს, ხოლო თუ კონცენტრაცია 1,5 მგ/ლ-ს აღემატება მაშინ კბილების ემალზე წარმოიქმნება ლაქები და შეიძლება ადამიანი დაავადდეს სხვადასხვა სახის ავადმყოფობით, რომელსაც ზოგადად „ფტორიზი“ ეწოდება. კერძოდ ამ დროს შეიძლება არასწორად განვითარდეს კბილები, ადგილი ჰქონდეს კუჭნაწლავის აშლილობას, ნერვიულ დაავადებას და ა. შ.

იოდი ბუნებრივ წყლებში უმნიშვნელო რაოდენობითაა. მის მცირე რაოდენობას შეუძლია გამოიწვიოს ისეთი დაავადება, როგორციაა ჰიყვი. იოდის ნორმა, რომელიც უნდა მიიღოს ადამიანი და დღე-ღამის განმავლობაში, როგორც საკვებით, ასევე სასმელი წყლით შეადგენს 2,05—0,1 მგ. დადგენილია, რომ თუ სასმელ წყალში იოდი 0,00001—0,0001 მგ/ლ-ს ფარგლებში იცვლება, მაშინ ჩიყვით დაავადება 1000 მოსახლეზე საშუალოდ 15—30 კაცს შეადგენს.

ტოქსიკური ნივთიერებები — დარიშხანა, სტრონციუმი, ბერილიუმი და ა. შ., აგრეთვე რადიოაქტიური ნივთიერებები — ურანი, რადიუმი ჩვეულებრივ როგორც წესი წყალში ხვდებიან ჩამდინარე; წყლებით.

გახსნილი ქანგბადი წყალში წარმოიქმნება წყლის ზედაპირის ატმოსფერულ ჰაერთან კონტაქტის გამო. ქანგბადის წყალში ხსნადობა დამოკიდებულია წყლის ტემპერატურაზე და წნევაზე. წყალში გახსნილი ქანგბადი და ნახშირორჟანგის მინარევები სასმელი წყლის ხარისხის არ აუარესებს, პირიქით წყალს რომ სასიამოვნო გემო ჰქონდეს, მასში საკმაო რაოდენობით უნდა იყოს გახსნილი ქანგბადი.

გოგირდწყალბადი შეინიშნება ქვეყნის მთელი რიგი რაიონების მიწისქვეშა წყლებში, რაც წყალს აძლევს არასასიამოვნო სუნს და გემოს, განაპირობებს ლითონის ზედაპირთან შეხების დროს მათ კოროზიას. გოგირდწყალბადის ნაერთები წყალში შეიძლება იყოს მოლეკულურად გახსნილი, ჰიდროსულფიდებისა და სულფიდების იონების სახით.

წყალში გახსნილი ნივთიერებების (გარდა აირებისა) საერთო რაოდენობა ხასიათდება მშრალი ნაშთით, რომელიც მიიღება გაფილტრული წყლის აორთქლებით და დარჩენილი ნაშთის გამოშრობით მუდმივ მასამდე.

წყლის ხარისხის დადგენის დროს აუცილებელია განისაზღვროს წყალში ორგანული ნივთიერებანი, პლანქტონი, წყლის ბაქტერიალური და ვირუსული გაბინძურება.

თუ მიწისქვეშა წყლები გარეგან გაბინძურებას არ განიცდიან მათში ჩვეულებრივ ორგანული ნივთიერებანი ზედაპირულ წყლებთან შედარებით მცირეა.

პლანქტონი უპირატესად გვხვდება ზედაპირულ წყლებში. სადაც ფიტოპლანქტონი და ზოოპლანქტონი ერთდროულადაა. ფიტოპლანქტონი სწრაფად მრავლდება გაზაფხულზე და ზაფხულში, რაც წყალს აძლევს უსიამო ვემოს.

წყალში პათოგენურ ბაქტერიებსა და ვირუსებს შეუძლია გამოიწვიოს ისეთი დაავადებები, როგორცაა: მუცლის ტიფი, პარატიფი, დიზენტერია, ბრუცელოზი, ინფექციური ქეპატიტი, მწვავე გასტროენტრიტი, ციმბირის წყლული, ქოლერა, პოლიომელიტი, კონიუქტივიტი და ა. შ.

არსებობს ბაქტერიების სამი ძირითადი ფორმა: სფეროსებრი — კოკი სიგრძე (1—2 მკმ); ჩხირისებრი — ბაცილა (1—4 მკმ); სპირალისებრი — სპირალი, სპიროქეტი, ვიბრიონი (1—20 მკმ). ბაქტერიები ჩვეულებრივად უფერული და გამკვირვალეა, რომლებიც ანილინის საღებავებით ფერს იცვლიან და და გასარჩევი ხდებიან.

ვირუსები უწვირლესი ცოცხალი არსებებია (16—30 მკმ), რომლებსაც ბაქტერიებისაგან განსხვავებით არა აქვთ უჯრედოვანი სტრუქტურა და ნუკლეინის მუავისგან შედგებიან, რომლებიც ცილოვანი გარსაცმითაა დაფარული.

წყალსატევების მიკრობებს შორის ურთიერთობას სიმბიოზური, ნეიტრალური და ანტაგონისტური ხასიათი აქვს. საერთოდ როგორც წესი მზის სინათლე და ულტრაიისფერი სხივები მიკრობებს ხოცავენ.

ვინაიდან წყლის ბიოლოგიური ანალიზის დროს პათოგენური ბაქტერიების განსაზღვრა ძნელია, წყლის ხარისხის ბაქტერიოლოგიური შეფასება დაიყვანება 37°C ტემპერატურის 1 მლ. წყალში ბაქტერიების რაოდენობის დადგენაზე. უკანასკნელის არსებობა წყალში წარმოადგენს ინდიკატორს, რომელიც მეტყველებს ადამიანებისა და ცხოველების გამონაყოფითა და ა. შ. წყლის დაბინძურებაზე. შესასწავლ წყლის მოცულობას (მლ), რომელშიც აღმოჩნდება ნაწლავის 1 ჩხირი მაინც კოლი-ტიტრი ეწოდება, ხოლო ნაწლავის ჩხირების რაოდენობას 1 ლ. წყალში — კოლი ინდექსი.

ბაქტერიული დაბინძურებით უპირატესად ხასიათდებიან ზედაპირული წყლები, ამიტომ მათი გაუვნებლობა ყოველთვის სავალდებულოა, ხოლო მიწისქვეშა წყლების გაუვნებლობას მხოლოდ პროფილაქტიკური თვალსაზრისით აწარმოებენ.

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების ზოგიერთი ძირითადი განმასხვავებელი ნიშან-თვისებები მოცემულია 21-ე ცხრილში.

ცხრილი 21

ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები ძირითადი განმასხვავებელი ნიშან-თვისებები

მასსიათებელი	ზედაპირულ წყლებში	მიწისქვეშა წყლებში
ტემპერატურა	იკვლება წლის დროების მიხედვით	შედარებით მუდმივია
შეწონილი ნივთიერებანი, სიმღვრიე	იკვლება, ზოგჯერ ძალიან ჰალალია	უმნიშვნელო ან ნულის ტოლია
მინერალური ნაერთების შემცველობა	იკვლება ნიადაგის სახის, ნალექების რაოდენობის, ჩამონადენის მიხედვით და ა. შ.	უპირატესად მუდმივია, მაგრამ იმავე რაიონში ზედაპირულ წყლებთან შედარებით საგრძნობლად მაღალია
რკინა (II) და მანგანუმი გახსნილი სახით	ჩვეულებრივად არ გვხვდება, გარდა გამოწკლისისა (ტბების ან გუბურების ფსკერზე ეეტროფიკაციის პროცესში)	ჩვეულებრივად არის
ნახშირბადის აგრესიული დიოქსიდი	ჩვეულებრივად არ გვხვდება	ხშირად, არის დიდი რაოდენობით
გახსნილი ჯანგბადი	ხშირად გაჭერების დონეს უახლოვდება	ჩვეულებრივად არ გვხვდება
ამიაკი	შეინიშნება მხოლოდ გაბინძურებულ წყლებში	ხშირად არის, მაგრამ ყოველთვის არ არის ჩამდინარე წყლებით გაბინძურების ინდიკატორი
გოგირდწყალბადი	არ გვხვდება	ხშირად არის
კაჟმევა	უმნიშვნელო რაოდენობითაა	ხშირად არის დიდი რაოდენობით
ნიტრატები	ჩვეულებრივ უმნიშვნელო რაოდენობითაა	ზოგჯერ დიდი რაოდენობითაა
კოცხალი ორგანიზმები	გვხვდება ბაქტერიები (ზოგჯერ პათოგენური), ვირუსები, პლანქტონი.	ხშირად არის რკინის ბაქტერიები

3.2.2. მოთხოვნები და კრიტიკიკუმენი, რომლებიც წაყენება წყლის ხარისხს მოსახლეობის მოხმარებისა და თევზსამეურნეო მიზნებისათვის

„...ის, რომ წყალი, რომელსაც ადამიანი იყენებს, არ უნდა შეიცავდეს ქიმიურ ნივთიერებებსა და მიკროორგანიზმებს იმ რაოდენობით, რომელიც მავნებელია ჯანმრთელობისათვის საერთოდ აღიარებული ქეშმარიტებაა. სასმელი წყალი უნდა იყოს არა მარტო უვნებელი ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, არამედ შეძლებისდაგვარად ესთეტიკურად მისაღები...“ — ნათქვამია სასმელი წყლის საერთაშორისო სტანდარტში. დღეს წყლის ხარისხზე არსებობს არა მარტო საერთაშორისო, არამედ სახელმწიფო და დარგობრივი სტანდარტები, რომლებიც რეგლამენტირებას უკეთებს წყალში არსებულ მინარევების დასაშვებ კონცენტრაციებს.

ჯანმრთელობის დაცვის მიზნით 60-იან წლებში ყველა სოციალისტურ ქვეყნებში, აშშ, საფრანგეთში და სხვ. გადაისინჯა სტანდარტები სასმელი წყლის ხარისხზე. ყოფილ საბჭოთა კავშირში მოქმედებდა სათანადო სახელმწიფო სტანდარტი „სასმელი წყალი. ჰიგიენური მოთხოვნები და ხარისხის კონტროლი“.

სასმელი წყლის ხარისხზე არსებული ზოგიერთი ნორმები მოცემულია ცხრილში 22. როგორც ცხრილის ანალიზი აჩვენებს, სხვადასხვა ქვეყნის სტანდარტი სასმელ წყალზე განსხვავდება ერთმანეთისაგან არა მარტო წყლის ხარისხის რეგლამენტირებული მაჩვენებლებით, არამედ ამ მაჩვენებლების დასაშვები მნიშვნელობებითაც. საერთოდ მიზანშეწონილია ალბათ ჩვენს ქვეყანაშიც არსებული სახელმწიფო სტანდარტის საფუძველზე დამუშავდეს რეგიონალური სტანდარტები, რაც კიდევ უფრო ხელს შეუწყობს ადამიანის ჯანმრთელობას.

ნიშან-თვისებას, რომლითაც ფასდება წყლის ხარისხი ამა თუ იმ სახის წყალმომხმარებლისათვის, წყლის ხარისხის კრიტერიუმში ეწოდება, წყალმომხმარებლის შეზღუდვას კი, განპირობებულს გაუქუქიანებით, რომელიც სახიფათოა ადამიანის ჯანმრთელობისათვის ან აუარესებს მოსახლეობის ცხოვრების სანიტარიულ პირობებს — ჰიგიენური კრიტერიუმში. არსებობს წყლის გაბინძურების კრიტერიუმიც, რომელიც აჩვენებს წყლის ხარისხის გაუარესებას როგორც მისი ორგანო-ლებტიკური თვისებების შეცვლის შედეგად, ასევე მავნე ნივთიერებების გამოჩენისა და წყლის ტემპერატურის გაზრდის დროს, რომე-

სასმელი წყლის ხარისხზე არსებული ზოგადი ნორმები

სასმელი წყლის ხარისხის შიგნითი დანახვები	ხარისხის მაჩვენებლები ზოგიერთი სტანდარტების მიხედვით									
	ქაწმრთელობის დატყის საერთა-შორისო ორგანიზაციის		აშშ ბუნების დაცვის სააგენტოს		ГОСТ 2874-82		სტანდარტების		კალითორნიის სტანდარტი	
	რეკომენდირებული მაქს. დასაბრუნებელი საშუალება	ზედა ზღვარი	დაღვნილი	დასაბრუნებელი	არა უპერსი	მგ/ლ	მგ/ლ	რეკომენდირებული	ზედა ზღვარი	დასაბრუნებელი
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

ართორგანული კიბოები ნაერთები

ნარჩენი ალიუმინი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—
დარიშხანი, მგ/ლ	—	—	0,05	0,05	—	0,005	—	—	—	—
ბერილიუმი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,0002	—	—	—	—
კალციუმი, მგ/ლ	75	200	—	—	—	—	—	—	—	—
ქლორიდები, მგ/ლ	200	600	—	—	250	350	—	250	500	600
მოლიბდენი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,25	—	—	—	—
სპლენდი, მგ/ლ	0,05	1,5	—	—	1,0	1,0	0,2	—	—	1
ნარჩენი პოლიაკრილამიდი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—
ციანიდი, მგ/ლ	—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—
სიბიტე, მგ-კვ/ლ	2	5	—	—	—	—	7,0 (საერთო)	1,4-2	—	—
რკინა, მგ/ლ	0,1	1	—	—	0,3	0,3	0,05	—	—	0,3
ტყვია, მგ/ლ	—	—	0,1	0,05	—	0,03	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
სელენი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,001	—	—	—	—
მაგნიუმი, მგ/ლ	30	50	—	—	—	—	—	—	—	—
სტრონციუმი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	7,0	—	—	—	—
მანგანუმი, მგ/ლ	0,5	0,5	—	—	0,5	0,1	0,01	—	—	0,05
ფტორი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,7—1,5	—	—	—	—
სულფატები, მგ/ლ	200	400	—	—	250	500	—	250	500	600
მყარი ნივთ., მგ/ლ	500	1500	—	—	500	—	200	500	1000	1500
პოლოფიფსფატები, მგ/ლ	—	—	—	—	—	0,5	—	—	—	—
მშრალი ნაშთი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	1000	—	—	—	—
თუთია, მგ/ლ	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—
ნიტრატები, მხ/ლ	—	—	—	—	—	45	—	—	—	—

ორგანული ნაერთები

განსაზღვრული ნახშირ- ქლოროფორმთან ექსტრაქ- ციის შედეგად, მგ/ლ	—	—	—	—	—	—	0,04	—	—	—
ზედაპირულად აქტიური ნივთოვრები, მგ/ლ	0,2	1	—	—	0,5	—	0,2	—	—	—
ჰერბიციდები, მხ/ლ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ქლოროფორმი, მგ/ლ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ფენილენი, მგ/ლ	0,001	0,002	—	—	—	—	—	—	—	—

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

ფიზიკური მახასიათებლები

გენო, ბალებში	—	—	—	—	—	2,0	—	—	—	—
ფერი, გრადუსებში	5	50	—	—	15	20	3	—	15	—
სუნი, ბალებში	7-8,56	5-9,2	—	—	6,5-8,5	6,0-9,0	—	—	—	—
შეწონ. ნივთ., მგ/ლ	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—
სიმღვრიე, სიმღვრივის ერთეულებში	5	25	—	1	—	1,5	0,1	—	—	—

მიკრობიოლოგიური მახასიათებლები

კოლი ბაქტერიებს შემცველობა 100 მლ-ში	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—
						(333,3 მლ-ში)				

ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც წაყენებათ წყალსატევების წყლის შედგენილობასა და თვისებებს, როდესაც ისინი გამოიყენებიან სასმელ-სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის

წყლის ხარისხის მაჩვენებლები წყალსატევეში	ცენტრალიზებული და არაცენტრალიზებული წყალმომარაგება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის და კვების მრეწველობის ობიექტებისათვის	წყლის მოხმარება საბანაოდ, სპორტული და მოსახლეობის დასვენების მიზნებისათვის, აგრეთვე იმ შემთხვევისათვის როდესაც წყალსატევი დასახლებული ტერიტორიის ფარგლებში მდებარეობს		
1	2	3		
შეწონილი ნივთიერებები	შემცველობა არ უნდა გაიზარდოს 0,25 მგ/ლ-ზე მეტად	შემცველობა არ უნდა გაიზარდოს 0,75 მგ/ლ-ზე მეტად		
მცურავი მინარეგები (ნივთიერებები)	თუ წყალსატევეებში საშუალო ღონეების დროს ბუნებრივი მინერალური მინარეგები 30 მგ/ლზე მეტია დასაშვებია შეწონილი ნივთიერებების გაზრდა 5%-მდე. გამდინარე წყალსატევეებში ისეთი მინარეგების ჩაშვება, რომელთა გამოვარდნის სიჩქარე 0,4 მმ/წმ-ზე მეტია აკრძალულია, წყალსატევეებში კი გამოვარდნის სიჩქარე 2,2 მმ/წმ არ უნდა აღემატებოდეს			
სუნი და გემო	წყალს ან უნდა გააჩნდეს სუნი და გემო ორ ბალზე მეტი ინტენსივობის, რომელიც შეაძლება აღმოჩნდეს: <table border="1" data-bbox="248 958 958 1036"> <tr> <td data-bbox="248 958 616 1036">უშუალოდ ან მომდევნო კლორირების დროს</td> <td data-bbox="616 958 958 1036">უშუალოდ</td> </tr> </table> <p>თევზის ხორცმა არ უნდა შეაძინოს გარეშე სუნი და გემო</p>		უშუალოდ ან მომდევნო კლორირების დროს	უშუალოდ
უშუალოდ ან მომდევნო კლორირების დროს	უშუალოდ			
შეფერილობა	არ უნდა აღმოჩნდეს 20 სმ წყლის სვეტში	10 სმ წყლის სვეტში		
ტემპერატურა	ზაფხულში წყლის ტემპერატურა ჩამდინარე წყლების ჩაშვების შედეგად არ უნდა გაიზარდოს 9°C-ზე მეტი, იმ საშუალო თვიურ ტემპერატურასთან შედარებით, რომელიც გააჩნდა ამ წყალსატევეს ყველაზე ცხელ თვეებში ბოლო 10 წლის განმავლობაში			

მახასიათებელი	pH უნდა იყოს 6,5—8,5 საზღვრებში	
მინერალური შედგენილობა	მშრალი ნაშთის მიხედვით არ უნდა აღემატებოდეს 1000 მგ/ლ, მათ შორის ქლორიდები 350 მგ/ლ, სულფატები 500 მგ/ლ	საჭიროა ნორმირება ზემოთ მოყვანილი „გემოს“ მახასიათებლების მიხედვით
გახსნილი ქანგბადი	წყლის ნებისმიერ პერიოდში, დღის 12 საათამდე აღებულ წყლის სინჯში არ უნდა იყოს 4 მგ/ლ-ზე ნაკლები	
ქანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება	20°C დროს წყლის სრული მოთხოვნილება ქანგბადზე არ უნდა აღემატებოდეს 3,0 მგ/ლ-ზე	არ უნდა აღემატებოდეს 6,0 მგ/ლ-ზე
დაავადების ამგზნები	წყალში არ უნდა იყოს დაავადების ამგზნები. ჩამდინარე წყლები ჩაშვებამდე, რომლებიც შეიცავენ ასეთ ამგზნებებს წინასწარ უნდა გაუყენებულდეს ისე რომ კოლი—ინდექსი არ აღემატებოდეს 1000 ლ, მაშინ როდესაც ნარჩენი ქლორი 1,5 მგ/ლ-ზე ნაკლები არ არას	
მომშხამავი ნივთიერებები	არ უნდა იყოს ისეთი კონცენტრაციებით, რასაც შეუძლია პირდაპირი ან ირიბი ზემოქმედება ადამიანის ორგანიზმზე და ჯანმრთელობაზე	

ლიც მკვნიბელია არა მარტო ადამიანების ჯანმრთელობისათვის, არამედ აუარესებს წყლის ორგანიზმების სასიცოცხლო პირობებს.

ზედაპირული წყლების შემადგენლობისა და თვისებების ვარგისიანობა სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგებისათვის, მოსახლეობის კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის, აგრეთვე თევზსამეურნეო დანიშნულებისათვის განისაზღვრება იმ მოთხოვნებითა და ნორმატივებით, რომლებიც მოცემულია „ჩამდინარე წყლებით ზედაპირული წყლების გაბინძურებისაგან დაცვის წესებში“.

თუ სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა საჭიროებისათვის წარმოებს წყლის ობიექტის ან მისი რომელიმე უბნის ერთდროული გამოყენება აუცილებელია ზედაპირული წყლის ხარისხის შეფასების დროს გამო-

ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც წაყენებათ წყალსატევების წყლის შედგენილობასა და თვისებებს, როდესაც ისინი თევზსამეურნეო მიზნებისათვის გამოიყენებიან

წყლის ხარისხის მაჩვენებელი წყალსატევაში	წყლის მოხმარების კატეგორია	
	წყლის ობიექტები, რომლებიც გამოიყენება ძვირფასი ჭიშის თევზების არსებობისა და გამრავლებისათვის, ჟანგბადის გაძლიერებული მოთხოვნის შემთხვევაში	წყლის ობიექტები, რომლებიც გამოიყენება სხვა სახის თევზსამეურნეო მიზნებისათვის
1	2	3
შეწონილი ნივთიერებები	შემცველობა ბუნებრივთან შედარებით არ უნდა გაიზარდოს 0,25 მგ/ლ-ზე მეტად	არ უნდა გაიზარდოს 0,75 მგ/ლ-ზე მეტად
	<p>თუ წყალსატევაში საშუალო დონეების დროს ბუნებრივი მინერალური მინარევი 30 მგ/ლ-ზე მეტია დასაშვებია შეწონილი ნივთიერებების გაზრდა 5%-მდე. გამდინარე წყალსატევაში ისეთი მინარევების ჩაშვება, რომელთა გამოყარდნის სიჩქარე 0,4 მმ/წმ-ზე მეტია აკრძალულია, წყალსატევაში კი გამოყარდნის სიჩქარე 0,2 მმ/წმ არ უნდა აღემატებოდეს</p>	
მცურავი მინარევი (ნივთიერებები)	წყალსატევის ზედაპირზე არ უნდა იყოს მცურავი აფსკები, მინერალური ზეთების ლაქები და სხვა მინარევების დაგროვება	
შეწერილობა, სუნი და გემო	წყალს არ უნდა ჰქონდეს გარეშე სუნი. გემო და შეფერილობა, რომელიც გადაეცემა თევზის ხორცს	
ტემპერატურა	წყლის ტემპერატურამ არ უნდა მოიმატოს წყალსაცავის ბუნებრივი ტემპერატურასთან შედარებით 5°C-ზე მეტად. ამ დროს ზაფხულოდ ტემპერატურის საერთო მატება 20°C არ უნდა აღემატებოდეს, ზამთრობით კი — 5°C, თუ წყალსატევაში ბინადრობენ ცივი წყლის თევზები (ორაგულია და სიგის მაგვარნი). დანარჩენ შემთხვევაში შესაძლებელია ტემპერატურის მატება სათანადოდ 28 და 8°C-მდე. ქვირითის დაყრის ადგილებში ზამთრობით წყლის მომატება 2°C-ზე მეტად დაუშვებელია	

1	2	3
მახასიათებელი	უნდა იყოს 6,5--8,6 საზღვრებში	
გახსნილი ქანგბადი	ზამთარში (ყინულის ქვეშ) გახსნილი ქანგბადი არ უნდა იყოს 6,0 მგ/ლ-ზე ნაკლები	ზამთარში (ყინულის ქვეშ) გახსნილი ქანგბადი არ უნდა იყოს 4,0 მგ/ლ-ზე ნაკლები
	ზაფხულში გახსნილი ქანგბადი დღის 12 საათამდე ალებულ წყლის სინჯში არ უნდა იყოს 6,0 მგ/ლ-ზე ნაკლები	
ქანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნი- ლება	20°C დროს წყლის სრული მოთხოვნილება ქანგბადზე არ უნდა აღემატებოდეს 3,0 მგ/ლ თუ ზამთარში პირველი კატეგორიის ობიექტზე გახსნილი ქანგბადის რაოდენობა 6,0 მგ/ლ-მდე მცირდება, ხოლო მეორე კატეგორიის ობიექტზე—4,0 მგ/ლ-მდე, მაშინ ასეთ წყალ-სატევებში შეიძლება ისეთი წყლების ჩაშვება რომლებიც არ შეეცლის ქანგბადის ბიოქიმიურ მოთხოვნილებას	
მომხმამავე ნივთიერებები	არ უნდა იყოს ისეთი კონცენტრაციებით, რასაც შეუძლია პირდაპირ ან ირიბი ზემოქმედებით გავლენა იქონიოს თევზებზე და წყლის ორგანიზმებზე, რომლებიც თევზებისათვის საკვებ ბაზას წარმოადგენენ	

ვიდეთ უფრო მკაცრი ნორმატივებით, რათა წყლის ხარისხი შეესაბამებოდეს ნებისმიერ განხილულ მომხმარებელს.

საერთოდ განასხვავებენ წყლის მოხმარების ორ ძირითად კატეგორიას. პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება ისეთი წყლის მოხმარება, როდესაც წყლის ობიექტი გამოიყენება ცენტრალიზებულ ან არაცენტრალიზებულ სასმელ-სამეურნეო დანიშნულების წყალსადენის წყაროდ, ან კიდევ ისეთი წყალსადენისათვის, რომელიც კვების მრეწველობის ობიექტს ემსახურება. თუ წყალმომხმარება სწარმოებს საბანაოდ სპორტული და მოსახლეობის დასვენების მიზნებისათვის, აგრეთვე როდესაც გამოსაყენებელი წყლის ობიექტი დასახლებული ტე-

რიტორიის ფარგლებში მდებარეობს, მაშინ ასეთ წყლის მოხმარებას მეორე კატეგორიას მიაკუთვნებენ.

წყლის შედგენილობა და თვისებები უნდა შეესაბამებოდეს ნორმატიულს წყალსატევების იმ კვეთებში, რომლებიც დაზუსტებულია სათანადო ორგანოების (სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური სამსახურის) მიერ. ამ დროს მხედველობაში მიიღება არა მარტო წყალმომარების კატეგორია, არამედ წყალსატევის ტიპი (მდინარე, წყალსაცავი, ტბა და ა. შ.).

წყალსატევის წყლის შედგენილობა და თვისებები, როდესაც იგი გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის უნდა აკმაყოფილებდეს 23-ე ცხრილში მოცემულ ნორმატიულ პირობებს. ამავე დროს ცხრილში მოყვანილი წყლის ხარისხის არც ერთი მაჩვენებლები არა მარტო არ უნდა აღემატებოდეს მის ნორმატიულ სიდიდეს, არამედ მავნე ნივთიერებების კონცენტრაციებიც ნაკლები უნდა იყოს მათ ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებზე („ზღკ“).

არსებობს წყალსატევების ორი კატეგორია, რომლებიც თევზსამეურნეო მიზნებისათვის გამოიყენება. პირველ კატეგორიას განეკუთვნება წყლის ობიექტები, რომლებშიც შენარჩუნებულია ძვირფასი ჯიშის თევზების არსებობისა და გამრავლების პირობები, ანუ ისეთი ჯიშის თევზები რომლებსაც წყალში გახსნილი ჟანგბადი დიდი რაოდენობით ესაქიროებათ. მეორე კატეგორიას კი განეკუთვნება წყალსატევები, რომლებიც გამოიყენება სხვა სახის თევზსამეურნეო მიზნებისათვის.

წყალსატევების თევზსამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენების კატეგორიები განისაზღვრება თევზდაცვის ორგანოების მიერ, თევზის მეურნეობისა და რეწვის შემდგომი განვითარების გათვალისწინებით.

წყლის შედგენილობა და თვისებები ასეთი წყალსატევებისათვის უნდა აკმაყოფილებდეს თევზსამეურნეო მოთხოვნებს (ცხრილი 24). ამ დროს წყალსატევებში მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაცია არ უნდა აღემატებოდეს ნივთიერებათა „ზღკ“, რომლებიც დადგენილია თევზსამეურნეო დანიშნულების ობიექტებისათვის, რომლებიც გამოიყენება თევზსამეურნეო ობიექტების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის.

აქ აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი მომენტიც, მძიმე ლითონების, ნავთობპროდუქტების და შხაშქიმიატების ზღვრულად დასაშვებ-

ბი კონცენტრაცია თევზსამეურნეო წყალგამოყენების დროს მნიშვნელოვნად დაბალია ვიდრე სანიტარიულ-საყოფაცხოვრებო წყალგამოყენების შემთხვევაში (ცხრილი 25).

ც ხ რ ი ლ ი 25

ზოგიერთი ინგრედიენტისა და მაჩვენებლის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

ინგრედიენტები და მაჩვენებლები	მაგნიტობის მალი- მიტირებელი მაჩვენებელი	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია (მგ/ლ)
სამეურნეო წყალმომარაგებისა და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების წყალსატევებისათვის		
გახსნილი უანგბადი „უბმ“ სრული ნიტრატები (აზოტის მიხედვით)	სანიტარულ ტოქსიკოლოგიური	არა ნაკლები 6,0 არა უმეტესი 3,0 10
ღარიშხანა (As^{3+})	"	0,05
ვერცხლის წყალი (Hg^{2+})	"	0,005
ტყვი (Pb $^{2+}$)	"	0,1
კაპროლაქტამი	საერთო სანიტარული	1,0
ცინკი (Zn^{2+})	საერთო სანიტარული	1,0
ჰესახლორანი	ორგანოლექტური	0,02
რკინა (Fe^{3+})	"	0,5
სპილენძი (Cu^{2+})	"	1,0
ქრომი (Cr^{3+})	"	0,1
ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები	"	0,5
თევზსამეურნეო დანიშნულების წყალსატევებისათვის		
გახსნილი უანგბადი		ზამთარში არა ნაკლები 4,0 ზაფხულში არა ნაკლები 6,0 3,0
„უბმ“ სრული ჰექსაქლორანი DDT	ტოქსიკოლოგიური	არ უნდა იყოს არ უნდა იყოს 50,0
მაგნიუმი (Mg^{+})		0,01
სპილენძი (Cu^{2+})		0,005
კადმიუმი (Cd^{2+})		0,05
ღარიშხანა		0,01
ნიკელი (Ni^{2+})		0,01
ცინკი (Zn^{2+})	ორგანოლექტური	0,01
ნავთობპროდუქტები		0,05
ფენოლები	"	0,001

მ. ზ. მ. წყლის ხარისხი სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებისათვის

სახალხო მეურნეობის დარგებში გამოსაყენებელი წყლის ხარისხს, წაყენება სხვადასხვა მოთხოვნები, რადგანაც იგი განაპირობებს გამოშვებული პროდუქციის ხარისხს, ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული ძვირადღირებული დანადგარების მუშაობის ხანგრძლივობას და ა. შ. მაგალითად, მალალი სიხისტის წყლის გამოყენება იწვევს დანადგარების შიგა გახურებულ ზედაპირზე მინადღების წარმოქმნას, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ამ დანადგარების საიმედოობას და ეკონომიურობას, იწვევს აირბუშტულაკების და ნახვრეტების წარმოქმნას, ხლეჩს სადუღებელ და ეკრანულ მილებს და ა. შ.

საფეიქრო და ხელოვნური ბოჭკოს წარმოებაში ხისტი წყლის გამოყენება ზრდის ქიმიკატების (საპნის, საღებავების, სოდის) ხარჯს და გამოშვებული პროდუქციის წუნს.

საწარმოებში გამაცივებელ დანადგარებში რკინის შემცველი მიწისქვეშა წყლების გამოყენება მილებში წარმოქმნის რკინის ბაქტერიებს. რომლებიც ზოგჯერ მილების მთლიან ამოგნესვას იწვევენ. ასეთივე არასასურველი შედეგი შეუძლია გამოიწვიოს გამაცივებელში ისეთი წყლების გამოყენებამ, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ მეწონილ ნაწილაკებს.

განსაკუთრებით სპეციფიკურია წყლის გამოყენება კვების მრეწველობაში. რძის გადამამუშავებელ კომბინატში წყალი არ უნდა შეიცავდეს რკინას და მანგანუმს, რადგან ისინი რძეს, კარაქს და არაყანს აძლევენ მელნის მსგავს გემოს. წყალში მაგნეზიის არსებობა კი კარაქს აძლევს მწარე გემოს.

საკონსერვო ქარხანაში გამოსაყენებელ წყალს არ უნდა ქონდეს ფერი, გემო და სუნი, რაც შეეხება რკინასა და მანგანუმს ისინი აუარესებენ კონსერვის გემოს. ქლოროვანი მაგნიუმი, თაბაშირი და ნიტრატები მავნეა შაქრის ხარშვისა და კრისტალიზაციისათვის, ხოლო შაქრის რაფინირებისათვის ხელისშემშლელი ფაქტორია წყალში სულფატების არსებობა.

მაგალითისათვის 26 და 27 ცხრილებში მოცემულია მოთხოვნები, რომლებიც წაეყენება წყლის ხარისხს საფეიქრო მრეწველობაში და გამოყენების ზოგიერთ სფეროში.

სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული წყლის ხარისხი დამოკიდებულია მისი გამოყენების სფეროზე. მეცხოველეობაში გამოყენებული წყლის ხარისხი ძირითადად უნდა აკმაყოფილებდეს იმ მოთხოვნებს, რომლებიც წაეყენება წყალს სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის. მეცხოველეობაში პროდუქტიულობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებულია წყლის ხარისხზე. მართლაც პირუტყვის დარწყულება გაბინძურებული წყლით მის პროდუქტიულობას 40—70% ამცირებს. თუმცა შეიძლება ითქვას, რომ წყლის ზოგიერთი მახასიათებელი, როგორცაა ფერიანობა, გამჭვირვალობა, სუნი შეიძლება შედარებით დაბალი იყოს ვიდრე ჩვეულებრივ ადამიანის სასმელ წყალში. წყლის დასაშვები მინერალიზაცია განისაზღვრება წყლის გემოს მიხედვით, ხოლო ტემპერატურა შეიძლება 8—15°C ფარგლებში იცვლებოდეს, რადგან უფრო მაღალი ტემპერატურის წყალი წყურვილს ძნელად კლავს. პირუტყვის ცივი წყლით დაწყურვება კი საკვების ხარჯს ზრდის.

წყლის მინერალიზაცია პირუტყვის სახისა და ასაკის მიხედვით შეიძლება დიდ დიაპაზონში იცვლებოდეს. მაგალითად, სასმელ წყალში მშრალი ნაშთის ზღვრული რაოდენობა მოზრდილი ცხვრისათვის შეიძლება იყოს 5000 მგ/დმ³, მაშინ როდესაც ცხენისათვის და გოჭებისათვის 1000 მგ/დმ³ არ უნდა აღემატებოდეს.

ქლორიდები წყალში, რომელიც გამოიყენება ცხვრების დასაწყურვებლად დასაშვებია 2000 მგ/დმ³, ცხენებისათვის და გოჭებისათვის კი — 500 მგ/დმ³.

წყლის საერთო სიხისტე ცხვრების სასმელ წყალში დასაშვებია 45 მგ. ეკვ/დმ³, მაშინ როდესაც გოჭებისათვის 12 მგ. ეკვ/დმ³-ს არ უნდა აღემატებოდეს.

სოფლის მეურნეობაში მოსარწყავად შეიძლება გამოვიყენოთ შედარებით უფრო დაბალი ხარისხის წყალი, მაგრამ აქაც არსებობს სათანადო შეზღუდვები. მაგალითად, წყალი, რომელშიც მარილებია კონცენტრაცია 5—6 გ/ლ-ზე მეტია ჩვეულებრივ მოსარწყავად არ გა-

მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება წყალს საფეიქრო მრეწველობაში

საფეიქრო მრეწველობის წარმოების სახე	სისხტე, მგ-მკ/ლ	დინამიკური დინამიკური	მკმრეცნი	დინამიკური	pH	რკინა, მგ/ლ	მკმრეცნი	შენიშვნა
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ლაფიანი კულტურების პირველი დამუშავების ქარხნები	7	—	25	8...10	—	2...3	—	
აბრეშუმ-სახვევი ფაბრიკა	3...3,5	10	30	—	7...8,1	—	—	
სართავ-საქსოვი ფაბრიკა	1,5...2	10...12	30	—	—	0,1...0,3	—	
მათერბელი, მათერბე- ბელ-საიღბუი და ბამბუ- ლის ფაბრიკები	0,2...0,35	8...10	30	8...10	7...8,5	0,1...0,2	—	სისხტე მოცემულია, რომ- დესაც პროცენტებში გამო- ყენება საპონი, საღებავ- ები, შეკვები და ტუბე- ვი
სელას მათერბელ-გამო- საყვანი ფაბრიკები	1...2	8...10	30	—	—	0,1...0,2	—	სელას მათერბელს დამუ- შავების დროს სისხტე აიღება 3 მგ. მკმ/ლ-მდე
შალის მრეწველობის წარმოებები	0,2...0,34	8...10	30	—	—	—	—	სუი რეცვის დროს ქიმი- კატების გარეშე სისხტე აიღება 5...7 მგ. მკმ/ლ

i	2	3	4	5	6	7	8	9
აბრეშუმ-გამოსაყვანი ფაბრიკები	0,2...0	5...10	30	5...10	7...8,1	—	—	ყოველწელს გამოყ. დროს სიხისტე აიღება 5 მგ ექვ/ლ-მდე
ხელოვნური ბოქოს წარმოებები	0,2...6	—	30	2	—	0,08	0,2...2	სიხისტისა და ტუტიანობის ნორმა აიღება დარბილების შეთოდის მიხედვით

შენიშვნა: ცივი რეცხვის დროს წელს სიხისტე დასაშვებია 5 მგ—ექვ/ლ-მდე.

შოთხოვნები, რომლებიც წაეყენება წყლის ხარისხის გამოყენების სახალხო მეურნეობის ზოგიერთ სფეროში

გამოსაყენებელი წყლის დანიშნულება	დასახელება	წყლის შედგენილობა																				
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13										
მესაქონლეობის ფერებში და სტენსაშენებში სასმელად სხოველებსათვის	2\																					
	მსხვილფეხა რქიანი საქონელი	2400 1800	600 400	800 600	18 14																	
	ლორი	1200 1000	400 350	500 500	14 12																	
	სხენი	1000 100	400 350	600 500	15 12																	
	ტყვარი	5000 3000	2000 1500	2400 1700	45 30																	
მანქანებისა და აპარატების გასაცეფებლად	ტრაქტორი					7...8	30	40	0,1													
	შვიგა წყის ძრავა წყლის პირდაპირი გადინებით					20	3...5	40	0,1													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	შეგა წვის ძრავა წყლის შემობრუნ- ებით					10...15	3...5	40	0,1			
	ორთქლის ტურ- ბინის კონსტრუქცია							200	0,1			
ორთქლის ქვაბების კვები- სათვის	დაბალი წნევის (1,5 მპა-მდე)				1,5... 2,0					7	3	2
	საშუალო წნევის (6 მპა-მდე)				0,035					7	3	2
	მაღალი წნევის (12,5 მპა-მდე)				0,017					7	3	1

შენიშვნა: მოცემულში მოცემულია ზღვრული დასაშვები მნიშვნელობები ზრდადარღვეული ცხოველებსათვის, ხოლო მნიშვნელოვანი მოზარდი ცხოველებსათვის. ცხოველებსათვის საჭირო წყლის ხარისხი საერთოდ ნაკლები არ უნდა იყოს სასმელი წყლის ხარისხზე, რადგანაც წყლიდან ცხოველების დაავადება დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ზარალიან. მსხვილფეხა რქიანი საქონლისათვის წყლის ოპტიმალური ტემპერატურა 10...15°C, ვინაიდან უფრო მაღალი ტემპერატურა ცუდად აკლავს წყურველს, ხოლო დაბალი ტემპერატურა კი ამცირებს ცხოველების პროდუქტიულობას ან ზრდის საცვების ხარჯს.

მოიყენება, ხოლო თუ კონცენტრაცია 3—4 გ/ლ მაშინ იგი შეიძლება გამოიყენონ მხოლოდ ვეგეტაციის პერიოდში. ბოლო პერიოდში ფართო გამოკვლევები დაიწყო მოსარწყავად ზღვის წყლის გამოყენებისათვის. როგორც დაკვირვებებმა გვიჩვენა თუ მოსარწყავი წყალი განიცდის სათანადო დრენირებას ნიადაგში მარილების დაგროვება აღარ ხდება. ზღვის წყლის იონური შემცველობის ბალანსირება მასი უშუალოდ გამოყენების საშუალებას იძლევა.

თ ა ვ ი V

წყალსამეურნეო კომპლექსები და წყლის რესურსების გამოყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში

4.1. წყალსამეურნეო კომპლექსები

4.1.1. წყალსამეურნეო კომპლექსის ცნება

წყლის რესურსების მასშტაბური გამოყენება როგორც წესი მოქმედებს ბუნებაში დამკვიდრებულ ჰარმონიაზე და ცვლის მას. ეს ცვლილებები გავლენას ახდენს არა მარტო სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებზე, არამედ იწვევს როგორც დადებით, ასევე უარყოფით ეფექტს. უარყოფითი შედეგების მინიმზაცია შესაძლებელია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მთლიან წყალსამეურნეო სისტემას განვიხილავთ როგორც ერთიან წყალსამეურნეო კომპლექსს და განვახორციელებთ მას მეცნიერულ საფუძვლებზე დაყრდნობით, ხანგრძლივი პროგნოზის გათვალისწინებით. ამ დროს მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული სახალხო მეურნეობის ცალკეული დარგების მოთხოვნა არა მარტო წყლის ხარისხზე და რაოდენობაზე პერსპექტივაში, არამედ ეკოლოგიური ასპექტებიც.

წყალსამეურნეო კომპლექსები შეიძლება განვიხილოთ როგორც ღონისძიებათა და ნაგებობათა ერთობლიობა, რომელიც მიმართულია წყლისა და მასთან დაკავშირებული ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებაზე და თითოეული კატეგორიის მომხმარებლის საჭირო რაოდენობით წყლით დასაკმაყოფილებლად.

აღსანიშნავია, რომ დღეს როდესაც ეკოლოგიური ასპექტები მთელი სიმწვავეით დადგა დღის წესრიგში, წყალსამეურნეო კომპლექსების

მონაწილეთა შერჩევა და მათი რიცხვის დადგენა ერთ-ერთი უაღრესად საპასუხისმგებლო ამოცანაა.

საერთოდ წყალსამეურნეო კომპლექსები ითვალისწინებს ისეთ მონაწილეებს, როგორცაა: წყალმომარაგება, ჰიდროტექნიკური მელიორაცია, ჰიდროენერგეტიკა, წყლის ტრანსპორტი, ხეტყის დაკურება, თევზის მეურნეობა, რეკრეაცია და სხვ.

წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეები შეიძლება დაიყოს 2 ჯგუფად: წყალმომხმარებლად და წყალგამომყენებლად.

წყალსამეურნეო კომპლექსების დასაბუთების დროს თუ აღრეკ მხედველობაში მიიღებოდა მხოლოდ სამი ურთიერთდაკავშირებული ფაქტორი: ბუნებრივი, ეკონომიკური და ტექნიკური, დღეს აუცილებელია მათ დაემატოს არა მარტო სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტები, არამედ საზოგადოებრივი აზრიც. უფრო სწორად საჭიროა ჩატარდეს კომპლექსური ექსპერტიზა, რომელსაც ზოგჯერ ეკოლოგიურ ექსპერტიზასაც უწოდებენ.

4.1.2. წყალსამეურნეო კომპლექსებში წყალმომხმარებლები და წყალგამომყენებლები

წყალმომხმარებლების ჯგუფს განეკუთვნება სახალხო მეურნეობის ის დარგები, რომლებიც წყალსატევებიდან აღებულ წყალს გამოყენების შემდეგ ნაწილობრივ წყალსატევებს აღარ უბრუნებენ. ამ დროს წყლის ნაწილი რჩება გამოშვებულ პროდუქციაში, ორთქლდება და სხვ. ძირითადად წყალმომხმარებლად ითვლება მრეწველობა, კომუნალური წყალმომარაგება, სასოფლო-სამეურნეო წარმოება და ა. შ.

წყალგამომყენებლების ჯგუფში შედიან ისეთი დარგები, რომლებიც წყალს უშუალოდ იყენებენ წყალსატევში სხვადასხვა ტექნოლოგიური მიზნებისათვის. მაგალითად, ელექტროენერჯის მისაღებად, თევზსაშენად, ხეტყის დასაკურებლად, რეკრეაციისათვის და ა. შ.

თუმცა არ შეიძლება არ აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ ეს საზღვრები წყალმომხმარებლებსა და წყალგამომყენებლებს შორის იშლება. მაგალითად, ენერგეტიკული მიზნებისათვის დიდი წყალსაცავების მოწყობის დროს წყლის საკმაოდ მნიშვნელოვანი ნაწილი იხარჯება აორთქლებაზე და ფილტრაციაზე და იყარება კომპლექსის დანარჩენი მონაწილეთათვის. ამიტომ მიზანშეწონილია მათი გაერთიანება ერთ ჯგუფად, კერძოდ წყალმომხმარებლად. წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეებს როგორც წესი საპირისპირო ინტერესები გააჩნიათ რო-

გორც წყლის ხარისხის მიმართ, ასევე წყლის რეჟიმების მიმართ და სხვა ასპექტებშიც. მაგალითად, ჰიდროენერგეტიკა, წყლის ტრანსპორტი, ხეტყის დაცურება წყლის ხარისხს მკაცრ მოთხოვნებს არ უყენებს, მაშინ როდესაც წყალმომარაგება, სათევზე მეურნეობა, რეკრეაცია საჭიროებს მაღალი ხარისხის წყალს. ან კიდევ ჰიდროენერგეტიკულ ობიექტებზე, კერძოდ წყალსაცავებში მაქსიმალურად ცდილობენ დააგროვონ წყალი და ქვედა ბიეფში ტრანზიტით გაატარონ წყლის მინიმალური რაოდენობა, რათა ინტენსიურად გამოიყენონ წყალმცირების პერიოდში, ნაეიგაცია კი ქვედა ბიეფში საჭიროებს წყლის სათანადო რაოდენობას წყლის ტრანსპორტის ნორმალური ექსპლუატაციისათვის. შეიძლებოდა აქ მრავალ სხვა მაგალითების მოყვანა, მაგრამ აღნიშნულიც ნათლად მიუთითებს მასზედ, რომ წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობის დროს აუცილებელი ხდება მთელი რიგი პრობლემების კომპრომისული გადაწყვეტა, რაც ღრმა მეცნიერულ დასაბუთებულ მიდგომას საჭიროებს.

4.1.3. წყალსამეურნეო კომპლექსების კლასიფიკაცია

წყალსამეურნეო კომპლექსების კლასიფიკაცია შესაძლებელია მათი გავრცელების მასშტაბების, ნაგებობათა ტიპების და მონაწილეთა რიცხვის მიხედვით.

გავრცელების მასშტაბების მიხედვით წყალსამეურნეო კომპლექსები შეიძლება იყოს: გლობალური (ანუ სახელმწიფოთაშორისი); სახელმწიფოებრივი; ზონალური; აუზის.

გლობალური (ანუ სახელმწიფოთაშორისი) წყალსამეურნეო კომპლექსებს მიეკუთვნება ისეთები, რომლებიც აგებულია სასაზღვრო წყალსატევებზე, ან მდინარეებზე რომლებიც ტრანზიტით გადიან ერთი სახელმწიფოდან მეორეში.

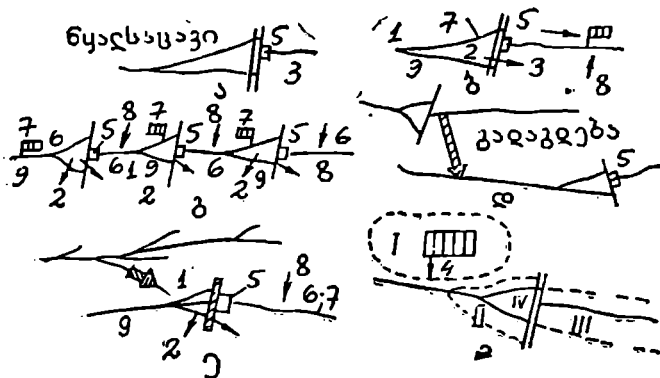
სახელმწიფოებრივი წყალსამეურნეო კომპლექსები ეწყობა ერთი სახელმწიფოს სახალხო მეურნეობის მიზნებისათვის.

ზონალური წყალსამეურნეო კომპლექსი ითვალისწინებს ქვეყნის ამა თუ იმ ეკონომიკური რაიონის ან რეგიონის პრობლემებს. რაც შეეხება აუზის წყალსამეურნეო კომპლექსებს იგი ითვალისწინებს კონკრეტული წყალსატევის აუზში ამა თუ იმ მონაწილეთა ინტერესებს. მაგალითად მელიორაციის, ჰიდროენერგეტიკის და ა. შ.

ტექნიკური თვალსაზრისით წყალსამეურნეო კომპლექსები როგორც აღნიშნეთ შეიძლება დაიყოს ნაგებობათა ტიპებისა და მონაწილეთა

რიცხვის მიხედვით (ნახ. 13). მაგალითად, ერთკვანძიანი დარგობრივი კომპლექსი შეიძლება იყოს ან ენერგეტიკული, ან ირიგაციული დანიშნულების (ნახ. 28, ა). თუმცა ამ ბოლო დროს არაკომპლექსური დანიშნულების ჰიდროკვანძები პრაქტიკულად არ შენდება, რის გამოც უპირატესად გვხვდება ერთკვანძიანი, მაგრამ მრავალდარგოვანი დანიშნულების წყალსამეურნეო კომპლექსები (ნახ. 28, ბ).

სახალხო მეურნეობის შემდგომ განვითარებასთან ერთად ერთკვანძიანი წყალსამეურნეო კომპლექსები ტრანსფორმირდება მრავალკვანძიან ან კასკადურ დარგთაშორის კომპლექსებად (ნახ. 28, გ). ასეთი წყალსამეურნეო კომპლექსები მოწყობილია როგორც საზღვარგარეთ, ასევე ყოფილ საბჭოთა კავშირში, მაგალითად მდ. ვოლგაზე, დნეპრზე, სვირზე და ა. შ.



ნახ. 28. წყალსამეურნეო კომპლექსების ტიპები: ა—ერთკვანძიანი და დარგობრივი; ბ—ერთკვანძიანი დარგთაშორისი; გ—კასკადური დარგთაშორისი; დ—აუზთაშორისი დარგობრივი ჩამონადენის ლოკალური გადაგდებით; ე—აუზთაშორისი მრავალდარგობრივი; 1—ჯანმრთელობის დაცვა; 2—წყალმომარაგება; 3—მორწყვა; 4—აპოშრობა; 5—ენერგეტიკა; 6—ტრანსპორტი; 7—სათევზე მეურნეობა; 8—წყალსარინება; 9—რეკრეაცია;

იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთი აუზის წყლის რესურსები საკმარისი არ არის წყალსამეურნეო კომპლექსის მოსაწყობად მაშინ საჭირო ხდება სხვა აუზიდან წყლის გადმოგდება და აუზთაშორისი დარგობრივი (ნახ. 28, დ) ან აუზთაშორისი მრავალდარგობრივი (ნახ. 28, ე) კომ-

პლექსების მოწყობა. მაგალითად, ასეთი კომპლექსი მოწყობილია ყარაყუმის არხის ბაზაზე, სადაც კომპლექსის თანამონაწილეებად გამოდის ირიგაცია, წყლის ტრანსპორტი და მეთევზეობა.

რამდენიმე წლის წინათ არსებობდა წყალდაცვითი კომპლექსის ცნებაც, რომელიც სათანადო სახელმწიფო სტანდარტითაც კი იყო განმარტებული, კერძოდ სტანდარტის მიხედვით იგი წარმოადგენდა ნაგებობათა და მოწყობილობათა სისტემას, რომლის მიზანიც იყო წყლის ობიექტების მოცემულ პუნქტებში ან კვეთებში წყლის საჭირო რაოდენობისა და ხარისხის შენარჩუნება. რადგან იგი წარმოადგენს დაძვარე ნაგებობასა და საერთოდ ღონისძიებათა კომპლექს ძირითადი წყალსამეურნეო კომპლექსების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის, ამიტომ მასზე აღარ შეეჩერდებით.

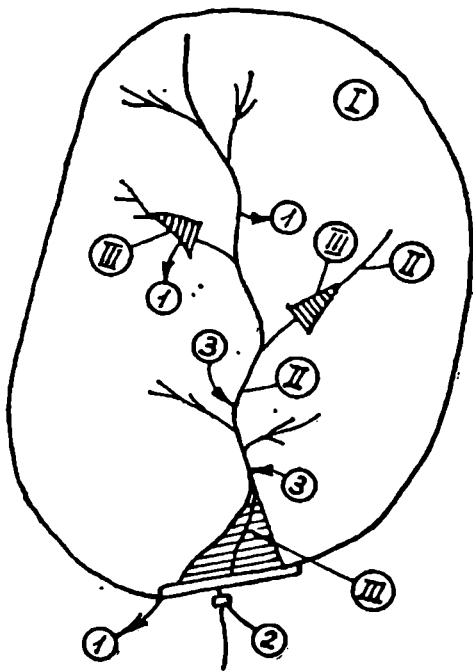
4.1.4 წყალსამეურნეო კომპლექსების დაპროექტებისა და მართვის ზოგიერთი ასპექტები

წყალსამეურნეო კომპლექსების ერთ-ერთი ძირითადი დანიშნულებაა წინასწარ შერჩეული საიმედოობით კომპლექსის მონაწილეთა უზრუნველყოფა სათანადო რაოდენობისა და ხარისხის წყლით. ამავდროს კომპლექსები უნდა პასუხობდნენ თანამედროვე ტექნიკურ, ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ მოთხოვნებს. აქედან გამომდინარე კომპლექსების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნეს რიგი მოთხოვნებისა. კერძოდ, თუ ბუნებრივი წყლის ხარისხი არ აკმაყოფილებს რომელიმე მონაწილის მოთხოვნებს და საჭიროა წყლის ხარისხის გაუმჯობესება, დანახარჯები აღნიშნულ ღონისძიებებზე უნდა იყოს მინიმალური. როდესაც ბუნებრივი წყლის რესურსები ვერ უზრუნველყოფს ამა თუ იმ მონაწილეს საჭირო რაოდენობის წყლით, დასაშვებია დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება (ამა თუ იმ უბნების დამატებითი დარეგულირება, სხვა აუზის ჩამონადენის გამოყენება და ა. შ.). ტოპოგრაფიული, გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და საერთოდ ბუნებრივი პირობები ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ხელსაყრელი უნდა იყოს ნაგებობების როგორც მშენებლობის, ასევე მისი შემდგომი ექსპლუატაციისათვის. შერჩეული სქემები, ნაგებობებისა და მოწყობილობების ტიპები, კონსტრუქცია, ადგილმდებარეობა, წყლის ტრანსპორტირება და სხვ. უნდა უზრუნველყოფდეს კომპლექსის მშენებლობის კაპიტალდაზღვევის, მატერიალური და შრომითი რესურსების,

მონაწილისათვის მიწოდებული ერთეული წყლის რაოდენობის მინიმალურ ღირებულებას და ა. შ.

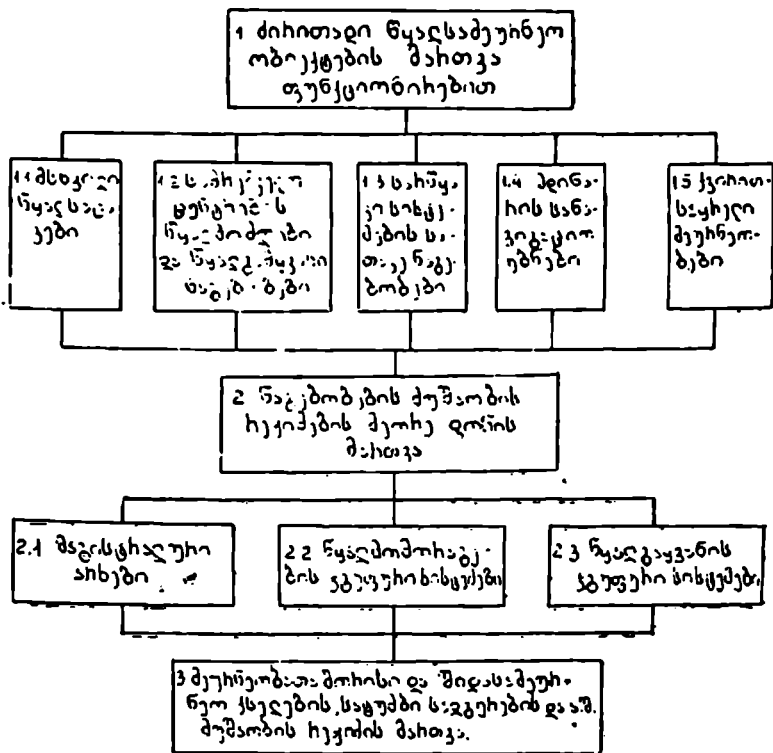
რაც შეეხება წყალსამეურნეო კომპლექსების მართვას, ანუ მის რაციონალურ ექსპლუატაციას ეს პრობლემა უაღრესად მნიშვნელოვანია და კომპლექსების მასშტაბების ზრდასთან ერთად საკმაოდ რთული ხდება.

მიუხედავად ამისა, ამჟამად დამუშავებულია აუზის წყალსამეურნეო კომპლექსების ავტომატიზირებული მართვის საკმაოდ საიმედო სქემა. მაგალითისათვის ნახ. 29-ზე მოცემულია ერთ-ერთი აუზის წყალ-



ნახ. 29. აუზის წყალსამეურნეო კომპლექსის ფრაგმენტის სქემა: I—ჩამონადენის ფორმირების სისტემა (წალშემკრები ფართობი); II — ჩამონადენის ტრანსპორტირების სისტემა (მდინარის კალაპოტი, ან არხი); III—ჩამონადენის რეგულირების სისტემა (წყალსაცავი); 1—წყალმომხმარებელი ობიექტი; 2—წყალგამომყენებელი ობიექტი; 3—წყალსარინებელი ობიექტი.

სამეურნეო კომპლექსის ფრაგმენტი, რომლის ავტომატიზირებული მართვის იერარქიული სქემა მოცემულია ნახ. 30. კომპლექსის მართვა ითვისისწინებს მონაწილეთა მოთხოვნის შესაბამისად წყლის რესურსების ოპტიმალურ გადანაწილებას, რათა მიიღონ მაქსიმალური სახალხო-სამეურნეო ეფექტი.



ნახ. 30. აუზის წყალსამეურნეო კომპლექსის ავტომატიზირებული მართვის იერარქიული სქემა.

წყალსამეურნეო კომპლექსის ავტომატიზირებული მართვის სქემა წარმოადგენს სისტემას, რომელიც საშუალებას იძლევა არა მარტო შეკრიბოს და დაამუშაოს ინფორმაცია, არამედ გამოყენებულ იქნას წყლის რესურსების ოპტიმალური განაწილების ძირითადი ამოცანების რეგულარული ამოხსნის ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდები.

ავტომატიზირებული მართვის იერარქიული სქემა შედგება საფეხურებისაგან (დონეებისაგან).

პირველი დონე ითვალისწინებს ძირითადი წყალსამეურნეო ობიექტების ფუნქციონირების მართვას, რომლებიც განაპირობებენ კომპლექსების წყლის რეჟიმებს. მაგალითად, მსხვილი წყალსაცავები, მსხვილი სამრეწველო ცენტრების წყალმიმღები ნაგებობები, სარწყავი სისტემების სათავე ნაგებობები და ა. შ.

მეორე დონე გულისხმობს იმ ნაგებობების მუშაობის რეჟიმების მართვას, რომლებიც მოწყობილია სათავე წყალმიმღებ კვანძებს შემდეგ. ამავე დონეზე განიხილება მაგისტრალური არხები, სამრეწველო ცენტრების წყალმომარაგებისა და წყალსარინებელი სისტემები და ა. შ.

მესამე დონეზე სწარმოებს სამეურნეობათაშორისო და შიდასამეურნეო ქსელების, სატუმბი სადგურებისა და ა. შ. რეჟიმების მართვას.

ავტომატიზირებული მართვის ძირითადი ამოცანებია: ინფორმაციის მიღება წყლის რესურსების რაოდენობისა და ჰიდროლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიური რეჟიმების შესახებ; ინფორმაციის შეკრება წყლის ხარისხზე და იმ მოთხოვნებზე, რომლებიც წაყენებათ წყლის რესურსებს და მათი ანალიზი; წყლის რესურსების ფაქტობრივი გამოყენების დაფიქსირება; წყალსამეურნეო კომპლექსის მუშაობის დაგეგმვა; წყალსამეურნეო კომპლექსის მართვა; ავარიული სიტუაციების გათვალისწინება და პროგნოზირება და სხვ.

წყალსამეურნეო კომპლექსების რეჟიმების დაგეგმვა სწარმოებს არა მარტო ოპერატიულად, არამედ ხანგრძლივი დროით და პერსპექტივაშიც.

პერსპექტიული დაგეგმვა გათვალისწინებულია 5—20 წელიწადზე და გულისხმობს ისეთ ასპექტებს, როგორცაა: წყალსაცავების სარეგულაციო მოცულობების გაზრდის ხარისხს და თანმიმდევრობას, სარწყავი არხების რეკონსტრუქციას, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ახალი ფართობების ათვისებას, ენერგეტიკული სიმძლავრეების გაზრდას, რეკრეაციის შემდგომ განვითარებასა და ა. შ.

ხანგრძლივი დაგეგმვა სწარმოებს პერსპექტიული დაგეგმვით მიღებული სქემისა და ობიექტების პარამეტრების გათვალისწინებით. ხანგრძლივი დაგეგმვის პერიოდი შეირჩევა იმ დაშვებით, რომ იგი გაცილებით მეტი გამოვიდეს იმ პერიოდზე, რომელიც საჭიროა წყლის დროდადრო გაშვებით გამოწვეული ტალღების ტრანსფორმაციისათვის. ამ დროს წყალგამტარ ტრაქტში, ან კიდევ წყალდიდობით გამო-

წვეული გარდამავალი პროცესები შეიძლება უგულველყოფილი იქნას.

ოპერატიული, ისევე როგორც ხანგრძლივი დაგეგმვა გამიზნულია წყალსამეურნეო კომპლექსების მოცემული ელემენტებისათვის. ოპერატიული დაგეგმვის პერიოდი დაახლოებით ტოლი უნდა იყოს იმ დროისა, რომელიც საჭიროა წყლის დროდადრო გაშვებით, ან წყალდიდობით გამოწვეული ტალღების ტრანსფორმაციისათვის. ასეთი დაგეგმვის ძირითადი მიზანია სამუშაო გეგმის ოპერატიული შედგენა. ამჟამად ასეთი სახის ავტომატიზირებული სისტემები დამუშავებულა მდ. დნებრის, სირდარის, სარატოვისა და სხვა აუზების წყალსამეურნეო კომპლექსებისათვის.

4.2. წყლის რესურსების გამოყენება სახალხო მეურნეობის ღარბებში

4.2.1. წყალმომარაგება კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის

როგორც უკვე აღინიშნა, ადამიანს არსებობისათვის დღე-ღამეში საშუალოდ 2—3 ლიტრი წყალი სჭირდება. ეს მაჩვენებელი ცხელი კლიმატის რაიონებში 3,5—5 ლიტრამდე იზრდება, ხოლო შუა აზიაში, სადაც დაბალი ტენიანობაა და ჰაერის ტემპერატურა შეადგენს 39—40°C, ღია ცის ქვეშ მომუშავე ადამიანებს 6—6,5 ლიტრი წყალი სჭირდებათ.

წყლის მნიშვნელობა არ ამოიწურება მისი გამოყენებით მხოლოდ სასმელი მიზნებისათვის და საქმლის მოსამზადებლად. იგი აუცილებელია ადამიანების, საცხოვრებელი სახლების, კულტურულ-საგანმანათლებლო და სამკურნალო დაწესებულებების სისუფთავის უზრუნველსაყოფად, მწვანე ნარგავების მოსარწყავად, ქუჩის მტვერთან საბრძოლველად და ა. შ. მაგალითად, სტოკჰოლმში საერთო ხვედრითი წყალმომხარება (სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის, მრეწველობა, ვაჭრობა და სხვ., გაუთვალისწინებელი ხარჯები და დანაკარგები) 70-იან წლებში გაიზარდა 482 ლიტრამდე დღე-ღამეში, ხოლო შემდეგ თითოეულ წინაში ცივი და ცხელი წყლის მრიცხველების მასობრივ დაყენებისა და ანტიარულ-ტექნიკური არმატურისა და ხელსაწყოების კონსტრუქციების სრულყოფის შედეგად შემცირდა და უკვე 80-იანი წლების და-

საწყისში წყალმომარაგების სიდიდე ერთ სულ მოსახლეზე 215 ლ შეადგენდა. მიუხედავად ამისა, შემდგომშიც გათვალისწინებულია დღელამური წყალმომარაგების ნორმის შემცირების ტენდენცია, რასაც ხელს უწყობს ბინებში 6 ლ სასარგებლო მოცულობის ჩამრეცხ ავზიანი ე. წ. სწრაფჩამრეცხი უნიტაზების, საყოველთაო დაყენება, ჭურჭლისა და სარეცხის მანქანების ახალი კონსტრუქციების დამუშავება, ძველის სრულყოფა და ა. შ.

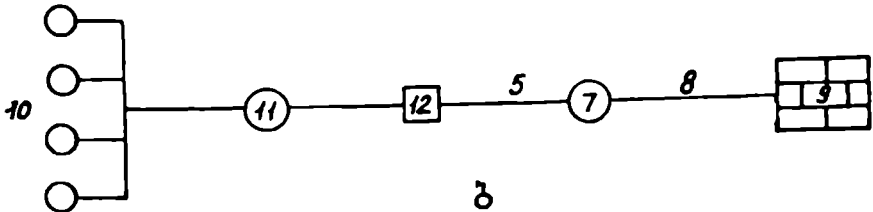
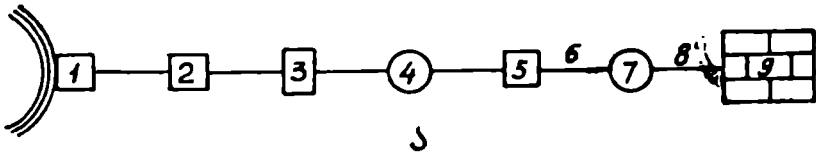
სასმელ-სამეურნეო წყალმომარაგებისათვის განკუთვნილი წყლის რაოდენობა არსებითად დამოკიდებულია სოციალურ ფაქტორზე. აქედან გამომდინარე, ადამიანების მიერ მოხმარებული წყლის მოცულობა მნიშვნელოვნად განსხვავდება ქალაქებსა და სოფლებში. უფრო მეტიც საერთო ხვედრითი წყალმომარაგება, ე. ი. წყლის დღელამური წყალმომარაგების ცენტრალიზებული სისტემის აბონენტების საჭიროებაზე (ერთ სულ მოსახლეზე), გადაანგარიშებით მსოფლიოს დიდ ქალაქებში მერყეობს ფართო ფარგლებში: 204-დან 814 ლიტრამდე.

წყალმომარაგების თანამედროვე სისტემები მრავალფეროვანი და ნაირსახოვანია, თუმცა მაინც შეიძლება მათი დაჯგუფება ამა თუ იმ ნიშანთვისებებით:

- მომხმარებლის მიხედვით — სასმელ-სამეურნეო, სამრეწველო ხანძარსაწინააღმდეგო, სარწყავი, მრავალფუნქციური;
- წყალმომარაგების ობიექტის მიხედვით — ქალაქის, დაბის, სოფლის, საწარმოო ობიექტის;
- წყლით მოსამარაგებელი ობიექტების მომსახურების მიხედვით — ერთი ობიექტისათვის, ჯგუფური, რაიონული;
- მიწოდებული წყლის გამოყენების ჯერადობის მიხედვით — ერთჯერადი და მრავალჯერადი გამოყენების;
- წყალმომარაგების ბუნებრივი წყაროების მიხედვით — ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების გამოყენებით;
- წყლის მიწოდების ხერხის მიხედვით — თვითდინებითი, მექანიკური წესით წყლის მიწოდების, შერეული მიწოდების (სისტემის ფარგლებში).

წყალმომარაგების სისტემებში შეიძლება გამოიყოს რამდენიმე ძირითადი ელემენტი (ნახ. 31).

წყალმიმღები ნაგებობების დანიშნულებაა მოცემული ბუნებრივი წყაროდან წინასწარ შერჩეული საიმედოობით მიიღოს და გადააწოდოს სათანადო რაოდენობის წყალი წყალმომარაგების სისტემის სხვა ელემენტებს. წყალმიმღები ნაგებობები გამოიყენება წყლის წინასწარი მექანიკური გაწმენდისათვის და ხშირად გაერთიანებულია პირველი აწვეის სატუმბ სადგურთან. წყალმიმღები ნაგებობების ტიპები, მათი კონსტრუქცია, განლაგების სქემა და ა. შ. დამოკიდებულია ბუნებრივ



ნახ. 31. წყალმომარაგების სისტემის კლასიკური სქემები: ა—ზედაპირული წყლების გამოყენებით; ბ—მიწისქვეშა წყლების გამოყენებით; 1—ზედაპირული წყლების წყალმიმღები; 2—პირველი აწვეის სატუმბ სადგური; 3—ამწმენდი ნაგებობები; 4—სუფთა წყლის რეზერვუარი; 5—ნეორე აწვეის სატუმბ სადგური; 6—სადაწნეო წყალდენი; 7—სადაწნეო რეზერვუარი; 8—თვითღონებითი წყალდენი; 9—ქსელი; 10 მიწისქვეშა წყლების წყალმიმღები; 11—შეკრები ქა ან სამიჯნო კამერა; 12—სატუმბი სადგური.

პირობებზე, თუმცა მათი დაყოფა შესაძლებელია ორ ძირითად ჯგუფად: ნაგებობები ზედაპირული (მდინარეები, ტბები, ზღვები და ა. შ.) და ნაგებობები მიწისქვეშა წყლების მისაღებად. წყალმიმღები ნაგებობები აუცილებელ ელემენტს წარმოადგენს ყველა ტიპის წყალმომარაგების სისტემაში

სატუმბი სადგურები ქმნიან საჭირო დაწნევებს სისტემაში, რათა მიიღონ საჭირო რაოდენობის წყალი დაბალი ნიშნულიდან მაღალ ნიშნულზე. წყალმომარაგების სისტემებს, რომლებიც გამოიყენებენ ზედაპირულ წყლებს თითქმის ყოველთვის აქვთ სატუმბი სადგურები. ისი-

ნი შეიძლება იყოს ორი სახის. პირველს მიეკუთვნება ეგრეთ წოდებული პირველი აწვევის სატუმბი სადგური, რომელიც წყალს წყალმომლები ნაგებობებიდან აწვდის წყლის ხარისხის დამამუშავებელ ელემენტს — გამწმენდ სადგურს. მეორე სახეა მეორე აწვევის სატუმბი სადგური, რომელიც გამწმენდის შემდეგ სუფთა წყლის რეზერვუარადან წყალს აწვდის სადაწნეო რეზერვუარებს ან მომხმარებელს. ადგილობრივი პირობების მიხედვით შეიძლება წყალსადენის სისტემას მეორე აწვევის სატუმბი სადგურის შემდეგ კიდევ ჰქონდეს სატუმბი სადგურები, რომელნიც მიმდევრობით შეიძლება იყოს მესამე აწვევის, მეოთხე და ა. შ., მაგალითად, ზონალური სისტემებისათვის, როდესაც საჭიროა წყლის ერთი ზონიდან მეორეში გადატუმბვა და ა. შ. ბუნებრივი წყაროს მდებარეობისა და ტოპოგრაფიული პირობებისაგან დამოკიდებულებით წყალმომარაგების სისტემებში შეიძლება საერთოდ არ იყოს, ანდა იყოს ერთი ან რამდენიმე სატუმბი სადგური.

წყლის გამწმენდი ნაგებობები საჭიროებისდა მიხედვით აწარმოებენ ბუნებრივი წყლის ხარისხის გაუმჯობესებას — გადამუშავება-გამწმენდას მომხმარებლის მოთხოვნილების შესაბამისად. გაწმენდის სახე, მეთოდები, ხარისხი, მოწყობილობა-დანადგარები და სხვა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რა ხარისხისაა ბუნებრივი წყალი და რა ხარისხის არის საჭირო მომხმარებლისათვის. წყლის გაწმენდის ძირითადად სამხერხი არსებობს: მექანიკური (როდესაც წყალს შორდება მასში მყოფი მექანიკური მინარევები, რაც ხორციელდება წყლის გაწურვის, დალექვისა და გაფილტვრის საშუალებით), ქიმიური (როდესაც გასაწმენდ წყალს უმატებენ ისეთ ქიმიურ ნივთიერებებს, რომლის რეაქცია წყალთან გვაძლევს საჭირო შედეგს — აშორებს სხვადასხვა მარილს, აჩქარებს გაწმენდის პროცესს და სხვ) და ბაქტერიული (ეს არის წყლის გაუვნებლობა, რომლის მიზანია მანევ ბაქტერიების მოსპობა). ვინაიდან ზედაპირულ წყლებში ყოველთვის არის მექანიკური მინარევები, ბაქტერიულადაც დაბინძურებულია, ამიტომ მათ ყოველთვის სჭირდებათ გაწმენდა, ხოლო რაც შეეხება მიწისქვეშა წყლებს, მათ უმეტეს შემთხვევაში ესაჭიროებათ მხოლოდ გაუვნებლობა.

წყალმომარაგების სისტემაში გამოყენებული რეზერვუარები ძირითადად 2 სახისაა. სუფთა წყლის რეზერვუარი (თუ სისტემაში შედის გამწმენდი სადგური) და სადაწნეო რეზერვუარები. თითოეული ამ სახის რეზერვუარები სხვადასხვა ტიპისაა. სუფთა წყლის რეზერვუარის დანიშნულებაა მოაგროვოს წყალი მისი გადამუშავების, გაწმენდის ან დარბილების შემდეგ. ის ჩვეულებრივ შენდება გამწმენდ სადგურთან.

ამ რეზერვუარში შეიძლება წყლის მარაგიც ინახებოდეს. რაც შეეხება სადაწნეო რეზერვუარებს მათი დანიშნულებაა შეინახონ სააგარო, სახანძრო და სარეგულაციო წყლის მარაგი და მიაწოდონ ქსელში მოთხოვნილებისამებრ საჭირო რაოდენობით და წნევებით. რეზერვუარები ადგილობრივი რელიეფის მიხედვით შეიძლება იყოს მიწისქვეშა ან მიწის ზედაპირზე (კოშკური ტიპის).

წყალსადენი უმეტეს წილად დიდი დიამეტრის მილსადენია, რომლის საშუალებითაც ხდება წყლის ტრანზიტი ერთი ადგილიდან მეორემდე. მაგალითად სათავიდან რეზერვუარამდე და რეზერვუარიდან ქსელამდე.

წყალმომარაგების სისტემების ქსელი შედგება მაგისტრალური და გამანაწილებელი მილებისაგან, თავისი არმატურით, ხელოვნური ნაგებობებით და განშტოებებით შენობაში. ქსელის დანიშნულებაა წყლის მიწოდება ყველა მომხმარებელთან.

ტექნიკური მოწყობილობები და ნაგებობები წყალდენებზე და ქსელზე ითვალისწინებს ისეთ საშუალებებს (არმატურა, ურდული, სარქველი, ვანტუზი, კომპენსატორი, კეები, დიუკერები და ა. შ.), რომლებიც უზრუნველყოფენ სისტემების საჭირო და სწორ ექსპლუატაციას, ხარჯებისა და წნევების რეგულირებას და ა. შ.

4.2.2. სამრეწველო ობიექტების წყალმომარაგება

მრეწველობა წყლის რესურსების ერთ-ერთი უმთავრესი მომხმარებელია. სახალხო მეურნეობის ამ დარგში წყალი გამოიყენება არა მარტო ტექნოლოგიური პროცესების წარმართვისათვის, არამედ იგი გამოშვებული პროდუქციის ერთ-ერთი კომპონენტიცაა, რომ არაფერი ვთქვათ მის სხვა ფუნქციებზე. მართლაც, სამრეწველო პროცესებში იგი გამოიყენება როგორც გამაცივებელი, თბოგადამტანი, გამხსნელი, მშთანთქმელი და ა. შ. თბოენერგეტიკაში გამოიყენებული წყლის 85% ამჟამად ზეთისა და ჰაერის გასაცივებლად, აგრეთვე გადამუშავებული ორთქლის კონდენსაციისათვის გამოიყენება. ან კიდევ, შავი და ფერადი მეტალურგიის ქარხნებში წყლის ძირითადი მასა იხარჯება ლუმების კონსტრუქციული ელემენტების და სხვადასხვა დანადგარების გასაცივებლად. გაანგარიშებულია, რომ ყველა სახის სამრეწველო ობიექტებზე წყლის დაახლოებით 70—75% გამოიყენება როგორც თბოგადამტანი ნივთიერება.

1975 წ. მსოფლიოს სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტებზე ყოველ-

წლიურად საშუალოდ 630 კმ³ წყალი იხარჯებოდა, 2000 წლისათვის კი ნაგარაუდებია, რომ ეს ციფრი 1900 კმ³-ს მიაღწევს, ხოლო თუ შენარჩუნებული იქნება ამჟამად არსებული ტექნოლოგიური პროცესები ყოველწლიურად წყლის დაუბრუნებელი დანაკარგები 70 კმ³-ს გადააჭარბებს.

საერთოდ, სამრეწველო ობიექტებზე გამოყენებული წყლის მოცულობები დამოკიდებულია გამოშვებული პროდუქციის სახეზე და რაოდენობაზე, გამოყენებულ ტექნოლოგიურ პროცესზე, წყალმომარაგების სისტემაზე და სხვ.

გარდა ამისა სამრეწველო ობიექტებზე წყალი გამოიყენება მომსახურე პერსონალის სამეურნეო-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის, სამრეწველო სათავსების დასალაგებლად, მწვანე ნარგავების მოსარწყავად, ხანძარსაწინააღმდეგო მიზნებისათვის და ა. შ.

გამოშვებული პროდუქციის სახის მიხედვით ხვედრითი წყალმომარება (ერთეულ გამოშვებულ პროდუქციაზე) რამდენიმე ერთეულიდან, რამდენიმე ათას კუბურ მეტრამდე იცვლება. მაგალითად, ისეთი პროზაიკული პროდუქტისათვის, როგორცაა საფუარი 600-ჯერ უფრო მეტი წყალი იხარჯება, ვიდრე ამას იწონის გამოშვებული პროდუქცია. 1 ტ. ვისკოზის ან შტაპელის გამოსაშვებად საჭიროა 800 მ³ წყალი, 1 ტ. კაპრონისათვის — 5000 მ³ და ა. შ.

ხვედრითი წყალმომარება მრეწველობის ზოგიერთი დარგებისათვის შემდეგ ღიაპაზონებში იცვლება:

ქვანახშირის წარმოებაში	— 3—5 მ ³ /ტ;
ნავთობის	— 30—50 მ ³ /ტ;
ფოლადის	— 50—150 მ ³ /ტ;
თუჩის	— 150—200 მ ³ /ტ;
ქალაღდის	— 200—400 მ ³ /ტ;
ქიმიური სასუქების	— 300—600 მ ³ /ტ;
ბამბეულის ქსოვილის	— 300—1000 მ ³ /ტ;
სინთეტიკური ბოჭკოს	— 2500—6000 მ ³ /ტ;

აღსანიშნავია, რომ წყლის ხვედრითი ხარჯი მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთი და იგივე დარგის სხვადასხვა ობიექტებზე. მაგალითად, ოსტანკინოს რძის ქარხანაში წყლის ხარჯი გამოშვებული პროდუქციის ერთეულზე 1,52 მ³/ტ შეადგენდა, მაშინ როდესაც მ. გორკის სახელობის № 1 რძის ქარხანაში წყლის ხარჯი — 2,63 მ³/ტ იყო, ოჩა-

კოვის რძის ქარხანაში — 3,4 მ³/ტ, ხოლო მოსკოვის რძის ქარხანაში — 5,8 მ³/ტ.

სამრეწველო ობიექტებზე გამოყენებულ წყლის საერთო მოცულობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს წყალმომარაგების სისტემების სქემები, კერძოდ წყლის საცირკულაციო (ანუ ბრუნვითი) სისტემები განაპირობებენ არა მარტო წყლის რესურსების რაციონალურ გამოყენებას, არამედ იცავენ წყალსატევებს დაბინძურებისაგან. უფრო მეტიც, ნახშირი წყლის დამუშავება (გაცივება, გაწმენდა და ა. შ.) და მისი ხელმეორედ (ცირკულაციის წესით) დაბრუნება ამა თუ იმ ტექნოლოგიურ პროცესში უფრო იაფი ჯდება, ვიდრე წყალსადენიდან ახალი წყლის მიწოდება. ზოგიერთ შემთხვევაში, ეკოლოგიური თვალსაზრისით აუცილებელია ცირკულაციური სქემების მოწყობა მაშინაც კი, როდესაც ამ სქემების მოწყობა საწარმოში უფრო ძვირი ჯდება, ვიდრე წყალსადენით ახალი წყლის მიწოდება.

საერთოდ, წყლის გამოყენების ხასიათის მიხედვით სამრეწველო ობიექტების წყალმომარაგების სისტემები შეიძლება რამდენიმე კატეგორიად დაიყოს: წყლის პირდაპირი დინებით; წყლის თანამიმდევრული გამოყენებით; წყლის ბრუნვითი გამოყენებით; წყლის გამოყენებას შერეულ სისტემად (პირდაპირი და თანამიმდევრული ან ბრუნვითი).

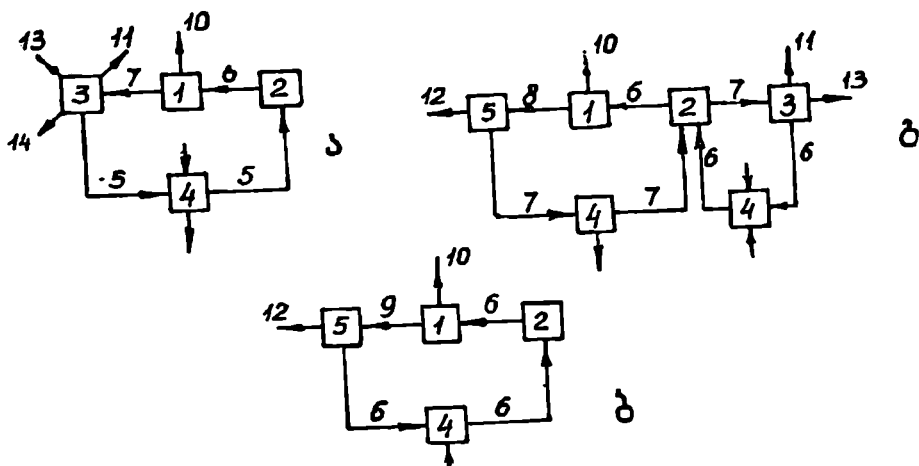
წყლის პირდაპირი დინების დროს წარმოებაში გამოყენებული წყალი სათანადო დამუშავების შემდეგ ვარდება წყალსატევში, ან უერთდება საკანალიზაციო სისტემას.

წყლის თანამიმდევრული გამოყენების დროს რომელიმე სამრეწველო პროცესში ან აგრეგატში ნამუშევარი წყალი გადაეწოდება მეორადი გამოყენებისათვის სხვა ტექნოლოგიურ პროცესს ან აგრეგატს შუალედური დამუშავების (გათბობის, გაცივების და ა. შ.) გარეშე. რის შემდეგაც წყალი გაიყვანება წყალსატევში ან კვლავ გადაეცემა შემდგომი სამრეწველო გამოყენებისათვის.

ბუნებრივი წყალმომარაგების სისტემებში წყალმა შეიძლება შეიცვალოს ან არ შეიცვალოს აგრეგატული მდგომარეობა. ბრუნვითი სისტემები რომლებშიაც წყალი აგრეგატულ მდგომარეობას არ იცვლის თავის მხრივ შეიძლება იყოს ერთკონტურიანი ან ორკონტურიანი. ერთკონტურულ ბრუნვით სისტემებში ტექნოლოგიურ პროცესში მიწოდებული და ნამუშევარი მთელი წყლის რაოდენობა საჭიროებს ამა თუ იმ სახის დამუშავებას (გაწმენდას, გაცივებას და ა. შ.), რომელიც კვლავ გამოიყენება სამრეწველო მიზნებისათვის. ამ დროს წყლის გაყვანა წყალსატევში (ან საკანალიზაციო სისტემაში) საერთოდ არ ხდება

ან თუ ხდება უმნიშვნელო რაოდენობით, წყლის გასაახლებლად. ბრუნვითი წყალმომარაგების სისტემა შეიძლება იყოს ერთიანი (მთლიანი) სამრეწველო ობიექტისათვის ან მოეწყოს წყლის ბრუნვის ცალკეული ციკლები ერთი ან რამდენიმე საამქროსათვის, რაც ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთებით წყდება.

წყლის გაბინძურების ან გათბობის ხარისხის მიხედვით ერთკონტურული ბრუნვითი სისტემები შეიძლება განხორციელდეს სხვადასხვა სქემის მიხედვით. თუ ტექნოლოგიურ პროცესში წყალი მარტო თბება და არ ქუჭყიანდება. მაშინ ნამუშევარ წყალს აცივებენ ტბორში, საშხეფ აუზში ან შხეფსაცივარში და უბრუნებენ იგივე პროცესს. იმ შემთხვევაში კი როდესაც წყალი მხოლოდ ქუჭყიანდება და არ თბება იგი გაწმენდის შემდეგ უბრუნდება ტექნოლოგიურ პროცესს. შეიძლება განხილული იქნას ისეთი სქემაც როდესაც საჭირო ხდება წყლის გაცივებაც და გაწმენდაც ერთდროულად (ნახ. 32).



ნახ. 32. საციკლული წყალმომარაგების სისტემის სქემები: ა—წყლის გაცივებით; ბ—წყლის გაწმენდით; გ—წყლის გაწმენდით და გაცივებით; 1—მომხმარებელი; 2—სატუმბო სადგური; 3—წყლის ამაცივებელი; 4—კაპრა წყლის დასამატებლად ან დასაშეხად; 5—წყალამწმენდი ნაგებობა; 6—ახალი წყალი; 7—გამოყენებული ცხელი წყალი; 8—გაცივებული და გაქუჭყიანებული წყალი; 9—გაქუჭყიანებული წყალი; 10—წყლის საწარმოო დანაკარგები; 11—აორთქლებული წყალი გაცივების დროს; 12—ნარჩენებთან ერთად გადინარე წყალი; 13—კამაცივებელი დაკარგული წყალი; 14—გასაწმენდად გამაცივებლიდან გამოვლული წყალი.

ორკონტრული ბრუნვითი სისტემის დროს გაცივება სწრაფობა მაცივებელი აგენტით — ამიაკით. პროპანით, დისტალარებული წყლით და ა. შ., რის გამოც თბონიმომცველი მოწყობილობები არ ჰუჭიანდება. არსებობს ორკონტრული ბრუნვითი სისტემის სხვა სქემებიც.

საერთოდ ბრუნვითი სისტემის თუ რომელი სქემა იქნეს შერჩეული ეს მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული დაწყებული ტექნოლოგიური პროცესიდან დამთავრებული ეკოლოგიურ-ეკონომიკური ასპექტებით. თუმცა მრეწველობაში წყლის გამოყენების ეფექტი შეიძლება შეფასდეს რამდენიმე მეთოდით, რისთვისაც აუცილებელია განისაზღვროს ისეთი მაჩვენებელი როგორცაა ბრუნვითი წყალმომარაგების კოეფიციენტი და წყლის გამოყენების ჯერადობა. ამჟამად მოწინავე სამრეწველო ობიექტებზე ბრუნვითი წყალმომარაგების კოეფიციენტი 0,95—0,97-საც კი აღწევს. მაგალითად, რიაზანის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანაში ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული წყლის საერთო რაოდენობიდან უკვე კარგა ხანია 97% ბრუნვითი წყალმომარაგების ციკლშია ჩაყვითილი. აღნიშნული სისტემების გამოყენება როგორც აღნიშნეთ წყლის რესურსების საკმაოდ დიდ ეკონომიას იძლევა, მაგალითად 1 ტ ფოლადის გამოდნობის დროს თუ ასეთი სისტემები მოეწყობა შეიძლება დაიზოგოს არა ნაკლები 10-ჯერ მეტი წყალი ვიდრე ბრუნვითი წყალმომარაგების სისტემების მოწყობის გარეშე, კაუჩუკის წარმოებაში — 12-ჯერ მეტი, სპილენძის წარმოებაში — 20-ჯერ და ა. შ.

სამრეწველო ობიექტებზე წყალმომარაგების ბრუნვითი სისტემების მოწყობა ამჟამად აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. ჯერ კიდევ 1985 წლისათვის ყოფილ საბჭოთა კავშირში წყალმომარაგების ბრუნვით და თანამიმდევრულ სისტემებში გამოყენებული წყლის საერთო მოცულობა 244,4 კმ შეადგენდა ყოველწლიურად, ანუ მთელი გამოყენებული წყლის მოცულობის 69%, საქართველოში 1,0 კმ (37%), მოლდავეთში — 3,2 კმ (93%) და ა. შ.

თუ რაოდენ ეფექტურია საცირკულაციო სქემების დანერგვა წარმოებაში ამაზე მეტყველებს შემდეგი ციფრები. დათვლილია რომ უკრაინის 83 მსხვილ საწარმოო ობიექტზე საცირკულაციო სქემების დანერგვით წელიწადში გამოთავისუფლდა 3 კმ წყლის მოცულობა, რაც სრულიად საკმარისი იქნებოდა მთელი უკრაინის მოსახლეობის სასმელი წყლით უზრუნველყოფისათვის თუ წყლის ხარჯის ლიმიტი ერთ სულ მოსახლეზე იქნებოდა 170 ლ/დღ.დ.

სამრეწველო ობიექტებზე ტექნოლოგიური მიზნებისათვის ძალიან ხშირად აწყობენ სპეციალური დანიშნულების რამდენიმე წყალსადენს. ზოგიერთ თანამედროვე საწარმოებში სხვადასხვა ხარისხის წყლისათვის გამოიყენება ათამდე წყალსადენის ქსელიც კი. მაგალითად: მდინარის (გაუწმენდავი) ტექნიკური წყლისათვის; ტექნიკური გაკამკამებული წყლისათვის, რომელშიაც შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობა არ აღემატება 20 მგ/ლ; გაკამკამებული და 7°C გაცივებული წყლისათვის და ა. შ.

რაც შეეხება სამრეწველო მიზნებისათვის მოხმარებული წყლის ხარისხს როგორც ადრე აღვნიშნეთ, იცვლება იმისდა მიხედვით თუ რა დანიშნულება წაეყენება მას ტექნოლოგიურ პროცესში. მიუხედავად ამისა, სამრეწველო ობიექტების წყალმომარაგებისათვის, როგორც წესი ძირითადად გამოიყენება ზედაპირული წყლები. ისეთ რაიონებში, სადაც ზედაპირული წყლის მარაგი ძალიან მცირეა და არსებობს მაწისქვეშა წყლების საკმაოდ დიდი მოცულობები, დასაშვებია, მიწისქვეშა წყლების სამრეწველო მიზნებისათვის გამოყენება სათანადო ორგანოების ნებართვით.

4.2.3. წყალმომარაგება სოფლის მეურნეობაში

სოფლის მეურნეობა წყლის რესურსების საკმაოდ მსხვილი მომხმარებელია. მართლაც, თუ 1900 წელს ჩვენს პლანეტაზე საბალხო მეურნეობის აღნიშნულ დარგში 350 კმ³ წყალი იხარჯებოდა, 1975 წლისათვის მისი მოხმარება 6-ჯერ გაიზარდა, ხოლო 2000 წლისათვის ნავარაუდევია რომ ეს ციფრი წელიწადში 3400 კმ³-ს მიაღწევს.

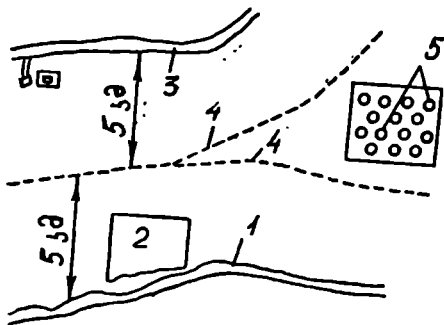
წყალმომარაგების სისტემები სოფლის მეურნეობაში ემსახურება დასახლებულ პუნქტებს, მეცხოველეობის ფერმებსა და კომპლექსებს. მანქანა-ტრაქტორთა პარკებს და ა. შ. აღნიშნული სისტემები ქალაქების წყალმომარაგების სისტემებისაგან განსხვავებით ხასიათდებიან წყლის საათობრივი მოხმარების დიდი უთანაბრობით, მცირე ხვედრითი ხარჯებით და სხვ. მაგალითად, არსებული ნორმებით, რაიონის კეთილმოწყობის გათვალისწინებით, ერთ სულ მოსახლეზე წყლის დღე-ღამური მოხმარების ნორმა 30-დან 350 ლიტრამდე იცვლება.

მეცხოველეობის კომპლექსში წყლის მოხმარების ნორმა დამოკიდებულია კომპლექსის სახეზე, მის ტექნიკურ აღჭურვილობაზე, პირუტყვის რაოდენობაზე და სხვ. ასეთ კომპლექსებში წყალი იხარჯება პირუტყვის ფიზიოლოგიურ მოთხოვნილებაზე, ტექნოლოგიურ პროცე-

სებში და დამხმარე ღონისძიებებზე, საკვების: დამამზადებელ ბაზეზე, ცხოველების ვეტერინალურ-სანიტარიულ მომსახურებაზე და ა. შ. აქაც წყლის მოხმარების ნორმები შეიძლება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში იცვლებოდეს. მაგალითად, იმის და მიხედვით თუ როგორ ხდება წყლის გატანა მექანიკური თუ ჰიდრავლიკური წესით წყლის ხარჯი შეიძლება 3.5-ჯერ გაიზარდოს.

წყლის დღე-ღამური მოხმარების ნორმა ამავე დროს დამოკიდებულია პირუტყვის სახეობაზე და შეიძლება ერთ სულზე 2-დან 200 ლიტრამდე იცვლებოდეს. მართლაც, ერთ მეწველ ძროხაზე დღე-ღამეში საშუალოდ 100 ლიტრი წყალი იხარჯება: საკვების მოსამზადებლად — 6 ლიტრი, სასმელად — 50, სათავსოს დასასუფთავებლად — 6, სხეულის გასაწმენდად — 20. სარძევე ჰურჭლის გასარეცხად 9 ლიტრი და ა. შ.

სოფლებში წყლის მოხმარებას ერთ კომლზე ხშირად წყლის ნორმების გამსხვილებული მაჩვენებლებით განსაზღვრავენ, რომელიც ცხადია იცვლება ადგილობრივი პირობების მიხედვით. მაგალითად, თუ კომლი 5 კაცისაგან შედგება, რომელსაც ყავს 1 მეწველი ძროხა, 1 ან 2 ნამატი, 5-დან 10-მდე წვრილფეხა საქონელი, 20-მდე ფრინველი



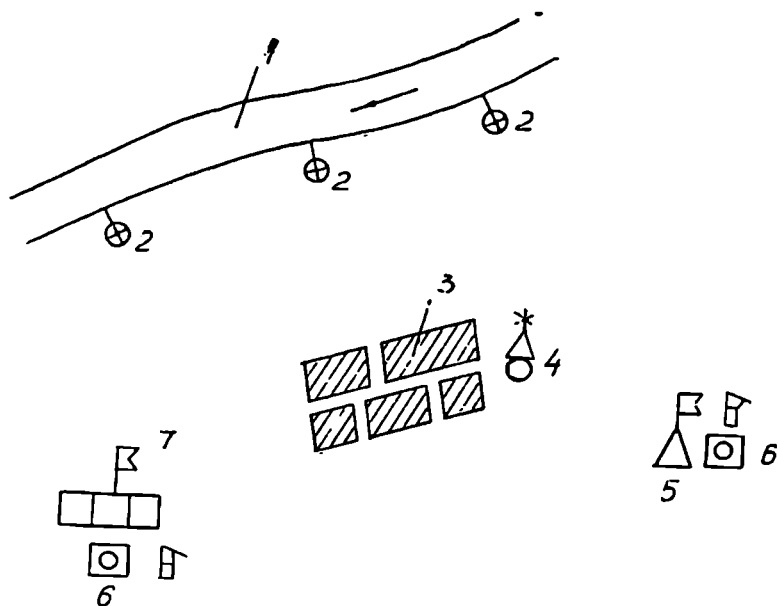
ნაბ. 33. ექსტენსიური გაწყლოვანების სქემა: 1 — მდინარე; 2 — დასახლებული პუნქტი; 3 — არხი გაწყლოვანებისათვის; 4 — პირობითად გაწყლოვანებული ტერიტორიის საზღვრები; 5 — შახტური ქები, განლაგებული დასახლებულ პუნქტში.

მაშინ წყლის საერთო ხარჯი დღე-ღამეში 800-დან 1000 ლიტრამდე აიღება.

ქვეყნის სამხრეთ რეგიონებში მეცხოველეობისათვის ძირითადად საძოვრები გამოიყენება, სადაც წყლის რესურსები საკმაოდ შეზღუ-

დულია, ამიტომ საჭირო ხდება ამ ტერიტორიების გაწყლოვანება. გაწყლოვანება როგორც წესი სწარმოებს სეზონურად. მართალია გაწყლოვანება ძირითადად სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულებისაა, მაგრამ ზოგჯერ მიზანშეწონილია და ამავე დროს ეკონომიკურიც, წყალი მიწოდოს სხვა მომხმარებელსაც.

ტერიტორიების გაწყლოვანების სამი ძირითადი ფორმა არსებობს: ექსტენსიური, არასრული ანუ შეზღუდული და სრული. ექსტენსიური გაწყლოვანება ხორციელდება მხოლოდ წყლის წყაროების — გუბურების, ჭების, არხებისა და ა. შ. მოწყობით. ამ დროს წყლის თითოეულა წყარო ეწყობა იმ ვარაუდით რომ მან გააწყლოვანოს ტერიტორია რადიუსით 5—10 კმ (ნახ. 33).

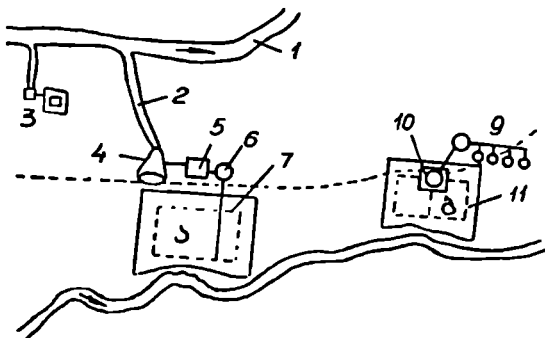


ნახ. 34. ტერიტორიის არასრული გაწყლოვანების სქემა: 1—არხი; 2—წყალმიღები ნაგებობები; 3—დასახლებული პუნქტი; 4—ქაბურღილი; 5—პირუტყვის დასაწყურებელი; 6—შახტური კა წყალმიღებით; 7—მეცხოველეობის ფერმა.

არასრული, ანუ შეზღუდული გაწყლოვანების დროს ეწყობა როგორც წყლის წყაროს ქსელი, აგრეთვე დამატებითი ნაგებობები და მოწყობილობები, რომელიც ხელს უწყობს ამ ქსელის გამოყენებას წყალმომარაგებისათვის (ნახ. 34).

ასეთ ნაგებობებს მიეკუთვნება წყლის ამწევი დანადგარები ჰაბურღი-
ლებზე, წყლის დასაწყურებელი მოედნები გუბურების ქვემოთ, და-
ნადგარები წყლის დასარბილებლად ან გაუფენებლობისათვის და ა. შ.

სრული ვაწყლოვანების დროს წყლით კმაყოფილდება არა მარტო
გასაწყლოვანებელ ტერიტორიაზე მყოფი მომხმარებელი, არამედ სა-
ხალხო მეურნეობის სხვა დარგებიც (ნახ. 35).



ნახ. 35. სრული ვაწყლოვანების ფრაგმენტის სქემა: 1—ვაწყ-
ლოვანების მაგისტრალური არხი; 2—გამყვანი არხი; 3—და-
საწყურებელი პუნქტი; 4—წყალსაცავი; 5—წყალგააწმენდი
ნაგებობები; 6—სადაწნეო რეზერვუარი; 7—გამანაწილებელი
ქსელი; 8— მდინარე; 9—ქების ჭგუფი წყალმიძღვებით; 10—
სადაწნეო რეზერვუარი წყალმიძღვით; 11—გამანაწილებელი
ქსელი დასახლებულ პუნქტში.

ტერიტორიის ვაწყლოვანების სქემების დაპროექტების დროს სა-
ჭიროა ყურადღება გამახვილდეს შემდეგ ძირითად მოთხოვნებზე: სად,
რა რაოდენობის, როგორი ხარისხის და რა დროში უნდა იქნას მიწო-
დებული წყალი.

საძოვრების წყალმომარაგების დროს მხედველობაში უნდა იქნას
მიღებული რა სახის საძოვრებია სეზონური თუ მთელი წლის განმავ-
ლობაში. გათვალისწინებული უნდა იქნეს აგრეთვე პირუტყვის და მა-
თი ძოვების სახე, ამავე დროს წყლის წლიური, დღე-ღამური და სა-
ათობრივი მოთხოვნილებების გრაფიკები.

სახნავ მიწებზე ძირითადი წყალმომხმარებელია ადამიანი, მექანი-
ზაცია და მუშა პირუტყვი დაკავებული სასოფლო-სამეურნეო საქმიან-
ობაში. მათი წყლით დაკმაყოფილებისათვის ეწყობა სხვადასხვა სა-

ხის კები, გუბურები და ა. შ., რომლებიც წარმოადგენენ გაწყლოვანების პირველად ცენტრებს. ასეთი ცენტრები ეწყობა ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების შემდეგ, ხოლო წყალი მომხმარებელს მიეწოდება ავტომანქანებით ან მუშა პირუტყვის გამოყენებით. მისაწოდებელი წყლის ნორმა განისაზღვრება სათანადო გაანგარიშების შედეგად.

4.2.4. მორწყვითი და დაშრობითი მელიორაცია

დედამიწის მზარდი მოსახლეობის უზრუნველყოფა კვების პროდუქტებით აუცილებელს ხდის მეცხოველეობისა და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ინტენსიურ განვითარებას, რაშიაც წამყვანი როლი მორწყვით მელიორაციას განეკუთვნება.

ამჟამად დედამიწის ერთი მეათედი სასოფლო-სამეურნეო მიწებს უკავია, მაგრამ მხოლოდ მათი ერთი მეექვსედი ირწყვება. მიუხედავად აღნიშნულისა ამ მიწებიდან მთელი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის დაახლოებით 40—50% მიიღება.

მორწყვითი მელიორაციის შემდგომ განვითარებას ხელს უშლის არა სარწყავი მიწების უქონლობა, არამედ წყლის რესურსების დეფიციტი. მარტო განვითარებულ ქვეყნებში ყოველწლიურად წყლის მოხმარება სოფლის მეურნეობაში ჯერ კიდევ რამდენიმე წლის წინათ 500 კმ³ აღემატებოდა, ხოლო 90-იანი წლების დასაწყისში ნავარაუდევია, რომ იგი 635 კმ³-ს მიაღწევს.

1980 წელს ყველა ქვეყნებში მორწყული მიწების ფართობები 270 მლნ. ჰა. შეადგენდა, აქედან ინდოეთში — 57, ჩინეთში — 48, აშშ — 25, საბჭოთა კავშირში — 17,5 პაკისტანში — 14,3 მლნ ჰა და ა. შ. აშშ სახნავი ფართობებისა და ნარგავების 18% ირწყვება, ინდოეთში — 34, ჩინეთში — 47, იაპონიაში — 58, იტალიაში — 21, ბულგარეთში — 28, რუმინეთში — 22% და ა. შ.

1985 წელს ყოფილ საბჭოთა კავშირში მორწყული და დაშრობილი მიწის საერთო ფართობმა 34,3 მლნ ჰა შეადგინა. მელორირებულ მიწებზე ამჟამად მოჰყავთ ბამბისა და ბრინჯის მთელი მოსავალი, ხილისა და ყურძნის თითქმის ნახევარი, ერთი მეოთხედი უხეში საკვების. საქართველოში 1970 წლიდან 1985 წლამდე მორწყული მიწების ფართობები 347 ათასი ჰა-დან 447 ჰა-მდე გაიზარდა.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში ურბანიზაციის, წყლისა და ქარის ეროზიის, წყალსაცავების მოწყობით სახნავი მიწების ფართობი ერთ

სულ მოსახლეზე 1,06-დან 0,9 ჰა-მდე შემცირდა და შეადგენს დაახლოებით 220 მლნ. ჰა.

მელიორაციის გათვალისწინების აუცილებლობა წყალსამეურნეო კომპლექსში ყოველთვის არ ჩანს აშკარად სხვადასხვა ფაქტორების გამო. ერთის მხრივ მცენარის წყლის მოხმარების რეჟიმი დამოკიდებულია ამინდზე და თითქმის შეუძლებელია წინასწარ ზუსტად განისაზღვროს თუ რა რაოდენობის წყალი დასჭირდება მცენარის ვეგეტაციის ნებისმიერ მომენტში. მეორეს მხრივ, მორწყული ფართობებიდან მიღებული მოსავალის რაოდენობა დამოკიდებულია არა მარტო წყლის რესურსებზე, არამედ აქტიური რადიაციის ფოტოსინთეზზე, თბურ და კვებით რეჟიმებზე, აგროტექნიკურ ღონისძიებათა დროულად განხორციელებაზე და სხვა ფაქტორებზე.

საკმაოდ რთულია რწყვის რეჟიმის დადგენა, რომელიც გულისხმობს მცენარის ზრდა-განვითარებისათვის რწყვათა რაოდენობის, რწყვის პერიოდულობისა და რწყვის ისეთი ნორმების შერჩევას რომელიც მოსარწყავი ფართობიდან მოცემული დანახარჯების დროს მოგვეცემს მაქსიმალურ სახალხო-სამეურნეო ეფექტს. მართლაც ერთ-ერთი აღნიშნული მდგენელის — სარწყავი ნორმის დადგენისათვის საჭიროა ისეთი პარამეტრების წინასწარი განსაზღვრა, როგორცაა: საერთო წყალმოთხოვნილება (1 ჰა დახარჯული წყალი ვეგეტაციის პერიოდში, ნიადაგის ზედაპირიდან აორთქლებით და მცენარის ტრანსპირაციით), ნიადაგში არსებული წყლის მარაგიდან და ვეგეტაციის პერიოდში მოსული ატმოსფერული ნალექებიდან გამოყენებული წყალი, მცენარის მიერ ვეგეტაციის განმავლობაში გამოყენებული გრუნტის წყალი.

ძირითადად სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის სარწყავი ნორმები საბჭოთა კავშირში მარცვლეულისათვის საშუალოდ 1 ჰა 1500—3500 მ ფარგლებში იცვლებოდა, მრავალწლოვანი ბალახისათვის 2000—8000 მ, ბამბის კულტურისათვის 5000—8000, ბრინჯისათვის 8000—15000 და ა. შ.

ვეგეტაციის პერიოდში რწყვის ვადები დამოკიდებულია მცენარის ბიოლოგიურ ინდივიდუალობაზე, კლიმატურ პირობებზე, ნიადაგის თვისებებზე და აგროტექნიკურ ღონისძიებებზე.

რწყვის რეჟიმის, წესებისა და ტექნიკის არასწორმა გამოყენებამ, აგრეთვე სხვა სუბიექტურმა და ობიექტურმა ფაქტორებმა შეიძლება მორწყვითი მელიორაციის ეფექტი შეამციროს. ასე, მაგალითად 1985 წელს საქართველოში მორწყული ფართობების 1 ჰა მოსავლიანობა ძალიან დაბალი იყო — მარცვლეულისათვის 22,6 ცენტნერია (მაშინ

როდესაც კავშირში საშუალო 32,3 ცენტნერს აღწევდა) და ამ მაჩვენებლებით ჩვენ მოკავშირე რესპუბლიკებს შორის ბოლოდან მეორე ადგილზე ვიყავით. რაც შეეხება ბოსტნეულს აქაც საკმაოდ დიდი ჩამორჩენა შეინიშნებოდა, კერძოდ 1 ჰა ალებული იქნა 146 ცენტნერი (საშუალო საკავშირო მაჩვენებელი 181 ცენტნერი იყო), რის გამოც მოკავშირე რესპუბლიკებს შორის უკანასკნელ ადგილზე აღმოვჩნდიყ. ყოველივე ეს ნათლად მეტყველებს, რომ რესპუბლიკაში საჭიროა მორწყვითი მელიორაციის სტრატეგიისა და ტექტიკის დროული გადახედვა.

საერთოდ სამეურნეო დანიშნულების მიხედვით რწყვის რამდენიმე სახეს განასხვავებენ: ხენისწინას, თესვის, რგვის, სათადარიგო-სამარაგოს, სავეგეტაციოს, გამაგრებელს, გამანოციერებელს, მოყინვის, საწინააღმდეგოს, საპროვოკაციოს, ჩარეცხვისა და სადენიანფექციოს.

მორწყვითი მელიორაციის კომპლექსების დაპროექტებასა და მათ ექსპლუატაციას საფუძვლად უნდა დაედოს საკმაოდ ფუნდამენტალური გამოკვლევები, რომელშიაც ღრმად იქნება გაანალიზებული თუ რომელი სასოფლო-სამეურნეო კულტურა წლის რომელ პერიოდში და რა ინტენსივობით უნდა მოირწყას.

რწყვის წესები და მისი ელემენტების შერჩევა აგრეთვე დამოკიდებულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურის თავისებურებაზე, ნიადაგების, რელიეფის, ჰიდროგეოლოგიურ, კლიმატურ და სხვა მახასიათებლებზე.

მიწათმოქმედების პრაქტიკაში უპირატესად გამოიყენება რწყვის შემდეგი წესები: ზედაპირული დაწვიმება და ნიადაგქვეშა რწყვა. საზღვარგარეთ და ამ ბოლო დროს ჩვენშიც წყლის ეკონომიისა და საერთოდ მაღალი ეფექტის მისაღებად გამოიყენება წვეთოვანი რწყვა.

ზედაპირული ან თვითდინებითი რწყვა შეიძლება პრაქტიკულად ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის იქნეს გამოყენებულ თუ კი არსებობს სათანადო პირობები. ამ დროს ნიადაგს ტენი მიეწოდება მოსარწყავი ფართობის ზედაპირზე თვითდინებით მიშვებული წყლის ნიადაგში ჩაყონვით, უფრო სწორად ჰორიზონტალური და ვერტიკალური ფილტრაციის შედეგად ჰორიზონტალური ფილტრაციის ანუ გვერდითი გაყონვების დროს სარწყავი წყალი, ჩვეულებრივ ნაწილდება წინასწარ მომზადებულ სარწყავ კვლებში. საერთოდ კვალში მორწყვის რამდენიმე წესს განარჩევენ, კერძოდ: კვალში მიშვებით, კვალში დატბორვით, გამოთესილი კვლით და სხვ. ცხადია წესის შერჩევა სათანადო ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ დასაბუთებას

საჭიროებს. ვერტიკალური ფილტრაციით მორწყვის დროს სარწყავი ფართობის მთელ სიგანეზე სწარმოებს ერთდროულად წყლის გატარება, რაც ვერტიკალური მოღარვით ან მთლიანი დატბორვით უნდა განხორციელდეს.

იმისათვის, რომ თვითღინებითი რწყვის დროს ადგილი ჰქონდეს წყლის ნაკადების თანაბარ ღოზირებას ოპტიმალური რწყვის ნორმების მისაღწევად, თავიდან იქნას აცილებული სარწყავი ქსელიდან წყლის უსარგებლო დანაკარგები, რაც ხელს შეუწყობს ეროზიას, დაქობებას და სხვა ნეგატიურ მოვლენების წარმოქმნას, გაიზარდოს შრომის ნაყოფიერება და სხვ. რწყვის პროცესში აუცილებელია ავტომატიზაციისა და მექანიზაციის გამოყენება.

რწყვის პროცესის ავტომატიზაცია ხორციელდება სხვადასხვა სახის ტექნიკური საშუალებების მოწყობით, როგორცაა: სარწყავი მილაკები, მილაკ-სიფონები, გადასატანი ფარები და ა. შ. სარწყავი ფართობების კვლებში მოსარწყავად გამოიყენებენ გადასაადგილებელ სარწყავ აგრეგატებს. მაგალითად ППА—165 ან ППА—300, რომლებიც აგრეგირდებიან სხვადასხვა მარკის ტრაქტორებზე. ეს აგრეგატები შედგება ტუმბოსაგან, დოლი-კონტეინერისაგან (დრეკადი მილსადენების დასხვევი მოწყობილობით) და დრეკადი მილსადენისაგან წყალგამშვებით.

დაწვიმებითი მორწყვა როგორც წესი გამოიყენება არამდგრადი ტენიანობის რეგიონებში, სადაც ხშირ გვალვებთან ერთად უხვი ნალექებიც მოდის. მათი გამოყენება მიზანშეწონილია მაშინაც თუ მოსარწყავი ფართობების ქანობები აღემატება ოპტიმალურ რწყვისათვის დასაშვებ ქანობს, ე. ი. როდესაც $i > 0,03$. ამ დროს სპეციალური დასაწვიმი მოწყობილობების საშუალებით ნიადაგსა და მცენარეს სარწყავი წყალი ხელოვნური წვიმის წვეთების სახით მიეწოდება. აღნიშნული მოწყობილობები სარწყავ წყალს წყლის სატუმბო დანადგარების, სადაწნეო მილსადენებისა და ღია არხების საშუალებით იღებენ.

დასაწვიმებელი მოწყობილობის კონსტრუქციები უზრუნველყოფენ სარწყავი ფართობის ზედაპირზე ხელოვნური წვიმის წვეთების თანაბარ განაწილებას. ცხადია ამ მოწყობილობების რეჟიმების შეარჩევა საჭიროებს საკმაოდ დასაბუთებულ გამოკვლევებს, რათა მიღწეული იქნას სათანადო ეფექტი. კერძოდ, აუცილებელია წინასწარ განისაზღვროს ხელოვნური წვიმის ისეთი მახასიათებლები, როგორცაა: წვიმის ინტენსივობა, წვეთების ზომები და ა. შ. მართლაც, ხელოვნური წვიმის ინტენსივობა უნდა შეირჩეს იმ ვარაუდით, რომ მოსარწყავ

ფართობებზე არ წარმოიქმნას გუბები ან ადგილი არ ჰქონდეს ზედა-პირულ ჩამონადენს. რაც შეეხება წვიმის წვეთების ზომებს — მსხვილი წვეთები არღვევენ ნიადაგის აგრეგატულ შედგენილობას, ამიტომ წვეთების ზომები ყველა სახის ნიადაგისათვის არ უნდა აღემატებოდეს 1—3 მმ-ს.

დაწვიმებითი რწყვის პროცესში ერთ-ერთი პროგრესული მიმართულებაა სინქრონულ-იმპულსური დაწვიმებითი მორწყვა, რომელიც ორ ძირითად ოპერაციას ითვალისწინებს: წყლის საჭირო მოცულობის დაგროვებას დასაწვიმი აპარატის ჰიდროპნევმოაქუმულატორში (პაუზა) და დასაწვიმი წყლის გამოშხეფებას (გასროლას — შეკუმშული ჰაერის ზემოქმედებით) ხელოვნური წვიმის სახით. სინქრონულ-იმპულსური დაწვიმების სისტემის დასაწვიმი აპარატები ერთდროულად მუშაობენ მთელ მოსარწყავ ფართობზე გარკვეული თანმიმდევრობით, ანუ წყლის დაგროვებისა და გაშხეფების პერიოდებით.

დაწვიმებითი რწყვის ერთ-ერთი ახალი წესია მცირე დისპერსიული, ანუ აეროზოლური დაწვიმებითი რწყვა, რომელიც ჰაერის მიწისზედა ფენის მიკროჰაერის ეფექტური რეგულირების მიზნით გამოიყენება. ამ დროს ნარგავის ფოთლების ზედაპირს პერიოდულად მიეწოდება ტენი წვრილად დისპერსიული წყლის სახით, რომ ადგილი არ ჰქონდეს წყლის წვეთების ფოთლებიდან ნიადაგზე ჩამოგორებას. წყლის წვეთები ფოთლებზე რჩება და მუდმივი აორთქლების პროცესში იშვავება, რის შედეგადაც გრილდება ფოთლები. ყოველივე აღნიშნული მიწის ზედაფენის ჰაერის ტენიანობას ზრდის, რის გამოც საგრძნობლად კლებულობს ნიადაგიდან წყლის აორთქლება და მთლიანად გამოირიცხება მცენარის ფოტოსინთეზის დისპერსია. აეროზოლური დაწვიმების წესით შეიძლება მცენარეს წყალში გახსნილი მინერალური სასუქები მიეწოდოს, ან შხამქიმიკატები შეეფრქვეს. ამჟამად, აეროზოლური — ნისლების წარმოქმნელი მოწყობილობების რამდენიმე ტიპი გამოიყენება, რომლებიც დამონტაჟებულია დასაწვიმი აგრეგატებზე.

საერთოდ დასაწვიმი სარწყავი სისტემები მოწყობილობის პრინციპებით იყოფა: სტაციონალურ, ნახევრადსტაციონალურ და გადასატან სარწყავ სისტემებად. სისტემები კი ერთიანებს: სატუმბ დანადგარებს, მაგისტრალურ, გამანაწილებელ და მრწყველ მილსადენებს, დგარებს ურდულებით და დასაწვიმი ჰავლიანი აპარატებით, გამანაწილებელ ჰებს არმატურით და ა. შ.

საკმაოდ ფართოდ გამოიყენება დასაწვიმი მანქანები, რომელთა გადაადგილება ხდება საკუთარი ძრავას ხარჯზე ჰიდრავლიკური, პნევმატიკური, მექანიკური და ელექტროამძრავის საშუალებით. ძირითადად დასაწვიმი მანქანები გამოიყენება ნახევრად სტაციონალურ სარწყავ სისტემებზე. დასაწვიმი მანქანებს განეკუთვნება: მრავალსაყრდენიანი თვითმავალი დასაწვიმი მანქანა — ДМ „ფრეგატი“, საშუალოჭავლიანი მრავალსაყრდენიანი დასაწვიმი მანქანა ДФ—120 „დნებრი“, მრავალსაყრდენიანი ელექტროფიცირებული ფრონტალური მოქმედების დასაწვიმი მანქანა ЭДМФ „კუბანი“ და ა. შ.

დასაწვიმი აგრეგატები შედგება თვითმავალი საყრდენისა (ტრაქტორი) და სატუმბი აგრეგატებისაგან, რომელიც დამონტაჟებულია დასაწვიმი მოწყობილობასთან (მაგალითად, ორკონსოლიანი ფერმები) ერთად. გარდა დასაწვიმი აგრეგატებისა გამოიყენება დასაწვიმი დანადგარებიც: ДКС—64 „ვოლჟანკა“, შლეიფი ДШ—25/300, საშუალოჭავლიანი КИ—50 „რადუგა“ და სხვ.

ნიადაგქვეშა რწყვის დროს როგორც წესი მცენარეულობა ირწყვება ფესვების გავრცელების არეში ჩალაგებული კერამიკული ან პოლიეთილენის მილებით. აღნიშნული მეთოდით რწყვა მიზანშეწონილია მომეტებული ქანობების მქონე სარწყავი მიწების მძიმე და საშუალო მექანიკური შედგენილობის ნიადაგებით. ნიადაგქვეშა რწყვის დროს ჩვეულებრივ გამოიყენება შემდეგი სქემა — მორწყვის წყაროდან მცირე წარმადობის ტუმბოთი წყალი მაგისტრალურ მილებს მიეწოდება, იქედან კი გამანაწილებელს და შემდეგ პერფორირებულ სარწყავ მილსაღენებს.

ნიადაგქვეშა რწყვის ერთ-ერთი სახეობაა წვეთოვანი რწყვა — წყლის უშუალოდ ფესვთა სისტემის ზონაში მიწოდება, რაც ხორციელდება მიწაში ან მის ზედაპირზე განლაგებული პოლიეთილენის მილების საშუალებით. წვეთოვანი რწყვის სქემა ითვალისწინებს მორწყვის წყაროდან მცირე წარმადობის ტუმბოთი წყლის მაგისტრალურ მილსაღენში მიწოდებას, შემდეგ მანაწილებელ და ბოლოს კი სარწყავ მილსაღენებში, რომლებზედაც მოწყობილია სპეციალური საწვეთურები. წვეთოვანი რწყვის დროს მუდმივად ნარჩუნდება ნიადაგში ტენის სასურველი რეჟიმი, რაც არ იწვევს ნიადაგის ზედმეტ დატენიანებას რწყვის პროცესში ან გამოშრობას მორიგ მორწყვამდე.

არიდულ ზონაში ხშირად გავრცელებულია დამლაშებული ნიადაგები, რომლებიც წარმოშობის მიხედვით პირობითად შეიძლება დაიყოს პირველადი ან მეორადი დამლაშების ნიადაგებად. თუ პირველადი დამ-

ლაშების ნიადაგები წარმოიქმნებიან მიმდინარე ბუნებრივი პროცესებით, რის გამოც ნიადაგში, გრუნტში და გრუნტის წყლებში სისტემატიურად გროვდება მარილები, მეორადი დამლაშება უპირატესად ვითარდება მიწების გასარწყავების გამო, რომლის დროსაც ტერიტორიის სუსტი ბუნებრივი დრენირების გამო ადგილი აქვს მინერალიზებული გრუნტის წყლების ჰორიზონტების ზეაწევას.

დამლაშებული ნიადაგების ორი ჯგუფი არსებობს — ბიცი და ბიცობი. აღსანიშნავია, რომ ბიცი (მლაშობი) ნიადაგები ხასიათდება ადვილად ხსნადი მარილების დიდი რაოდენობით მთელ პროფილში, რაც შეეხება ბიცობ ნიადაგებს ისინი შეიცავენ ადვილად ხსნად მარილებს გარკვეულ სიღრმემდე (20—25 სმ ფენებად), ზედა ჰორიზონტი კი დამლაშებული არ არის.

არსებობს ბიცი და ბიცობური ნიადაგების კლასიფიკაცია სხვადასხვა მაჩვენებლების მიხედვით. მაგალითად, თუ ბიცი ნიადაგები ბუნებრივ პირობებში იყოფა აფუებულ, სველ და შავ ნიადაგებად, ბიცობი ნიადაგების კლასიფიკაცია სწარმოებს მარილების შედგენილობის, გრუნტის წყლის დონის მდებარეობის მიხედვით.

ბიცი და ბიცობი ნიადაგების მელიორაციას სჭირდება კომპლექსური ღონისძიებების გატარება, რომელსაც საფუძვლად უდევს ნიადაგის დამლაშების სახეობა, მარილგაცემის უნარი, ნიადაგისა და გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური მაჩვენებლები და სხვ.

ბიცი ნიადაგების მელიორაციამ საკმაოდ ფართო გამოყენება ჰპოვა ირიგაციულ პრაქტიკაში, რომლის დროსაც სწარმოებს მარილების გახსნა და გატანა, ანუ ჩარეცხვა. მელიორაცია ასეთი ნიადაგებისათვის ხშირად ორ ეტაპად ხორციელდება. პირველ ეტაპზე სწარმოებს კაპიტალური ჩარეცხვა ღრმა დახურული ჰორიზონტალური დრენაჟის ფონზე, ხოლო მეორე ეტაპი გულისხმობს ჩარეცხილი ფართობების სასოფლო-სამეურნეო ათვისების მორწყვის ჩამრეცხი რეჟიმის ფონზე.

ჩარეცხვის ტექნოლოგიის დამუშავებისათვის წინასწარ განისაზღვრება ნიადაგის დამლაშების სურათი ჰორიზონტების მიხედვით, ჩარეცხვის ნორმა, ჩარეცხვის თანამიმდევრობა და ა. შ. საერთოდ ერთჯერადი ჩარეცხვის ნორმა 1 ჰა-ზე შეიძლება რამდენიმე ათას მ³-ს აღემატებოდეს.

ბიცობი ნიადაგების მელიორაციის დროს სწარმოებს შთანქმეული Na-ს განდევნა და ჩანაცვლება ნიადაგ-შთანქმეულ კომპლექსებში; ბიცობიანი ჰორიზონტის დაშლა-გაფხვიერება და ტუტიანობის ნეიტრა-

ლიზაცია, რაც ძირითადად, ქიმიური, აგრობიოლოგიური და ბიოლოგიური მელიორაციის საშუალებით ხორციელდება.

როგორც წესი ქიმიური მელიორაცია გულისხმობს ნიადაგში კირის, კალციუმის ქლორიდის და სხვა ნივთიერებების შეტანას. აგრობიოლოგიური წესით ნიადაგების დამუშავების დროს მიმდინარეობს ღრმა მელიორაციული ხენა, ორგანული და მინერალური სასუქების შეტანა, მრავალწლიანი ბალახების თესვა, სიდერაცია, მორწყვის ჩამრეცხი რეჟიმის გამოყენება და ა. შ. რაც შეეხება ბიოლოგიურ მელიორაციას იგი გულისხმობს ბიციობიანობის ამტანი მცენარეების შერჩევას.

მორწყვითი მელიორაციის ბუნებრივ წყაროებად შეიძლება გამოყენებული იქნეს მდინარეები, ტბები, ადგილობრივი ზედაპირული ჩამონადენი და მიწისქვეშა წყლები.

ბუნებრივი წყაროს შერჩევის დროს გათვალისწინდეს არა მარტო ტექნიკურ-ეკონომიკური საკითხები, არამედ ისიც რომ ამ წყარომ დააკმაყოფილოს მომხმარებელი საჭირო რაოდენობისა და ხარისხის წყლით. მხედველობაში მივიღოთ წყლის საჭირო ხარჯი სარწყავ პერიოდში მრავალწლიური უზრუნველყოფით და მათი ცვალებადობის ხასიათი, ბუნებრივი წყაროსა და მათში წყლის ჰორიზონტების ურთიერთკავშირი მოსარწყავი ტერიტორიების გეოდეზიურ ნიშნულებთან და სხვ.

ამ ბოლო დროს მოსარწყავად ფართო მასშტაბებით გამოიყენება ჩამდინარე და მიწისქვეშა წყლები. საბჭოთა კავშირში ჯერ კიდევ 1980 წლისათვის მოსარწყავად ყოველწლიურად იყენებდნენ 5 კმ³-მიწისქვეშა წყლებს. რაც შეეხება ჩამდინარე წყლების გამოყენებას იგი საშუალებას იძლევა მოსარწყავ მიწებზე შეიტანონ ორგანული ნაერთები, შემცირდეს წყალსატევებში გაბინძურებული ჩამდინარე წყლების მოხვედრა და რაც მთავარია ამცირებს მდინარეებიდან და ტბებიდან მოსარწყავად აღებული წყლის რაოდენობას. ჩამდინარე წყლები ცვლიან ნიადაგების ბუნებრივ თვისებებს და მათი გეგმანოზიური გამოყენების დროს მნიშვნელოვნად იზრდება მიწების პროდუქტიულობა.

დაჭაობებული და ქარბტენიანი ნიადაგების განოყიერებისათვის მასიურად გამოიყენება დაშრობითი მელიორაცია, რომელიც ითვალისწინებს დამშრობი სისტემების მოწყობას და დასაშრობი მიწების ათვისება-გაკულტურებას.

1985 წ. 34,3 მლნ. ჰა. მორწყული და დაშრობილი მიწებიდან თითქმის 14,6 მლნ. ჰა დაშრობილ მიწებზე მოდიოდა. საქართველოში აღ-

ნიშნული პერიოდისათვის დაახლოებით 150 ათასი ჰა მიწა იქნა დაშრობილი.

დაშრობითი მელიორაციის ძირითადი მეთოდები და წესები დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე. მაგალითად, იმის მიხედვით, თუ როგორია ტერიტორიის რელიეფი, გეოლოგია, ჰიდროგეოლოგია და ა. შ. ყალიბდება დასაშრობი მასივის წყლით კვების რეჟიმი, რაც თავის მხრივ შესაძლებელს ხდის შეირჩეს დაშრობის მეთოდი და ხერხი, აგრეთვე დამშრობი სისტემის ძირითადი პარამეტრები. მართლაც, ატმოსფერული წყლით კვების შემთხვევაში საჭიროა ზედაპირული ჩამონადენის დაჩქარება, გრუნტის წყლით კვების შემთხვევაში — გრუნტის წყლის დონის დაწვევა ანუ შიდა ჩამონადენის დაჩქარება, დელუვიური წყლებით კვების შემთხვევაში — დასაშრობ მასივზე ფერდობებიდან ჩამონადენი წყლების გადაჭრა და ა. შ.

თანამედროვე დამშრობი სისტემების გამოყენებით შესაძლებელია არა მარტო ჰარბი ტენის გაყვანა ფართობებიდან, არამედ ცალკეულ შემთხვევებში მცენარისათვის ვეგეტაციის პერიოდში წყლის მიწოდებაც. დამშრობი სისტემები შედგება: მარეგულირებელი, გადამლობი და გამტარი ქსელისაგან, წყალმიმღები და სხვადასხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობებისაგან, საგზაო-საექსპლუატაციო ქსელისაგან. მათ აგრეთვე მიაკუთვნებენ ტყის ზოლებსა და ლანდშაფტის შემანარჩუნებელ ელემენტებს, დასაშრობ მიწებს.

დამშრობი სისტემები შეიძლება იყოს ღია და დახურული. ღია სისტემების ნაკლია ის, რომ ამ დროს რთულდება მექანიზაციის სრულყოფილი გამოყენება, მცირდება მიწების გამოყენების კოეფიციენტი და ა. შ. დახურული დამშრობი სისტემები შედარებით ტექნიკურად უფრო სრულყოფილია, მაგრამ მათი მოწყობა სათანადოდ უფრო ძვირი ჯდება.

საერთოდ დაშრობითი ისევე, როგორც მორწყვითი მელიორაციის პროექტირებას საფუძვლად უნდა დაედოს საკმაოდ დეტალური ტექნიკურ-ეკონომიკური და ეკოლოგიური გამოკვლევები.

4.2.5. ჰიდროენერგეტიკა

თანამედროვე წყალსამეურნეო კომპლექსებში ჰიდროენერგეტიკის ხვედრითი წილი გადამწყვეტია. საკმარისია ითქვას, რომ ჰიდროკვანძის მოწყობაზე კომპლექსზე მთელი დანახარჯების მნიშვნელოვანი ნაწილი მოდის. ამჟამად მსოფლიოში არსებული წყალსაცავებიდან

95%-ს ჰიდროენერგეტიკული დანიშნულება აქვს. თუ როგორი ტემპებით ვითარდება ჰიდროენერგეტიკა ამაზე ნათლად მეტყველებს შემდეგი ფაქტი. საქმე იმაშია, რომ პირველად გეოგრაფიულ რუქაზე წყალსაცავები, რომელთა ზომა ასე თუ ისე დიდი იყო, ჩვენს საუკუნის 20—30-იან წლებში გამოჩნდა, ხოლო რაც შეეხება წყალსაცავების საერთო მოცულობას იგი მე-20 საუკუნის დასაწყისში 15 კმ³-ს შეადგენდა, დღეს კი მდინარე ანგარაზე აგებული მხოლოდ ერთი წყალსაცავის მოცულობა 169 კმ³-ს შეადგენს.

განსაკუთრებით გაიზარდა დიდი წყალსაცავების მოწყობა ომის შემდგომ პერიოდში. ბოლო რამდენიმე ათეული წლის განმავლობაში წყალსაცავების მოცულობა მსოფლიოში დაახლოებით 10-ჯერ გაიზარდა, მათ შორის ლათინურ ამერიკაში, აფრიკაში და აზიაში — თითქმის 40—90-ჯერ. მართლაც, რიბინსკის წყალსაცავმა, რომელსაც 50-იან წლებში დატბორილი ტერიტორიის მიხედვით მსოფლიოში პირველი ადგილი ეკავა, ხოლო მოცულობის მიხედვით — მეორე, უკვე გადაინაცვლა სათანადოდ მე-14 და 36-ე ადგილებზე.

წყლის რესურსების თანამედროვე მართვა სამი ძირითადი ასპექტისაგან შედგება: მდინარის ჩამონადენის დარეგულირება (აკუმულირება), მისი ტერიტორიალური გადანაწილება და მიწისქვეშა წყლების გამოყენების გაფართოება. თუმცა არ შეიძლება ისიც არ აღინიშნოს რომ მდინარის ჩამონადენის დარეგულირების შედეგად მრეწველობას, სოფლისა და კომუნალურ მეურნეობას თითქმის 610-ჯერ მეტი წყალი მიეწოდება ვიდრე ჩამონადენის ტერიტორიალური გადანაწილებით, ან კიდევ მიწისქვეშა წყლების სახით.

თუ რაოდენ მნიშვნელოვანია ჰიდროენერგეტიკის წვლილი საერთოდ ენერგეტიკაში, ამაზე რამდენიმე ციფრის მარტივი ანალიზიც კარგად მეტყველებს.

მართლაც, ამჟამად მსოფლიოში მთელი გამომუშავებული ელექტროენერჯის დაახლოებით 20% ჰიდროენერგეტიკას ეკუთვნის, დასავლეთ ევროპის ქვეყნებში ეს ციფრი 60%-საც კი აღწევს.

ჰიდროენერგეტიკას ენერჯის სხვა წყაროებთან შედარებით, საკმაოდ ბევრი უპირატესობა გააჩნია, მაგალითად ენერჯის ამოუწურაობა, გამოყენების მაღალი ხარისხი (90%-მდე), უმეტეს შემთხვევაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის დაბალი თვითღირებულება და უმნიშვნელო შრომის დანაკარგები 1 გამომუშავებულ კილოვატსაათ ელექტროენერჯიან (დაახლოებით 10-ჯერ ნაკლები ვიდრე ატომურ და თბოელექტროსადგურებზე). სხვათა შორის თუ მხედველობაში მი-

ვიღებთ ეკოლოგიურ ასპექტებს გამომუშავებული ელექტროენერგიის დაბალი თვითღირებულების საკითხი შეიძლება საკამათო გახდეს.

საერთოდ ჰიდროელექტროსადგურებს (ჰესებს) მაღალი მანევრირების უნარი გააჩნიათ და ამიტომ ისინი დღეისათვის ენერგოსისტემების ერთ-ერთი ძირითადი შეუცვლელი კომპონენტებია. ჰესები თავის თავზე იღებენ ენერგოსისტემის არათანაბარ დატვირთვებს, ამიტომ ისინი ამით თანაბარი მუშაობის რეჟიმებს უქმნიან ენერგოსისტემაში ჩართულ ატომურ. და თბურ ელექტროსადგურებს, რაც არა მარტო ამალღებს სისტემის საიმედოობასა და ეკონომიკურობას, არამედ ზრდის ენერგოსისტემის თითქმის ყველა მახასიათებელს.

აღსანიშნავია კიდევ ერთი მომენტიც როგორც ატომური, ასევე თბოელექტროსადგურები საჭიროებენ წყლის დიდ მასებს, ამიტომ აუცილებელი ხდება წყალსაცავების მოწყობა, ან კიდევ მათი მშენებლობა უკვე არსებულ წყალსაცავებთან.

ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა ეკონომიკურად აუთვისებელ რაიონებში ხელს უწყობს ამ რაიონებში სახალხო-მეურნეობის სხვადასხვა დარგების განვითარებას, რომელთა ბაზაზე ხშირად მსხვილი ტერიტორიალურ-სამრეწველო კომპლექსები იქმნება.

ჰიდროენერგეტიკა თავის მხრივ გარკვეულ მოთხოვნებს უყენებს წყლის რესურსებს, კერძოდ ჩამონადენის ხარჯისა და დაწნევის სტაბილურობის შენარჩუნებას დროის გარკვეულ მონაკვეთში. მართლაც, ჰიდროტურბინის ეფექტური მუშაობისათვის საჭიროა რომ წყლის დაწნევა 30—40%—ზე მეტად არ შეიცვალოს, მითუმეტეს, როდესაც ჰიდროკვანძს კომპლექსური დანიშნულება აქვს.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში თავმოყრილია მთელი მსოფლიო ჰიდროენერგეტიკული რესურსების დაახლოებით 12%.

ჩვეულებრივ არჩევენ მდინარის ჩამონადენის საერთო ჰიდროენერგეტიკულ პოტენციალს — ზღვის დონის მიმართ, ტექნიკურ პოტენციალს — რომელიც შეესაბამება ამჟამად არსებულ ტექნიკურ შესაძლებლობებს და ეკონომიკურ პოტენციალს — რომელიც ეკონომიკურად გამართულია მოცემულ მომენტში საწვავზე არსებული ფასების გათვალისწინებით.

ყოფილ მოკავშირე რესპუბლიკებს შორის წყლის მაქსიმალურა პოტენციალური ჰიდროენერგეტიკული რესურსები გააჩნია რუსეთს (2395 მლრდ. კვტ. სთ), შემდეგ ტაჯიკეთს (286), ყაზახეთს (163), ყირგიზეთს (136), საქართველოს (135), უზბეკეთს (84 მლრდ. კვტ. სთ.) და ა. შ. აღსანიშნავია, რომ ამ დროს ხვედრითი ტექნიკური პოტენცი-

ალი საქართველოში (970 ათასი კვტ. სთ/კმ²) გაცილებით მეტი გამო-
დის ვიდრე რუსეთისათვის (97,8 ათასი კვტ. სთ/კმ²).

რაც შეეხება მცირე მდინარეების ჰიდროენერგეტიკულ რესურსებს
აქ განსხვავებული სურათია, კერძოდ რუსეთს გააჩნია — 389 მლრდ.
კვტ. სთ, საქართველოს — 23,7 მლრდ. კვტ. სთ, ე. ი. უფრო მეტი
ვიდრე უკრაინას, ბელორუსიას, უზბეკეთს, აზერბაიჯანს, ლიტვას,
მოლდავეთს. ლატვიას, სომხეთს, თურქმენეთს და ესტონეთს ჯამში
აღებულს (22,9 მლრდ. კვტ. სთ). მცირე მდინარეების ჰიდროენერგე-
ტიკული რესურსების ხვედრითი პოტენციალის მიხედვით კი საქარ-
თველო პირველ ადგილზეა რადგან აქ 1 კმ-ზე მოდის 330 ათასი
კვტ. სთ.

ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული რესურსების მიხედვით საქარ-
თველოს (68 მლრდ. კვტ. სთ) მეორე ადგილი უკავია ყოფილ მოკავში-
რე რესპუბლიკებს შორის რუსეთის შემდეგ (1670 მლრდ. კვტ. სთ).
საქართველოს მდინარეების ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული რესურ-
სები აღემატება უკრაინის, ბელორუსიის, აზერბაიჯანის, ლიტვის, მოლ-
დავეთის, ლატვიის, სომხეთის, თურქმენეთისა და ესტონეთის ასეთავე
რესურსებს ჯამში აღებულს (62 მლრდ. კვტ. სთ).

ყველაზე დიდი ეკონომიური ჰიდროენერგეტიკული რესურსები
გააჩნია რუსეთს (852 მლრდ. კვტ. სთ), შემდეგ ტაჯიკეთს (85) და ყირ-
გიზეთს (48 მლრდ. კვტ. სთ). საქართველოს ეკონომიური ჰიდროენერ-
გეტიკული რესურსები (32 მლრდ. კვტ. სთ) თითქმის ტოლია ბელო-
რუსიის, უზბეკეთის, აზერბაიჯანის, ლიტვის, მოლდავეთის, ლატვიის,
სომხეთის, თურქმენეთისა და ესტონეთის ასეთივე რესურსების ჯამში
აღებულის (33,45 მლრდ. კვტ. სთ).

საზღვარგარეთის ქვეყნიებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანი ეკონომი-
კური ჰიდროენერგეტიკული რესურსები გააჩნია აშშ (705 მლრდ. კვტ.
სთ), ზაირს (660), ბრაზილიას (657), კანადას (535), კოლუმბიას (300),
ბირმას (225), ინდოეთს (221), არგენტინას (152), ინდონეზიას (150),
ჩილეს (146), იაპონიას (132), ეკვადორს (126) და ა. შ.

აღსანიშნავია, რომ ჰიდროენერგეტიკული რესურსები მაქსიმალუ-
რადაა ათვისებული შვედიაში და საფრანგეთში (90%-ზე მეტი), აგრე-
თვე იტალიაში, ავსტრიაში, ესპანეთში და ნორვეგიაში (70%-ზე მეტი),
შვეიცარიამ კი უკვე კარგა ხანია მთლიანად აითვისა მთელი ჰიდრო-
ენერგეტიკული რესურსები.

აღამიანი უკვე კარგა ხანია იყენებს წყლის ენერგიას სხვადასხვა
მიზნებისათვის, რისთვისაც იგი მდინარის გარკვეულ უბანზე წყლის

დაწნევის ხელოვნურად გაზრდისათვის აწყობს კაშხალს ან დერევა-
ციულ წყალდენებს.

კაშხლების მოწყობით შეიძლება მიიღონ დაწნევები 300—400
მ-დე. ამჟამად, ჩვენს ქვეყანაში აგებულია ნურეკის კაშხალი, რომლის
სიმაღლეც 315 მ-ია, ენგურის თაღოვანი კაშხალი — 271,5 მ და ა. შ.

დერევაციული წესით დაწნევების მიღება ემყარება მდინარეში და
დერევაციულ წყალდენებში ქანობების სხვაობას. რაც უფრო დიდია
მდინარის ქანობი და გრძელია დერევაცია მით უფრო დიდი დაწნევის
მიღება შეიძლება. დერევაცია არსებობს როგორც უდაწნეო-არხი,
გვირაბი (ნახ. 36, ა), ასევე სადაწნეო (ნახ. 36, ბ) გვირაბი, მაღალდენი.
ამ უკანასკნელის განხორციელების შემთხვევაში ხშირად საჭირო ხდე-
ბა სქემაში გამთანაბრებელი რეზერვუარის ჩართვა, რომელიც სადაწ-
ნეო მილსადენებში წარმოქმნილ ჰიდრავლიკურ დარტყმის სიდიდეს
ამცირებს.

პრაქტიკაში გამოიყენება შერეული სქემებიც, კერძოდ როდესაც
დაწნევა წარმოიქმნება კაშხალით და დერევაციით, ან კიდევ დერი-
ვაცია შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს როგორც სადაწნეო, ასევე
უდაწნეო წყალდენებით.

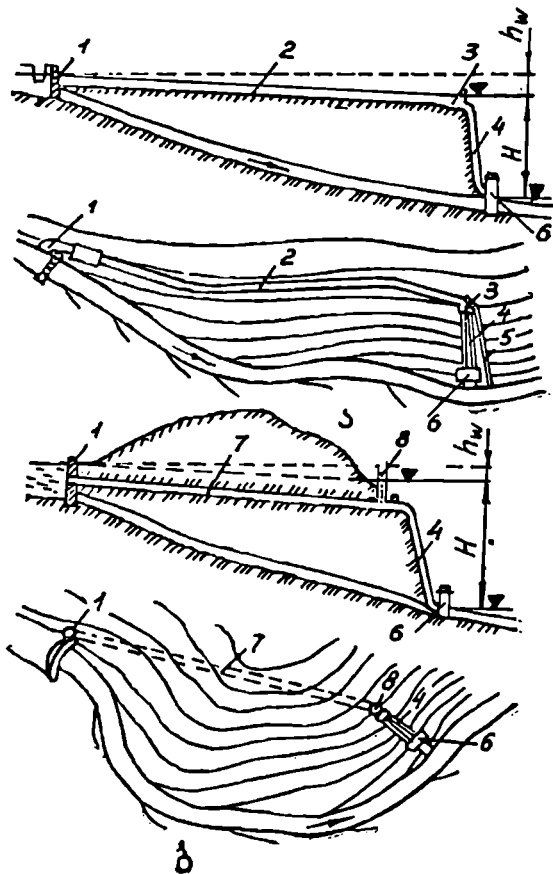
საერთოდ დერევაციული ჰესის სქემები ხორციელდება მთისა და
მთისწინა მდინარეებზე, სადაც მდინარეს დიდი ქანობები გააჩნია.
ამჟამად დერევაციული სქემებით მიღებულია 1000 მ-ზე მეტი დაწნე-
ვები, თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ამ დაწნევის გარკვეული
ნაწილი იკარგება დერევაციაში ჰიდრავლიკური წინალობების გადასა-
ლაზავად. დაწნევის დანაკარგებს ადგილი აქვს სადაწნეო მილსადენებ-
ში, რომელთაც ტურბინებს წყლის ნაკადი მიეწოდება, ამიტომ ტურ-
ბინებზე მომქმედნი ნეტო დაწნევა ტოლია ხვედრითი ენერგიების სხვა-
ობისა უშუალოდ ტურბინის წინ და მის შემდეგ — ქვედა ბიეფში
(ნახ. 36).

ენერგიის დანაკარგები ტურბინებში მხედველობაში მიიღება მათი
მარგი ქმედების კოეფიციენტის საშუალებით (მ. ქ. კ.), რის გამოც სა-
სარგებლო სიმძლავრე ტურბინის ღერძზე გამოითვლება როგორც:
წელის სიმკვრივის, თავისუფალი ვარდნის აჩქარების, ტურბინებში გა-
ტარებული წყლის ხარჯის, დაწნევისა და ტურბინის მ. ქ. კ. ნამრავლი.

ელექტრული სიმძლავრე გენერატორის მომჭერებზე მცირდება
მათში ელექტრული დენის დანაკარგების გამო, რაც გენერატორის

მ. ქ. კ. აისახება. ამიტომ გენერატორის სიმძლავრე ტოლი იქნება ტურბინის ლერძზე მოსული სასარგებლო სიმძლავრისა და გენერატორის მ. ქ. კ. ნამრავლის.

ტურბინისა და გენერატორის მ. ქ. კ. ნამრავლს აგრეგატის მ. ქ. კ. ეწოდება. აღნიშნულის გათვალისწინებით ჰიდროელექტროსადგურზე,



ნახ. 36. ღერივაციული ჰესების მოწყობის სქემები: ა — უდაწნეო ღერივაციით; ბ — სადაწნეო ღერივაციით; 1 — წყალპილბედი ნაეზობა; 2 — საღერივაციო არხი; 3 — სადაწნეო აუზი; 4 — სადაწნეო მილსადენი; 5 — წელის გამდამგდები; 6 — ტურბინების სათაესი; 7 — სადაწნეო ევირაბი; 8 — გამთანაბრებელი რეზერვუარი.

მოწყობილი ყველა გენერატორების ჯამური სიმძლავრე, რომელსაც ჰესის დადგმულ სიმძლავრესაც უწოდებენ გაანგარიშდება, როგორც: წყლის სიმკვრივის, თავისუფალი ვარდნის აჩქარების, ჰესზე დადგმული ყველა აგრეგატებზე მოსული საერთო წყლის ხარჯის, დაწნევისა და აგრეგატის მ. ქ. კ. ნამრავლი.

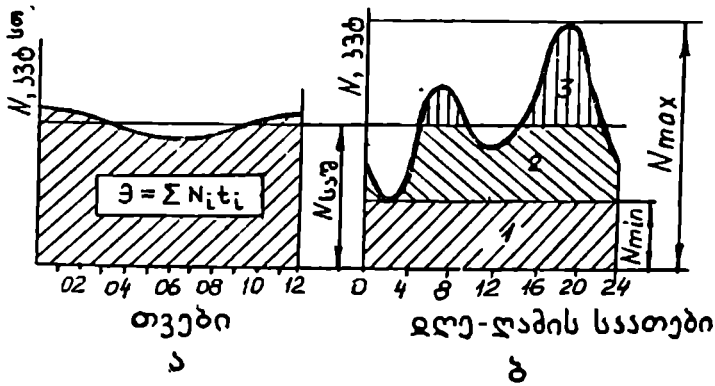
საერთოდ, ელექტროენერგიის ტრანსპორტირების დროს, ადგილი აქვს ელექტროენერგიის დანაკარგებს ამამაღლებელ და დამადაბლებელ ტრანსფორმატორებში, გადამცემ ხაზებში და გამანაწილებელ ქსელში, რის შედეგადაც მომხმარებელამდე გამოყენებული წყლის ნაკადის ენერგიის მხოლოდ 50—70% აღწევს.

ელექტროენერგიის ყველა მომხმარებელი ენერგიის გამოყენების ხასიათის მიხედვით შეიძლება 3 ძირითად ჯგუფად დაიყოს: მუდმივ, სეზონურცვალებად და სეზონურ მომხმარებლად. მაგალითად, ელექტროენერგიის მუდმივ მომხმარებელს განეკუთვნება სამრეწველო ობიექტების უმეტესობა, სეზონურცვალებადს-განათება, წყალმომარაგება, სეზონურს-სოფლის მეურნეობა და სხვ.

ჰიდროელექტროსადგურები ატომურ და თბოელექტროსადგურებთან ერთად მაღალვოლტიანი გადაცემის ხაზებით ჩართული არიან რა ერთი და იგივე ძაბვის საერთო ქსელში წარმოქმნიან ერთიან ელექტროენერგეტიკულ სისტემას, რომლის მართვა ცენტრალიზებული წესით სწარმოებს. ასეთი სისტემა მნიშვნელოვნად ზრდის მომხმარებლისადმი ელექტროენერგიის მიწოდების საიმედოობას, ამალღებს ელექტროენერგიის ხარისხს დენის სიხშირეებისა და ძაბვის მუდმივობის თვალსაზრისით, ამცირებს: ელექტროსადგურების ჯამურ დადგმულ სიმძლავრეს ენერგიის ცალკეული მომხმარებლის მაქსიმალური დატვირთვების დროში აცდენის გამო, საჩუხერვო სიმძლავრეებს, ელექტროენერგიის თვითღირებულებას და ა. შ.

ენერგოსისტემაში ჩართული მომხმარებლის ჯამური დატვირთვას — ენერგოსისტემის წლიური და დღე-ღამური დატვირთვის გრაფიკით ახასიათებენ. თუ წლიური დატვირთვის გრაფიკი ხასიათდება შედარებით მცირე უთანაბრობით, დღე-ღამური დატვირთვის გრაფიკს ძალიან დიდი უთანაბრობა გააჩნია. მაგალითად, წლიური დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით სამრეწველო რაიონებში მაქსიმალური დატვირთვა ზამთრის პერიოდში მოდის, ხოლო სასოფლო-სამეურნეო რაიონებში, სადაც განსაკუთრებით განვითარებული მორწყვა ელექტრომექანიზირებული წესით — ზაფხულობით. ან კიდევ, დღე-ღამური დატვირთვის გრაფიკი ხასიათდება ორი პიკით — დილისა და საღამოს, რო-

მელიც უკავშირდება მუშა-მოსამსახურეთა სამუშაო გრაფიკებს, განათებასა და საყოფაცხოვრებო ასპექტებს. განსაკუთრებით მაღალია სალამოს პიკები, რადგან ამ დროს დატვირთვებს ემატება ელექტროტრანსპორტისა და ქუჩების განათება, რეკლამები და სხვ. (ნახ. 37).



ნახ. 37. ელექტრული დატვირთვის მახასიათებელი გრაფიკები: ა—წლიური; ბ—დღე-ღამური; 1—გრაფიკის ბაზისური ნაწილი; 2—გრაფიკის საშუალო ნაწილი; 3—პიკური ნაწილი.

ამრიგად ნებისმიერ გრაფიკს ახასიათებს დროის მიხედვით უთანაბრობა და დატვირთვის მაქსიმალური სიდიდის ფარდობას მას საშუალო მნიშვნელობასთან ენერგოსისტემის დატვირთვის გრაფიკის უთანაბრობის კოეფიციენტი ეწოდება, ხოლო ყველა მომხმარებლის დაკმაყოფილებას ელექტროენერგიით მოცემული დატვირთვის გრაფიკის მიხედვით — დატვირთვის გრაფიკის დაფარვა.

ცხადია დატვირთვის გრაფიკის დასაფარავად ელექტროსადგურების სიმძლავრეები დროის მიხედვით უნდა იცვლებოდეს. დატვირთვის გრაფიკებში ჩავარდნების ამოსავსებად ენერგოსისტემაში ჩართული მომხმარებლისათვის შემოაქვთ ღამის საათებში გამოყენებულ ელექტრო ენერგიაზე შეღავათიანი ფასები, მსხვილი ენერგოტევადი მრეწველობის ობიექტები გადაჰყავთ უწყვეტ დღე-ღამურ მუშაობაზე და ა. შ.

ისეთ რეგიონებში, სადაც ძნელია პიკური ელექტროენერგიის მიწოდება, აშენებენ ჰიდრომააკუმულირებელ ელექტროსადგურებს,

რომლებიც დროის იმ პერიოდში, როდესაც ენერგოსისტემაში ელექტროენერგიის სიჭარბეა მუშაობენ სატუმბო სადგურის რეჟიმში — წყალს აწვდიან ქვედა ბიფიდან ზედა ბიფეში დასაგროვებლად, ხოლო ელექტროენერგიის დეფიციტის დროს კი პირიქით მუშაობენ, როგორც ჩვეულებრივი ჰიდროელექტროსადგურები.

საერთოდ ჰიდრომაკულურივარი ელექტროსადგურების მშენებლობა უმეტეს შემთხვევაში ეკონომიკურადაც გამართლებული გამოდის რადგანაც ისინი ენერგოსისტემიდან გამოირიცხავენ მანევრირებად მცირე თბოელექტროსადგურებს, რომლებიც ერთეულ გამომუშაებულ ელექტროენერგიაზე თითქმის 1,5-ჯერ მეტ საწვავს ხარჯავენ, ვიდრე ბაზისური თბოელექტროსადგურები.

ჰიდრომაკულურივარი ელექტროსადგურების ეფექტურობა მნიშვნელოვნადაა განპირობებული გამოყენებული დაწნევის სიდიდეზე. კერძოდ, ხვედრითი კაპიტალდაბანდება დაწნევის გაზრდის დროს 100 მ-დან 500 მ-დე მცირდება 20—25%. ჰიდრომაკულურივარი ელექტროსადგურები ეფექტურად გამოიყენება სარწყავი სისტემების მომსახურებისათვისაც, სადაც ღამის იაფი ელექტროენერგიით წყალსაცავში აწეული წყალი, დღისით მორწყვას ხმარდება.

საერთოდ პიკური დატვირთვების მოსახსნელად ჰიდროელექტროსადგურების როლი ენერგოსისტემაში თითქმის შეუცვლელია, განსაკუთრებით თუ ასეთ სადგურებს სათანადო წყლის მოცულობები გააჩნიათ წყალსაცავების სახით.

ჰიდროენერგეტიკულ დანადგარებში ამჟამად უპირატესად გამოიყენება აქტიური და რეაქტიური სახის ტურბინები. პირველი სახის ტურბინები, რომლებსაც ხშირად თავისუფალქავლიან ტურბინებსაც უწოდებენ, ძრითადად გამოიყენებენ ნაკადის კინეტიკური ენერგიის ნაწილს, ხოლო რეაქტიული ტურბინები გამოიყენებენ ნაკადის პოტენციურ ენერგიას.

ჰიდროტურბინების ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია, აგრეთვე მათი სწრაფმავლობა, რომელიც ტურბინაზე მოსულ დაწნევასთან ერთად განპირობებს ტურბინის ბრუნვის სიხშირეს. მაღალი დაწნევების დროს როგორც წესი გამოიყენება ნელმავალი ტურბინები, დაბალი დაწნევების დროს კი — სწრაფმავალი. თანამედროვე ტურბინების სწრაფმავლობის კოეფიციენტი 2-დან 1200-მდე იცვლება. აღნიშნული კოეფიციენტი რეაქტიულ ტურბინებს გაცილებით მეტი აქვს ვიდრე აქტიურს. ტურბინების სწრაფმავლობა განპირობებს კიდევ ერთ მნიშვნელოვან მაჩვენებელს, კერძოდ ტურბინისა და გენერატორის ზომებს.

თანაბარ პირობებში რაც უფრო მაღალია ტურბინის სწრაფმავლობა მით უფრო მცირე გამოდის ჰიდროაგრეგატის ზომები.

აქტიური ტიპის ტურბინების სწრაფმავლობის კოეფიციენტი 2-დან 40-მდე იცვლება და ეს ტურბინები გამოიყენებიან წნევის საკმაოდ ვრცელ დიაპაზონში 50—2000-მდე.

რეაქტიული ტიპის ტურბინები იყოფა რამდენიმე კლასად: რადიალურ-ღერძული (სწრაფმავლობის კოეფიციენტით 70—350), რომლებიც გამოიყენებიან 15—500 მ დაწნევების დროს, პროპელურა (სწრაფმავლობის კოეფიციენტით 350—800) — დაწნევებისათვის 3—20 მ და მბრუნავფრთიანი (სწრაფმავლობის კოეფიციენტით 350—1200). რომელთათვის დაწნევა 4—60 მ არ აღემატება.

რეაქტიული ტურბინების გამოყენების დროს ტურბინის ფრთებზე ნაკადის მოგებისათვის და წყლის ხარჯის რეგულირებისათვის გამოიყენება მიმმართველი აპარატი, ხოლო გამოყენებული წყლის გაყვანისათვის ეწყობა გამწოვი მილი. ამ უკანასკნელს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის ნაკადის სრულყოფილი გამოყენებისათვის. რადგანაც რეაქტიული ტურბინიდან გამოსულ წყალს გამოუყენებელი კინეტიკური ენერჯიის საკმაოდ დიდი ნაწილი რჩება. მართლაც, დაბალდაწნევიან ჰიდროელექტროსადგურებზე ტურბინებთან თუ არ მოეწყობა გამწოვი მილები, შეიძლება მიწოდებული ნაკადის კინეტიკური ენერჯიის თითქმის 50% დაიკარგოს.

ყოველი ჰიდროელექტროსადგურისათვის საჭიროა ინდივიდუალურად — რაციონალურად შეირჩეს ტურბინის ტიპი, სიმძლავრე, კონსტრუქცია და ზომები. ამჟამად ტურბინების სამრეწველო წარმოებისათვის განხორციელებულია მათი სტანდარტიზაცია და უნიფიკაცია. კერძოდ, ტურბინის ტიპისა და მისი ძირითადი პარამეტრების შესარჩევად გამოიყენება სათანადო გრაფიკები.

ტურბინების მიერ წარმოქმნილი მექანიკური ენერჯიის ელექტრულ ენერჯიაში გარდასაქმნელად გამოიყენება გენერატორები, ხოლო ბრუნვის სინქრონული სიხშირის შესანარჩუნებლად ტურბინის ავტომატური რეგულიატორები.

წყალსამეურნეო კომპლექსებში უპირატესად გამოიყენება წყალსაცავებიანი ჰიდროელექტროსადგურები, რადგანაც წყალსაცავებს ამ კომპლექსების სხვა მონაწილეებიც გამოიყენებენ.

წყალსაცავებიანი ჰიდროელექტროსადგურები ეწყობა, როგორც ბარის, ასევე მთის მდინარეებზე. ბარის მდინარეებზე მოწყობილი კაშ-

ზღის სიმაღლე შედარებით დიდი არ გამოდის, მთის მდინარეებზე კი პირიქით.

დღეს, როდესაც წყალსაცავების გავლენას გარემოზე უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება, როდესაც ძირითად მდინარეებზე თითქმის ათვისებულია ყველა კვეთი, სადაც შეიძლება მაღალი კაშხლები მოეწყოს. მთელი ყურადღების ცენტრი გადავიდა მცირე ენერგეტიკის განვითარებაზე.

როგორც ამას თანამედროვე პრაქტიკა აჩვენებს, მცირე ენერგეტიკა ეკოლოგიურად სრულყოფილი ახალი მიმართულებაა ენერგეტიკაში — თავისი ახალი ტიპის ტურბინებითა და გენერატორებით, ზოგჯერ ჰესების შენობებისა და კაშხლების გარეშეც რომ გვაძლევს ენერგიას. ტურბინების ნაცვლად შესაძლებელია სერიული ცენტრიდანული ტურბინების გამოყენებაც, რომლებიც შებრუნებულ რეჟიმში მუშაობენ; ეს ცალკეულ შემთხვევაში უფრო ეკონომიკურიც კია.

მცირე ჰესების ეფექტურობასა და საიმედოობას მნიშვნელოვნად ზრდის ავტომატიზაციისა და მიკროპროცესორული ტექნიკის გამოყენება. მცირე ჰესები შეიძლება მოეწყოს არა მარტო მდინარეებსა და მათ შენაკადებზე, არამედ სარწყავ არხებზე, წყალმომარაგების სისტემებზე, საკანალიზაციო სისტემების მაგისტრალებზეც კი — საწმენდ სადგურთან და ა. შ.

მცირე ჰესების გამოყენება მიზანშეწონილია როგორც რაიონის ჰიკური დატვირთვების დასაფარავად, ისე კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მომსახურებისათვის. ასეთი ჰესები საშუალებას იძლევა მოეწყოს დეცენტრალიზებული ელექტროენერჯის წყარო სოფლებისა და ერთმანეთისაგან დაშორებული დასახლებული და იზოლირებული ობიექტებისათვის (ფერმების, სასოფლო-სამეურნეო პლანტაციების, საბაღოსტნე ტერიტორიებისათვის და სხვ.). დადგენილია, რომ 100 კვტ. სიმძლავრის მცირე ჰესსაც კი შეუძლია უზრუნველყოს ელექტროენერჯით 40-მდე ოჯახი, რის შედეგადაც ყოველწლიურად გამოანთავისუფლებდა 400 ტონა თხევად საწვავს.

ამჟამად მცირე ჰესების მკაცრი კლასიფიკაცია არ არსებობს. სხვადასხვა ქვეყნებში მცირე ჰესების კლასიფიკაცია სხვადასხვა ფაქტორების მიხედვით სწარმოებს, მაგალითად, გამოყენებული დაწნევების, მიღებული სიმძლავრეების და ა. შ.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კლასიფიკაციის საფუძველზე თუ ჰესის სიმძლავრე 0,1 მეგავატზე ნაკლებია იგი მიკრო ჰესს მიეკუთვნება, როდესაც სიმძლავრე 0,1-დან 1 მეგავატამდე იცვლება —

მინი ჰესს, ხოლო იმ შემთხვევაში კი როდესაც სიმძლავრე 1-დან 10 მეგავატამდეა — მცირე ჰესს.

საქართველოში მცირე მდინარეების ტექნიკური ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალი 40 მლრდ. კვტ. სთ. შეადგენს. აქედან ყველაზე ეფექტური ნაწილი, რომელიც გამოთვლილია გამოყენების სქემების მიხედვით, 15 მლრდ. კვტ. სთ-ია. ამჟამად რესპუბლიკაში მოქმედ მცირე სიმძლავრის ჰესებზე გამოყენებულია ამ დიდი მარაგის დაახლოებით 1%.

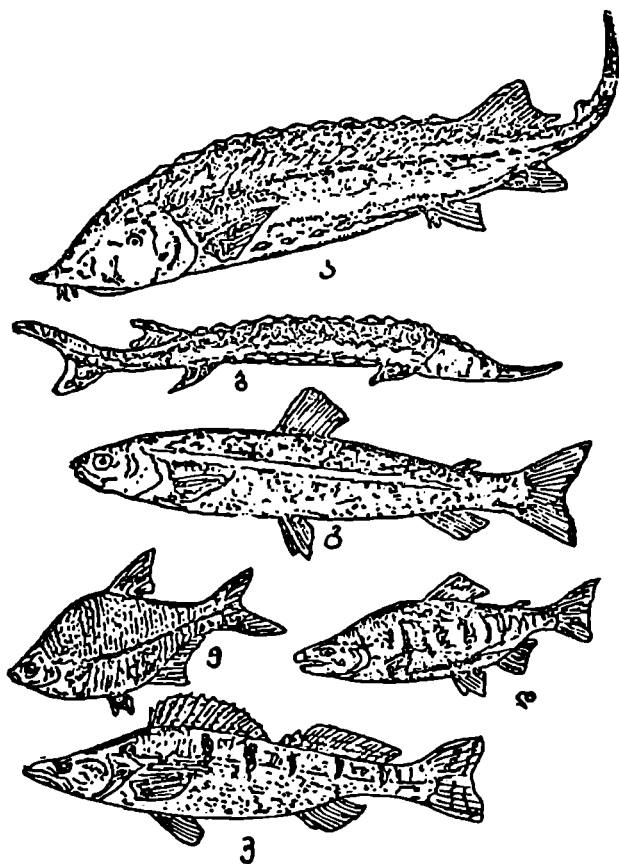
თუ გავითვალისწინებთ, რომ თანამედროვე მცირე ჰესების პროექტირებისა და მშენებლობის ვადები 2—3 წელს არ აღემატება (რაც განპირობებულია ტიპიური და სტანდარტიზებული ჰიდროაგრეგატული ბლოკების გამოყენებით), ასეთი ნაგებობების მოწყობა ჩვენს რესპუბლიკაში მნიშვნელოვნად დააჩქარებს ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისებას და სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის გაუმჯობესებას. გარდა ამისა, შეიქმნება პირობები ახლომდებარე სასოფლო-სამეურნეო რეგიონებისა და მათი ტექნიკის ენერგომომარაგებისათვის; გზებისა და სხვა სახის კომუნიკაციების გაყვანა ხელს შეუწყობს ახალი, მაღალმთიანი რაიონების უმტკივნეულოდ ათვისებას; ტიპიური და სტანდარტული ასაწყობი კონსტრუქციების, ადგილობრივი საშენი მასალის გამოყენება საგრძნობლად გააიაფებს და დააჩქარებს დაპროექტებასა და მშენებლობას, გაზრდის საიმედოებასა და ექსპლუატაციის ეფექტიანობას; მცირე ჰესების მშენებლობისას მოძრავი სამშენებლო ორგანიზაციების, სახელოსნოების და სხვათა გამოყენებით თავიდან ავიცილებთ ძვირად ღირებული დამხმარე ნაგებობების კაპიტალურ მშენებლობას; აღსანიშნავია ის გარემოებაც, რომ მშენებლობის საქმეში სიამოვნებით ჩაებმება მაღალმთიანი რაიონების ადგილობრივი მოსახლეობა.

4.2.6. სათევზე მეურნეობა

თევზეულის პროდუქტს ადამიანების გამოკვების საქმეში ცივილიზაციის ნებისმიერ ეტაპზე მნიშვნელოვანი ადგილი ეკავა და მისი როლი მომავალში კიდევ უფრო გაიზრდება. ზღვის პროდუქტები კაცობრიობას ამჟამად აძლევს გამოყენებული ცხოველური ცილების თითქმის 20%.

თევზების ძირითადი მასა ღია ზღვებსა და ოკეანეების წყლებში მოიპოვება, რამაც ბოლო მონაცემებით ყოველწლიურად 80—100 მლნ. ტონას მიაღწია.

ყოფილ საბჭოთა კავშირი სულ ცოტა ხნის წინათ ღია ზღვებში ყოველწლიურად 10 მლნ. ტ. თევზს მოიპოვებდა. შიგა ზღვები, მდინარეები, ტბები და წყალსაცავები ასევე მდიდარია იხტოფაუნით. მათში



ნახ. 38. თევზების ცალკეული ჯიშები: ა—სვია; ბ—ტარალანა(თართის ჯიშის); გ—ტაიმენი; დ—კეტა (ორაულის ჯიშის); ე—კაპარჭინა; ვ—ფარგა.

იწარმოება ძვირფასი თევზის ჯიშების თართის მსოფლიო მარაგის 90%, ხოლო ორაგულის — 60%-ზე მეტი.

თართის (თართი, სვია, ტარალანა, ცქვრინა, ფორეჯი და ა. შ.) და

ორაგულის (ორაგული, გორბუშა, კეტა, ჩრდილოეთის ორაგული, თევზთეთრა და ა. შ.) ჯიშის თევზები გამავალი ჯიშის თევზებია. მათი ნასუქობა ზღვაში სწარმოებს. ხოლო ქვირითის დასაყრელად ისინი ასეული კილომეტრებით მდინარეების ზედა უბნებში აღიან.

წმინდა ბადის ჯიშის თევზები (ნაფოტა, ტარანი, ფარგა, კობრი, კაპარკინა, კერეხი, ვიშა და ა. შ.) წარმოადგენენ ნახევრად გამავალი ჯიშის თევზებს. ეს თევზებიც ნასუქობის პერიოდს ზღვაში გადიან, მაგრამ გასამრავლებლად შედიან მდინარის ღელტებში.

თევზები, რომლებიც ბინადარ ცხოვრებას ეწევიან მათ მიეკუთვნება ქორჭილა, ქარიყლაპია, კარჩხანა და სხვ.

ქმტენარი წყლის თევზები შეიძლება ორ პირობით ჩგუფად დაიყოს: რეოფილურ (ანუ მდინარის), რომლებიც გამდინარე წყლის კალაპოტებში ცხოვრობენ და ლიმნოფილურად (ანუ ტბის), რომლებიც ტბებსა და წყალსაცავებში ბინადრობენ.

გამავალი და ნახევრადგამავალი თევზების ბუნებრივი ვამრავლებისათვის თუ მდინარე კაშხლით არის გადახილული შესაძლებელია სპეციალური თევზსავალების მოწყობა, რათა ქვირითობის პერიოდში თევზი ქვირითის დასაყრელად ზედა ბიეფში, უფრო სწრაფ მდინარის სათავეებში ან მის შენაკადებში ავიდეს.

თევზსავალები ქვედადან ზედა ბიეფში თევზების გადაადგილების პრინციპის მიხედვით შეიძლება ორ ძირითად ჩგუფად დაიყოს: პირველი — რომელშიაც თევზი საკუთარი ენერჯის ხარჯზე აქტიური მოძრაობით თვითონვე გადაადგილება და მეორე — როდესაც თევზი ასეთი გადაადგილებისათვის საკუთარ ენერჯიას არ ხარჯავს. ამ უკანასკნელს, თევზამწეებსაც უწოდებენ.

პირველი ჩგუფის თევზსავალის მაგალითს წარმოადგენს ქვედა ტულომის (ყოფილ საბჭოთა კავშირში) ჰიდროკვანძზე მოწყობილი 513 მ საერთო სიგრძის საფეხჯროვანი თევზსავალი. თევზსავალი ერთმანეთს უკავშირებს ჰიდროკვანძის ზედა და ქვედა ბიეფს, რომელთა ღონეებს შორის სხვაობა 15,3—20 მ-ია, საფეხურების სიმაღლე 0.27—0.35 მ, ხოლო თევზსავალში წყლის ხარჯი — 0,7—1,1 მ³/წმ. თევზსავალი წარმოადგენს ბეტონის ღარს, რომელშიაც მოწყობილი განივი კედლები 57 ცალკეულ, 0,8 მ-ის სიღრმის კამერებს წარმოქმნიან, რომელთა ზომები ჰორიზონტალურ სიბრტყეში 3×5 მ-ია. თევზსავალის სიგრძეზე გაკეთებულია დასასვენებელი აუზები ზომებით 4.5×8×1,5 მ.

თევზსავალები, როგორც წესი, ეწყობა მცირე სიმაღლის კაშხლების შემთხვევაში, რადგანაც თევზები ასეთი გადაადგილების დროს

დიდ ენერგიას კარგავენ, რაც უარყოფითად მოქმედებს მათ გამრავლებაზე.

თევზსავალებში წყლის ნაკადის სიჩქარე შეირჩევა თევზების ჯიშის მიხედვით. მაგალითად, ორაგულის ჯიშის თევზებს შეუძლიათ გადალახონ წყლის ნაკადის სიჩქარე 3 მ/წმ-მდე, თარითის 1,2—1,5 მ/წმ, ხოლო წმინდა ბადის ჯიშის თევზებს — 0,6—1,2 მ/წმ.

თევზამწეებს მიეკუთვნება თევზამტარი რაბები, ჰიდრაველიკური და მექანიკური ამწეები, აგრეთვე მობილური მცურავი მოწყობილობები. აღნიშნულ ნაგებობებს გააჩნიათ სათანადო ინტიოლოგიური სპეციალური საშუალებები, რომლებიც კონტროლს უწევენ თევზების გადაადგილებას, მათ სახეობას და რაოდენობას.

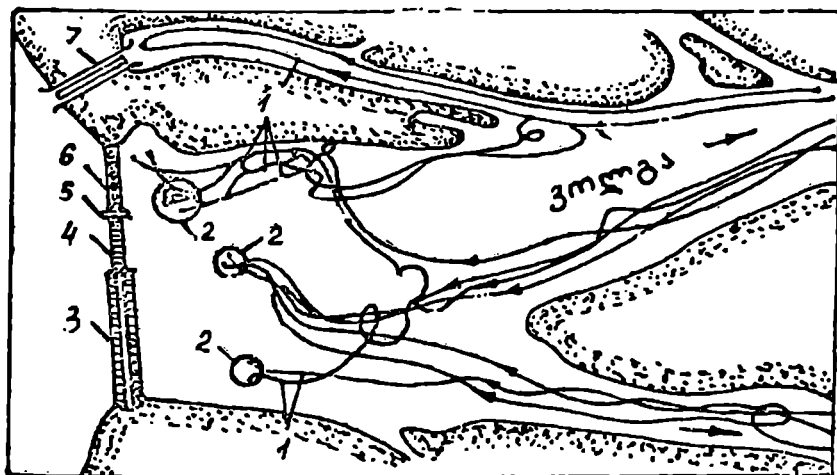
როგორც პრაქტიკა აჩვენებს პარველი ჯგუფის თევზსავალები მიზანშეწონილია მოეწყოს კაშხლებზე, რომელთა სიმაღლე 15—20 მ არ აღემატება, ხოლო საშუალო დაწნევიან ჰიდროკვანძებზე მოსახერხებელია ჰიდრაველიკური ან მექანიკური თევზამწეების მოწყობა.

საერთოდ თევზსავალების ადგილმდებარეობის, ისევე როგორც მათი ტიპის შერჩევა საკმაოდ რთული ამოცანაა, რადგან ჰიდროკვანძის მოწყობა ცვლის რა მდინარის რეჟიმს, ძალიან რთულდება გაირკვეს ქვედა ბიეფში არა მარტო მათი გადაადგილების, არამედ დაგროვების კანონზომიერებაც. ქვედა ბიეფში თევზების მოძრაობის ტრასისა და მათი დაგროვების შესასწავლად ხშირად ულტრაბგერების მეთოდს (ნახ. 39). გამოიყენებენ, რომელიც ამავე დროს საშუალებას იძლევა გავარკვიოთ მათი გატარების სასურველი რეჟიმები და დრო (თვე, დღე, დღის თუ ღამის საათები).

ცხადია თევზსავალები მრავალი მიზეზების გამო პრაქტიკულად ვერ უზრუნველყოფენ ზედა ბიეფში აიყვანონ იმ რაოდენობის თევზი რომელიც შეიძლება მოადგეს ჰიდროკვანძს ქვედა ბიეფიდან. თუ რა მინიმალური რაოდენობის თევზი უნდა მოხვდეს ზედა ბიეფში, რომ არ დაირღვეს მისი ბუნებრივი გამრავლების რეჟიმი ეს დამოკიდებულია როგორც თვით თევზის სახეობაზე ასევე მრავალ სხვა ფაქტორზე. ეს პრობლემა ჯერ კიდევ სრულყოფილად შესწავლილი არ არის. ასე მაგალითად, ვოლჟსკის ჰიდროკვანძზე მოწყობილ თევზამწეს ზედა ბიეფში აჭყავს კაშხალთან მოსული თევზების დაახლოებით 10% და თვლიან რომ ეს რიცხვი სავსებით საკმარისია ბუნებრივი გამრავლებისათვის.

თევზების ზედა ბიეფში მოხვედრაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს თვით ჰესის მუშაობის რეჟიმიც. მართლაც, თუ ჰესი პიკურ დატ-

ვირთვაზე მუშაობს წყლის ნაკადის სიჩქარეები ქვედა ბიეფში შეიძლება ისეთი სიდიდის აღმოჩნდეს რომ თევზებმა საერთოდ ვერ მიადწიონ კაშხლამდე. ასეთივე შედეგი შეიძლება მოჰყვეს სადგურის გაჩერებას, რადგან ამ დროს მდინარის კალაპოტში მხოლოდ სანიტარიულ



ნახ. 39. თართის ზივის თევზების მოძრაობის ტრასები და კონცენტრაციის ადგილები ვოლესკის პიროკვანის ქვედა ბიეფში: 1—დანისნული თევზების მოძრაობის ტრასები; 2—დანისნული თევზების კონცენტრაციის ადგილები; 3—გრუნტის კაშხალი; 4—წყალსაშვიანი კაშხალი; 5—თევზამწე; 6—ქვის შენობა; 7 — გემოსაველი რაბი.

წყლის ხარჯი გაედინება, რაც საკმარისი არ არის თევზების კაშხლისაკენ გადასადგილებლად. აღნიშნულ შემთხვევაში თევზების გადასადგილებლად იყენებენ მცურავ მობილურ მოწყობილობებს, რომლებზედაც ზემოთ გვქონდა უკვე საუბარი. ამ მოწყობილობას თევზების შესაგროვებლად ქვედა ბიეფში მდინარის ნაკადის მიმართულებით გადაადგილებენ. კასკადურად მოწყობილ კაშხლების შემთხვევაში თევზების შეგროვება მობილური მოწყობილობით მხოლოდ ქვედა წყალსაცავთან ხდება და შემდეგ მათი ტრანსპორტირება ზედა ბიეფში სპეციალური კონტეინერებით სწარმოებს. კონტეინერებში შექმნილია თევზებისათვის სათანადო სასიცოცხლო პირობები (ყანგბადის მიწოდებით, საჭირო ტემპერატურის შენარჩუნებით და ა. შ.) და მათი

ტრანსპორტირება როგორც წესი ავტომობილებით ან რკინიგზით ხორციელდება.

თევზსავალი კომპლექსების დაპროექტების დროს მხედველობაში უნდა მივიღოთ ის გარემოება რომ მათი მოწყობა მიზანშეწონილია იმ შემთხვევაში თუ ჰიდროკვანძის მოწყობის შედეგად ბუნებრივი ქვირითსაყრელი უბნები ზედა ბიეფში არ ზიანდება, ან თუ ეწყობა სპეციალური თევზსაშენები გავითვალისწინოთ აგრეთვე თევზის ლიფსიტების ქვედა ბიეფში დაბრუნების საშუალებები და ა. შ.

რადგანაც თევზების ქვედა ბიეფში დაბრუნებაზე შეეჩერდით არ შეიძლება არ აღინიშნოს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორიც. კერძოდ თევზების ქვედა ბიეფში დაცურების ხასიათი შეიძლება იყოს: პასიური, რომლის დროსაც წყლის ნაკადს მიაქვს თევზი ნაკადთან არაორიენტირებულ მდგომარეობაში; აქტიური — როდესაც თევზი აქტიურად მოძრაობს ნაკადის მიმართულებით; აქტიურ-პასიური — თუ თევზი თავით ორიენტირებულია წყლის ნაკადის მიმართულების საპირისპიროდ და სუსტად ეწინააღმდეგება რა დინებას ჩაიტანება ქვედა ბიეფში.

თევზების უმეტესი ჯიშების ლიფსიტებისათვის, როდესაც მათი ზომები 6—15 მმ არ აღემატება, დამახასიათებელია პასიური დაცურება, განვითარების შემდგომ ეტაპზე (ზომებით 20—30 მმ) შეიძლება ადგილი ჰქონდეს აქტიურ და აქტიურ-პასიურ დაცურებას, თუმცა ისიც ძალიან იშვიათად.

წყლის ნაკადში დაცურებული თევზის გავრცელება დროში და სივრცეში დამოკიდებულია თევზის სახეობაზე, განვითარების ფაზაზე, წლისა და დღე-ღამის პერიოდზე, ნაკადის ჰიდრაულიკურ მახასიათებელზე და სხვ.

ლიფსიტების დაცურება დაკავშირებულია წლის გარკვეულ სეზონთან, რომლის დროსაც თევზების გამრავლება მიმდინარეობს. ეს პერიოდი როგორც წესი გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდს ემთხვევა, თუმცა ჰიდროლოგიური და თერმული რეჟიმებით ლიფსიტების დაცურებით მიგრაციის ვადები შეიძლება მნიშვნელოვნად გადაადგილდეს.

დღე-ღამურ ციკლში ლიფსიტების დაცურება ძირითადად წარმოებს საღამოსა და ღამის პერიოდში, რადგან დღისით მათ გააჩნიათ ნაკადის დინების მიმართ რეაქცია, რის გამოც ისინი ცდილობენ აცურდნენ ნაკადის საწინააღმდეგო მიმართულებით. როგორც შესწავლილია თევზების უმეტესი ჯიშის ლიფსიტების წყლის ნაკადში ორიენტაციის მექანიზმი ძირითადად მხედველობაზეა (ოპტომოტორული რეაქცია) აგე-

ბული, ამიტომ წყალი თუ მღვრიეა მაშინ წყლის ნაკადის გარედან გა-
ნათებას უკვე მნიშვნელობა აღარა აქვს და ლიფსიტების ქვედა ბიეფში
დატურება დღე-ღამის ნებისმიერ საათებში შეიძლება მოხდეს.

ვიციტ რა ნაკადში ლიფსიტების გავრცელების ხასიათია კანონზო-
მიერება და ქვედა ბიეფში მათი ჩატურების დრო, ამ მონაცემების გა-
მოყენება აუცილებელია სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგები-
სათვის წყალსაცავიდან წყლის აღების დროს, რათა მნიშვნელოვნად
შემცირდეს თევზების დაღუპვა. ასე მაგალითად, თავი უნდა შევი-
კაოთ ქვირითსაყრელთან და შეტეხილ ნაპირებთან წყლის აღებისაგან,
უნდა შეიზღუდოს წყალმიმღები ნაგებობების ღამით მუშაობა, წყალ-
მიმღები ნაგებობების სათავეები შეძლებისდაგვარად უნდა გაკეთდეს
იმ სიღრმეებზე სადაც ადგილი არა აქვს თევზების დაგროვებასა
და ა. შ.

საერთოდ როგორც ლიფსიტების, ასევე თვით მათი მწარმოებელი
თევზების ქვედა ბიეფში დაბრუნება განსაკუთრებით დარეგულირებუ-
ლი წყალსაცავების დროს დაკავშირებულია დიდ სირთულეებთან. გან-
საკუთრებით დამლუპველია თევზებისათვის მაღალდაწნევიანი კაშხლუ-
ბის წყალსაგდებ ნაგებობებში გავლა, რადგან ისინი ნაკადის დიდი სიჩ-
ქარების გამო მექანიკურ დაზიანებას განიცდიან, რაც შეეხება თევ-
ზების ტურბინულ ტრაქტში მოხვედრას, აქ ისინი გარდა მექანიკური
დაზიანებისა წნევისაგან გამოწვეულ ტრავმებსაც იღებენ.

ყოველივე აღნიშნულის გამო ხშირად ეწყობა თევზდამცავი მო-
წყობილობები, რომელთა დანიშნულებაა დაიცვას თევზები ისეთ ზო-
ნებში მოხვედრისაგან, რომლებიც საშიშია მათი სიცოცხლისათვის.
ასეთი მოწყობილობები თევზებზე შემოქმედების პრინციპის მიხედვით
შეიძლება იყოს სხვადასხვა სახის. მაგალითად: ეკრანული თევზგადამ-
ლობები, როგორიცაა ცხაურები, ბადეები და ფილტრები; ფიზიოლო-
გიური, რომლებიც თევზებს აფრთხობენ ან აძლევენ მიმართულებას.
მას განეკუთვნება ელექტრული, პნევმატიკური, სინათლისა და ბგე-
რითი მოწყობილობები; თევზგამყვანი არხები, რომლებიც ეწყობა თევ-
ზების დიდი რაოდენობით დაგროვების ადგილებში და გამოაყენება
საშიში ზონიდან მათ გასაყვანად და ა. შ.

ყველაზე ეფექტური თევზდამცავი ნაგებობებია — ბადური და
ფილტრული თევზგადამლობები. ცალკეულ შემთხვევაში საკმარის
ეფექტური შეიძლება აღმოჩნდეს სტაციონარული ან გადასაადგო-
ბელი ზონური ლობები, წყალმიმღების ქოლგისებური სათავეები
და სხვ.

ფიზიოლოგიური თევზდამცავი მოწყობილობების და აგრეთვე ცხა-
ურების გამოყენება მიზანშეწონილია მოზარდი და ზრდადასრულე-
ბული თევზების დასაცავად, რომლებიც ადვილად რეაგირებენ სხვადა-
სხვა გამლიზიანებლებსა და ორიენტირებზე.

თევზამწებად პოტენციურად შეიძლება გამოიყენონ ნელი ცენ-
ტრიდანული და ღირძული ტუმბოები, ექექტორები, ლიფტები, ერ-
ლიფტები და მოცულობითი ტუმბოები, მაგრამ ბევრი მათგანის ზე-
მოქმედება თევზებზე და მათგან გამოწვეული ტრამეები შეუსწავლე-
ლია.

წყალსაცავების მოწყობა განაპირობებს ახალი დიდი წყლის მოცუ-
ლობების შექმნას, რომელიც გამოიყენება თევზის მოსაშენებლად. ამი-
სათვის ჯერ კიდევ მშენებლობის პროცესში აუცილებელია ჩატა-
ვის სპეციალური თევზსამეურნეო ღონისძიებანი: წყალსაცავის მომავალი
ფსკერი უნდა გაიწმინდოს ხეებისა და ბუჩქნარისაგან, მოეწყოს ქვი-
რიტსაყრელი უბნების მელიორაცია, თევზსაშენი ქარხნების მშენებ-
ლობა და ა. შ.

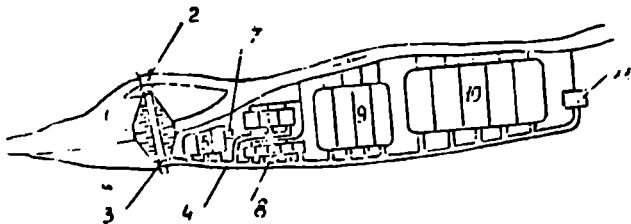
წყალსაცავების მოწყობით მდინარეებზე მკვეთრად იცვლება ისტი-
ოლოგიური პირობები, კერძოდ, სწრაფი მდინარეებს ნაცვლად წარ-
მოიქმნებიან ნელი გადინების წყალსატევები, იცვლება წყლის დონე-
ები და ტემპერატურული რეჟიმები და ა. შ., რაც იწვევს თევზების
სახეობის შეცვლას. თევზის ძვირფასი ჯიშების ნაცვლად ჩნდება უბრა-
ლო ჯიშის თევზები.

ამჟამად არსებულ წყალსაცავების უმეტესობას აქვს დაბალი (6—
20 კგ/ჰა) თევზპროდუქტიულობა. საბჭოთა კავშირში ყველაზე მაღალ-
პროდუქტიულია კრემენჩუგისა და ციმბილიანსკის წყალსაცავები, რომ-
ელთაგან პირველის წარმადობა 8,5 ათასი ტონაა წელიწადში.

დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ხელოვნურ თევზსაშენებს. თევზსაც-
დებებს, ტბორებს, აგრეთვე სათევზე მეურნეობის მთლიან კომპლექ-
სებს (ნახ. 40), სადაც მიმდინარეობს როგორც ლიფსიტების გამოყვა-
ნა, ასევე სასაქონლო თევზის წარმოება.

სატბორე სათევზე მეურნეობა დაახლოებით 100-ჯერ უფრო მა-
ღალი პროდუქტიულობისაა, ვიდრე ბუნებრივი წყალსატევები, რაც
განპირობებულია ხელსაყრელი ჰიდრობიოლოგიური პირობებითა და
თევზების ხელოვნური კვებით. საერთოდ სათევზე მეურნეობაში ხე-
ლოვნური საკვების პროდუქტიულობა უფრო მაღალია ვიდრე ბუნე-
ველობაში.

ტბორებში გარდა ხელოვნური საკვებისა აგრეთვე შეაქვთ სასუქები (ამონიუმის სელიტრა და სუპერფოსფატები), რომლებაც ხელს უწყობენ ტბორებში საკვები ორგანიზმების -- ზოობენტოსისა და ზოოპლანქტონის გავრცელებას.



ნახ. 40. სათევზე ნეურნეოს იქლიანი კომპლექსის სანა: 1—სათავე ტბორი; 2—წყალსაღები; 3—წყალმიმღეი; 4—მაღისტრალური არხი; 5—საზამთრო ტბორები; 6—საზაფხულო გასამრავლებელი ტბორები; 7—ოჩხი; 8—საქვირითე ტბორები; 9 — გამოსაზრდელი ტბორები; 10 — ნასუქობის ტბორები; 11—საკარანტინე ტბორები.

4.2.7. სამდინარო ტრანსპორტი და ხე-ტყის დაცურება

თანამედროვე პირობებში სამდინარო ტრანსპორტი მკიდროდ არის დაკავშირებული წყლის რესურსების კომპლექსურ ათვისებასთან. სანაოსნო გზების რეკონსტრუქცია და გაუმჯობესება გამართლებულია მხოლოდ კომპლექსური ჰიდროკვანძების კასკადების მშენებლობის დროს. სამდინარო ტრანსპორტის ჩართვა-გათვალისწინება წყალსამეურნეო კომპლექსებში მოქმედებს ჰიდროკვანძის გაერთოლიანებაზე და პარამეტრებზე.

შიგა სანაოსნო გზები შეიძლება დაიყოს ბუნებრივ და ხელოვნურ გზებად. ბუნებრივ გზებს განეკუთვნება თავისუფალი მდინარეები და ტბები, ხელოვნურს კი — არხები, წყალსაცავები და მდინარეები, რომელთა ბუნებრივი რეჟიმები შეცვლილია ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყობით.

შიგა სამდინარო ტრანსპორტს მართალია ქვეყნის მთელ ტერიტორიულ ნაწილში უმნიშვნელო წელილი (4%) შეაქვს, მაგრამ მისი ადგილი სახალხო მეურნეობაში მაინც ფრიად მნიშვნელოვანია. გადააქვს რადიდი მოცულობის ტვირთები, რომლის ტრანსპორტირება არც თუ ისე

სასწრაფოა (საამშენებლო მასალები, ქვანახშირი, ნავთობი და ა. შ.) გადაზიდვა 2,5—3-ჯერ უფრო იაფი ჯდება, ვიდრე რკინიგზით და 10—15-ჯერ იაფი ვიდრე ავტომანქანებით.

საბჭოთა კავშირში შიგა სამდინარო ტრანსპორტით ტვირთბრუნვა ყოველწლიურად 265 ტ. კმ-ს შეადგენდა, ხოლო გადაზიდვის საერთო მოცულობა დაახლოებით 680 მლნ. ტ. აღწევდა. რაც შეეხება მგზავრების გადაყვანას, მარტო 1987 წელს გადაყვანილი იქნა 5,6 მლრდ. მგზავრი-კილომეტრი.

შიგა სამდინარო გზების საერთო სიგრძე ყოფილ საბჭოთა კავშირში დაახლოებით 142 ათასი კმ-ია, აქედან 83,1 ათასი კმ-ს გააჩნია გარანტირებული სიღრმეები. ხელოვნური სამდინარო გზების სიგრძე ამჟამად 20 ათას კმ-ს შეადგენს, რის შედეგადაც შექმნილია ხელსაყრელი პირობები ნაოსნობისათვის. მაგალითად, მდ. ვოლგაზე კალნინიდან ასტრახანამდე, დნებრზე — კიევიდან ხერსონამდე და ა. შ. ნაცვლად ადრე არსებული 1-დან 2,5 მ სიღრმეებისა უნა: ე ნველყოფილია 3—3,2 მ სიღრმეები, რაც მსხვილტონაჟიანი გემების ტრანსპორტარების საშუალებას იძლევა.

ქვეყნის ევროპულ ნაწილში მდინარეებზე და არხებზე ჩატარებული სათანადო კეთილმოწყობის სამუშაოების შედეგად შეიქმნა ერთიანი ღრმა წყალსატრანსპორტო სისტემა, რომელიც აერთიანებს ბალტიის, თეთრ, კასპიის, შავ და აზოვის ზღვებს. აქ სამდინარო ტრანსპორტი მაკავშირებელი რგოლია სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო რაიონებს შორის.

წყლის რესურსების კომპლექსურ გამოყენებასთან სამდინარო ტრანსპორტის კავშირი ნათლად ჩანს ვოლგის, კამის, დონის, დნებრისა და სხვა ჰიდროკვანძების მოწყობის მაგალითზე. აღნიშნულმა ჰიდროკვანძებმა ენერგეტიკული, წყალმომარაგებისა და მორწყვის სისტემების გარდა შესაძლებელი გახადა მდინარეების რეკონსტრუქცია წყალსატრანსპორტო მიზნებისათვის.

სამდინარო ტრანსპორტი პირველ რიგში წყლის ობიექტებისაგან მოითხოვს სიღრმეების უზრუნველყოფას, რომლებიც თავის მხრივ დამოკიდებულია სატრანსპორტო მაგისტრალის კატეგორიაზე. განასხეავებენ სამდინარო გზების 4 კატეგორიასა I — ზემამაგისტრალურა; II — მაგისტრალურა; III — ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები; IV — გზები მცირე მდინარეებზე. წყლის გარანტირებული მინიმალური სიღრმე აღნიშნულ სამდინარო გზებზე იცვლება 0,45 მ-დან 2 მ და მეტი.

დაურეგულირებელ მდინარეებზე საჭირო სიღრმეების მისაღწევად სწარმოებს კალაპოტების გაწმენდა და ფიკრის ჩამალრამალებელ სამუშაოები. მთლიანად დარეგულირებელ მდინარეებზე საჭირო სიღრმეებს ლეზულობენ ჰიდროკვანძების რაციონალურად განლაგების ხარჯზე. ამ დროს ჰიდროკვანძის ქვედა ბიეფში წარმოიქმნება შეტბორვა, რომელსაც განაპირობებს მომდევნო კაშხალი. როდესაც მდინარეებზე იშვიათად და ერთმანეთისაგან საკმაო მანძილის დაშორებით არის მოწყობილი ჰიდროკვანძები წყალმცირობის პერიოდში საჭირო სიღრმეების მიღწევა შესაძლებელია არა მარტო მიწის ამოხაპვის სამუშაოების ჩატარებით, არამედ წყალსაცავებიდან წყლის სპეციალური გაშვებებით.

ნაოსნობის მეორე ძირითადი მოთხოვნაა სამდინარო გზებზე დინების სიჩქარეების შეზღუდვა. სიჩქარის ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობა მიიღება იმ პირობიდან, რომ მდინარის დინების საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობის დროს სიჩქარე იყოს ეკონომიკურად გამართლებული.

ნაოსნობის დროს უნდა გავითვალისწინოთ აგრეთვე წყლის ღონის ცვალებადობის შეზღუდვა ნავმისადგომებთან.

მართალია სამდინარო ტრანსპორტი განეკუთვნება წყლის ისეთ მომხმარებელს რომელიც წყლის რაოდენობას არ ცვლის, მაგრამ ამავე დროს იგი ზარალს აყენებს წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მომხმარებლებს, მაგალითად ჰიდროენერგეტიკას, მორწყვას და ა. შ. რადგან წყალსაცავებიდან წყლის გაშვებისას და დარაბვის პროცესებზე ადგილი აქვს წყლის დანაკარგებს.

წყლის მოხმარება დარაბვის პროცესზე განისაზღვრება, როგორც რაბის კამერის მოცულობისა და საანგარიშო დროის ინტერვალში დარაბვის რაოდენობების ნამრავლი.

დარაბვის პროცესით ენერგეტიკაზე მიყენებული ზარალი (კვტ. სთ) შეიძლება გამოითვალოს, როგორც დარაბვაზე საჭირო წყლის მოხმარების რაოდენობის ნამრავლი ჰიდროკვანძის დაწნევაზე და ჰესის აგრეგატის მ. ქ. კ.-ზე.

თუ ჰიდროკვანძზე, რომლის დაწნევა 30 მ-ია, დღე-ღამის განმავლობაში 20-ჯერ სწარმოებს დარაბვა და რაბის ზომებია 150×18 მ. ენერჯის დანაკარგი დროის აღნიშნულ ინტერვალში ტოლა იქნება 120 ათასი კვტ. სთ, ხოლო მთელი ნავიგაციის პერიოდში — 10 მლნ. კვტ. სთ. და მეტის.

კომპლექსური ჰიდროკვანძები უზრუნველყოფენ რა სამდინარო ტრანსპორტისათვის საჭირო სიღრმეებს, ამავე დროს წარმოადგენენ დაბრკოლებას მათ გადასაადგილებლად მდინარის მთელ სიგრძეზე, რაც მოითხოვს ჰიდროკვანძთან სპეციალური ნაგებობების მოწყობას, რომლებიც ტრანსპორტის გადაყვანის საშუალებას იძლევიან ერთი ბიეფიდან მეორეში. ასეთ ნაგებობებს მიეკუთვნება რაბები და ამწეები.

ჰიდროკვანძზე დანახარჯების შესამცირებლად სათანადო დასაბუთების შემთხვევაში რაბები შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორც დამატებითი წყალსაგდები ნაგებობები წყლის კატასტროფული ხარჯების გასატარებლად და მცირე ტვირთბრუნვის დროს თევზების გასატარებლად მათი მიგრაციის პერიოდში.

როგორც პრაქტიკა აჩვენებს აღნიშნული ნაგებობები ეკონომიკურად გამართლებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში თუ მდინარეზე მოწყობილია მთელი რიგი ჰიდროკვანძებისა და სათანადო სიღრმისა და დიდი სიგრძის სამდინარო გზები.

ხე-ტყის დაცურებას საკმაოდ დიდი სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა აქვს შემდეგი მიზეზების გამო, ჭერ ერთი, ხე-ტყის მარაგის უმეტესი ნაწილი განლაგებულია მდინარეების სათავეებში; მეორეც — ამ რეგიონებში სხვა სახის ტრანსპორტი არ არის განვითარებული და მათი მოწყობა დიდ დანახარჯებთან არის დაკავშირებული; ამავე დროს ხე-ტყის დაცურება ყველაზე მარტივი და იაფი საშუალებაა მისი ტრანსპორტირებისათვის, ამიტომ იგი კვლავ მრავალი წლის განმავლობაში იქნება გამოყენებული.

ხე-ტყის დაცურება ყოფილ საბჭოთა კავშირში დაახლოებით 200-ე მდინარეზე, 225 ტბაზე და 11 მსხვილ წყალსაცავზე სწარმოებს. დასაცურებელი გზების საერთო სიგრძე კი 142 ათას კმ-ს აღწევს. საერთოდ გამოტანილი ხე-ტყის რაოდენობიდან 40% დაცურებით გამოიტანება.

ხე-ტყის დაცურება სხვადასხვა ხერხებით სწარმოებს. ხე-ტყის დაშლილად, ტივების შეუკრავად დაცურების დროს ერთმანეთთან შეუკავშირებელი ხის მორები მიჰყვებიან ცალ-ცალკე მდინარის ღინებას. ასეთი სახის დაცურება ძირითადად გამოიყენება მდინარის სათავეებში, მცირე მდინარეებზე ან დიდი მდინარეების შენაკადებზე. იგი ხშირად ერთადერთი საშუალებაა სხვა ტრანსპორტისათვის ძნელად მისადგომი ტყის მასივებიდან ხე-ტყის გამოსაზიდად.

შეკრულად დასაცურებელი ხე-ტყე ერთმანეთთან დაკავშირებულია ბაგირებით ან ჭაჭვებით. მათი ფორმა შეიძლება იყოს მრგვალი, სიგარისებური და ოთხკუთხედი. ასეთი ფორმით შეკრულ ხე-ტყეს აცურებენ მცირე ტბებზე, წყალსაცავებზე და მდინარის წყნარ უბნებზე, როდესაც გადასატანი მანძილები მოკლეა. ამ მეთოდს ძირითადად იყენებენ სანაპიროსზე შეგროვილი, არაკონდიციური ხე-ტყის დასაცურებლად. მათი ტრანსპორტირებისათვის გამოიყენებენ კატარლებს და დაცურების სიჩქარე საათში 1,5—3 კმ-ს არ აღემატება. ასეთი გზით ტრანსპორტირება რამდენადმე ამცირებს ხე-ტყის დანაკარგებს და ნაკლებად აბინძურებს წყალსატევებს.

ტივებად ხე-ტყის დაცურების დროს ხე-ტყის დანაკარგები პრაქტიკულად გამორიცხულია. დანაკარგებს ადგილი აქვს მხოლოდ ტივის შეკვრის, მიღების და დახარისხების ადგილებზე, აგრეთვე ტივის ავარიული დაშლის შემთხვევაში.

მცირე მდინარეებზე და დიდი მდინარეების შენაკადებზე პირველადი დაცურების დროს ტივები მოცურავენ თვითღინებით, თვითღინებით და მართვით ან კატარლების დახმარებით. პირველადი დაცურების ბოლო პუნქტებში მოწყობილია რეიდები ხე-ტყის მისაღებად და დასახარისხებლად, სადაც ხდება მსხვილი ტივების ფორმირება, რომელთა სიგრძე 400-მეტრსაც კი აღწევს, სიგანე 75 მ-ს. ასეთი ტივების მოცულობა 20 ათას მ³-მდეა. ტბის ტივების სიგრძემ შეიძლება შეადგინოს 500 მ, სიგანე 50 მ და მათი ტრანსპორტირება საბუქსიარო გემებით სწარმოებს.

როდესაც ხე-ტყის ტრანსპორტირება დარეგულირებულ მდინარეებზე ხდება აუცილებელია ხე-ტყის გამშვები ნაგებობების მოწყობა. ხე-ტყის დაშლილად დაცურების დროს გამოიყენება მორების გამშვებები — ვიწრო ლარები მართკუთხა ან ტრაპეციოდალური განაევკეთის. ლარები ეწყობა უშუალოდ წყალსაშვიან კაშხლებში ან მასთან მიმდებარედ, ან პიდროკვანძის ბეტონის ნაგებობების შემოვლით.

ტივების ზედა ბიეფიდან ქვედაში გადასაყვანად გამოიყენება გემთსავალი ან ტივის სპეციალური რაბები, რისთვისაც მსხვილი ტივები რაბებში შესვლის წინ იშლება ცალ-ცალკე ნაწილებად.

4.2.8. რეკრეაცია

წყალსამეურნეო კომპლექსის ნაწილს წარმოადგენს წყლის რესურსების გამოყენება რეკრეაციული მიზნებისათვის, ე. ი. მოსახლეობის დასასვენებლად, სამკურნალოდ და საწყალოსნო სპორტისათვის. ადამიანის ცხოვრების დონის, თავისუფალი დროისა და ურბანიზაციის ზრდასთან ერთად რეკრეაცია სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს.

სრულყოფილი დასვენებისა და მკურნალობის ორგანიზაციაში განსაკუთრებული როლი მდინარეებსა და წყალსაცავებს ეკუთვნის. სწორედ წყალი ბუნებრივი გარემოს იმ ძირითად კომპონენტს წარმოადგენს, რომელიც აუცილებელია ადამიანის ჯანმრთელობის აღსადგენად, განწყობილების გასაუმჯობესებლად და ა. შ. ამიტომ რეკრეაციული დაწესებულებების უმეტესობა განლაგებულია უშუალოდ წყალსატევების ნაპირებზე ან მასთან ახლოს.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში ტბებზე, მდინარეებზე და წყალსაცავებზე რეკრეაციული მოთხოვნა ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში ყოველწლიურად 10—15% -ით იზრდება.

ქვეყნის იმ რეგიონებში, რომლებიც ბუნებრივი წყალსატევებით ღარიბია, წყალსაცავები წარმოადგენენ იმ ძირითად ბირთვს რომლის ირგვლივაც წარმოიშვება სარეკრეაციო ლანდშაფტი.

წყალსაცავებს, რომლებიც მოწყობილია მთიან ან ჩრდილოეთის რეგიონებში გააჩნიათ კეთილმოწყობილი გზები და ამიტომ მათი რეკრეაციული ღირებულება ზოგჯერ აღემატება ბუნებრივი ტბების რეკრეაციულ ღირებულებას. უფრო მეტიც ბოლო მონაცემებით ყოფილ საბჭოთა კავშირში წყალსაცავების ნაპირას ცხოვრობს 30 მლნ. ქალაქის მოსახლეობა და დაახლოებით 50 მლნ. ცხოვრობს 2 საათის სავალ მანძილზე.

წყალსატევების ნაპირებზე (ზღვებზე, ტბებზე, მსხვილ და საშუალო მდინარეებზე, წყალსაცავებზე) განლაგებულია 55% სანატორიუმებისა, 80% — დასასვენებელი სახლებისა, 60% — ტურისტული დაწესებულებებისა და ა. შ., რომელთა ნახევარი წყალსაცავების ნაპირებზეა მოწყობილი.

წყალსაცავის მოწყობით ბუნებრივი კომპლექსის რეკრეაციული ღირებულება იზრდება, იზრდება მისი რეკრეაციული ტევადობაც (დამსვენებელთა რიცხვი) წყალსაცავის სანაპირო ზოლის დაგრძელების ხარჯზე და აკვატორიის ფართთან ერთად ცალკეულ რაიონებში უმჯობესდება კლიმატური პირობები. წყალსაცავების მიკროკლიმატური გავ-

ლენა განსაკუთრებით გამოიხატება სამხრეთის მშრალ რაიონებში — კლებულობს ჰაერის სიმშრალე და ტემპერატურა, რის შედეგადაც შეიქმნება პირობები რეკრეაციული ზონების გასაზრდელად.

ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგ შემთხვევაში წყალსაცავების მოწყობა იძლევა უარყოფით შედეგებს და მისი გამოყენება რეკრეაციული მიზნებისათვის შეუძლებელი ხდება. იტბორება დიდი ფართობები, რომლებიც ადამიანთა დასვენებისათვის გარკვეულ ღირებულებას წარმოადგენდა (მინერალური წყაროები, არქიტექტურის ძეგლები, ლანდშაფტი და ა. შ.). ამავე დროს უარესდება დასვენების პირობები წყალსაცავის ქვედა ბიეფში, წყლისა და ჰაერის ტემპერატურის დღე-ღამური და კვირის განმავლობაში ცვალებადობის გამო (წყლის ტემპერატურა 17°C-ზე დაბლა დადის და მისი გამოყენება საბანაოდ შეუძლებელი ხდება). წყალსაცავში ხშირად ადგილი აქვს „წყლის ყვავილობას“, ნაპირების ინტენსიურ გადამუშავებას, რაც ხელს უშლის წყალსაცავის სანაპირო ზოლში დასასვენებელი ზონების ორგანიზაციას, ზოგიერთ წყალსაცავებზე ფერდობების სიმაღლე რამდენიმე ათეულ მეტრს აღემატება, რაც ხელს უშლის პლიაჟების მოწყობას და ა. შ.

ამრიგად, წყალსაცავების რეკრეაციული ღირებულება კომპლექსურ ჰიდროკვანძებში ხასიათდება შემდეგი ფაქტორებით: ლანდშაფტის ტიპი; წყალსატევის ფორმა, სიღრმე და ფართობი, ნაპირების ქანობი და პლაჟების არსებობა; წყლის ფაუნის სიმდიდრე, სანაპირო ზოლის მცენარეული საფარის ტიპი; წყლის ტემპერატურა და კომფორტული დღეების ხანგრძლივობა; წყლის ხარისხი და სანაპირო ტერიტორიის სისუფთავე; ბუნებრივი და ისტორიული ძეგლების არსებობა; მსხვილი ქალაქებიდან დაშორება, მისასვლელი გზებითა და ტრანსპორტით უზრუნველყოფა და ა. შ.

აღნიშნული ფაქტორების შესაფასებლად ხშირად გამოიყენება უგანზომილებო სკალა 0-დან 1-მდე (ცხრილი 28).

რეკრეაცია წყალსატევებზე გვევლინება როგორც წყალმოშხმარებელი, რომელიც გამოიყენებს წყალს როგორც გარემოს. რეკრეაციის დროს წყალი დამსვენებლებისა და სპორტსმენებისათვის გამოიყენება სასმელ-სამეურნეო მიზნებისათვის. წყლის ხარჯის ნორმა ერთ ადამიანზე სხვადასხვა ტიპის დასასვენებელ ობიექტებზე მოცემულია სათანადო ნორმატულ დოკუმენტებში.

რადგან სიტყვა ნორმებზე ჩამოვარდა საჭიროა აღინიშნოს, რომ წყალსაცავები, როგორც ყველა ბუნებრივი ობიექტები მოითხოვენ დაცვას. ამასთან დაკავშირებით დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ოპტიმ-

ლურ და ზღვრული ნორმების დადგენას რეკრეაციული დატვირთვებისათვის, როგორც აკვატორიაზე, ასევე წყალსაცავის სანაპირო ზოლზე. ეს ნორმები მნიშვნელოვან ცვალებადობას განიცდიან სხვადასხვა ბუნებრივ სარტყელებში, ქვეყნებსა და რეგიონებში. მაგალითად, ითვლება, რომ 1 ნიჩბებიან ნავს სჭირდება 0,4—1 ჰა წყლის ზედაპირი, მოტორიან და იალქნიან ნავს 1—8 ჰა, წყლის თხილამურებს 4—16 ჰა ერთი გზუფისათვის (შევიბრების ჩასატარებლად). სხვადასხვა ნორმებით ერთ მოცუროვისათვის დადგენილია 4,6—23 მ² წყლის ზედაპირი, 20—46 მ² პლაჟი და 300 მ² სანაპირო ტერიტორია ერთ დამსვენებელზე. იმ შემთხვევაში, როდესაც რეგიონი განიცდის წყალსატევების სიმცირეს, ეს ნორმები შეიძლება შემცირებულ იქნას.

როგორც წესი, წყლის ხარისხს არა აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა როდესაც წყალსატევი გამოიყენება საწყალოსნო სპორტისათვის, მაგრამ თუ იგი ამავე დროს გამოიყენება საბანაოდ მოთხოვნილება წყლის ხარისხზე მკვეთრად იზრდება. ამ შემთხვევაში წყალსატევის მომზადება სწარმოებს სანიტარიული და სათანადო წესების დაცვით. ასევე საჭიროა სანაპირო ზონების დამუშავებაც, რათა თავიდან ავიშოროთ დაჭაობება და ნაპირების ჩამონგრევა. რეკრეაციული ინტერესებიდან გამომდინარე წყალსაცავის შევსება არ უნდა ხდებოდეს წყალუხვობისა და წყალდიდობის დასაწყის პერიოდში, როდესაც წყლის ნაკადი ზედმიწევნით მღვრია.

უზრუნველყოთ წყალსაცავის გამდინარობაც, ხოლო რაც შეეხება ღონეების ცვალებადობის რეჟიმს წყალსაცავში იგი შეძლებისდაგვარად უნდა იყოს მდგრადი, სწრაფი ცვალებადობის გარეშე.

კომპლექსური დანიშნულების წყალსაცავებზე ჩვეულებრივ წარმოიშება წინააღმდეგობანი რეკრეაციისა და წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა შორის. მაგალითად, წყალსაცავების რეკრეაციული მიზნებისათვის გამოიყენება იწვევს წყლის ხარისხის გაუარესებას (ბანაობა, ტურიზმი, კატარღები და ა. შ.); რის გამოც წყალსაცავების რეკრეაციული გამოყენება აკრძალულია იმ ზონებში სადაც წყლის აღება სწარმოებს სასამელ-სამეურნეო მიზნებისათვის. მეორეს მხრივ, რეკრეაციაზე უარყოფით გავლენას ახდენს (თუ ადგილი აქვს) წყალსატევში სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ჩაშვება, ხე-ტყის დაცურება და ა. შ.

საერთოდ, როდესაც წყალსამეურნეო კომპლექსებში გათვალისწინებულია რეკრეაცია, საჭიროა ამ ღონისძიებით მიღებული ეკონომიკური ეფექტის შეფასება, რისთვისაც მხედველობაში უნდა იქნას მი-

რეკრეაციული ფაქტორები და მათი შეფასება ერთდღიანი მასობრივო დასვენების დროს

ფაქტორები					
ფაქტორების მნიშვნელობების სკალა					
1	2	3	4	5	6
0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1	
ლაბ-ტორიფიანი	ოიხიფიანი	ქვიანი	ბრეშვიანი	ქვიშვიანი	ქვიშვიანი
ფაქტორების ფსკერის ტიპი	ლაბ-ტორიფიანი	ოიხიფიანი	ქვიანი	ბრეშვიანი	ქვიშვიანი
თავიხელის სიგანე, მ	> 50	50-35	35-25	25-20	20-5
წელის ხარისხი	დაქუცვანების ხილული ნიშნებით	ნორმაზე მეტი სუნი და შეტე-ტეხილი ნაწი-ლაჯი	ნორმის ფარგლებში	სამელო წელის ხარისხის ნორმის ფარგლებში	ზედმეწინა სუფთა წალსატევი წარის წელის კვებით
წალსატევის თერმული რეჟიმი, °C	17	17-18	18-19	19-20	20-21
წყ-ის ფაუნა	ლარიბი და ნაკლები ლორბულების ინტოფიუნთი	პროდუქტულობით 5-15 კგ/კა	სარეწი პროდუქტუ-ლობით 30 კგ/კა	თევზამეურნეო წალსატევი ინტოფიუნის რა-ციონალური შედგენილობით	თევზამეურნეო წალსატევი, კერ-ფისი ჭიშკა თევზე-ბით

1	2	3	4	5	6
სანაპროს გენერალური საფარი	გაობიანი, გეჩხერი ბუნჯანით	გეჩხერი ტყე	მინდრის გენერალური ლობა	შერეული ტყე	ნათელი ფიჭვის ტყე
ლანდშაფტის ესთეტიკა	რელიეფის სუსტი გამოხატულება	ერთგვაროვანი ლანდშაფტი	საკმაოდ გამოხატული ლანდშაფტი	თვალწარმტაცი გეჩხერი	ბრწყინვალე შრავალმხრივ თვალწარმტაცი გეჩხერი
სეზონის განვალობაში კომფორტული ამინდის დღეები, %	< 50	50—60	60—70	70—80	> 80
ისტორიულ-კულტურული ძეგლები	არ არის ღირსშესანიშნაობანი	რიგითი ძეგლები	უფრო მნიშვნელოვანი ძეგლები	ღილი ღირებულების ძეგლები	ძეგლები, რომლებიც დაცულია კანონით
ეთნოლმეჩობის დონე	უმნიშვნელოდ კეთილმოწყობილი კლავები	ღამატებით მოწყობილი კლავები	კვების დამატებითი კუნძულები	ღამის სათევებო	კაპიტალური ნაგებობებით

ღებულ ისეთი ფაქტორები, როგორცაა დაავადებების შემცირება, შრომის ნაყოფიერების ზრდა დასვენების შემდეგ და სხვ. მაგალითად, ცალკეული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ჩვენს ქვეყანაში აქტიური დასვენების შედეგად, რომელიც გამოირიცხავს სამკურნალო ხარჯებს, ბიულეტენებით ხელფასის ანაზღაურებას და ა. შ. შესაძლებელია ყოველწლიურად 50—70 მლრდ. მან. ეკონომია. ან კიდევ გამოთვლილია, რომ ერთ დღიანი აქტიური დასვენება მოსამსახურეების მწვანე ტყის ზოლში ზრდის მათ შრომის ნაყოფიერებას 0,3%-ით რაც ექვივალენტურია 940 მლნ. მან. ყოველწლიური შემოსავლის.

აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ რეკრეაციით მიღებული ეკონომიკური ეფექტი, ხშირად წყალსამეურნეო კომპლექსის სხვა მონაწილეთა მიერ მიღწეულ ეფექტს არაფრით ჩამოუვარდება.

თ ა ვ ი V

ანთროპოგენული დატვირთვები წყლის ეკოსისტემებზე, მათი გამომწვევი ძირითადი მიზეზები და შედეგები

5.1. ანთროპოგენული დატვირთვები

5.1.1. გამაბინძურებელი ნივთიერებები და მათი მიგრაცია

ტექნიკურმა პროგრესმა კაცობრიობას თანდათან ჩამოუყალბა ბუნებისადმი „დამპყრობლურ“ დამოკიდებულება, ვინაიდან გაბატონებული იყო იდეა — „ბუნება ყველაფერს აიტანს, ყველაფერს გაუძლებს“. სწორედ ასეთი პრინციპების შედეგად წყლის ეკოსისტემებში უკვე კარგახანია ხვდება ისეთი არატრადიციული გამაბინძურებელი ნივთიერებებიც, რომლებზედაც ადრე წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა კაცობრიობას. ასეთ გამაბინძურებლებს მიეკუთვნება: ნავთობპროდუქტების, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების, პესტიციდების, მძიმე ლითონების, ქლორ-აზოტ-ფენოლშემცველი ნივთიერებების და სხვათა ახალი ნაერთები, რომლებიც წარმოიქმნენ სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა დარგის ქიმიზაციით. †

აღნიშნული ნივთიერებების უმეტესობას გააჩნია კუმულაციისა და მიგრაციის უნარი. თანაც ნაკლებად ან თითქმის შეუსწავლელია, თუ როგორია მათი გავრცელება ბიოტაში, მათი ტრანსფორმაცია დროსა და სივრცეში, ტოქსიკურობა ორგანიზმების მიმართ, აგრეთვე ბიოქიმიური და პათოლოგიური რეაქციები და სხვ., ამიტომ ამ გამაბინძურ-

რებლების წყლის ეკოსისტემებში მოხვედრა ქმნის პოტენციურ საფრთხეს როგორც წყლის ფლორისა და ფაუნისათვის, ასევე ადამიანის ჯანმრთელობისათვის.

ქალიან ხშირად გამაბინძურებელი ნივთიერებების კლასიფიკაცია სწარმოებს იმის მიხედვით თუ გარემოს რომელ ნაწილს აბინძურებენ ისინი ყველაზე მეტად, მაგრამ ასეთი კლასიფიკაცია არც თუ ისე გამართლებულია. მაგალითად, ატმოსფეროში არა მარტო ანთროპოგენული ზემოქმედებით (თბოელექტროსადგურები, შავი მეტალურგია, წილის მომპოვებელი მრეწველობა და ა. შ.); არამედ ბუნებრივი ფაქტორებით (კოსმოსი, ვულკანები და სხვადასხვა სტიქიური მოვლენები) გამოიყოფა აეროზოლები და სხვადასხვა ნივთიერებები (SO_2 , SO_3 , H_2S , NH_3 , NO_x და ა. შ.), რომლებიც ვრცელდებიან ატმოსფეროდან როგორც დედამიწის ზედაპირზე, ასევე მცენარეულობაზე, შენობებში და სხვ. საიდანაც მათი მიგრაცია სწარმოებს წყალსატევებში. ან კიდევ სხვა მაგალითიც წყლის ეკოსისტემის დაცვამ შეიძლება გამოიწვიოს ჰაერისა და ნიადაგის გაბინძურება. მართლაც, დღეს საკმაოდ მწვავედ დგას იმ დანალექების დამუშავების საკითხი, რომელიც გამოიყოფა ქალაქების ჩამდინარე წყლების გაწმენდის დროს, რადგანაც ის ნიადაგისა და ატმოსფეროს დაბინძურებას იწვევს. მაგალითად, აშშ ასეთი მშრალი (ლამის) დანალექის, რაოდენობა 1983 წელს 1972 წელთან შედარებით 4,7 მლნ. ტონიდან 6,6 მლნ. ტონამდე გაიზარდა. შვედიაში ყოველწლიურად გამწმენდ ნაგებობებზე გროვდება 170 ათასი ტონა მშრალი ნალექები, ინგლისში — 1 მლნ. ტონა და ა. შ. უფრო მეტიც ნახ. 41 ნაჩვენებია თუ როგორ შეუძლია ერთი სახის გამაბინძურებელს როგორც ატმოსფერო, ასევე ნიადაგიც და წყალსატევიც გააბინძუროს.]

და თუ გავიხსენებთ კომონერის „კანონს“: ყველაფერი ურთიერთკავშირშია; ყველაფერი სადღაც უნდა წავიდეს; უკვალოდ არაფერი ჩაივლის; ბუნებამ უკეთ იცის — მაშინ გარემოს ძირითადი გამაბინძურებლებიც წყლის ეკოსისტემების გამაბინძურებლებადაც უნდა ჩაითვალოს. ამრიგად, შეუძლებელია წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ხარისხის რეგულირება თუ ღრმად არ არის გაანალიზებული ბუნებაში არსებული სხვადასხვა ნივთიერებების წრებრუნვის კანონები.

[ეკოსისტემების ყველა სახის გამაბინძურებლები შეიძლება პირობითად დაიყოს ქიმიურ (მყავებელი, ტუტეები, მარილები, პესტიციდები, ფენოლები და ა. შ.), ბიოლოგიურ (ბაქტერიები, ვირუსები, წყალმცე-

ნებლობის მეთოდებს, არამედ მათ უმეტესობას გააჩნია მიგრაციისა და აკუმულაციის უნარი, რის შედეგადაც საკმაოდ დიდი დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ ტოქსიკურობას და შედეგებიც ხშირად კატასტროფულია.

ნავთობი და მისი გადამუშავების პროდუქტები, ხვდებიან რა წყალსატევებში პირველ რიგში ვრცელდებიან წყლის ზედა ფენაში. მათი გავრცელების ხასიათი და მასშტაბები დამოკიდებულია არა მარტო ნავთობპროდუქტების ხასიათზე, არამედ ატმოსფერულ ცირკულაციაზე, გეოგრაფიულ ზონაზე, წყალსატევის სანაპიროს ხასიათზე, წყლის დინებების კანონზომიერებაზე და ა. შ.

! წყალსატევებში მოხვედრილი გამაბინძურებლები მონაწილეობას ღებულობენ ფიზიკურ, ქიმიურ და ბიოლოგიურ პროცესებში. მაგალითად, ფიზიკურ პროცესს მიეკუთვნება წყლის ზედაპირზე გაშლა, აორთქლება, შერევა, დაემულსიება და დალექვა. წყალსაცავში შტრლის დროს 1 მ³ ნავთობი 10 წთ. განმავლობაში ვანიღვრება 1800 მ³ ფართობზე. ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების წყალსატევის ფსკერზე დალექვა სწარმოებს ნაერთების წარმოქმნის შედეგად, რომლის სიმკვრივე წყლის სიმკვრივეს აღემატება. მათი ფსკერზე დაგროვების ხასიათი დამოკიდებულია წყალსაცავის ფსკერის წარმომქმნელ გრუნტებზე. |

ნავთობგამაბინძურებლებზე ქიმიური ზემოქმედება პირველ რიგში კლინდება ნახშირწყალბადის ქანგვით.

ნავთობგამაბინძურებლების ბიოდეგრადაციის პროცესი მიმდინარეობს მიკროორგანიზმების მოქმედების შედეგად და იგი დამოკიდებულია წყლის ტემპერატურაზე, წყალსატევის სიღრმეზე, წყლის აერაციაზე და სხვ.

ღია ზღვაში, 1 ლ. წყალში დაახლოებით 1000—2000 ბაქტერია ბინადრობს. წყალში მოხვედრილი ნავთობი ბაქტერიების კვების პროდუქტსა და მათი გამრავლების წყაროს წარმოადგენს. ისინი ამ დროს გეომეტრიული პროგრესიის კანონით მრავლდებიან და იგივე სიჩქარით შთანთქავენ (ქანგავენ) ნავთობპროდუქტებს.

ერთი ლიტრი ნავთობპროდუქტების დასაქანგავად საერთოდ საჭიროა იმ რაოდენობის ქანგბადის მარაგი, რომელიც 400 ლ ზღვის წყალშია გახსნილი. თუ წყლის ტემპერატურა 10°C-ზე ნაკლებია ბაქტერიოლოგიური ქანგვა ძალიან ნელა მიმდინარეობს.

ნავთობპროდუქტები უარყოფითად მოქმედებს წყალსატევების ფლორაზე და ფაუნაზე. წყლის ორგანიზმებზე მათი მომაკვდინებელი

ზემოქმედება შეინიშნება პირველი 5—20 სთ. განმავლობაში, როდესაც ნახშირწყალბადის კონცენტრაცია წყალში 1—100 მგ/ლ აღწევს. თუ წყალი გაბინძურებულია ძლიერი ტოქსიკური არომატული ნახშირწყალბადებით, მაშინ იგივე ეფექტი მიიღება გაცილებით ნაკლები კონცენტრაციების (1—100 მკგ/ლ) დროს. ამ დროს მასიურად იხოცება ფიტოპლანქტონი და სანაპირო ზოლის ფსკერის ფაუნა, რადგანაც ითრგუნება ფოტოსინთეზის პროცესი.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ თუ განაყოფიერებულ თევზის ქვირითს აკვარიუმში მოვათავსებთ, ნავთობპროდუქტების უმნიშვნელო კონცენტრაციითაც კი მათი უმეტესობა დაიღუპება, ხოლო გადარჩენილები მახინჯები გაიზრდებიან. ნავთობი თავისებური ნარკოტიკია ზღვის მობინადრეთათვის. შემჩნეულია, რომ ზოგიერთი ჯიშის თევზები, თუ ერთხელ მაინც მოხვდებიან ნავთობიან ზონაში, უკვე აღარ ცდილობენ დასტოვონ ეს მათთვის მომავდინებელი გარემო.

წყლის ორგანიზმებზე დამლუბველად მოქმედებს ნავთობპროდუქტების დაბალი კონცენტრაციებიც 0,01—0,1 მგ/ლ. ნავთობპროდუქტების ზოგიერთი კომპონენტები ამ კონცენტრაციების დროსაც კი წყალს ორგანიზმების ხემერეცეპტორულ სისტემებს არღვევენ, რის გამოც ისინი კარგავენ საკვების ძებნის შესაძლებლობას.

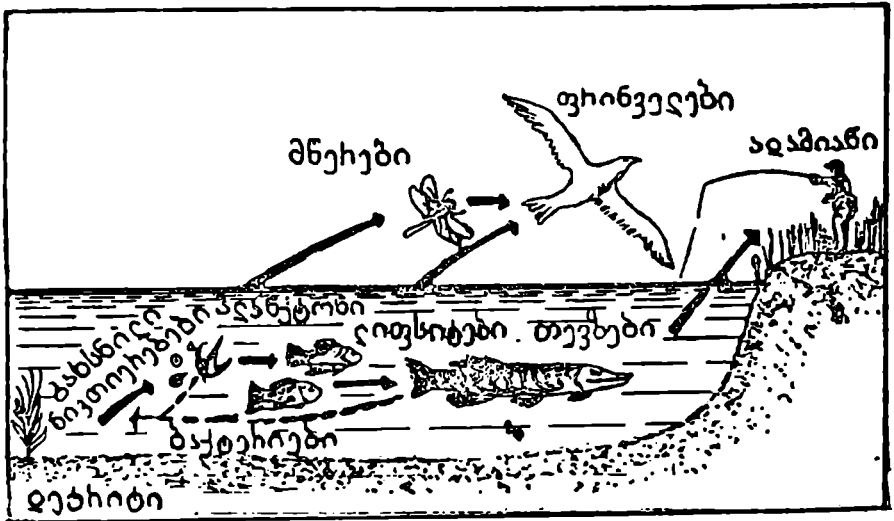
ნავთობპროდუქტებით ბინძურდება არა მარტო ზედაპირული, არამედ მიწისქვეშა წყლებიც როგორც ინფილტრაციული, ასევე ფილტრაციული პროცესებით. საერთოდ მიწისქვეშა წყლების ნავთობპროდუქტებით გაბინძურების შემთხვევაში ეს ეკოსისტემები სამუდამოდ ან საკმაოდ დიდი დროით გამოუყენებელი ხდებიან სახალხო მეურნეობისათვის.

| მძიმე ლითონებისათვის (Cd, Cu, As, Ni, Hg, Pb, Zn, Cr და ა. შ.) პრაქტიკულად არ არსებობს თვითგაწმენდის მექანიზმი, რადგანაც ისინი მხოლოდ ერთი წყალსატევიდან მეორე წყალსატევიში გადანაცვლებენ, ზემოქმედებენ სხვადასხვა კატეგორიის ცოცხალ ორგანიზმებზე და როგორც წესი არასასურველ, ზოგჯერ დამლუბველ შედეგებს იწვევენ. თავი რომ დავანებოთ მცენარეებსა და ცხოველებს, მძიმე ლითონები მოქმედებენ ადამიანის ნერვულ სისტემაზე, ღვიძლზე, თირკმელებზე და ძვლის ტვინზე.

საერთაშორისო ჯანმრთელობის ორგანიზაციის მონაცემებით ადამიანის სისხლში ლითონების შემცველობის ნორმალური დონე მერყეობს 15-დან 40 მკგ-მდე 100 მილილიტრზე. გამოკვლევებმა აჩვენეს

რომ დედამიწის მოსახლეობის მხოლოდ 2% აქვს 100 მილილიტრ სისხლში 50 მკგ-ზე მეტი მძიმე ლითონები.

ოდესღაც თვლიდნენ, რომ მძიმე ლითონები, განსაკუთრებით კი ვერცხლის წყალი ხვდება რა წყალსატევში იღუქება მის ფსკერზე და ამიტომ თითქოს და ისინი პრაქტიკულად უვნებელი იყო. მაგრამ როგორც მოგვიანებით აღმოჩნდა მათ თურმე ბაქტერიები შლიან, რის შედეგადაც ისინი ბაქტერიებთან ერთად ხვდებიან თევზების საკვებში, შემდეგ თევზებში და ბოლოს ადამიანის ორგანიზმში (ნახ. 42). შედარებით ისეთ სუფთა ტბაში, როგორც ენევის ტბაა ამ ბოლო დროს ფსკერზე აღმოჩენილია 65 ტ. ვერცხლისწყალი. ვერცხლისწყა-



ნახ. 42. ვერცხლისწყლის მიგრაციისა და კუმულაციის ამსახველი სქემა: ყოველ ტროფიკულ დონეზე გამოიყოფა უფრო ნაკლები ვერცხლისწყალი, ვიდრე შთაინთქმება, ამიტომ წყალმცენარეებში უფრო მეტი ვერცხლისწყალია ვიდრე წყალში, გაცილებით უფრო მეტია თევზებში, რომლებიც წყალმცენარეები იკვებებიან და ა. შ.

ლი წყალსატევებში ძირითადად ხვდება საწარმოებიდან, რომლებიც ამუშავებენ ეთილენს და საღებავებს, ამავე დროს ჩამდინარე წყლებს სათანადოდ არ ამუშავებენ. მტკნარი წყლის პლანქტონში და ბენტოსში ვერცხლისწყლის საერთო შემცველობა გაცილებით მეტია ვიდრე

ზღვის წყლების ასეთივე ორგანიზმებში. ვერცხლისწყლის მაღალი კონცენტრაციები აღმოჩენილია ახლად შექმნილ წყალსაცავებში მყოფ თევზებში, სადაც ჩამდინარე წყლების ჩაშვებაც კი არ ხდება.

15 წელი დასჭირდათ სპეციალისტებს, რათა დაედგინათ იმ საშინელი დაავადების მიზეზი, რომელმაც დააზარალა იაპონიის ერთ-ერთი დასახლებული პუნქტის მინამატას მოსახლეობა; კერძოდ, 1956—60 წლებში სრულიად უცნობი ავადმყოფობის შედეგად დაიღუპა რამოდენიმე ათეული კაცი. ავადმყოფობის გამომწვევი მიზეზი გახდა ერთ-ერთი ქიმიური კომბინატის ჩამდინარე წყლებით ოკეანეში ჩატანილი ვერცხლისწყლის ნაერთები. ვინაიდან დაავადება გენეტიკური აღმოჩნდა, მინამატაში დღესაც იბადებიან ფიზიკურად და გონებრივად არასრულყოფილი, პარალიზებული ბავშვები, რომელთაც დარღვეული აქვთ ცენტრალური ნერვიული სისტემა. ბოლო მონაცემებით დაავადებულთა რიცხვმა 600 კაცს გადააჭარბა. ამთგან 79 უკვე გარდაიცვალა. ამ დაავადებას „სამრეწველო ხიროსიმა“, ანუ „მინამატას ავადმყოფობა“ შეარქვეს და მედიცინაში ამ ტერმინით სამრეწველო ნარჩენებით ადამიანის მოწამვლას აღნიშნავენ.

ბუნებრივ წყლებში არსებული pH-ის მნიშვნელობების გამო წყალსატევებში მოხვედრილი კადმიუმი განიცდის პიდროლიზს. Cd^{2+} სორბირდება შეწონილ ნაწილაკებზე. ორგანულ ნივთიერებებთან წარმოქმნის კომპლექსურ ნაერთებს და გადაადგილდება ამ ფორმით. კადმიუმის სორბციისა და დესორბციის პროცესები წყალსატევის ფსკერულ ნალექებში მიმდინარეობს ძალიან სწრაფად და ამ პროცესებში მდომინირებელი ფაქტორი არის ჰუმუსური მკავეები. კადმიუმის საერთო შემცველობა მტკნარი წყლის მცენარეულობაში 1 კგ. მშრალ წონაზე შეიძლება იცვლებოდეს 0,15—342 მგ-მდე. წყლის დაბალი ტემპერატურები ამცირებს კადმიუმის შთანქმას. თევზებში კადმიუმი უპირველესად გროვდება შინაგანი ორგანოების ქსოვილებში. არის რამდენიმე დაფიქსირებული შემთხვევა კადმიუმით ადამიანის მოწამვლისა თევზის ან წყლის გამოყენების დროს. ყველაზე თვალსაჩინო მაგალითი კადმიუმით მოწამვლისა არის ე. წ. დაავადება „იტაი-იტაი“, რომელიც აღმოაჩნდა 1940—60 წწ. იაპონიის ერთ-ერთი რაიონის მცხოვრებლებს. აქ საბადოებიდან გაბინძურებული წყლები გაწმენდის გარეშე ჩაუშვეს მცირე მდინარეებში, რამაც იმოქმედა სასმელი წყლის ხარისხზე და ამავე დროს ამ წყლებით მორწყულ ბრინჯის ნათესებზე. კადმიუმით ადამიანების მოწამვლის დროს ადგილი აქვს ძვლების დაზილებას, კალციდიკაციას და თირკმელების პიელონეფრიტებს, რასაც

თანა სდევს ძვლების დეფორმაცია და თირკმელების დისფუნქცია. ორგანიზმში დაგროვილი კადმიუმის ნახევრად გამოყოფის პერიოდი 10—30 წელია, უფრო მეტიც — არსებობს პირდაპირი კოორელაციური კავშირი კადმიუმის ზემოქმედებასა და კიბოთი დაავადებას შორის.

| დადგენილია, რომ აშშ მოზრდილი ადამიანის ორგანიზმში დღე-ღამეში ლებულობს 50—60 მკგ კადმიუმს, შვეციაში 15—20, იაპონიაში — 80 მკგ. და ა. შ. მაგრამ ადამიანის ორგანიზმში აღსორბციას განიცდის მისი უმნიშვნელო ნაწილი, კერძოდ 2 მკგ დღე-ღამეში, დანარჩენი ნაწილი კი სწრაფად გამოიდევენება ორგანიზმიდან. |

1 წყალსატევებში სპილენძის მოხვედრის ძირითადი წყაროები: სასუქების წარმოება, ქალაქებისა და სამრეწველო ობიექტების ჩამდინარე წყლები და ა. შ. წყალში სპილენძი შეიძლება შეწონილი, კოლოიდური და გახსნილი ფორმით იყოს. სპილენძი თევზების ორგანიზმში ხვდება საკვებთან ერთად და არა წყლის საშუალებით, ამიტომ თევზებში მათ შემცველობამ შეიძლება წყლის გაბინძურების რეალური სურათი არ ასახოს. სპილენძი მრავალი წყალმცენარეებისათვის მალალტოქსიკური ლითონია, მაგრამ იგი მწვავედტოქსიკური არ არის ადამიანისათვის. სპილენძის კანცეროგენული და მუტაგენური თვისებები დადგენილი არ არის. |

დარიშხანი წყალსატევებში ხვდება პესტიციდების, სარეცხი საშუალებების, მეფრინველეობაში საკვების დანამატების, მადნეულისა და მეტალურგიულ ნარჩენებთან ერთად და სხვ. წყალსატევებში მისი მოხვედრის ძალიან მძლავრი კერა წიაღისეული სათბობის (ნახშირის, ნავთობის) წვის დროს წარმოიქმნება. ბუნებრივ წყლებშიც არსებობს დარიშხანას შემცველი გახსნილი ფორმები As^{5+} და As^{3+} , აგრეთვე მეთილირებული დარიშხანა. დარიშხანას შემცველობის განსაკუთრებით მაღალი დონე აღმოჩენილია მტკნარი წყლის ნალექებში. თუ დარიშხანა დიდი რაოდენობით არ არის წყალში იგი საშიში არ არის თევზებისათვის. ძუძუმწოვრების ქრონიკული ინტოქსიკაციის სიმპტომებია — მოძრაობის კოორდინაციის გაუარესება, ნერვიული დაავადებები, სუნთქვის გაძნელება, თირკმელებისა და სასუნთქი გზების ფუნქციების დარღვევა. არსებობს ეჭვი რომ დარიშხანა — კანცეროგენულია. ცნობილია სასმელ წყალში დარიშხანას კონცენტრაციასა (1,2? მგ/ლ) და კანის კიბოს დაავადებას შორის კოორელაციური კავშირების შესახებ (კუნძულ ტაივანზე).

▲ ნიკელის ასოციაცია რკინისა და მანგანუმის ოქსიდებთან ძალიან დიდ როლს თამაშობს წყლის ეკოსისტემებში მათი მიგრაციის დროს. წყალსატევების ნაპირებთან ფსკერულ ნატანში ნიკელის დაგროვება მეტყველებს ამ წყალსატევის საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო წყლებით გაბინძურებაზე. სხვადასხვა პირობებში ნიკელი თევზებისათვის ნაკლებად ტოქსიკურია ვიდრე ვერცხლის წყალი, კადმიუმი, სპილენძი და სხვ. ნიკელის მიკროკონცენტრაციები ადამიანის ორგანიზმისათვის აუცილებელია, მაგრამ მისი ტოქსიურობა იმის და მიხედვით თუ რა თანაფარდობაშია იგი კალციუმთან, კობალტთან, სპილენძთან, რკინასთან და ცინკთან სხვადასხვანაირად ვლინდება.

ტყვიის მრავალი ნაერთი, როგორცაა ჰალოიდები, სულფატები, ფოსფატები და ჰიდროქსიდები უხსნადია და ამიტომ მათი ტოქსიკურობა წყლის ეკოსისტემებში შედარებით დაბალია. ტყვიის ხსნადი ნაერთები კი მაღალი ტოქსიკურობით ხასიათდებიან. ადამიანის ორგანიზმში ტყვია ილექება კალციუმის მსგავსად, ამიტომ ის დიდი რაოდენობითაა ძვლოვან სისტემაში. წყალსატევებში ტყვია შეიძლება მოხვდეს ფერადი ლითონების მოპოვების, პირველადი და მეორადი გადამუშავების დროს, რკინისა და ფოლადის წარმოებისაგან, ნავთისა და ბენზინის წვის შედეგად და ა. შ.

ადამიანების სამეურნეო მოქმედების შედეგად ტყვიის მიგრაცია მკარებოში, კერძოდ სისტემაში: ნიადაგი — წყალი — ატმოსფერო — ცოცხალი ორგანიზმი მიიღო გიგანტური მასშტაბები. 90% გამოყოფილი ტყვიისა მიიღება ავტომობილის ბენზინის წვის შედეგად.

ამ გამოყოფილი ტყვიის ძირითადი ნაწილი ან ილექება გამაბინძურებელი წყაროს ახლოს ან ატმოსფეროს თვითწმენდის უნარის გამო ნალექების სახით უბრუნდება ხმელეთს და წყალსატევებს. გაანგარიშებულია, რომ ატმოსფეროდან ნალექების სახით მსოფლიო ოკეანეში ბრუნდება 250 ათასი ტონა ტყვია წელიწადში და 100 ათასი ტონა გაიფანტება კონტინენტებზე. ქალაქის მტვერში შესაძლებელია ტყვიის შემცველობა იყოს 1%, თოვლში და წვიმაში — 1,6 მკგ/ იმ რაოდენობისათვის, რომლებიც მოშორებული არიან სამრეწველო ცენტრებს. რაც შეეხება მსხვილ სამრეწველო რაიონებს აქ მათი შემცველობა შეიძლება 350 მკგ/ლ აღწევდეს.

ტყვიის ბიოქიმიური წრებრუნვა ბუნებაში გამოხატავს არა იმდენად ციკლურ რამდენადაც ნივთიერებათა ცვლის თანმიმდევრულ პროცესებს ორგანიზმებსა და საარსებო გარემოს შორის. ტროფიკული ჯაჭვის: კომპონენტებზე ტყვიის მოქმედების გავლენა შეიძლება შე-

ფასდეს ამ ლითონების კონცენტრაციის მატებით წყალში და წყლის ორგანიზმებში. მაგალითად, ფსკერულ წყალმცენარეებში ლითონის კონცენტრაცია მატულობს — 700-ჯერ, ფიტოპლანქტონში — 4000-ჯერ, ზოოპლანქტონში — 3000-ჯერ, მოლუსკებში — 4000-ჯერ.

ადამიანი რომელიც წარმოადგენს კვებითი ჯაჭვის უმაღლეს რგოლს, მძიმე ლითონების მოქმედების ყველაზე დიდ საშიშროებას განიცდის მათი ბიოლოგიური აკუმულაციის გაზრდით კვებითი ჯაჭვის გასწვრივ. ადამიანი ყოველდღიურად ჰაერით, წყლით და საკვებით ღებულობს გარკვეული რაოდენობით ტყვიას, აქედან 16 მკგ, რაც დღე-ღამეში მიღებული მთელი ტყვიის რაოდენობის 40% შეადგენს რჩება ორგანიზმში, ვრცელდება სისხლში, ძვლოვან სისტემაში, ღვიძლსა და თირკმელებში. რის შედეგადაც ადამიანის ორგანიზმი შეიცავს 100—400 მკგ ლითონს, რომელიც მასში წრებრუნვას აწარმოებს.

ცინკი წყალსატევებში იგივე გზით ხვდება, რა გზითაც ტყვია, თუმცა ადგილმდებარეობის მიხედვით ატმოსფეროდან შეიძლება წყალში მოხვდეს 50%-ზე მეტი ვიდრე სხვა გზებით. ცინკის შემცველობა მტკნარი წყლის წყალმცენარეებში იცვლება 100-დან 500 მგ/კგ-მდე მშრალი წონის მიხედვით, ხოლო თევზებში მათი შემცველობა გაცილებით ნაკლებია ვიდრე წყალმცენარეებში. მრავალი ჯიშის თევზებისათვის ცინკის ტოქსიკურობა მნიშვნელოვნად განპირობებულია წყლის ტემპერატურით. ადამიანის ორგანიზმში მოხვედრილი ცინკი იწვევს ფერმენტული აქტივობისა და იმუნური რეაქციის დათრგუნვას, აგრეთვე ჭრილობის ძალიან ნელ შეხორცებას.

რადიოაქტიური ნარჩენები ძალიან დიდ საშიშროებას წარმოადგენენ ბუნებრივი წყლებისათვის, რადგან როგორც მცენარეებში, ასევე ცხოველებში და ადამიანშიც სწარმოებს მათი ბიოლოგიური დაგროვების პროცესები. წვრილი ორგანიზმები, რომლებიც შეიცავენ რადიოაქტიური ნარჩენების ძალიან მცირე დოზებსაც, ხვდებიან მსხვილ ორგანიზმებში და წარმოქმნიან საშიშ კონცენტრაციებს. ამიტომ მტკნარი წყლის თევზების გარკვეული ჯიში ზოგჯერ რამდენიმე 1000-ჯერ უფრო რადიოაქტიურია, ვიდრე ის წყალი, რომლებშიაც ისინი ბინდობენ. |

რადიოაქტიური ნივთიერებები წყალსატევებში სხვადასხვა გზით ხვდებიან. ერთ-ერთი ასეთი გზაა, თუ გნებავთ სამრეწველო ნარჩენები.

ძალიან საშიში რადიონუკლიდებია მაგალითად ^{90}Sr და ^{137}Cs , რომელთაც ნახევრადდაშლის საკმაოდ დიდი პერიოდი გააჩნიათ. მარ-

თლაც სტრონციუმი—90, კალციუმის მსგავსად გროვდება ადამიანის ძვლოვან ქსოვილებში და მისი ნახევრადდაშლის პერიოდი 27,7 წელია. ცეზიუმი — 137, ქიმიური თვალსაზრისით მოქმედებს ისევე, როგორც კალიუმი და მსგავსად სტრონციუმი—90, მასაც ნახევრადდაშლის ხანგრძლივი პერიოდი გააჩნია — 30 წელი. მართალია იოდს—131 გააჩნია ნახევრადდაშლის საკმაოდ მცირე პერიოდი 8,25 დღე-ღამე, მაგრამ რადგან იგი მონაწილეობს ქიმიურ რეაქციებში მისი მოქმედება ასევე მავნეა.

რადიოაქტიური ელემენტები, რომლებიც ხასიათდებიან ზომიერი ან ხანმოკლე ნახევრადდაშლის პერიოდით, უფრო ადრე იშლებიან, ვიდრე მოხვდებიან ნიადაგში ან წყალსატევებში, მაგრამ ისინი მაინც საშიში არიან წვიმიან ამინდში, რადგან ამ დროს წყლის ან ნიადაგის ეკოსისტემებში მათი შეღწევის დრო მცირდება.

დეტერგენტები — ეს სინთეტიკური ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები წყალსატევებში ხვდებიან საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამდინარე წყლებთან ერთად. ისინი წყალსატევებში წყლის ზედაპირებზე წარმოქმნიან აფსკებს (ქაფს), რომელიც ხელს უშლის წყლის ბუნებრივ და ხელოვნურ გაწმენდის პროცესებს, იწვევენ გამაბინძურებლების კონცენტრაციას და წარმოქმნიან ბაქტერიებისა და ვირუსების გავრცელების ხელსაყრელ პირობებს. წყალში ჟანგბადის შეღწევა საგრძნობლად მცირდება იმ შემთხვევაშიც კი თუ წყლის ზედაპირზე ქაფის ნაცვლად აფსკი წარმოიქმნება. დეტერგენტები ანადგურებენ ბაქტერიებს, წყალმცენარეებს, თევზებს და სხვა ცოცხალ ფორმებს, როდესაც წყალში მათი კონცენტრაცია 3 მგ/ლ-ზე აღემატება.

პესტიციდები ფართოდ გამოიყენება სოფლისა და სატყეო მეურნეობაში მცენარეულობის ზრდის საკუთრივად და მავნებლებისაგან მათ დასაცავად მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში და ა. შ. ამიტომ მათი წყალსატევებში მოხვედრა გაცილებით იოლია. პესტიციდების წყალსატევებში მოხვედრაზე მოქმედებს ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: მათი ხსნადობა, ფიზიკური და ბიოქიმიური დაშლის საკმაოდ დიდი ხანგრძლივობა, ნიადაგის ტიპები, ნალექების მოცულობა და ინტენსივობა და ა. შ. წყლის ეკოსისტემების დაბინძურება ქლორ-შემცველი პესტიციდებით უკრაინის ტერიტორიაზე მოცემული ცხრილში 29, ხოლო ნახ. 43 ნაჩვენებია პესტიციდების ცირკულაციის სქემა გარემოში.

პესტიციდები: ზოოციდები, ფუნგიციდები და ფუნგისტატივები, პერბიციდები, ატრაქტანტები, რეპელენტები და სხვ. წყალს აძლევენ

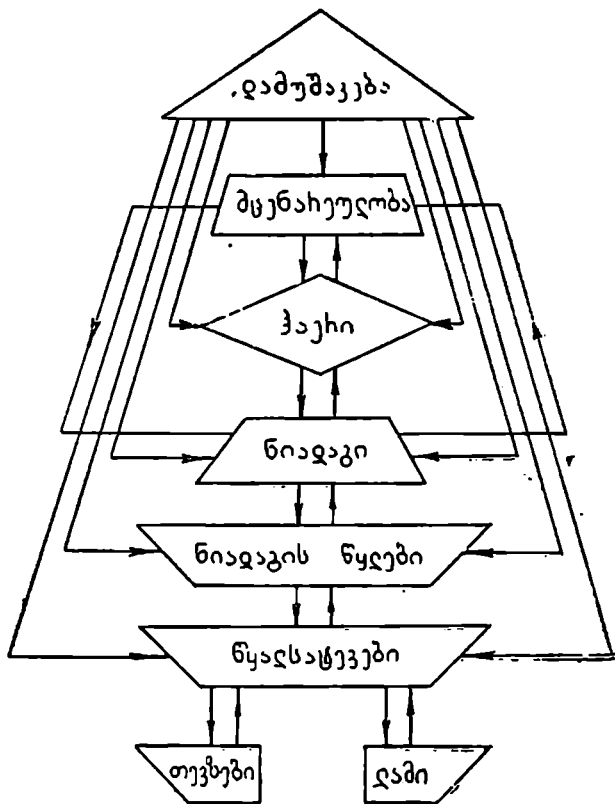
წყლის ეკოსისტემების დაბინძურება ქლორშემცველი პესტიციდებით

წყლის ეკოსისტემა	დღტ, მგ/დმ		პექსაქლორანი, მგ/დმ	
	მაქსიმალური კონცენტრაცია	საშუალო კონცენტრაცია	მაქსიმალური კონცენტრაცია	საშუალო კონცენტრაცია
მდინარეები	0.125	0.001	0.25	0.03
ტბები	0.040	0.006		
ტბორები	0.030	0.0008	0.01	0.0008
წყალსაცავები	0.002	0.0005		
კეები	0.010	0.0005	0.025	0.0004
არტეზიული კაბურღილები	0.05	0.0003		
სოფლის წყაროები	0.02	0.0005		

სუნს და გემოს როდესაც მათი ზღვრული კონცენტრაციები 0,1-დან 1000 მკგ/ლ იცვლება. ისინი არა მარტო პირდაპირ (ორგანიზმების ნელი ან მწვავე მოწამვლა), არამედ ირიბ (პლანქტონის გაქრობა) ზემოქმედებას ახდენენ წყლის ეკოსისტემებზე, კერძოდ ამცირებენ ჟანგბადის რაოდენობას, ცვლიან pH-ისა და მნიშვნელობებს და ა. შ. ქლორორგანული ინსექტიციდები თევზებისათვის უფრო ტოქსიკურია ვიდრე ფოსფორორგანული ნაერთები. პესტიციდები იწვევენ ადამიანის ქრონიკულ ან მწვავე მოწამვლას თავიანთი კუმულაციურა უნარის გამო.

აღსანიშნავია ერთი მეტად საყურადღებო მომენტიც. ჯერ კიდევ რამდენიმე წლის წინათ, როდესაც დღტ-ს გამოყენება წელიწადში 200 ტ-ს შეადგენდა ითვლებოდა, რომ ატმოსფეროში მისი შემცველობა დაახლოებით 2 მლნ. ტონა იყო. დღტ-ს ნიადაგში მყარად დაკვიდრების უნარის გამო მისი უმეტესი ნაწილი ჯერ კიდევ დაუშლელ მდგომარეობაშია. ვინაიდან მას ახასიათებს ქროლალობა. იგი ჩართულია დედამიწის წრებრუნვის სხვადასხვა ციკლებში და აღწევს იმ რაიონებს სადაც არასდროს არ გამოუყენებიათ. უცნაურია თითქოს, რომ დღტ-ს დიდი რაოდენობა აღმოჩენილია ტყის ნიადაგებში, რომლებიც

არ ყოფილან ამ პრეპარატით დამუშავებული და რომლებიც ამავე დროს დამორებული არიან სასოფლო-სამეურნეო საეარგულებს. ეს გამოწვეული იყო იმით, რომ ტყე წარმოადგენს საუკეთესო ატმოსფერულ ფილტრს, ჰაერის მოძრაობა ტყეში ინტენსიურია, სინათლის შეღწევალობა გაძნელებულია, ამიტომ პრეპარატს ფოტოქიმიურ დაშლა სუსტია.



ნახ. 43. პესტიციდების ცირკულაციის სქემა ვარემოში.

პესტიციდები აღმოჩენილია აგრეთვე ანტარქტიდაში პინგვინების, სელაპების და თევზების ორგანიზმების ქსოვილებში. ბიოლოგიურა დაგროვების პრინციპი არის საფუძველი იმისა, რომ რამდენიმე წლის

წინათ აშშ აღმოჩნდა რომ ქალის რძის შემცველობაში დღტ-ს დოზა 3—10-ჯერ აღემატებოდა ნორმას, რომელიც დაწესებული იყო გასა-
ყიდად გამიზნული ძროხის რძისათვის.

განსაკუთრებით საშიშია მომწამლავი ნივთიერებების კონცენტრაცია კვებით ჯაჭვებში. ცნობილია შაშვის ისტორია, როდესაც აშშ მასიურად შეწამლეს თელის ხეები დღტ-თი, პრეპარატის ნაწილი მოხვდა ნიადაგში და შთანთქმეს წვიმის ჰიემმა, რომლებიც შაშვის ძირითად საკვებს წარმოადგენს. აღნიშნულის გამო შაშვების 85% დაიღუპა, რადგანაც კვებითი ჯაჭვის ყოველ მომდევნო რგოლში, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ. საწამლავი ნივთიერებების კონცენტრაცია მატულობს, რაც განსაკუთრებით საშიშია მაღალი ტროფიკული კავშირის მქონე ორგანიზმებისათვის. მართლაც, წვიმის ჰიემის ორგანიზმებში დღტ გროვდება 2—10-ჯერ მეტი რაოდენობით, ვიდრე შესაბამის მოცულობის ნიადაგში, გარეული მტაცებელი ფრინველების ორგანიზმში 10—100-ჯერ მეტი, ვიდრე თევზების ორგანიზმში, რომლებიც მათ საკვებს წარმოადგენენ, და 1 მლნ.-ჯერ მეტი ვიდრე წყალში.

შსამქიმიკატები არა მარტო დიდი რაოდენობით გროვდებიან ეკოსისტემებში, არამედ დიდი ხნითაც — თვეებით და ზოგჯერ წლობითაც.

პესტიციდების მოქმედების ეფექტი დამოკიდებულია კლიმატურ ფაქტორებზეც: თერმიული რეჟიმის თავისებურებაზე, ჰაერის მასების გადანაცვლებაზე სხვადასხვა ბუნებრივ ზონებში, ნალექების სეზონურობაზე და ინტენსივობაზე და ა. შ.

ნ.1.2. წყლის რესურსების რეპროდუცირებით გამოწვეული ჰიდროლოგიური გარდაქმნები

წყლის რესურსების აღწარმოებით გამოწვეულ ჰიდროლოგიურ გარდაქმნებს საკმაოდ დიდი ისტორია აქვს. მაგრამ ტექნიკური პროგრესის გამო მან არა მარტო დიდი მასშტაბები, არამედ გლობალური ხასიათი მიიღო. მართალია იმის გარკვევა, რომ მდინარის ჩამონადენის შემცირება სამეურნეო საქმიანობით — წყლის გაზრდილი მოხმარებით არის გამოწვეული, თუ მდინარეში წყლის რეჟიმის ციკლური ცვალებადობით ძალიან ძნელია. მაგრამ მიუხედავად ამისა მაინც შეიძლება გარკვეული დასკვნების გაკეთება. ანთროპოგენულ დატვირთვებს მიეკუთვნება მდინარის ჩამონადენის ჰიდროგრაფის შეცვლა კაშხლების

მოწყობით, ჩამონადენის შემცირება წყალსაცავში მკვდარი მოცულობების შესაქმნელად და სათევზე მეურნეობის გუბურების მოწყობის დროს, მდინარის აუზებს შორის ჩამონადენის გადანაწილება, წყალსაცავებიდან წყლის აორთქლება, აგრო და სატყეო ტექნიკური ღონისძიებებით წყალშემკრები აუზის ზედაპირისა და მისი საფარის გარდაქმნა და ა. შ. მაგალითად, როგორც მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები

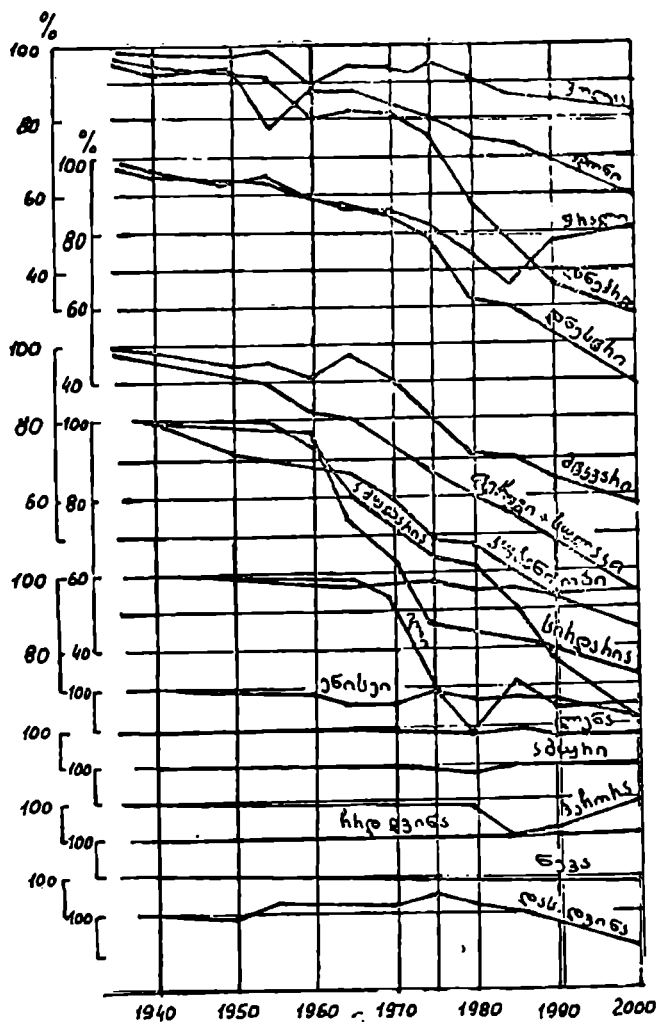
ც ხ რ ი ლ ი 30

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ზოგერთ მდინარეებზე სამეურნეო საქმიანობით გამოწვეული საშუალო წლიური ჩამონადენის შემცირება

მდინარეები	ბუნებრივი საშუალო წლიური ჩამონადენი, კმ ³ , წელიწადში		ჩამონადენის შემცირება შესართავთან			
	ფორმირების ზონაში	შესართავთან	1976—80 წწ.		მოსალოდნელი 1991—2000 წწ.	
			კმ ³ /წლ	%	კმ ³ /წლ	%
ვოლგა	2541)	240	22	9,2	40	16,7
ურალი	10,1	7,9	2,7	34,2	2,5	31,6
თერგი—სულაკა	11,5	8,3	5,0	60,2	7,3	88
მტკვარი	26,8	25,8	3,3	12,8	6,8	26,4
დონი	28,1	28,1	7,5	26,7	12	42,7
ყუბანი	13,5	13,0	5,6	43,1	7,2	55,4
დნესტრი	10,7	10,7	2,8	26,2	5,9	55,1
დნეპრი	53,9	53,9	16	29,7	30	55,6
ილი	18,1	14,6	4,8	32,9	4,5	30,8
ამუდარია	69,5	39,6	15	38	31	78
სირდარია	37,0	14,9	8	54	10	67
ობი	4042)	534	12	2,2	31	5,8
დასავლეთის დვინა	20,3	20,3	0,28	1,4	1,5	7,4
ჩრდილოეთის დვინა	109	109	0,02	0,02	0,4	0,4
პეჩორა	130	130	0,14	0,11	0,3	0,2
ენისეი	630	630	12	1,9	40	6,3
ლენა	532	532	1,0	1,2	10	1,9
ამური	344	344	10	2,9	5,4	1,6
ნევა	78,5	78,5	0,64	0,8	1,16	1,5

შენიშვნა: 1 მონაცემები აღებულია ქ. ვოლგოგრადადან
2 ქ. სალხარდადან

აჩვენებს ქარბი ტენიანობის ზონებში, სადაც განლაგებულია ყოფილი საბჭოთა კავშირის ჩრდილო ევროპული ნაწილის, შორეული აღმოსავლეთისა და ციმბირის მსხვილი მდინარეები (ნევა, ჩრდილოეთის დვინა,



ნახ. 44. ყოფილი საბჭოთა კავშირის მდინარეების საშუალო წლიური ჩამონადენის არსებული და მოსალოდნელი შემცირების ამსახველი გრაფიკები.

პეჩორა, ობი, ენისეი, ლენა, კოლიმა, ამური) წლიური ჩამონადენის ანთროპოგენული ცვალებადობა უმნიშვნელოა და არ გამოდის ჰიდრომეტრიული დაკვირვებების სიზუსტიდან. რაც შეეხება არასაკმარისი ტენიანობის ზონებს აქ ანთროპოგენული დატვირთვების შედეგად ბოლო პერიოდში მნიშვნელოვნად შემცირდა მდინარეების (ვოლგა, დნეპრი, ამუდარია, სირდარია, დონი და ა. შ.) სამულო წლიური ჩამონადენი (ცხრილი 3C).

ზოგიერთი მდინარეების ჩამონადენის შემცირება 1936 წლიდან და მათი საპროგნოზო მონაცემებიც ნაჩვენებია 44 ნახაზზე.

მდინარეების საშუალო წლიური ჩამონადენის შემცირების ძირითადი მიზეზი, როგორც აღვნიშნეთ ანთროპოგენული დატვირთვებია. ანუ სამეურნეო საქმიანობა, რომელიც დაკავშირებულია მორწყვასთან, გაწყლოვანებასთან, ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებასთან. რაც შეეხება დანარჩენი ფაქტორებს ზემოქმედებას, რომლებიც დაკავშირებული არ არის წყალმომარაგებასთან და ძბოლოდ ცვლიან წვიმისა და თოვლის ნაღვობი წყლების ჩაშვებას პირობებს (ხვნა, ტყის გაჩეხვა, ქაობების ამოშრობა, ურბანოზაცია და ა. შ.) ისინი ძირითადად მოქმედებენ ცალკეულ მცირე მდინარეების აუზებზე.

აღსანიშნავია, რომ საშუალო წლიური ჩამონადენის შემცირება შეინიშნება საქართველოს მდინარეებზეც.

5.1.8. მიწისქვეშა წყლების ხარისხის გაუარესება და ექსპლუატაციური მარაგების გამოლევა

მიწისქვეშა წყლების ინტენსიური ექსპლუატაცია იწვევს არა მარტო ჰიდროგეოლოგიური გარემოს ძირეულ ცვლილებებს, არამედ ზოგიერთ შემთხვევაში საერთოდ ბუნებრივი გარემოს სხვა კომპონენტების შეცვლასაც.

ბოლო მონაცემებით ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე სხვადასხვა მიზნებისათვის ყოველწლიურად მოიპოვებენ 750 მ³/წმ მიწისქვეშა მტკნარ წყალს, აქედან ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებისათვის — 350, სოფლის მეურნეობის ობიექტებისათვის — 200 და მოსარწყავი 200 მ³/წმ.

მიწისქვეშა წყლების ხანგრძლივი და არარაციონალური ექსპლუატაციის შედეგად ტექნოგენურმა პროცესებმა შეიძლება გამოიწვიოს: პროდუქტიულ წყალშემცველ ფენაში წყლის ხარისხის გაუარესება.

ექსპლუატაციური მარაგების გამოლევა, და საერთოდ ჰიდროგეოლოგიური პირობების შეცვლა.

მიწისქვეშა წყლების ინტენსიურ ამოტუმბვას ხშირად თან სდევს მიწის ზედაპირის დეფორმაცია. მაგალითად, ტოკიოში მიწისქვეშა წყლების ასეთი ამოტუმბვის შედეგად დეფორმირებულია 300 კმ²-ზე მეტი ფართობი, ხოლო მიწის ზედაპირის დაჯდომის სიჩქარე თითქმის მიწისქვეშა წყლების პიეზომეტრული დონის დაწევის, სიჩქარეს უტოლდება. ანალოგიური პროცესები შეინიშნება ქ. ლოს-ანჯელესის მიდამოებშიც. კალიფორნიის შტატში მიწისქვეშა წყლების დონემ 130—160 მ-ით დაიწია, მიწის ზედაპირმა კი — 8,5 მ, რის შედეგადაც დეფორმირებულია 11000 კმ² ფართობის ტერიტორია, ხოლო დეფორმაციის სიჩქარე წელიწადში 30 სმ-ს უახლოვდება. ხშირად მიწის ზედაპირების დეფორმაციის შედეგად ნაპრალებიც კი წარმოიშვება. ასე მაგალითად, ცენტრალური არიზონის შტატში (აშშ) ბოლო 30 წლის განმავლობაში მიწის ზედაპირი 3 მ-მდე დაიწია, რამაც განაპირობა 7,5 მ სიგანისა და 18 მ სიღრმის ნაპრალების წარმოქმნა.

მიწისქვეშა წყლების გაბინძურება ძირითადად ორი სახისაა: ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური.

როგორც პრაქტიკა აჩვენებს, ქიმიური გამაბინძურებლების ზოგიერთი ფორმები არ იყვანებიან, არ იშლებიან, სორბციას არ განიცდიან და შეუძლიათ დიდ მანძილზე მიგრაცია, მაგალითად, ფენოლები, პესტიციდები და სხვ.

მიკროორგანიზმების გავრცელების მანძილი და სიჩქარე მიწისქვეშა წყლებში დამოკიდებულია როგორც ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე, ასევე ამ ორგანიზმების სიცოცხლის უნარიანობაზე. მაგალითად, პოლიომელიტის ვირუსები წყალშემცველ ქვიშებში ცოცხლობენ — 116 დღე-ღამეს, ხოლო კირქვებში — 65 დღე-ღამემდე. ან კიდევ ნაწლავის ჩხირის და ენტეროკოკის ჯგუფის ბაქტერიები წვრილმარცვლოვან ქვიშაში 30—40 მ-ის მანძილზე ვრცელდებიან, საშუალომარცვლოვანში — 200 მ-დე, ხოლო ხრეშოვან და ნაპრალებიან ქანებში კი 500—1000 მ-ზე.

მიწისქვეშა წყლების გაბინძურება და წყლის ხარისხის გაუარესება შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი, ასევე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით გამოწვეული. გამაბინძურებლები მიწისქვეშა წყლებში შეიძლება მოხვდეს, როგორც მიწის ზედაპირიდან ინფილტრაციის შედეგად, ასევე წყალსატევებიდან ფილტრაციის დროს.

მიწისქვეშა წყლების გაბინძურება მასშტაბების მიხედვით შეიძლება იყოს ლოკალური და რეგიონალური. რეგიონალური გაბინძურება განპირობებულია მრავალრიცხოვანი გაბინძურების წყაროებით და მათი ლიკვიდაცია დაკავშირებულია დიდ სირთულეებთან და ხოჯგერ პრაქტიკულად შეუძლებელიც კი ხდება! მაგალითად, აშშ ერთ-ერთ სამხედრო-საზღვაო ბაზის ტერიტორიაზე საპაერო ლაინერმა მიწის ზედაპირზე დაღვარა 110 ათასი ტონა რეაქტიული საწვავი, რის შედეგადაც მიმდებარე ტერიტორიაზე მიწისქვეშა წყლები 15 წლის განმავლობაში პრაქტიკულად გამოუყენებელი გახდა.

მიწისქვეშა წყლების თვითწმენდასა და წყალსატევებში ზედაპირული წყლების თვითწმენდას შორის არსებობს მხოლოდ ფორმალური ანალოგია; რადგან მათი მექანიზმები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია. მართლაც, ზედაპირულ წყლებში, ვინაიდან არსებობს კონტაქტი ატმოსფეროსთან, მიკროორგანიზმები გახსნილი ეანგბადის, სინათლის, ტემპერატურის ზემოქმედებით განიცდიან ინტენსიურ ეანგვას, გახრწნას და მინერალიზაციას. რაც შეეხება მიწისქვეშა წყლებს, მათ გააჩნიათ შედარებით დაბალი ტემპერატურა, შეიცავენ მცირე დოზით გახსნილ ეანგბადს და ასევე შეზღუდული რაოდენობით მიკროორგანიზმებს. ამიტომ მიწისქვეშა წყლების მოძრაობის ან ინფიტრაციის დროს თვითწმენდა უპირატესად მიმდინარეობს გამაბინძურებლების სორბციით ქანებში, იონური მიმოცვლით, იშვიათად კი დაეანგვის ან გახრწნის პროცესებით.

5.1.4. წყალი და აღძრული მიწისძვრები

წყალსაცავით აღძრული მიწისძვრა, პირველად შენიშნულა იქნამდ. კოლორადოზე 221 მ-ის სიმაღლის კაშხალის მოწყობის შემდეგ. წყალსაცავ მიდის შევსება, რომელიც წარმოქმნა აღნიშნულმა კაშხალმა, დაიწყო 1935 წელს, მანამდე კი ამ რაიონში შეინიშნებოდა უმნიშვნელო სეისმური აქტივობა. 1937 წელს, როდესაც წყალსაცავში წყლის დონემ 100 მ-ს მიაღწია მიწისძვრები გახშირდა. კერძოდ ყველაზე ძლიერი მიწისძვრა, რომლის მაგნიტუდამაც რიხტერის სკალით 5-ს მიაღწია წარმოიქმნა 1939 წელს, მას შემდეგ რაც წყალსაცავი მთლიანად შეივსო, შემდეგ კი სეისმურობამ თანდათან დაიკლო. მიწისძვრების წყაროები, როგორც ამას დაკვირვებები აჩვენებდნენ თავიერიდნენ ტექტონიკური ოღვევების გასწვრივ 8 კმ-ის სიღრმეში. შემ-

დგომში, დაახლოებით 10 წლის განმავლობაში, წყალსაცავის ირგვლივ 8000 კმ²-ის ფართობის ტერიტორიაზე რეგისტრირებული იქნა 600-მდე სეისმური ბიძგი. როგორც 1939—51 წწ. გამოკვლევებმა აჩვენა მიწისძვრებსა და წყალსაცავის ღონეებს შორის არსებობდა საკმაოდ გამოკვეთილი კოორელაციური კავშირი.

ანალოგიურ მიწისძვრებს შემდეგშიც ჰქონდა ადგილი სხვადასხვა რეგიონებში მოწყობილ კაშხლებზე, მაგალითად კოინაზე, კარმაზე, კრემასტაზე, პიევე-დიკადორეზე, კონტრაზე და ა. შ. (ცხრ. 31). 1980 წელს ლონდონში ჩატარებული საერთაშორისო კონფერენციის მონაცემებით დადგინდა, რომ 236 შესწავლილი დიდი კაშხლადან 64 კაშხალზე (27%) ადგილი ჰქონდა აღძრულ მიწისძვრას. ასეთი მიწისძვრებით გამოწვეული ზარალი არაფრით არ ჩამოუვარდება ჩვეულებრივი მიწისძვრით მიყენებულ ზარალს. მართლაც, საბერძნეთში 1966 წ. კაშხალ კრემასტაზე აღძრული მიწისძვრით დაინგრა 1680 შენობა, ან კიდევ ინდოეთში 1967 წ. კაშხალ კონენაზე მიწისძვრას მოჰყვა არა მარტო მატერიალური ზარალი, არამედ ადამიანთა მსხვერპლიც და სხვ.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გამო სპეციალისტები უკვე კარგა ხანია სწავლობენ აღძრული მიწისძვრების მექანიზმს.

პირველ ეტაპზე ვარაუდობენ, რომ სეისმურობის გააქტურების მიზეზი თითქოს და უნდა ყოფილიყო იმ დამატებითი მასებით გამოწვეული დატვირთვები, რომლებიც წარმოიქმნება კაშხლისა და წყალსაცავის მოწყობით. მაგრამ კოინასა და კრემასტას კაშხლებზე მომხდარმა აღძრულმა მიწისძვრებმა ამ ვარაუდს საფუძველი შეურყია, რადგან პირველ შემთხვევაში წყალსაცავის მოცულობა 2,8 კმ³ იყო, ხოლო მეორე შემთხვევაში — 4,7 კმ³ ე. ი. არც თუ ისე დიდი.

ცალკეულ შემთხვევებში აღძრული მიწისძვრები შეინიშნებოდა წყალსაცავში დონის დაწვევის პროცესშიც. აღძრული მიწისძვრა წარმოიქმნა მაშინაც, როდესაც ქალაქ დენვერის (აშშ) მახლობლად ღრმა (3800 მ) კაბურღილში ჩატვირთეს სამრეწველო ობიექტების ჩამდინარე წყლები.

ასე რომ, წყლით გამოწვეული აღძრული მიწისძვრების მექანიზმი ჯერ კიდევ გარკვეული არ არის და საჭიროებს შემდგომ შესწავლას.

ზოგერთი კაშხლის მოწყობით აღძრული მიწისებრების შემთხვევები

კაშხალი	ქვეყანა	კაშხლის ტიპი	კაშხლის სიმაღლე, მ	კაშხლის მოცულობა, მ ³ < 10 ³	წყალსაცურს მოცულობა, მ ³ × 10 ⁴	სეისმურობა კაშხლის აგების შემდეგ
კონტრა	შვეიცარია	თალოვანი	230	660	81	სუსტი
გრანკარეო	იუგოსლავია	მრავალ	123	376	1277	მაგნიტულა—4
გრანდელი	საფრანგეთი	თალოვანი	88	180	292	შესამჩნევი
ჰუეერი	ა შ შ	თალოვანი	221	3354	38296	მაგნიტულა—5
კარიბა	ბოლივია	გრავიტაციული	128	1032	160368	მაგნიტულა—6
კონსა	ინდოეთი	გრავიტაციული	103	1300	2780	მაგნიტულა—6,4
კრემასტა	საბერძნეთი	მიწის	160	7800	4750	მაგნიტულა—6,2
მანგლა	პაკისტანი		115	65651	6358	მაგნიტულა—3,6
მოუეაზინი	შვეიცარია	თალოვანი	237	2030	160	სუსტი
მონტენარი	საფრანგეთი		155	455	240	მაგნიტულა—4,9
ოროვილი	ა. შ. შ.	მიწის	236	59639	4298	მაგნიტულა—1,5
ვარაჟამბა	ავსტრალია	გრავიტაციული	137	1233	2052	შესამჩნევი

ნ.1.ნ. დასაშვები ანთროპოგენული დატვირთვები და ეკოლოგიური ნორმირება

წყლის ეკოსისტემა, როგორც ნებისმიერი რთული ბუნებრივი კომპლექსი წარმოდგენილია ბიოცენოზით (ცოცხალი ორგანიზმებით) და მათი საარსებო არით, რომლებიც ურთიერთკავშირშია ნივთიერებებსა და ენერჯის მიმოცვლით. წყლის ეკოსისტემაში, რომ შეინარჩუნოს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის აუცილებელი საარსებო პირობები საჭიროა არსებობდეს ნივთიერებებისა და ენერჯის (ჰიდროლოგიური ციკლი, ნახშირბადის, ჟანგბადის, აზოტის და სხვა ელემენტების ბუნებრივი ციკლი და ა. შ.) წრებრუნვის დინამიკური წონასწორობა.

წყლის ეკოსისტემებს გააჩნია დიდი რეზისტენტულობა და დრეკადობა, ან ორივე ეს თვისება ერთად, რაც საშუალებას იძლევა მათ გადაიტანონ პერიოდული მძიმე ან მწვავე ანთროპოგენული დატვირთვები. აღნიშნულის გამო წყლის ეკოსისტემებს შესწევთ საკმაოდ კარგი რეგენერაციის უნარი მრავალი ანთროპოგენული სტრესების შემდეგაც კი, მაგრამ მუდმივმა და ხანგრძლივმა გარკვეული სახის დატვირთვებმა შეიძლება ეკოსისტემა მიიყვანოს შეუქცევად ნეგატიურ შედეგებამდე. წყლის ეკოსისტემების, ისევე როგორც ყველა ბუნებრივი ეკოსისტემების, სწორედ რეგენერაციის, ანუ თვითშენარჩუნების უნარმა შეინარჩუნა, ისინი დღემდე.

მძიმე ან მწვავე ანთროპოგენული დატვირთვების, ანთროპოგენული სტრესების, მუდმივი და ხანგრძლივი გარკვეული სახის დატვირთვების ცნებები საკმაოდ რთულია, ამიტომ მათ ზოგადად შეიძლება ეკოლოგიური (ანთროპოგენული) დატვირთვები ვუწოდოთ. ცხადია ამ შემთხვევაში ზღვრულად დასაშვებ ეკოლოგიურ დატვირთვებად შეიძლება ჩავთვალოთ ისეთი ანთროპოგენული დატვირთვები, რომლებიც ან საერთოდ არ ცვლიან წყლის ეკოსისტემების ხარისხს, ან ცვლიან მას დასაშვებ ფარგლებში, რომლის დროსაც ეკოსისტემა არსებობას არ წყვეტს და არ წარმოიქმნება ისეთი პირობები რომლებსაც შეუძლია მათში არსებული ან მასზედ დამოკიდებული პოპულაციების დეგრადაცია გამოიწვიოს.

თუ ანთროპოგენული დატვირთვა აღემატება მის ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობას ამ დროს პოპულაციებისა და საერთოდ ეკოსისტემის დეგრადაცია გარღვევია.

აქ საყურადღებოა ერთი მომენტიც, კერძოდ, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა რა გინდ წინდახედული და გააზრებული არ უნდა იყოს იგი აუცილებლად მოქმედებს წყლის ეკოსისტემებზე, ამიტომ საჭიროა წინასწარ შევთანხმდეთ თუ ეკოსისტემების ცვალებადობის რომელი საზღვრები ჩაითვალოს ზღვრულად დასაშვებად. ზღვრულად დასაშვები დატვირთვები, რომლის დადგენის დროს მსხვედველობაში უნდა იქნეს მიღებული წყლის ეკოსისტემების არსებული მდგომარეობა (მაგალითად, ფონური გაბინძურება, პოპულაცია და ა. შ.) შეიძლება იცვლებოდეს ყოველი კონკრეტული ეკოსისტემისათვის და მის შესაფასებლად შეიძლება გამოვიყენოთ როგორც ბუნებრივი, ასე ხელოვნური სკალა.†

ბუნებრივი სკალა — ეს ისეთი სკალაა, რომელთა შეფასება შეიძლება ტრადიციულად მიღებული განზომილების ერთეულებით. მაგა-

ლითად. ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილების შესაფასებლად — მგ/ლ, წყლის ხარჯისათვის — მჰ/წმ, ნავთობის ნაწილაკების ამოტივტივების სიჩქარისათვის — მმ/წმ და ა. შ. ხელოვნური (სუბიექტური) სკალა წარმოადგენს ისეთ სკალას რომელთა შეფასება ბალებში სწარმოებს და მას ექსპერტ-სპეციალისტები ადგენენ, მაგალითად, წყლის სუნის ან გემოს შეფასების დროს, ლანდშაფტის შეცვლის დროს და ა. შ.

ყოველივე აღნიშნულიდან გამომდინარე შესაძლებელია წყლის ეკოსისტემების ცვალებადობის სხვადასხვა კატეგორიების განსილვა: უცვლელი ანუ ბუნებრივი; უმნიშვნელოდ შეცვლილი, რომელიც გამორიცხავს წყლის ეკოსისტემის ბიომის (ბიომი — ეს ფაუნისა და ფლორის სახეობების ერთობლიობაა, რომელიც მოცემული წყლის ეკოსისტემის ცოცხალ ორგანიზმებს შეადგენს) რომელიმე სახეობის განადგურებას; 'შეცვლილი' — ამ დროს მართალია შენარჩუნებულია ძირითადად ის მოთხოვნები რომლებიც წაყენებათ წყლის ეკოსისტემებს, მაგრამ შესაძლებელია ცალკეული ცვლილებები და ა. შ. ცხადია, კატეგორიების რაოდენობის დადგენა და მათი დახასიათება დამოკიდებულია ექსპერტ-სპეციალისტთა შეთანხმებაზე.

სახალხო მეურნეობის განვითარებისა და პროექტარების დროს უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის ეკოსისტემებზე ზღვრულად დასაშვები დატვირთვების განსაზღვრას. მათი დადგენა საშუალებას იძლევა წყლის ეკოსისტემების დასაცავად ჩატარებულ ღონისძიებებს მიეხიქოს სათანადო პრიორიტეტები, მიეცეს ეკონომიკური შეფასება ანთროპოგენული დატვირთვებით გამოწვეულ ნეგატიურ მოვლენებს, შეიქმნას მონიტორინგის ოპტიმალური სისტემა და ა. შ.

მართალია, როგორც ზღვრულად დასაშვებ დატვირთვებს, ასევე წყლის ეკოსისტემების ცვალებადობის კატეგორიებს მაღალკვალიფიცირებული ექსპერტ-სპეციალისტები ადგენენ, მაგრამ მათი ზუსტი შეფასება საკმაოდ რთული და პრობლემატურია. მაგალითად, ერთი შეხედვით ანთროპოგენული დატვირთვებით გამოწვეულმა უარყოფითმა ეფექტმა წყლის ეკოსისტემების ცალკეულ კომპონენტებში შეიძლება დადებითი შედეგები გამოიღოს. კერძოდ, ბიოცენოზის გაახალგაზრდავება, მისი პროდუქტიულობის მომატება, ნივთიერებათა და ენერჯის ცვლის გააქტიურება და სხვ.

წყლის ეკოსისტემებზე ზღვრულად დასაშვები ანთროპოგენული დატვირთვების განსაზღვრისათვის აუცილებელია სხვადასხვა ხემოქ-

მედებებისა და დატვირთვების ეკოლოგიური ნორმირება, რომლის საბოლოო მიზანია წყლის ეკოსისტემების დაცვა და შენარჩუნება.

ეკოლოგიური ნორმირების დროს საკმაოდ რთულია იწინასწარმეტყველო ამა თუ იმ ანთროპოგენული გამაბინძურებელის გარკვეული ზემოქმედება, რომელიც მთლიან ეკოსისტემებზე გამოიწვევს ნეგატიურ ზემოქმედებას. მთავარია გამოვლენილი იქნეს გამაბინძურებლების ზემოქმედება ცალკეულ სახეობებზე, რომლებსაც განსაკუთრებული მნიშვნელობა გააჩნია, როგორც მთელი ეკოსისტემისათვის, ასევე ადამიანისათვისაც. მაგალითად, საბჭოთა კავშირში 1000-ზე მეტი ქიმიური ნივთიერებებისათვის, რომლებსაც შეუძლიათ დააბინძურონ წყალსატევები მიღებულია ჰიგიენური ნორმატივები. ეს ნორმატივები იცავენ ადამიანს ამა თუ იმ მავნე ნივთიერებებზე მოქმედებისაგან, თუმცა არ იცავენ ზოგიერთ მცენარესა და ცხოველს, ე. ი. ეკოსისტემას მთლიანობაში. ან კიდევ, 400-ზე მეტი ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაა განსაზღვრული ცეცხლანაშნულების წყალსატევებისათვის. მაგრამ, ამჟამად აუცილებელია ზღვრულად დასაშვები დატვირთვების კომპლექსური შეფასება, ეკოლოგიური ნორმირება წყლის ეკოსისტემაზე ყველა შესაძლებელი ზემოქმედების გათვალისწინებით.

კერძოდ, ეკოლოგიური ნორმირების დროს აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული მთელი ეკოსისტემის „წინააღმდეგობის უნარი“, რადგან „კრიტიკულ რგოლად“ შეიძლება გამოდგეს ბიოცენოზის ესა თუ ის ცალკეული სახე, რომელიც შეიძლება დაიღუპოს კიდევ ამრიგად, ძირითად კრიტერიუმად ზღვრულად დასაშვები დატვირთვის დადგენის დროს ითვლება წყლის ეკოსისტემების პროდუქტიულობის შენარჩუნება, სტაბილურობა და მრავალფეროვნება. ცალკეული ორგანიზმების ან სახეების დაკარგვა გარკვეულ პირობებში შეიძლება კრიტიკულ სიტუაციად არ ჩაითვალოს.

5.2. წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ძირითადი წყაროები

5.2.1. საწარმოო ჩამდინარე წყლები

ბუნებრივი წყალსატევების ყველაზე მნიშვნელოვანი გამაბინძურებელია ისეთი დარგების სამრეწველო საწარმოთა ჩამდინარე წყლები, როგორცაა: ქიმიური და ნავთობგადასამუშავებელი, ცელულოზა-ქაღალდისა და საფეიქრო, მეტალურგიული და მადანმომპოვებელი და ა. შ.

წყალსატევებში შესაძლებელია 3 ძირითადი სახეობის საწარმოო ჩამდინარე წყლების მოხვედრა: საწარმოო (ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებული), სამეურნეო-ფეკალური (ადმინისტრაციული და საწარმოო შენობების სანიტარული კვანძებიდან, იატაკების გარეცხვისაგან და ა. შ.) და ატმოსფერული (ობიექტის ტერიტორიაზე თოვლი, ღნობისა და სანიაღვრე).

საწარმოო ჩამდინარე წყლები გაბინძურებათა სახის და კონცენტრაციის, რაოდენობისა და ჩადინების რეჟიმის და ა. შ. მიხედვით დამოკიდებულია საწარმოსა და გადასამუშავებელი ნედლეულის სახეზე. ტექნოლოგიურ პროცესებზე და ადგილობრივ პირობებზე და სხვ.

საწარმოო ჩამდინარე წყლების შედგენილობა სხვადასხვა წარმოებებში ცხადია იცვლება და გარდა ტრადიციული გამაბინძურებლებისა შეიცავენ ისეთ სპეციფიკურ მინარევებს. რომლებიც ხშირად ხასიათდებათ მალალი კონცენტრაციით, ტოქსიკურობით, აგრესიულობით და ა. შ.

პირობითად საწარმოო ჩამდინარე წყლები გაბინძურების ხარისხის მიხედვით შეიძლება დავეყოთ — გაუბინძურებლად (პირობითად სუფთად) და გაბინძურებულად, ხოლო შედგენილობის მიხედვით: ძირითადად მინერალური მინარევებით გაბინძურებული; ძირითადად ორგანული ნივთიერებებით გაბინძურებული; ერთდროულად მინერალური და ორგანული ნივთიერებებით გაბინძურებული და ბოლოს წყლები გაბინძურებული მომწამლავი და ტოქსიკური ნივთიერებებით.

საწარმოო ჩამდინარე წყლები გამაბინძურებელ ნივთიერებათა კონცენტრაციის მიხედვით შეიძლება იყოს მაღალკონცენტრირებული და ნაკლებკონცენტრირებული, ხოლო რაც შეეხება ჩამდინარე წყლების აგრესიულობის ხარისხს აქ განასხვავებენ ნაკლებად აგრესიულ ($pH = 6-9$) და ძლიერ აგრესიულ ($pH < 6$ და $pH > 9$) წყლებს.

ამჟამად, საწარმოო ჩამდინარე წყლების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია მათი ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება — „შპმ“ და ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნილება — „შპმ“ რომელთა მნიშვნელობის დადგენა ჭერჭერობით აუცილებელია გაწმენდის მეთოდისა და ხარისხის შერჩევაში, გამწმენდ ნაგებობათა ტიპებისა და მათ გაანგარიშებაში და სხვ.

ჩამდინარე წყლების რაოდენობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, კერძოდ საწარმოში გამოყენებულ ნედლეულის სახეზე და რაოდენობაზე, ტექნოლოგიურ პროცესზე, მოწყობილობა დანაღვა-

რებზე, ნახმარი წყლის ბრუნვითი და საცირკულაციო სისტემებში გამოყენების პროცენტზე და ა. შ. /

თითქმის ყველა ჩამდინარე სამრეწველო წყლებში ამა თუ იმ რაოდენობით აუცილებლად არსებობს ნავთობპროდუქტები. რაც შეეხება ფენოლის ნაერთებს ისინი განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიყოფა ქიმიურ წარმოებებში, განსაკუთრებით კოქსოქიმიურ ანთლურსამღებრო და სხვა დარგებში. ფენოლიანი წყლები ხასიათდებიან ძლიერი ანტისეპტიკური თვისებებით, არღვევენ ბიოლოგიურ პროცესებს წყლებში და აძლევენ მათ მძაფრ არასასიამოვნო სუნს.

თბოელექტროსადგურებისა და მათი ტერიტორიების ჩამდინარე წყლები დაბინძურებულია ენერგოდანადგარების ტექნოლოგიური ციკლების ნარჩენებით და შეიცავენ ვანადიუმს, ნიკელს, ფთორს, ფენოლებსა და ნავთობპროდუქტებს, რომლებიც აუარესებენ წყალსატევებში წყლის ხარისხს და დამლუპველად მოქმედებენ ცოცხალ ორგანიზმებზე. ამავე დროს ისინი იწვევენ წყალსატევების თბურ გაბინძურებას, თუმცა ამის შესახებ უფრო დეტალურად ქვემოთ ვილაპარაკებთ.

ელექტროქიმიური წარმოების, მადანგამაშადიდრებელი ფაბრიკების, პესტიციდების დამამზადებელი წარმოებების, აგრეთვე შახტური და სხვა ჩამდინარე წყლები საკმაოდ დიდი რაოდენობით შეიცავენ ცინკსა და სპილენძს.

ამ ბოლო დროს ჩამდინარე წყლებში საკმაოდ დიდი რაოდენობით გვხვდება სინთეტიკური ზედაპირულად — აქტიური ნივთიერებები, რომლებიც გამოიყოფიან სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტებიდან. ასეთი გამაბინძურებლების წყალსატევებში უმნიშვნელო რაოდენობით მოხვედრაც კი წყალს აძლევს მძაფრ გემოს და სუნს, წყლის ზედაპირზე წარმოქმნის ქაფს, იწვევს წყალმცენარეების ზრდის შეწყვეტას, დამლუპველად მოქმედებს სხვა ცოცხალ ორგანიზმებზეც. აღსანიშნავია, რომ სინთეტიკური ბოჭკოს წარმოების ჩამდინარე წყლების განხავებისათვის საჭიროა 1 წილ გაბინძურებულ წყალზე 185 წილი სუფთა წყალი, პოლიეთილენის ან პოლისტიროლის შემთხვევაში 1 29 და ა. შ.

5.2.2. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო წყლები

წყალსატევების გაბინძურების თავიდან ასაცილებლად, როგორც წესი კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლები სპეციალურ გაწმენდა-დამუშავებას საჭიროებენ. გაწმენდა-დამუშავების ხარისხი კი დამოკიდებულია იმ წყალსატევის თვითგაწმენდის უნარზე, რომელშიაც სწარმოებს ჩამდინარე წყლების ჩაშვება. მიუხედავად აღნიშნულისა ძალიან ხშირად წყალსატევებში კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო წყლები ყოველგვარი ან არასათანადო დამუშავების გარეშე ჩაედინება. რაც წყალსატევის გაბინძურებას იწვევს.

კანალიზაციის სისტემებში მოხვედრილი ჩამდინარე წყლების შემაღვეწლობაში შეიძლება იყოს მინერალური და ორგანული წარმოშობის ნივთიერებანი გახსნილი, გაუხსნელი და კოლოიდური სახით. აღნიშნული წყლები ამავე დროს გაბინძურებულა სხვადასხვა სახის ბაქტერიებით. აღსანიშნავია, რომ საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლებში მინერალური ნივთიერებები დაახლოებით 42%-ს შეადგენს, ხოლო ორგანული — 58%.

საყოფაცხოვრებო წყლების გაბინძურების კონცენტრაცია ცვალებადი სიდიდეა. მაგალითად, ასეთ წყლებში ამონიუმის მარილები შეიძლება იცვლებოდეს 30-დან 130 მგ/ლ-მდე, ქლორიდები კვების რაციონიდან — 30-დან 150 მგ/ლ-მდე, ფოსფატები — 6-დან 150 მგ/ლ-მდე, დამყანგველები — 20-დან 180 მგ/ლ-მდე და ა. შ.

ჩამდინარე წყლებში ბაქტერიების რაოდენობა კი საკმაოდ დიდ დიაპაზონში იცვლება. მართლაც, 1 სმ³ ჩამდინარე წყალში ბაქტერიების რაოდენობა ზოგჯერ 100 მილიონამდე აღწევს.

ბაქტერიების ძირითადი მასა შეიძლება 2 კატეგორიად დაიყოს: საპროფიტებად (უვნებელ) და პათოგენებად (დაავადების გამომწვევი). ამ უკანასკნელ კატეგორიას მიეკუთვნება ბაქტერიები, რომლებიც კუჭ-ნაწლავის ინფექციურ დაავადებას იწვევს (ბუცლის ტიფს, დიზენტერიას, ქოლერასა და ა. შ.).

კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ზემოქმედება წყალსატევებზე დამოკიდებულია ჩამდინარე წყლებისა და წყალსატევის წყლის განზავების ხარისხზე, აგრეთვე წყალსატევის ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე (გამდინარე ან დაგუბებული წყალი, წყლის ნაკადის სიჩქარე და ა. შ.). წყალსატევეში მოხვედრილი გამაბინძურებლები როგორც წესი მდგრადი არ არის, რის გამოც წყალსატევეები თვითწმენდი, უნარის გამო იძენს თავის თავდაპირველ თვისებებს. მაგალითად, წყალ-

სატევეებში მოხვედრილი ორგანული შეწონილი ნაწილაკები გამოყოფისა და ფსკერზე დალექვის შემდეგ გახსნილი უანგბადის მეშვეობით ანუ ბიოქიმიური ზეგავლენით მინერალიზდება. რაც შეეხება წყალსატევეებში მოხვედრილ მიკროორგანიზმებს და ბაქტერიებს ისინი ძირითადად მზის სხივების ზეგავლენით ნადგურდებიან.

მიუხედავად, ყოველივე ზემოაღნიშნულისა, წყალსატევეებში მოხვედრილი პათოგენური ბაქტერიები საკმაოდ დიდი ხნით ინარჩუნებენ ავადმყოფობის გადამტან თვისებებს. სხვადასხვა გამოკვლევებით დადგენილია, რომ მუცლისა და პარაფიტის ბაქტერიები ცოცხლობენ 1-დან 3 თვემდე, დიზინტერიისა-2, ლეპტოსპიროზისა 2 თვემდე და ა. შ.

5.2.3. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია

სოფლის მეურნეობის წარმოების ინტენსიფიკაციას ამჟამად თანახმად მიწის მინერალური სასუქებისა და ქიმიური საშუალებების გამოყენების განუხრელი ზრდა. საერთოდ მიწათმოქმედების ქიმიზაცია ევროპაში ჯერ კიდევ ერთი საუკუნის წინათ დაიწყო და ძირითადად გამოიყენებდნენ სამი სახის მინერალურ სასუქებს: სელიტრებს, სუპერფოსფატებს და კალიუმის მარილებს. ომისშემდგომ წლებში მათი გამოყენების ტემპები მნიშვნელოვნად გაიზარდა და 1990 წლისათვის ვარაუდობენ რომ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებში ყოველწლიურად შეტანილი იქნება 30—32 მლნ ტ მინერალური სასუქი.

პარალელურად მინერალური სასუქებისა და ქიმიური საშუალებებისა სოფლის მეურნეობაში ბოლო დროს გამოიყენება ქალაქის ტერიტორიებიდან გაყვანილი ჩამდინარე წყლები. მართალია მათი გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტის რაოდენობა იზრდება, მაგრამ ნიადაგში და წყალსატევეებში დიდი რაოდენობით ხვდება მძიმე ლითონები. 1 ჰექტარზე 502 ტ ჩამდინარე წყლების ნალექების შეტანის შედეგად როგორც გამოკვლევებმა აჩვენეს ნიადაგში აღმოჩნდა: კადმიუმი 5 მგ/კგ, ქრომი — 6, სპილენძი — 2,3, მანგანუმი — 346, ნატრიუმი — 16 და ცინკი — 89 მგ/კგ. |

ყოფილ საბჭოთა კავშირში წყლით გამოწვეული ეროზიის შედეგად ყოველწლიურად ნადგურდება 535 მლნ. ტ ნიადაგი, რომელთან ერთად იკარგება 1229 ათასი ტ აზოტი, 539 ტონა ფოსფორი (P_2O_5) და 12135 ათასი ტ კალიუმი (K_2O). ცხადია მათი უმეტესი ნაწილი საბოლოოდ წყალსატევეებში ხვდება.

გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მონაცემებით სოფლის მეურნეობისათვის სხვადასხვა მავნებლებით მიყენებული ზარალი ყოველწლიურად მთელი მოსავლიანობის 35—40%-ს შეადგენს, რაც დაახლოებით 75 მლრდ. დოლარის ტოლია. მართლაც, 1963 წ. აშშ სხვადასხვა დაავადებებით, მავნებლებითა და სარეველებით სოფლის მეურნეობისათვის მიყენებული ზარალი ექვივალენტური იყო 50 მლნ. პა მიღებული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციისა. ვარაუდობენ, რომ თუ აშშ სოფლის მეურნეობაში არ იქნება გამოყენებული ქიმიური საშუალებები, ძირითადად პესტიციდები კარტოფილის, ვაშლის, ციტრუსებისა და ბამბის მოსავალი დაახლოებით 50%-ით შემცირდება, ხოლო რძის, ხორცის და მატყლის 25%-ზე მეტი.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში მავნებლებისაგან მიყენებული ზარალი, საკმაოდ მოკრძალებული მონაცემებით მთელი მოსავლის დაახლოებით 20% შეადგენს, პოლონეთში 15—20%.

საერთოდ, დათვლილია, რომ სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციაში დახარჯულ 1 მანეთზე მოგება საშუალოდ 4 მანეთს შეადგენს. სწორედ ამიტომ სოფლის მეურნეობაში ქიმიური საშუალებების გამოყენების წილი დღემდე საკმაოდ იზრდება. მართალია ამ ბოლო დროს ეკოლოგიური სიტუაციების გამწვავების შედეგად, ადამიანები მივიდნენ იმ დასკვნამდე, რომ სასოფლო-სამეურნეო ობიექტებზე მათი გამოყენება თანდათან უნდა შეიზღუდოს, მაგრამ ამჟამად როგორც გარემო, ასევე წყლის ეკოსისტემები მნიშვნელოვნად არიან დაბინძურებული სხვადასხვა სახის მხამ-ქიმიკატებით.

ბინერალური სასუქებისა და ქიმიური საშუალებების გამოყენება სოფლის მეურნეობაში განსაკუთრებით იმიტომ არის საშიში წყალსატევებისათვის, რომ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან მიღებული ჩამდინარე წყლების გაწმენდა პრაქტიკულად შეუძლებელია. უფრო მეტიც, მდინარეების წყალშემკრებ აუზებში სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების რიცხვი ხომ ყოველდღე მატულობს.

გამოკვლევებით დადგენილია, რომ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებში შეტანილი სასუქებიდან წყალსატევებში ხვდება 20% — აზოტი, 2,5% — ფოსფორი და 30% — კალიუმი. ამრიგად სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია წარმოადგენს წყალსატევების ბიოგენური ნივთიერებებით გაბინძურების ძირითად წყაროს.

ბიოგენური ნივთიერებები კი, როგორც აღვნიშნეთ, წარმოადგენა

წყალსატევებში ფიტოპლანქტონის ინტენსიური გავრცელების ერთ-ერთ კარგ საშუალებას, რასაც თანა სდევს წყლის „ყვავილობა“ და წყალხატევის ევტროფიკაცია, თრგუნავს წყალსატევის თვითწმენდის უნარს და ა. შ.

ნიადაგში შეტანილი აზოტი ნიტრიფიკაციის გამო გარდაიქმნება ადვილადხსნად ნიტრატულ ფორმებში, რის შედეგადაც ბინძურდება გრუნტის წყლები და მათი პრაქტიკული გამოყენება შეუძლებელი ხდება.

განსაკუთრებით დაბინძურებულია ბიოგენური ნივთიერებებით ის წყალსატევები, რომლებიც მდებარეობენ მორწყვის რეგიონებში, რადგან რწყვის დროს წყალსატევებში ჩაედინება არა მარტო დიდი რაოდენობით, არამედ სასუქებით და პესტიციდებით გაჭუქყიანებული წყლები. ეს წყლები ამავე დროს მაღალი მინერალიზაციისაა. მაგალითად, 1975 წ. საბჭოთა კავშირში ასეთი ჩამდინარე წყლები დაახლოებით 40 კმ³-ს შეადგენდა, რის შედეგადაც მდ. სირდარიისა და ამუდარიის ქვედა წელში წყალი პრაქტიკულად გამოუყენებელი გახდა.

საერთოდ დადგენილია, რომ ნიადაგში შეტანილი პესტიციდების დაახლოებით 5% გადაადგილდება ზედაპირული ჩამონადენით. მაგალითად, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების 2,5%-იან დაქანებულ კალთებზე ზედაპირულ ჩამონადენ წყლებში აღმოჩენილი იყო 1,7—3,9 მგ/კგ ГХЛГ, ხოლო სუსპენზიაში 0,041—0,085 ГХЛГ და 0,009—0,026 დღტ.

ნიადაგებს საკმაოდ დიდი ხანია აქუშავებდნენ ყოველწლიურად 189 კგ/ჰა დღტ-ით, ხოლო მისი გამოყენების აკრძალვიდან 20 წლის შემდეგაც კი, ძალიან ბევრ სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ნიადაგებში 76 სმ-ის სიღრმეზე აღმოჩენილი იქნა შეტანილი პესტიციდების დაახლოებით 80%..

წყალსატევებში პესტიციდები ხვდებიან არა მარტო წვიმისა და თოვლის ნაღობ წყლებთან ერთად, არამედ სოფლის მეურნეობაში საავიაციო ქიმიზაციის გამოყენების წესების დარღვევის შემთხვევაშიც, სოფლის მეურნეობაში გამოყენებული ქიმიკატების დოზის, არასწორი შენახვისა და ტრანსპორტირების დროს და სხვ.

5.2.4. მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლები

მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის მრავალრიცხოვანი კომპლექსების ჩამდინარე წყლები წარმოადგენენ წყალსატევების გაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს. აღნიშნული კომპლექსები როგორც წესი ეწეობა წყალსატევებთან ან მათთან ახლოს. წუნწუნშემკრებებისა და ნაკელმესანახების უქონლობის შემთხვევაში კომპლექსებისა და ფერმების ნარჩენები ადვილად ჩაირეცხება წვიმის წყლებით წყალსატევებში. თუ გავითვალისწინებთ რომ მსხვილი მესაქონლეობის ფერმა დღე-ღამეში 1 ტონამდე ნაკელს იძლევა ყოველ 100 სულ მსხვილფეხა პირუტყვზე, მაშინ ადვილი წარმოსადგენია წყალსატევების დაბინძურების ხარისხი. ბუნებადაცვითი ღონისძიებებს გარეშე ფერმის ქვევით წყალსატევაში წყალი ხდება მღვრიე და მძაფრი სუნის მქონე, წყლებში თევზი იღუპება. ასე მოხდა მდ. მედიწხე, ნარვაზე და სხვ. ფერმების ნარჩენები საშიშია იმითაც, რომ შეიცავენ ჰელმინთების კვერცხებს და სხვა პათოგენურ მიკროორგანიზმებს, რომლებიც იწვევენ სხვადასხვა დაავადებებს. განსაკუთრებით საშიშია მეღორეობის კომპლექსები. ერთი მეღორეობის კომპლექსი 100 000 სულზე ისე აბინძურებს წყალსატევებს, როგორც 250 000 მაცხოვრებელიანი ქალაქი.

მესაქონლეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლების მოცულობა დამოკიდებულია კომპლექსის სიმძლავრეზე, ტექნოლოგიაზე და კეთილმოწყობის დონეზე.

წყალსატევების დაცვის პრობლემის სირთულე აღნიშნული კომპლექსების დაბინძურებული ჩამდინარე წყლებით განპირობებულია იმით, რომ ნარჩენების დაგროვებისა და უტილიზაციის სანატიარული უზრუნველყოფა საკმაოდ ძნელია.

5.2.5. თბური გაბინძურება

თანამედროვე თბო და ატომური ელექტროსადგურები ტექნოლოგიურ პროცესებში იყენებენ წყლის ძალიან დიდ რაოდენობას, ზოგჯერ 100—200 მ³/წმ, რომლებიც წყალსატევებში გამთბარი (8—12°C) ბრუნდებიან და ცვლიან მის თბურ ბალანსს. წყლის ტემპერატურა მომატებით ძლიერდება აორთქლების პროცესი და მატულობს წყლის მინერალიზაცია. წყალმცენარეების ინტენსიური ზრდა იწვევს ორგა-

ნული ნივთიერებების დაგროვებას, ხოლო შემდგომში მათი გახრწნა უფრო ზრდის წყლის მინერალიზაციას და ამცირებს მასში გახსნილი ქანგბადის რაოდენობას, რაც უარყოფითად მოქმედებს წყალსატევის ფლორასა და ფაუნაზე.

წყალსატევეებში მოხვედრილი გამთბარი წყალი ცვლის რა მათში ბუნებრივ პირობებში რეჟიმს. იწვევს წყლის „ყვავილობის“ პროცესების ინტენსიფიკაციას, ამცირებს წყალში აირების გახსნის შესაძლებლობებს, აჩქარებს წყალსატევეში მიმდინარე ბიოლოგიურ და ქიმიურ პროცესებს. იმ ზონაში სადაც გამთბარი წყალი ჩადის მცირდება წყლის გამჟღავნებლობა, იზრდება pH-ის მნიშვნელობები, ჩქარდება ადვილად დამყანგავი ნივთიერებების დაშლა და მნიშვნელოვნად ითრგუნება ფოტოსინთეზის პროცესი.

როგორც აღენიშნეთ წყალსატევეებში წყალმცენარეების გადამეტებული გამრავლების დროს წყლის ხარისხი მკვეთრად უარესდება. წყალმცენარეების დაღუპვით გამოწვეული დუღილისა და ლობობის პროცესების გამო ხდება წყლის გაჯერება ტოქსიკური პროდუქტებით, ფენოლებით, ციანიდებით და ა. შ. წყალი ლეებლობს უსიამოვნო სუნს: ამ დროს გამოწვეული წყლის ბიოლოგიური დაბინძურება შეიძლება შევადაროთ სამრეწველო ჩამდინარე წყლებით დაბინძურების ხარისხს. ცხადია, რომ ასეთი წყალი გამოუყენებელია სასმელად და რეკრეაციისათვისაც.

წყალმცენარეების მასიური განვითარება ამავე დროს დიდ ზიანს აყენებს სახალხო მეურნეობას, რადგან აფერხებს ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტებისათვის წყლის მიწოდების რეჟიმს და სხვ.

5.2.8. ხე-ტყის დაცურებით გამოწვეული გაბინძურება

მორების გაფანტულად დაცურების დროს ნაპირებზე, ქვებზე და ერთმანეთთან დაჯახების გამო მორებს ეცლებათ ქერქი და ატყდებთ ნაფოტები, რომლებიც მალე იძირება. გარდა ამისა იძირება მორების დაახლოებით 10%.

ჩაძირული ხე-ტყე, მათ მიერ გამოყოფილი ფისები, აგრეთვე მანვნი და მთრიმლავი ნივთიერებები ნელა იხრწნებიან, შთანთქავენ ქანგბადს, გამოყოფენ ტოქსიკურ ნივთიერებებს და წამლავენ წყალს.

წყალსატევის ნაპირებზე ბუჩქნარის გაკაფვაც, რომელიც ხელს უშლის ხე-ტყის დაცურებას აძლიერებს ეროზიულ პროცესებს, აჩქარებს წყალსატევის კალაპოტის დალამვას. განსაკუთრებით ძალიან დიდი ზი-

ანი მოაქვს ხე-ტყის ასეთ დაცურებას თევზებისათვის რადგან ამ დროს ხდება მათი ტრავმირება, საქვირიოთეების მოშლა, ხოლო მოწამვლის შედეგად იღუპება ლიფსიტები და თევზის საკვები ორგანიზმები.

წყალშემკრები აუზის ტერიტორიებზე ხე-ტყის გაჩეხვა ცვლის წყალსატევის ბიოლოგიურ და ტემპერატურულ რეჟიმს, მცირდება მდინარეების ჩამონადენი, ისინი ზოგჯერ შრებიან კიდეც და კარგავენ თევზსამეურნეო მნიშვნელობას.

საინტერესოა ის ფაქტიც, რომ ხე-ტყის დაცურების შედეგების გავლენა შეიმჩნევა მისი შეწყვეტის რამდენიმე წლის შემდეგაც კი. სწორედ ამიტომ ცდილობენ შემციოდეს ამ ხერხით ხე-ტყის დაცურება. მართლაც ხე-ტყის ასეთი დაცურება უკვე შეწყდა ბაიკალის ტბაში ჩამავალ მდინარეებზე, კარელიის 33 მდინარეზე და ა. შ. დიდ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული წყალსატევების ფსკერის გაწმენდა ჩაძირული ხე-ტყისაგან, ვინაიდან არ არსებობს შესაბამისი სრულყოფილი მოწყობილობები და მექანიზმები.

ნ.2.7. გაბინძურება წყლის ტრანსპორტით

თანამედროვე წყლის ტრანსპორტი წარმოადგენს რთულ მცურავ ნაგებობას მძლავრი ენერგეტიკული დანადგარებითა და სისტემებით. რომელთა ექსპლუატაციას თანა სდევს სხვადასხვა სახის ვამბინძურებელი ნარჩენების გამოყოფა.

საერთაშორისო საზღვაო ორგანიზაციის მიერ დადგენილია, რომ წყალსატევებში წყლის ტრანსპორტიდან შეიძლება მოხვდეს შემდეგი სახის ვამბინძურებლები: ნავთობი და ნავთობპროდუქტები; მავნე ნივთიერებები, რომლებიც ტანკერებში ჩასხმული სახით გადაიზიდება; მავნე ნივთიერებები, რომელთა ტრანსპორტირება ხდება სატვირთო კონტეინერებით, შეფუთული, ავტო და სარკინიგზო ტრანსპორტის ცისტერნებით; ჩამდინარე წყლები და ნაგავი.

წყლის ტრანსპორტზე ნავთობპროდუქტების გამოყენებას საწვავ და შესაზეთ მასალად თანა სდევს მათი დანაკარგების წყალსატევებში მოხვედრა. ეს ვამბინძურებელი ნივთიერებები ვარემოს აბინძურებენ სარემონტო სამუშაოების ჩატარების თუ შემთხვევითი ავარიების დროს. მაგალითად დადგენილია, რომ ყოველწლიურად მსოფლიოში 30-ზე მეტი ნავთობით დატვირთული ტანკერის ავარია ხდება, რის გამოც წყალსატევებში იღვრება დაახლოებით 500 ათასი ტონა ნავთობპროდუქტი.

რამდენიმე წლის წინათ აშშ ეროვნული აკადემიის მონაცემებით ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანე ბინძურდებოდა 6,1 მლნ. ტ ნავთობპროდუქტებით, რომლის ერთი მესამედი წყლის ტრანსპორტზე მოდიოდა. მართლაც, 1981 წელს კლაიპედას პორტში ინგლისური ტანკერ „კლოზე ასიმი“-ს ავარიის გამო ზღვაში ჩაიღვარა 16493 ტონა მახუთი, რომელიც 140000 კვადრატულ მეტრ წყლის ზედაპირზე გავრცელდა. ან კიდევ, 1978 წ. ამერიკის ტანკერი „ამოკო კადისი“, რომელიც 220 ათასი ტონა ნედლი ნავთობით იყო დატვირთული ატლანტის ოკეანეში საფრანგეთის ანაპიროსთან დაეტაკა რიფს, რის შედეგადაც ნავთობი განიღვარა 2 ათასი კვადრატული მილის ფართობზე. ადვილი წარმოსადგენია დაბინძურების ხარისხი თუ გავიხსენებთ, რომ 5 ტ ნავთობპროდუქტს წყლის ზედაპირზე შეუძლია წარმოქმნას აფსკი, რომლის სიგანე 800 მეტრი იქნება, ხოლო სიგრძე — 75 კმ.

ნავთობპროდუქტებით წყალსატევები ბინძურდება არა მარტო მათი საექსპლუატაციო ჩაშვებებით, არამედ გემების დოკებში დგომის დროსაც.

წყლის ტრანსპორტის ავარიის დროს წყალსატევებში ხვდება სხვადასხვა გაბინძურებული ნივთიერებებიც, რომლებიც ძირითადად ოთხი კატეგორიისაა: განსაკუთრებით მაღალი კატეგორიის მავნე ნივთიერებები, მაღალი კატეგორიის, საშუალო და დაბალი კატეგორიის. დადგენილია, რომ მხოლოდ 1970 წელს წყალსატევებში მოხვდა დაახლოებით 10 ათასი ტონა ასეთი გამაბინძურებელი ნივთიერება. აღსანიშნავია, რომ კარგადხნადი ნივთიერებებისათვისაც კი ხელსაყრელ პირობებში განზავებისათვის საჭიროა ამ ნივთიერებასა და გამაზავებელ წყლის მასებს შორის არსებობდეს თანაფარდობა 1 : 275-დან 1 : 900-მდე დიაპაზონში.

წყალსატევები ბინძურდება წყლის ტრანსპორტის ყოფითი წყლებითაც, რომლებიც ორ კატეგორიად იყოფა: სამეურნეო-ფეკალურ და საყოფაცხოვრებო-სამეურნეოდ. ყოფითი წყლები წარმოიქმნება წყლის ტრანსპორტის გემბანის, სათავისის, მექანიზმებისა და ა. შ. რეცხვის დროს. ასეთი წყლები თითქმის ყველა სახის ნივთიერებებით შეიძლება იყოს გაბინძურებული. მართალია სხვადასხვა კონცენტრაციების თუ საერთაშორისო შეთანხმებების თანახმად წყალსატევებში არ შეიძლება არც გამაბინძურებელი ჩამდინარე წყლებისა და სხვადასხვა ნარჩენების ჩაშვება, მაგრამ ეს მოთხოვნა ხშირად არღვევა. რადგან სიტყვა ნარჩენებზე (ნაგავზე) ჩამოვარდა უნდა ითქვას, რომ დღეს სამგზავრო გემებზე მათ შემადგენელ კომპონენტებს შორის შემდეგი პროცენტული

თანაფარდობა არსებობს: კვების პროდუქტების ნარჩენები — 62,2%, ქაღალდი და მუყაო — 17, მინა — 8, საფეიქრო ნაწარმი — 3,5, ლითონი — 5, გემბანის ნაგავი — 2,2, ხე-ტყის ნარჩენები — 1,5 პლასტმასა — 0,3, რეზინი, ქანგი, საღებავი — 0,3%.

თვითმავალი წყლის ტრანსპორტი აბინძურებს ატმოსფეროს საბოზის წვის შედეგად გამოტყორცნილი მავნე ნივთიერებებით (გოგირდის ოქსიდებით, აზოტით, ნაწშირბადით, მძიმე ლითონებით), რომლებიც დალექვის შედეგად წყალსატევებს უბრუნდებიან.

საერთოდ ყველა ზემოთაღნიშნული გამაბინძურებლები, რომლებიც წყლის ტრანსპორტის მეშვეობით ხვდებიან წყალსატევებში მოქმედებენ წყლის თვითწმენდის უნარზე და ნეგატიურ გავლენას ახდენენ წყლის ფლორაზე და ფაუნაზე.

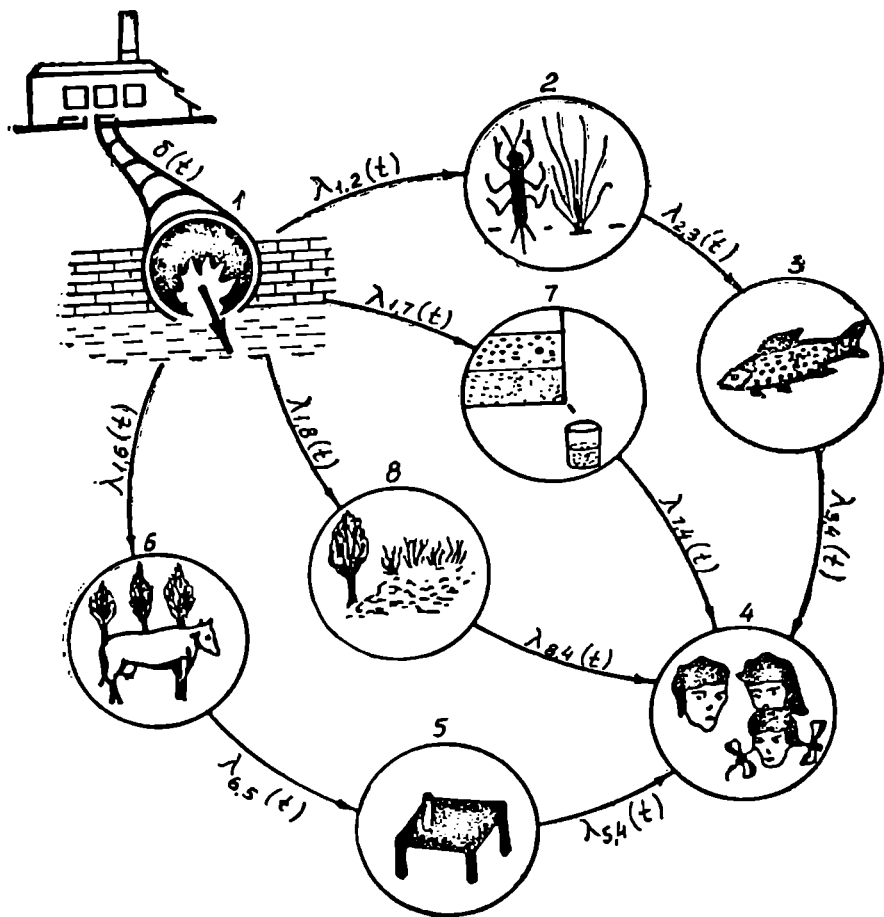
5.2.8. რადიოაქტიური ნარჩენები

რადიოაქტიური ნარჩენების რაოდენობა მთელ რიგ ქვეყნებში ბოლო წლებში საკმაოდ გაიზარდა, რაც საკმაოდ დიდ საფრთხეს უქმნის წყლის ეკოსისტემებს. მაგალითად, ატომური ელექტროსადგურის ექსპლუატაციის დროს წარმოქმნილი რადიოაქტიური ნარჩენები მაიონიზირებელი გამოსხივების წყაროა. რადიოაქტიური ნარჩენები შეიძლება 3 ჯგუფად დაიყოს: მყარი (კონსტრუქციული მასალები და ხელსაწყოები, რომლებიც რეაქტორის აქტიურ ზონაში იმყოფებოდნენ; გამოფილტრავი მასალები, რომლებიც დაბინძურებულნი არიან რადიოაქტიური აეროზოლებით და სხვ.), აირისებური (აქროლადი რადიონუკლიდები ნახევრად დაშლის საკმაოდ დიდი პერიოდით და აეროზოლები) და თხევადი (წყლის ხსნარები, ემულსიები და სუსპენზიები).

თხევადი რადიოაქტიური ნარჩენები ატომური ენერჯის საერთაშორისო სააგენტოს (მაგატე) რეკომენდაციებით 5 კატეგორიად იყოფა: I კატეგორიის ნარჩენები დაბალაქტიურია ($3,7 \times 10^3$ ბკ/ლ-კუთრი აქტიურობით) და მათი გარემოში მოხვედრა შესაძლებელია გაუვნებლობის გარეშე; II კატეგორიის ნარჩენები აგრეთვე დაბალაქტიურია ($3,7 \times 10^4$ ბკ/ლ), თუმცა ისინი ვიდრე გარემოში მოხვედებოდნენ საჭიროებენ გაუვნებლობას; III კატეგორიის ნარჩენები — საშუალოდაქტიურია (10^4 — 10^6 ბკ/ლ) და ისინიც ვიდრე გარემოში მოხვედებიან სათანადო დამუშავებას საჭიროებენ; IV კატეგორიის ნარჩენები აუ-

რეთვე საშუალოდაქტიურია (10^6 — 10^{11} ბკ/ლ-ზე მეტი) და ვიღრე შე-
სანახად გაიგზავნება წინასწარ სათანადო დამუშავებას მოითხოვენ.

ატომურ ელექტროსადგურებს გააჩნია დაბალი და საშუალოაქტი-



ნახ. 45. ზოგიერთი რადიონუკლიდების მიგრაციისა და კუმულაციის სქემა: "ჩვეუბით
ჯაქვებში": 1—წყალსატევი; 2 — წყალმცენარეები და წყლის მწერები; 3 — თევზები;
4—ადამიანი; 5—ხორცი და რძის პროდუქტები; 6—ცხოველები; 7—წყლის გაწმენდა;
8—ხილი და ბოსტნეული; $\delta(t)$ —რადიონუკლიდების წყალსატევეში ჩასვლა $\lambda_{ij}(t)$ —
რადიონუკლიდების მიგრაციის ალბათობის სიჩქერევე.

ვობის რადიოაქტიური ნარჩენები, ხოლო რაც შეეხება მაღალაქტივობის ნარჩენებს ისინი წარმოიქმნებიან ქარხნებში, სადაც სწარმოებს დასხივებული საწვავის გადამუშავება.

რადიონუკლიდები ხვდებიან რა ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებში ვრცელდებიან დიდ მანძილზე, აბინძურებენ ნიადაგს, ბალახს, სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, შეიძლება მოხვდნენ თევზებში, კვების სხვადასხვა პროდუქტებში და ბოლოს ადამიანის ორგანიზმშიც. აღსანიშნავია რომ მრავალი ჯიშის მცენარეებსა და ცხოველებს გააჩნიათ განსაკუთრებული უნარი ზოგიერთი რადიონუკლიდების შთანთქმისა და დაგროვების (ნახ. 45).

წყლის რადიონუკლიდებით დაბინძურება ძირითადად შეიძლება მოხდეს თბოგამომყოფი ელემენტის გარსის პერმეტიზაციის დაზიანებით; ნივთიერებების აქტივიზაციით, რომლებიც თბოგადამტანთან ერთად ხვდებიან რეაქტორის აქტიურ ზონაში; სათავსებისა და მოწყობა-ლობების დეზაქტივიზაციის დროს და ა. შ.

ამჟამად ცნობილია 40-ზე მეტი ბუნებრივი-რადიოაქტიური ნუკლიდები, რომლებიც ფართოდ არიან გავრცელებული გარემოში. მაგალითად ასეთი სახის რადიონუკლიდები გვხვდება ბევრ მადანში და მინერალში, ნიადაგში, წყალში და ატმოსფეროშიც.

ხელოვნურად მიღებულია 1000-ზე მეტი სახის რადიონუკლიდი, რომელთა უმეტესობა ფართოდ გამოიყენება მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგებში, მედიცინაში, სოფლის მეურნეობაში და ა. შ. ურან-რადიუმის ოჯახის ერთ-ერთი აქტიური რადიონუკლიდი პოლონიუმი — ^{210}Po , როგორც ამ ოჯახის დანარჩენი რადიონუკლიდი გროვდება რა წყალში, ნიადაგებში, ატმოსფეროში, ჰაერში, მთის ქანებში, მცენარეულობაში, მდნებსა და მინერალებში წარმოქმნის რადიაციულ ფონს. მართლაც, ატმოსფერულ ნალექებში ^{210}Po -ს კონცენტრაცია $0,1 \times 10^{-12}$ -დან $2,5 \times 10^{-12}$ კი/ლ-მდე იცვლება. მართალია, მათი კონცენტრაცია ღია წყალსატევებში 10--100-ჯერ ნაკლებია, მაგრამ მათი კუმულაცია თევზებში და მოლუსკებში 2×10 — 5×10^{-10} კგ/კგ-ს აღწევს.

თუ რაოდენ კატასტროფულია წყალსატევების რადიოაქტიური ნარჩენებით დაბინძურება ალბათ ეს განმარტებას აღარ საჭიროებს.

6.2.0. ხელოვნური წყალსატევებითა და ქაობების დაშრობით გამოწვეული გაბინძურება

ხელოვნური წყალსატევების (წყალსაცავების) მოწყობა მდინარეებზე ცვლის არა მარტო მდინარის ჰიდროლოგიურ რეჟიმს, არამედ მათ ფიზიკურ, ქიმიურ, ბიოლოგიურ და სხვ. მახასიათებლებს. მაათი არასწორი მოწყობა და ექსპლუატაცია აუარესებს წყლის ხარისხს როგორც ქვედა ბიეფში, ასევე თვით წყალსაცავშიც და როდესაც არსებობს ამისათვის ხელსაყრელი პირობები ამ უკანასკნელის ევტროფიკაციით მთავრდება.

მდინარის წყალსაცავით დარეგულირების დროს წყლის ქიმიური მაჩვენებლებიდან ყველაზე უმნიშვნელოდ იცვლება მთავარი იონებისა და წყლის მინერალიზაციის რეჟიმი. მათი ცვლილებების ხარისხი ძირითადად განპირობებულია რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატურ თავისებურებებზე. თუ რეგიონი ჰარბტენიანია მაშინ მინერალიზაციის ცვლილება მცირეა, მცირე ნალექების დროს (100—300 მმ) კი — პირიქით. წყალსაცავებში მინერალიზაცია შეიძლება გაიზარდოს, თუ მასში ხვდება შახტური და სხვა სამრეწველო ჩამდინარე წყლები.

საერთოდ წყალსაცავების კასკადური მოწყობის დროს მინერალიზაცია ქვედა საფეხურებისაკენ მცირდება. მინერალიზაციაზე გავლენას ახდენს წყალსაცავის ზედაპირიდან წყლის აორთქლებაც.

მდინარის დარეგულირება საგრძნობლად ცვლის აირების რეჟიმს როგორც წყალსაცავში, ასევე ქვედა ბიეფში. კერძოდ წყალსაცავში ჟანგბადის რაოდენობის შემცირება განპირობებულია წყლის ნაკადისა და ტურბულენტობის შემცირებით, ფსკერული ნალექების ამღვრევად და ა. შ. წყალსატევში აირების ფორმირებაზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის ტემპერატურა, წყალსაცავის სიღრმე, ჰიდრობიონტების აქტივობა, ჟანგბადის გამოყენება ორგანული ნივთიერებების წარმოსაქმნელად და მინერალიზაციისათვის და ა. შ.

აღნიშნული ფაქტორების ზეგავლენა და ხასიათი სხვადასხვაა როგორც წლის სხვადასხვა პერიოდში, ასევე ცალკეული წყალსაცავისათვის. თუმცა შეიძლება ითქვას, რომ წლის თბილ პერიოდებში ძირითად როლს ასრულებს წყალმცენარეების ფოტოსინთეზი და წყლის მასების გადაადგილება წყალსაცავში ქარის ზემოქმედებით. ზამთრობით კი განსაზღვრულია წყლის ტემპერატურა და წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებები.

საერთოდ წყალსაცავებში წყალში გახსნილი ჟანგბადის შემცველობა შეიძლება ძალიან დიდ დიაპაზონში იცვლებოდეს 0,3-დან 23,5 მგ/ლ-ზე, მაშინ როდესაც წყალსატევის კატეგორიისა და სეზონის მიხედვით 12 სთ-ზე აღებულ წყლის სინჯში იგი 4—6 მგ/ლ-ზე ნაკლებია არ უნდა იყოს. წყალსაცავში გახსნილი ჟანგბადის მაქსიმალური რაოდენობა (გადამეტნაჭერებამდე) შეინიშნება წყლის ზედა ფენებში ზაფხულის თვეებში, ხოლო მისი მინიმალური კონცენტრაცია, ანუ დეფიციტი გეხვდება ქვედა ზეფენი, განსაკუთრებით ანაერობული ლამ-ს დაგროვების ზონებში, რომლებიც მდიდარია ორგანული ნივთიერებებით, იმ ადგილებში სადაც სწარმოებს სათანადოდ გაუწმენდავი ჩაქვინარე წყლების ჩაშვება, აგრეთვე წყლის ინტენსიური „ყვავილობის“ დროს, რაც განპირობებულია ლურჯმწვანე წყალმცენარეებით.

წყალსატევეების შექმნის პირველ ეტაპზე აირების რეჟიმის ფორმირებაზე მოქმედებს ქვაბულის ხასიათი და მისი გაწმენდის ხარისხი დატბორვამდე (ხე-ტყისა და ბუჩქნარი საფარის მოცილება, ზედა ჰუმუსის ფენა, დასახლებული ტერიტორიების დატბორვის შემთხვევაში მათი სანიტარული დამუშავების ხარისხი და ა. შ.). ამ დროს წყალში არსებული ჟანგბადის დიდი რაოდენობა იხარება ორგანული ნივთიერებების ჟანგვით პროცესებზე, რაც ხშირად გახსნილი ჟანგბადის დეფიციტს იწვევს (ცხრილი 32).

ცხრილი 32

ჟანგბადის მოთხოვნილება წყალსატევეების მოწყობის დროს დატბორილი ტერიტორიების ხასიათის მიხედვით

დატბორილი ტერიტორია	ჟანგბადის მოთხოვნილება დღე-ღამის განმავლობაში (0 ₂ /კა), კგ
მოუთიბავი მდელო	18—24
მოთიბული მდელო	12—17
მდელო ზამთრის შემდეგ	6,8
დამუშავებული კაობიანი მდელო ზამთრის შემდეგ	16,4
ნიადაგის მოხნული ფენა	0,74—1,7
წიწვოვანი (სოჭკ) ჰუმუსი	1,9
ტყის უბნები ბალახითა და ბუჩქნარით	36—48

წყალში გახსნილი ქანგბადის ფორმირების პირველი ეტაპი წყალსაცავის მოწყობიდან საკმაოდ დიდი დროის განმავლობაში (6—7 წელი და მეტი) შეიძლება მიმდინარეობდეს.

ტყის დიდი მასივების დატბორვის დროს წყალსატევების ქვედა ფენებში წარმოიქმნება გოგირდწყალბადი, რაც აუარესებს წყლის ხარისხს. მაგალითად, ვილუის (საბჭოთა კავშირი) წყალსაცავის მოწყობის შემდეგ 3 წლის განმავლობაში შეინიშნებოდა გახსნილი ქანგბადის მწვავე დეფიციტი და გოგირდწყალბადის წარმოქმნა, რამაც წყლის გამჟვერვალობა 0,75 მ-დე შეამცირა, ხოლო ფერიანობა 200-მდე გაიზარდა, რის შედეგადაც წყალსატევში დიდი რაოდენობით დაიღუპა ქარიყლაპია, ქორჭილა და სხვა ჯიშის თევზები. აღსანიშნავია, რომ წყალსაცავის შეესების პირველ წელს თუ ქანგბადის დეფიციტი შეინიშნებოდა 111 კმ² ფართობზე, მესამე წელს იგი 213 კმ²-მდე გაიზარდა.

წყალსატევში წყლის ხარისხზე უაღრესად დიდ გავლენას ახდენს მათში არსებული მინერალური და ორგანული ნივთიერებები. ეს ნივთიერებები წყალსატევებში ხვდება მდინარისა და ზედაპირული ჩამო-

ცხრილი 33

წყალსაცავში ორგანული და ბიოგენური ნივთიერებების მაქსიმალური რაოდენობა (გ), წარმოქმნილი 1 მ² სხედასხვა ნიადაგისა და ქანის დატბორულ ტერიტორიაზე

ინგრიდიენტი	ტყის ნიადაგი	მდელოს ნიადაგი	ტორფი	ლაში	შემიწა ნიადაგი	დალამუ- ლი ქვიშა	თიხა
NH ₄ ⁺ N	0,91	0,77	0,57	0,33	0,14	0,16	0,09
NO ₂ ⁻ N	0,07	0,04	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01
NO ₃ ⁻ N	0,04	0,03	0,22	0,03	0,13	0,32	0,38
PO ₄ ³⁻ ^{საერ} P	0,10	0,20	0,05	0,05	0,03	0,04	0,005
PO ₄ ³⁻ ^{გაბ} P	0,06	0,10	0,02	0,02	0,06	0,01	0,003
C _{ორგ}	7,24	4,80	10,08	2,82	0,75	1,74	0,93
N _{ორგ}	0,78	1,08	0,76	0,68	1,38	0,58	0,36

ნადენით, ატმოსფერული ნალექებით, სამრეწველო, კომუნალურ-სამზურნეო და სასოფლო-სამეურნეო საავარგულებიდან ჩამდინარე წყლებით და წყალსაცავშიდა მიმდინარე პროცესებით (ცხრილი 33).

წყალსაცავის შევსების პირველ ეტაპზე მინერალური და ორგანული ნაერთების წარმოქმნა ძირითადად განპირობებულია პილროლოგიური პირობების შეცვლით და ნიადაგითა და მცენარეულობით დაფარული ქვაბულის დატბორვით. მომდევნო წლებში გადამწყვეტია — ქიმიური და თბური დაბინძურების ხარისხი და წყალსატევის ევტროფიკაცია.

წყალსაცავის მოწყობით იცვლება წყლის ხარისხი მდინარის ქვედა წელშიც. მაგალითად, დნებარის წყალსაცავმა ქვედა ბიეფში 58%-ით გაზარდა აზოტის მინერალური ფორმები, 26%-ფოსფორი, ხოლო რკინა პირიქით შემცირდა თითქმის 3-ჯერ. გაიზარდა ორგანული ნივთიერებების რაოდენობაც: C_{org} — 25%-ით, ორგანული აზოტი — 56%, ორგანული ფოსფორი — 43%-ით.

წყალსატევეებში გარდა ბიოგენური ელემენტებისა და ორგანული ნაერთებისა მიმდინარეობს მიკროელემენტების ფორმირებაც, რაც განპირობებულია წყალსაცავის პილროლოგიური და პილროქიმიური რეჟიმებით.

მცენარეული დეტრიტი იწვევს მანგანუმის დაგროვებას წყალსაცავში. მტკნარი წყლის მაკროფიტებში მანგანუმის დაგროვების კოეფიციენტი $1 \times 10^2 - 10^3$ ტოლია, ხოლო მაკროფიტების დაბოცვის შემდეგ მათ უჯრედებში აკუმულირებული მანგანუმი წყალში გადადის. წყალმცენარეებსაც გარკვეული როლი ეკუთვნის წყალსატევეში ქიმიური ელემენტების დაგროვების საქმეში. ლურჯმწვანე წყალმცენარეებში თითქმის 50-ჯერ მეტი მანგანუმი, რკინა, კობალტი, სპილენძი და ა. შ. გროვდება ვიდრე სხვა მცენარეულობაში.

გაანგარიშებულია, რომ დატბორილი ზედა ფენის 100 გ ნიადაგი 7 თვის განმავლობაში 56 მგ მარგანეცს გამოჰყოფს, ტორფი — 22,1 მგ/ლ და ა. შ.

წყალსატევეებში მიკროელემენტების ფორმირებაზე გავლენას ახდენს ატმოსფერული ნალექებიც, რომლებიც ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ მცირდება. მაგალითად, ყოფილ საბჭოთა კავშირის ცენტრალური ევროპის ტერიტორიაზე ატმოსფერულ ნალექებში მანგანუმის შემცველობა 0,1 მგ/ლ-მდეა, სპილენძის — 0,63, ცინკის 0,025—0,662 მგ/ლ-მდე და ა. შ.

წყალსატევებში ნივთიერებათა წრებრუნვის საქმეში ძირითად როლს მიკროორგანიზმები ასრულებენ. ბაქტერიების შემცველობა წყალსაცავებში უპირატესად განპირობებულია მეტეოროლოგიური პირობებით და მზის აქტივობით. ბაქტერიების ძალიან დიდი რაოდენობაა წყლის ზედაპირულ ფენაში. მცირე სიღრმის წყალსაცავებში, სადაც ქარის ზემოქმედებით სწარმოებს წყლის მასების გადაადგილებები და ურთიერთშერევა. ბაქტერიები წყალსაცავის თითქმის მთელ სიღრმეზე თანაბრად ნაწილდება. ბაქტერიების რაოდენობა საკმაოდ დიდი რაოდენობაში იცვლება წყალსაცავის ფსკერულ ლამში (0,5—39 მლრდ. უჯ/გ) და იგი 3 რიგით მალაია ვიდრე წყალში.

ბაქტერიების რაოდენობის გაორკეცების დრო დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორებზე, რომელთაგან ძირითადია წყლის ტემპერატურა და ორგანული ნივთიერებებით უზრუნველყოფა: ოლიგოტროფულ წყალსაცავებში ეს დრო საშუალოდ 90—92 სთ, ევტროფულში — 11—26 სთ. უდრის.

უპირატესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება წყალსატევების მოწყობის დროს წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილი ტოქსიკური ნივთიერებების გავლენას, როგორც წყალსატევების ფლორაზე და ფაუნაზე, ასევე ადამიანის ჯანმრთელობაზე, რადგან ამ დროს ადგილი აქვს სხვადასხვა დაავადების გავრცელებას.

საერთოდ წყალსაცავთან დაკავშირებული მედიკო-ბიოლოგიური ასპექტები ცალკე მსჯელობის საგანია და მათზე აღარ შეეჩერდებით.

ჭაობების დაშრობა, თუ ეს ღრენიერების წესით მიმდინარეობს, იწვევს წყლის ეკოსისტემების გაბინძურებას. როგორც ეს აღრე აღვნიშნეთ ჭაობებში თავმოყრილია საკმაოდ დიდი რაოდენობით აზოტი, კალციუმი, მაგნიუმი, ფოსფორი, კალიუმი და სხვა ნივთიერებები. საქმე იმაშია, რომ როდესაც ჭაობი ბუნებრივ წონასწორობაშია შეიძლება ითქვას, რომ მისგან სტაბილურად გამოედინება გარკვეული ხარისხის წყალი, მას შემდეგ კი როდესაც ჭაობის წონასწორობა ირღვევა ადგილი აქვს წყლის ხარისხის შეცვლას — გაუარესებას.

5.2.10. გაბინძურება ატმოსფეროდან

[თანამედროვე ინდუსტრია ყოველწლიურად ატმოსფეროში გამოყოფს 53 მლნ. ტ აზოტის ჟანგს, 200-ნახშირჟანგს, დაახლოებით 146-გოგირდის ორჟანგს, 200—250 მტვერს და 120 მლნ. ტ — ნაყარს.

70-იანი წლებიდან მნიშვნელოვნად გაიზარდა დიდ მანძილზე ჰაერის მასებით გამაბინძურებლების გადატანა, რომლებიც შემდეგ მკვეთრი წვიმების სახით გამოიყოფა. მკვეთრი წვიმა — ეს ატმოსფეროს თვითგაწმენდის შედეგია. მართლაც, წყლის უმცირესი წვეთები რომლებისგანაც შესდგება ღრუბლები, განუწყვეტლივ მიიტაცებენ შეწონილ ნაწილაკებს და ხსნად აიროვან მიკროგამაბინძურებლებს. ამიტომ ატმოსფეროში მოხვედრილი ზოგიერთი ნივთიერება, მაგალითად გოგირდ (IV)-ის ოქსიდი (SO_2) და აზოტ (II)-ის ოქსიდი (NO) ღრუბლებში არსებულ წყლის უმცირეს ნაწილაკებთან და წვიმის წვეთებთან ურთიერთმოქმედების შედეგად წარმოქმნის მკვეთრებს, ხოლო შედეგ მკვეთრ მარილებს, ხშირად უფრო ტოქსიკურსაც, რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ე. წ. მკვეთრ წვიმებს.

აირების მკვეთრად გარდაქმნის პროცესი და მათი ატმოსფეროდან წვიმების სახით გამოყოფა ახალი არ არის, იგი ბუნებაში გაცილებით ადრე არსებობდა, ვიდრე ადამიანები ასეთი დიდი მასშტაბებით დაიწყებდნენ სხვადასხვა სახის წიაღისეული სათბობის გამოყენებას. მკვეთრ წვიმებს ბუნებრივად განაპირობებდა თუგინდ ვულკანების ამოფრქვევითა და ნიადაგის ბაქტერიების აქტივობით გამოყოფილი გოგირდისა და აზოტის ნაერთები, მაგრამ ამ ბოლო დროს ადამიანების სამეურნეო საქმიანობამ ამ პროცესებს განსაკუთრებით დიდი მასშტაბები მისცა. ამრიგად მკვეთრი წვიმები ეს ატმოსფეროს გაბინძურება შედეგია, ხოლო ჰაერში წარმოქმნილი მკვეთრების რაოდენობა პროპორციულია მასში გამაბინძურებელი ნივთიერებების კონცენტრაციისა.

გოგირდისა და აზოტის ნაერთები ატმოსფეროში ხვდებიან სხვადასხვა სამრეწველო ობიექტებიდან (მეტალურგიული, ქიმიური და ა. შ.) განსაკუთრებით კი თბოელექტროსადგურებიდან, რომლებიც მუშაობენ როგორც თხევად, ასევე მყარ საწვავზე.

საკმაოდ დიდი რაოდენობის აზოტის ქანგეულებს (ატმოსფერულ ჰაერში გამოყოფილი აზოტის ნაერთების დაახლოებით 50 პროცენტს) გამოჰყოფს საავტომობილო ტრანსპორტიც, თუმცა ავტომობილის ნაწივი აირები მის გარდა დაახლოებით 200-მდე გამაბინძურებელ ნივთიერებას (ნახშირორჟანგი, დაუწვავი ნახშირწყალბადები, გოგირდის ორჟანგი, ტყვიის ქანგი, ჰვარტილი და სხვ.) შეიცავს. /

წვიმების მკვეთრება ხასიათდება წყალბადური მახასიათებლით (pH) რომლის მნიშვნელობაც სუფთა წვიმის წყლისათვის 5,6—5,7 საზღვრებში იცვლება. მკვეთრი წვიმებისათვის ხშირად $pH = 3-4$, მაგრამ მან რეკორდულ მაჩვენებელს მიაღწია შოტლანდიის ერთ-ერთ ქ-

ლაქში, როდესაც 1974 წელს წამოვიდა წვიმა, რომლის pH=2,4 ხოლო ამ ბოლო დროს ლოს-ანჯელესში რეგისტრირებული იქნა წვიმა, რომლის წყალბადური მახასიათებელი ლიმონის წვენის მახასიათებელს გაუტოლდა (pH=2).

მეაფურმა წვიმებმა უკვე მთელ რიგ რეგიონებში გამოიწვია კატასტროფული შედეგები. მაგალითად ბოლო 10 წლის განმავლობაში შეეციაში 85 ათასი დიდი ტბიდან დაახლოებით 18000-ზე მეტი შემჟავებულია, მათგან 4000 განსაკუთრებით ძლიერად, რამაც გამოუხსოვრებელი ზარალი მიაყენა მათში მობინადრე ჰიდრობიონტებს. კანადაში შემჟავებული ტბების რაოდენობა 50 ათასს აღწევს. სიტუაციის მთელი დრამატიზმი იმაში მდგომარეობს, რომ ისეთი ქვეყანა როგორც ნორვეგიაა ავითონ თითქმის აღარ აქუჭყიანებს გარემოს ვოგირდის ნერთებით, ენერგეტიკაც მთლიანად ჰიდროელექტრო სადგურებზეა დაფუძნებული და მიუხედავად ამისა ნორვეგიაში ტბების ნახევარი ამჟამად ეკოლოგიურად მკვდარია, რადგანაც მათში პრაქტიკულად დაიღუპა თევზი და სხვა ცოცხალი ორგანიზმები. საქმე იმაშია, რომ ნორვეგია წარმოადგენს ოროგრაფიულ ხაფანგს ღრუბლების სისტემისათვის და ამიტომ მისი ტერიტორია ბინძურდება ცენტრალური ევროპიდან და დიდი ბრიტანეთიდან „ექსპორტირებული“ მეაფე წვიმებით.

მტკნარი წყლების, კერძოდ ტბების შემჟავების ფენომენი პირველად შეიმჩნეოდა შეეციაში და ნორვეგიაში, შემდეგ კი აშშ და კანადაში. წყალსატევების შემჟავება განპირობებულია წყალშემკრები აუზის ტერიტორიაზე მოსული არა მარტო მეაფე ნალექებით, არამედ მტვერითაც რომლებიც შეიცავენ SO₂ და NO მინარევებს.

ტბის წყალში წყალბადის თავისუფალი იონების, როგორც საერთოდ სხვა იონების კონცენტრაციაც დროის მიხედვით იცვლება. მათი მკვეთრი ცვალებადობა მიმდინარეობს განსაკუთრებით გაზაფხულზე თოვლის დნობისა და წყალშემკრები აუზიდან ამ ნაღნობი წყლის ტბაში მოხვედრის დროს. თოვლის დნობის დროს მიმდინარე პროცესები ხასიათდება იმით, რომ ნაღნობი წყლის პირველი დოზები ინტენსიურად (დაახლოებით 5-ჯერ მაინც) მდიდრდებიან სხვადასხვა იონებით, მათ შორის წყალბადის თავისუფალი იონებით, რაც იწვევს ე. წ. „pH-შოკს“, რადგანაც pH-ის მნიშვნელობა 2—3-მდეც კი აღწევს.

წყალსატევებში მოხვედრილი მეაფური ატმოსფერული ნალექები მნიშვნელოვნად ცვლიან ამ წყალსატევების ეკოსისტემებს. კერძოდ

გარდა ზემოთაღნიშნული pH შემცირებისა იცვლება წყალსატევებში ჰიდროქსიმიური რეჟიმი, იზრდება ტოქსიურობა. საერთოდ ნევატიური მოვლენები იწყება უკვე იმ მომენტიდან, როდესაც $pH < 6,5$. ამ დროს ტბებსა და ნაკადულებში მცირდება ორგანიზმების სახეობები, ირღვევა კვებითი ჯაჭვები. მთელი რიგი გამოკვლევებით დადგენილია რომ როდესაც $pH = 5,6$ ეს არის ზღვარი, რომლის ქვემოთაც იწყება შეუქცევადი ბიოლოგიური პროცესები წყლის ეკოსისტემებში.

წყალსატევების შემყავება სხვადასხვა სახეობის თევზებზე სხვადასხვაგვარად მოქმედებს. მაგალითად, ორაგული, კალმახი და ჭანარი იღუპება როდესაც $pH < 6$, რაც შეეხება, ისეთი ჯიშის თევზებს, როგორცაა ქარიყლაპია და ქორჭილა ისინი შეიძლება ცხოვრობდნენ ისეთ წყალსატევებშიც კი სადაც $pH = 5$. საერთოდ როდესაც $pH = 4-5$ თევზების ლაყუჩებში შეინიშნება იონური და მყავე-ტუტოვანი წონასწორობის დარღვევა. დადგენილია რომ pH-ის შემცირებას დროს ალიუმინის ტოქსიკური ზემოქმედების გამო თევზები იღუპება, რადგანაც ამ დროს თევზის ლაყუჩებზე დაგროვილი ალიუმინის ჰიდროქსიდი იწვევს ლაყუჩების დისფუნქციას, რის შედეგადაც მცირდება სისხლში ენგზაიმის მიწოდება და ირღვევა ორგანიზმში მარილების შემცველობის ბალანსი.

აღსანიშნავია ერთი მნიშვნელოვანი მომენტიც. ალიუმინის ერთი და იგივე კონცენტრაციის შემთხვევაში ჰუმუსით მდიდარ მუქ მოყავისფრო წყლებში თევზები სიცოცხლის უნარს ინარჩუნებენ უფრო დიდხანს, ვიდრე გამჭვირვალე ტბებში, რადგან ჰუმუსი აფიქსირებს ალიუმინს და მას არატოქსიკურს ხდის.

მყავური სტრესების მიმართ თევზების ამტანუნარიანობა დამოკიდებულია მათ ზომებზე, ასაკზე, მოძრაობის უნარზე, წყლის იონურ შემცველობაზე და სხვ. როგორც წესი თევზებისათვის ოპტიმალურ არედ ითვლება $6,5 \leq pH < 8,5$, ხოლო შედარებით უვნებლად $5,5 \leq pH < 9$.

მტკნარი წყლების შემყავება უარყოფით გავლენას ახდენს ფრიველებზეც, რომლებიც ბინადრობენ მდინარეებზე და ტბებზე, რადგანაც ასეთ წყალსატევებში თევზების რაოდენობის შემცირება იწვევს მათი საკვების ნაკლებობას.

წყალდაცვითი ღონისძიებანი

6.1. წყლის ეკოსისტემების დაცვის საერთო ორგანიზაციული საკითხები

6.1.1. ხანიტარიული დაცვის ზონები და მათი ორგანიზაცია

წყლის ეკოსისტემების, კერძოდ იმ ბუნებრივი წყაროების დაცვის საქმეში რომლებსაც ადამიანი სასმელ-სამეურნეო, სამრეწველო, რეკრეაციული თუ სხვა მიზნებისათვის იყენებს ხანიტარიული დაცვის ზონების დადგენას და მათ ორგანიზაციას გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება.

წყალმომარაგებისათვის გამოსაყენებელი მიწისქვეშა წყლების ხანიტარული დაცვის ზონების მოსაწყობად აუცილებელია ხანიტარიული და ჰიდროგეოლოგიური გამოკვლევები, რისთვისაც საჭიროა შესისწავლონ მიწისქვეშა წყლების კვების არე, იმ გრუნტის ფენების ხასიათი, რომლებითაც წყალშემცველი ჰორიზონტი გამოყოფილია ზედაპირული წყლებისაგან ან სხვა წყალშემცველი ფენებისაგან და ა. შ.

საერთოდ მიწისქვეშა წყლებისათვის ეწყობა ხანიტარიული დაცვის 2 სარტყელი. პირველი სარტყელის საზღვრების ზომები დამოკიდებულია წყალშემცველი ჰორიზონტის დაცვის ხარისხზე და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე, აგრეთვე წყალმიმღები ნაგებობების ტიპზე, რის გამოც ამ უკანასკნელის ირგვლივ სასაზღვრო ზონა შეიძლება 50 მ-ის რადიუსითაც კი შემოიფარგლოს. მეორე სარტყლის ზომების დასადგენად მხედველობაში მიიღება ის გარემოება, რომ ბაქტერიებით გაბინძურებული წყლის ნაკადის მოძრაობის დრო ამ სარტყლის საზღვრიდან წყალმიმღებამდე მეტი იყოს იმ დროზე, რომელიც საჭიროა პათოგენური ბაქტერიების ცხოველუნარიანობის დასაკარგად. მეორე სარტყლის ზომები დამოკიდებულია რაიონის კლიმატურ პირობებზე და ამ რაიონში სამეურნეო საქმიანობაზე. მანძილი მეორე და პირველი სარტყლის საზღვრებს შორის შეიძლება 500 მეტრსაც კი აღწევდეს. ცალკეულ შემთხვევებში, თუ ქანები დაკარსტულია ან დაბზარული ხანიტარიული დაცვის ზონის მეორე სარტყლის ზომები გაცილებით დიდი გამოდის და ცხადია საჭიროებს სათანადო გაანგარიშებას.

რაც შეეხება სანიტარიული დაცვის ზონების ეფექტურობის შეფასების კრიტერიუმს ჩვენს ქვეყანაში ასეთად გვევლინება სახელმწიფო სტანდარტი სასმელ წყალზე — „პიგიენტური მოთხოვნები და ხარისხის კონტროლი“, უფრო სწორად წყალმიმღები ნაგებობების საანგარიშო პერიოდში მიწისქვეშა წყლის ხარისხი უნდა შეესაბამებოდეს აღნიშნული სტანდარტის მოთხოვნებს.

როდესაც წყალმომარაგების მიზნებისათვის გამოიყენება ზედაპირული წყლები სანიტარიული დაცვის ზონების მოწყობის ძირითადი მუშანია წყალმომარაგების ბუნებრივი წყაროების, წყალსადენის ყველა ნაგებობების და მიმდებარე ტერიტორიებზე გარემოს დაცვა გაბინძურებისაგან, რათა შენარჩუნებული იყოს წყლის მუდმივი შედგენილობა და ბუნებრივი წყაროების სანიტარიულ-ეპიდემიური საიმედოობა.

სანიტარიული დაცვის ზონაში დაწესებულია სპეციალური რეჟიმი და ტარდება კომპლექსური ღონისძიებანი, რომელიც გამორიცხავს ბუნებრივი წყაროსა და მოსახლეობისადმი მიწოდებული წყლის მიკრობულ-ქიმიურ დაბინძურებას და წყლის ხარისხის გაუარესებას.

ზედაპირული წყლების სანიტარული დაცვის ზონა 3 სარტყელისაგან შესდგება. პირველი სარტყელი მოიცავს ტერიტორიას სადაც განლაგებულია წყალმიმღები და წყალამწევი მოწყობილობები, აგრეთვე ყველა სათავე წყალგამყვანი ნაგებობები და წყალმიმყვანი არხები. ამ სარტყელის დანიშნულებაა დაიცვას ბუნებრივი წყაროები და მასთან არსებული სათავე ნაგებობები შემთხვევითი ან წინასწარგამიზნული გაბინძურებისაგან, რათა ადგილი არ ჰქონდეს მოსახლეობისადმი მიწოდებული წყლის გაბინძურებას. როგორც პირველი, ასევე სხვა სარტყლების საზღვრების დადგენის დროს საჭიროა მხედველობაში იქნას მიღებული მთელი რიგი ფაქტორებისა, რომლებიც ცალკე მსჯელობის საგანს წარმოადგენენ და ამიტომ აქ მთაზე დეტალურად აღარ შევჩერდებით. თუმცა ზონების დადგენის დროს აქაც არ შეიძლება გვერდი აუაროთ ისეთ მნიშვნელოვან ფაქტორს როგორცაა წყალსატევის სახე, უფრო სწორად გამდინარეა იგი თუ გაუმდინარი. მართლაც, გამდინარე წყალსატევის შემთხვევაში პირველი სარტყლის საზღვრები წყალმიმღები ნაგებობებიდან დინების მიმართულების ზემოთ ინიშნება არა ნაკლებ 200 მ, დინების მიმართულებით — ქვემოთ 100 მ. ნაპირზე, რომელიც წყალმიმღებ ნაგებობას ემიჯნება საზღვარი უნდა გადაიდოს 100 მ-ის დაშორებით წყლის კიდედან მაქსიმალური შეტბორვის დროს. წყალმიმღების მოპირდაპირე ნაპირისაკენ თუ წყალსატევის (მდინარის, არხის) სიგანე 100 მ-ზე ნაკლებია, მაშინ პირველი სარტყლის საზ-

ღვარი მოიცავს მთელ აკვატორიას და 50 მ სიგანის ნაპირს წყლის კიდედან ასევე მაქსიმალური შეტბორვის დროს. თუ მდინარის ან არხის სიგანე 100 მ-ზე მეტია, აკვატორიის სიგანე აიღება არა ნაკლები 100 მ-ისა.

გაუდინარი წყალსატევებისათვის (წყალსაცავები, ტბები) პირველი სარტყლის საზღვრები ინიშნება სანიტარული და ჰიდროლოგიური პირობებით: წყალმიმღებიდან ყველა მიმართულებით აკვატორშია არა ნაკლები 100 მ-ისა, ნაპირზე, რომელიც წყალმიმღებს ემიჯნება აგრეთვე არა ნაკლები 100 მ-ისა წყლის კიდედან მაქსიმალური შეტბორვის დროს.

სანიტარული დაცვის ზონების მეორე სარტყლის საზღვრების დასადგენად წყალმიმღებიდან დინების მიმართულების ზემოთ მხედველობაში მიიღება წყალსატევის თვითწმენდის პროცესის სიჩქარე ბაქტერიოლოგიური და ორგანული გამაბინძურებლებისაგან, რომელიც ზაფხულობით საშუალო დინების დროს 2—4 დღე-ღამეში წყლის მიერ გარბენილი მანძილის ტოლია. თუმცა არსებობს სხვა მოსაზრებებიც, კერძოდ ის რომ მეორე სარტყლის ზედა საზღვარი დანიშნული უნდა იქნეს მიკრობებისაგან თვითწმენდის პროცესების ყველაზე ცუდი პირობებისათვის — ზამთრის პერიოდში.

გამდინარე წყალსატევებისათვის მეორე სარტყლის ზომები დამოკიდებულია მდინარეებისა და არხების ბუნებრივ ჰიდროლოგიურ პირობებზე და მათ სანიტარულ მდგომარეობაზე. წყალსატევებში დასაშვები ჩაშვებების მოცულობები და გაბინძურების დონეები განისაზღვრება წყლის რეგულირებისა დაცვის სათანადო ორგანოების მიერ. თანხმდება სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიურ სამსახურებთან არსებული კანონმდებლობისა და წესების მიხედვით.

მცირე წყალსაცავების შემთხვევაში მეორე სარტყლის ტერიტორიაში მთლიანად შედის წყალშემკრები აუზის ფართობი, დიდი წყალსაცავის დროს კი წყალმიმღები ნაგებობების ორივე მხარეს სანაპირო ზოლები: გაბატონებული ქარებით გამოწვეული დინებების მხრიდან წყალმიმღებიდან 3—5 კმ, საწინააღმდეგო მხარეს — 1 კმ.

საერთოდ მეორე სარტყლის საზღვრების დადგენის დროს მხედველობაში მიიღება რეგიონის კლიმატური და რელიეფური ფაქტორებიც.

თუ რა სახის ნაგებობების მოწყობა ან სამეურნეო საქმიანობა შეიძლება სანიტარული დაცვის ზონების პირველ და მეორე სარტყელში ეს საკითხები დეტალურად მოცემულია სათანადო სამშენებლო ნორ-

შებსა და წესებში და ამიტომ მათზე აღარ შეეჩერდებით. წყალდაცვითი ზონები ამ ბოლო დროს სათანადო დადგენილების საფუძველზე ეწყობა მცირე მდინარეებისათვისაც. კერძოდ, ასეთ ზონებში აკრძალულია მეცხოველეობის კომპლექსებისა და ფერმების განლაგება, საქონლის საზაფხულო ბანაკის მოწყობა, ნაკელის დაგროვება, სხვადასხვა სახის მშენებლობა და ა. შ. საორიენტაციოდ მცირე მდინარეებისათვის სანიტარული დაცვის ზონის სიგანე აიღება შემდეგი ვარაუდით: ნაკადულებისათვის და ძალიან მცირე მდინარეებისათვის, რომელთა სიგრძე 10 კმ-მდეა — 15 მ, მცირე მდინარეებისათვის სიგრძით 50 კმ-მდე — 100 მ, 100 კმ-მდე სიგრძის მდინარეებისათვის — 200 მ, 100 კმ-ზე გრძელი მდინარეებისათვის — 300 მ. აღნიშნული შეზღუდვები საჭიროების შემთხვევაში შეიძლება გადასინჯული იქნეს სათანადო ორგანოების მიერ.

სანიტარიული დაცვის ზონებს და მათ სარტყელებად დაყოფას აწარმოებს ადგილობრივი მმართველობის ორგანოები, ხოლო კონტროლსა და ზედამხედველობას აღნიშნულ ზონებზე ანხორციელებს სახელმწიფო სანიტარული ზედამხედველობის ორგანოები.

სანიტარიული დაცვის ზონები ეწყობა ზღვის ეკოსისტემებისათვისაც.

6.1.2. წყალსატევებში ჩამდინარე წყლების ჩაშვების

სანიტარიული პირობები

ზედაპირული წყლების ჩამდინარე წყლებით გაბინძურებისაგან დაცვის წესების მიხედვით წყალსატევებში აკრძალულია ისეთი ჩამდინარე წყლების ჩაშვება, რომლებიც შეიძლება გამოიყენონ წყალმომარაგების საცირკულაციო (ბრუნვით) და მიმღევირობით (განმეორებით) სისტემებში. შეუძლებელია ისეთი წყლების ჩაშვებაც, რომლებიც შეიცავენ მნიშვნელოვანი ლირებულების ნარჩენებს, სამრეწველო ნედლეულს, რეაგენტებს, ნახევარპროდუქტებს და საწარმოს საბოლოო პროდუქტებს იმ რაოდენობით რაც ტექნოლოგიური დანაკარგების ნორმატივებს აღემატება. წყალსატევებში არ უნდა ჩავიდეს აგრეთვე ზოგიერთი ორგანული ნივთიერებებით გაჭუჭყიანებული ჩამდინარე წყლები, რომლებიც შეიძლება გამოიყენონ სოფლის მეურნეობაში მოსარწყავად. რა თქმა უნდა, სათანადო სანიტარიული მოთხოვნების დაცვით.

წყალსატევებში აკრძალულია ნავთობსადენებიდან და ნავთისსარე-
წებიდან გაეონილი ნავთობპროდუქტების მოხვედრა, აგრეთვე წყლის
ტრანსპორტიდან ბალასტისა და გაუწმენდავი ნახშირი წყლების ჩაშვე-
ბა. საერთოდ შეუძლებელია ჩამდინარე წყლების ჩაშვება ისეთ წყალ-
სატევებში, რომლებიც ნაკრძალებადაა გამოცხადებული.

ჩამდინარე წყლების ჩაშვების პირობებზე მოთხოვნები ვრცელდება
ქალაქის ტერიტორიაზე არსებული ყველა სამრეწველო თუ საყოფა-
ცხოვრებო-სამეურნეო სახის ჩამშვებებზე, ცალკე მდგარ საცხოვრე-
ბელ სახლებზე და საზოგადოებრივ შენობებზე, კომუნალურ, სამკურ-
ნალო-პროფილაქტიკურ, სატრანსპორტო, სამრეწველო დაწესებულე-
ბებზე და საერთოდ ნებისმიერ ობიექტზე მიუხედავად მათი უწყებრი-
ვი დაქვემდებარებისა. ეს მოთხოვნები ვრცელდება იმ სანიღვრე კა-
ნალიზაციაზე, რომელსაც ატმოსფერული ნალექები გაჰყავს ისეთი
ობიექტების ტერიტორიებიდან, სადაც წარმოიქმნება გაბინძურების
კერები.

✓ ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ადგილი ინიშნება მდინარის დინების
მიმართულებით დასახლებული პუნქტის და ყველა წყალმომარების
ადგილის ქვემოთ, იმ ვარაუდით, რომ მოდენითი ქარების დროს ად-
გილი არ ჰქონდეს უკუდინებებს. სისტემა, რომელსაც ჩამდინარე
წყლები გაჰყავს წყალსატევში, აღჭურვილი უნდა იყოს მოწყობილო-
ბით, რომელიც განსაზღვრავს ჩამდინარე წყლების რაოდენობას. ამავე
დროს აქვე უნდა შეიძლებოდეს სინჯის აღება ჩამდინარე წყლის ხა-
რისხის დასადგენად.

ჩამდინარე წყლების ჩაშვება არ შეიძლება მცირე სიმძლავრის
წყალსატევებში, როდესაც ამ წყალსატევებს არ შესწევს უნარი ჩამ-
დინარე წყლების სათანადო ხარისხამდე განზავების და თვითწმენდის.
ასევე არ შეიძლება წყალსატევებში ჩამდინარე წყლების ჩაშვება რო-
დესაც იგი გაბინძურებულია მაღალტოქსიკური ნივთიერებებით, ან
როდესაც წყალსატევში სხვა წარმოებებისაგან გამოწვეული ქიმიური
გაბინძურების ფონი მაღალია.

საერთოდ ჩამდინარე წყლების ჩაშვება წყალსატევებში რეგლა-
მენტირებულია სათანადო სანიტარული წესებით. აღნიშნული წესისა
თანახმად ჩამდინარე წყლების ჩაშვება, ყოველ კონკრეტულ შემთხვე-
ვაში, უნდა შეთანხმდნენ სახელმწიფო სანიტარიული ინსპექციის ორ-
განობთან. |

ჩამდინარე წყლების ჩაშვების დროს ითვალისწინებენ წყალსაცავის დანიშნულებას (კატეგორიას) მის ჰიდროლოგიურ რეჟიმს, წყალსატევის ფიზიკურ, ქიმიურ, ბაქტერიოლოგიურ მახასიათებლებს და სხვ. ამავე დროს მხედველობაში უნდა მიიღონ სხვადასხვა გამაბინძურებელი ნივთიერებების კომბინირებული ზემოქმედება წყალსატევეზე. ყოველივე ეს საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ჩაშვების ზღვრულად დასაშვები მნიშვნელობები, ანუ ჩატარდეს ჩამდინარე წყლების აუცილებელ ხარისხამდე გაწმენდის გაანგარიშება, რათა ჩასაშვებმა წყალმა ნეგატიური ზემოქმედება არ მოახდინოს წყალსატევეზე.

წყალსატევეში ზღვრულად დასაშვები წყლის ჩაშვების ანგარიშის დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული: შეწონილი ნივთიერების შემადგენლობა, ჩამდინარე წყლების მოთხოვნილება გახსნილ ქანგბადზე, აქტიური რეაქციის ცვლილება, შეფერილობა, სუნი და გემო, მომწამლავი ნივთიერება, წყლის ტემპერატურა და სხვა გამაბინძურებელთა ნორმატიული მაჩვენებლები.

წყალსატევის განხილვის დროს გაითვალისწინონ ისეთი ფაქტორები, როგორცაა: წყლის ხარჯის 95%-იანი უზრუნველყოფა; მდინარის სიღრმე, სიგანე, დინების სიჩქარე, მოხვეულობები და ა. შ., ტემპერატურა, გახსნილი ქანგბადის რაოდენობა, მდინარის წყლის „შბმ“-სეზონის შესაბამისად; წყლის ქიმიური ანალიზი — ტუტიანობის და თავისუფალი ნახშირმჟავას გამოკვლევების ჩვენებით; მდინარის შენაკადების არსებობა და ა. შ.

! გაწმენდილი ჩამდინარე წყლის წყალსატევეში ჩაშვების შემდეგ ადგილი აქვს მათი ერთმანეთთან შერევა-განზავებას, რაც მიმდინარეობს დროის გარკვეულ ინტერვალში ჩაშვების ადგილიდან გარკვეულ მანძილზე, იგი დამოკიდებულია დინების სიჩქარეზე, ჩამდინარე და წყალსატევის წყლის ხარჯების ფარდობაზე და ა. შ.

საერთოდ ჩამდინარე წყლის წყალსატევეში ჩაშვება სწარმოებს ორ წესით: შეყურსვით და გაფრქვევით, რომელთათვის შერევა-განზავების დრო განსხვავებულია.

თუ რა დონემდე უნდა იყოს გაწმენდილი ჩამდინარე წყალი მისი გასათვლელად არსებობს სხვადასხვა მოსაზრებები და გაანგარიშებები, თუმცა შეიძლება ითქვას, რომ მათი უმეტესობა ითვალისწინებს ისეთ ფაქტორებს როგორცაა: ჩამდინარე წყლის გაბინძურების კონცენტრაციას, რომლის ჩაშვების შემდეგ იგი არ გადააჭარბებს ზღვრულ დასაშვებ სიდიდეს, აგრეთვე დაკმაყოფილდება სანიტარული მოთხოვ-

ნილებანი; წყალსატევის წყლის ამავე სახის გაბინძურების კონცენტრაციას ჩამდინარე წყლის ჩაშვების ზემოთ განსახილველ ჩანადენში; განზავეების უზრუნველყოფის კოეფიციენტს და ა. შ.

საჭიროა წყალსატევში ჩაშვების წინ, განისაზღვროს შეწონილი ნივთიერების დასაშვები სიდიდე ჩამდინარე წყალში, რათა ადგილი არ ჰქონდეს ამ ნივთიერებათა წყალსატევის ფსკერზე დალექვას და ახვ. I

ყველა აღნიშნული გაანგარიშებები ძალიან მიახლოებითია და ისინი ისტემატიურ დახვეწა-დაზუსტებებს განიცდიან.

0.1.3. წყალმომარების ინტენსიფიკაცია

წყლის ეკოსისტემების დაცვის ერთ-ერთი რადიკალური ღონისძიებაა წყლის რესურსების გამოყენების ინტენსიფიკაცია, ხოლო ამ უკანასკნელის, ყოველ შემთხვევაში მაკროეკონომიკურ დონეზე, მნიშვნელოვანი მაჩვენებელია ეროვნული შემოსავლის წყალტევადობა. საბჭოთა კავშირში 1981—85 წწ. ეროვნული შემოსავლის წყალტევადობა (წყალსატევებიდან აღებული წყლის მიხედვით) დაახლოებით 13%-ით შემცირდა. მიუხედავად აღნიშნულისა რეზერვები ინტენსიფიკაციისათვის ჯერ კიდევ საკმაოდ დიდია. მაგალითად, ექსპერტული შეფასების შედეგად დადგენილია, რომ ამჟამად მორწყვის ნორმა სოფლის მეურნეობაში თითქმის 2-ჯერ მეტია საჭიროსთან შედარებით, ხოლო დანაკარგები ფილტრაციაზე და აორთქლებაზე ყოველწლიურად 35—40 კმ³-ია.

წყალმომარების ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთი საშუალება საცირკულაციო (ბრუნვითი) და მიმდევრობითი (განმეორებითი) სისტემების გამოყენება და სახალხო მეურნეობის დარგების ე. წ. წყალდამზოგი ტექნოლოგიაზე გადასვლაა, მაგრამ მათი დანერგვა ჩვენში საკმაოდ „ინერციულად“ მიმდინარეობს. მართლაც, საცირკულაციო და მიმდევრობით წყალმომარაგების სისტემებში გამოყენებული წყლის ხვედრითი წილი მთლიანად მრეწველობაში გამოყენებული წყლის რაოდენობასთან შედარებით საბჭოთა კავშირში 1982 წლიდან 1986 წლამდე 68-დან მხოლოდ 70-მდე გაიზარდა, საქართველოში კი ამავე პერიოდში 30-დან 37-მდე. არა და გაანგარიშებულია, რომ წყალდამზოგი ტექნოლოგიის დანერგვით მანქანათმშენებლობაში, მსუბუქ და კვების მრეწველობაში 1000 მანეთის ღირებულების გამოშვებულ პროდუქტიაზე შესაძლებელია გამოყენებული წყლის ხარჯი 52-დან 32

წყალმომხმარება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში 1000 ჰან.
ლირებულებში გამოშვებულ პროდუქტებზე

სახალხო მეურნეობის დარგები	საერთო წყალ- მოხმარება, გა/1000 ჰან.	ბოლიანი წყალ- ტევადობისა და პირდაპირი წყალტევადობის ყოფიერების ფარდობა	წყალმომცემი აღებულ ახალი წყალი, გა/1000 ჰან.	ბოლიანი წყალ- ტევადობისა და პირდაპირი წყალტევადობის ყოფიერების ფარდობა
ელექტროენერჯეტიკა	4020	1,04	2017	1,06
სოფლისა და სატყეო მეურნეობა	1470	1,52	1317,8	1,19
შავი მეტალურგია	1920	1,94	499,8	2,71
ქიმიური მრეწველობა	1320	2,20	379,3	3,62
სატყეო, ცელულულოზა-ქაღალდის, ხის დამამუშავებელი მრეწველობა	660	2,54	337,1	2,46
ფერადი მეტალურგია	1140	3,08	471,6	3,36
სათბობის (ნაფთობისა და გაზის) მრეწველობა	510	3,64	177,1	7,32
საშენებლო მასალების მრეწველობა	520	5,20	199,5	5,59
მანქანათმშენებლობა	520	10,4	188,3	10,95
კვების მრეწველობა	720	37	606,1	73,91
მსუბუქი მრეწველობა	500	50	342,1	38,44

მ³-მდე შემცირდეს, მძიმე, ენერგეტიკულ და სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობაში 226-დან 56 მ³-მდე და ა. შ.

ცხრილში 34 მოცემულია სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში 1000 მან. ღირებულობის გამოშვებულ პროდუქციაზე წყლის საერთო მოხმარება, წყალმიმღებით აღებული ახალი წყლის რაოდენობა, მთლიანი წყალტევადობისა და პირდაპირი წყალტევადობის კოეფიციენტების ფარდობა.

გარდა ზემოთაღნიშნულისა არსებობს წყალმოხმარების ინტენსიფიკაციის კიდევ სხვა საშუალებებიც, როგორცაა: მოსახმარებელი წყლის დიფერენციაცია (სასმელ-სამეურნეო და ტექნიკური), ხარჯსაზომების მასიური გამოყენება, სამრეწველო ობიექტებზე წყლის მოხმარების ლიმიტების შემოღება, სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობების სრულყოფა, წყლის ღირებულებების სისტემატიური დაზუსტება და ა. შ.

ამ ღონისძიებების პრაქტიკაში გატარების შედეგად მიღებულ ეფექტზე რამდენიმე მაგალითიც კი მეტყველებს.

ჯერ კიდევ 70-იან წლების გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ თუ მოსკოვის 300 მსხვილ საწარმოში წყლის მოხმარების 60 პროცენტი ტექნიკური წყალსადენის საკუთარი სისტემებით დაკმაყოფილდებოდა, მაშინ ქალაქს ყოველწლიურად გამოუნთავისუფლდებოდა 70 ჰლნ. მ³ სასმელი წყალი. ამ დროს ტექნიკური წყალსადენის სისტემების მოწყობაზე დახარჯული კაპიტალდაზღვრებები ერთი სამად ანაზღაურდებოდა, გამონთავისუფლებული წყალი კი თითქმის 1 მილიონიან ქალაქს დააკმაყოფილებდა სასმელი წყლით.

ჯანდაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციის მონაცემებით აშშ სოციალურ-ეკონომიკური პირობებით ორ მსგავს ქალაქში, როდესაც ერთ-ერთში მასიურად დაყენებული იყო ხარჯსაზომები, ერთ სულ მოსახლეზე წყლის ხარჯი 4-ჯერ და უფრო მეტად შემცირდა, ვიდრე ქალაქში, სადაც არ იყო წყლის ზუსტი აღრიცხვა. საერთოდ დადგენილია, რომ ხარჯსაზომებით აღრიცხვიანობის მოგვარებით წყლის ხარჯი 3—12%-მდე მცირდება.

წყლის ნორმირებისა და ლიმიტირების დანერგვის შედეგად რიაზანის ნავთობგადამამუშავებელ ქარხანაში მწარმოებლობა გაიზარდა 2,6-ჯერ, ხოლო ახალი წყლის მოხმარება შემცირდა 8-ჯერ, რამაც გამოიწვია ჩამდინარე წყლების დაახლოებით 40-ჯერ შემცირება.

წყლის მოხმარების შემცირება მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მოსახლეობის მატერიალურ-კულტურულ დონეზე. დადგენილია, რომ

საცხოვრებელ სახლებში ყველაზე მაღალი კომფორტის დროსაც კი წყლის ხარჯი 1 სულ მოსახლეზე დღე-ღამეში 200—220 ლიტრს არ აღემატება, ხოლო ბინების აღჭურვა თანამედროვე სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობით — ცივი და ცხელი წყლის სრულყოფილი (ავტომატური) შემრევებით, წყალდამხარჯ არმატურაზე აერატორების მოწყობით ამ რიცხვს კიდევ უფრო ამცირებს. წყალდამხარჯ წერტილებთან ხშირად ეწყობა წნევის რეგულატორები, რომლებიც სართულებს შორის წნევების თანაბარი გადანაწილების საშუალებას იძლევა.

მომხარებელი წყლის საკმაოდ დიდ (დაახლოებით 40%-ის) ეკონომიას იძლევა სან-ტექნიკური მოწყობილობების სწორი ექსპლუატაცია არსებობს წყალმომხარების ინტენსიფიკაციის კიდევ მრავალი საშუალებები, რომელთა დეტალური განხილვა ძალიან შორს წაგვიყვანდა.

6.2. ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის თანამედროვე მეთოდები

6.2.1. ზოგადი მოსაზრებანი ბუნებრივი წყლების გაწმენდისა და დამუშავების მეთოდებზე

წყალმომარაგების სისტემებში ბუნებრივი წყლის სათანადო დამუშავების გარეშე გამოყენება ხშირად შეუძლებელია. ბუნებრივ წყალს, მომხმარებლის მოთხოვნილებიდან გამომდინარე, საჭიროა ხელოვნურად მიეცეს ახალი თვისებები ე. ი. წყლის ხარისხი უნდა გაუმჯობესდეს და მიყვანილ იქნეს მომხმარებლისათვის საჭირო კონდიციამდე.

ბუნებრივი წყლის ხარისხის გაუმჯობესებისათვის ცალკეულ შემთხვევებში საკმარისია ისეთი ღონისძიებების ჩატარება, როგორცაა: გაუფერულება, აგრეთვე სიმღვრივის, პლანქტონის, ბაქტერიების. ჰარბი გახსნილი მარილების მოშორება, რასაც პირობითად წყლის გაწმენდას უწოდებენ. დამატებით ისეთი ღონისძიებების გატარებას, როგორცაა: წყლის სტაბილიზაცია, pH სასურველი მნიშვნელობის მიღება-შენარჩუნება და სხვ. წყლის დამუშავება ეწოდება. ამრიგად წყლის დამუშავების ცნება ზოგადია და მოიცავს გაწმენდასაც.

ხშირად წყლის ხარისხის გაუმჯობესება შესაძლებელია რამდენიმე მეთოდით. მაშინ ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზის საშუალებით შე-

ირჩევა ის მეთოდი, რომელიც უზრუნველყოფს წყლის ხარისხს მინიმალური კაპიტალური და ექსპლუატაციური დანახარჯებით.

დღეისათვის პრაქტიკაში წყლის დამუშავების სხვადასხვა მეთოდები არსებობს, რომლებიც თავიანთი გამსხვილებული მაჩვენებლებით იყოფა: მექანიკურ (სედიმენტაცია, შემდგომი ფილტრაციით და ა. შ.), ქიმიურ (ქიმიური რეაგენტების დამატებით წყლიდან სხვადასხვანაერთების მოცილება, გაუვნებლობა, ქანგვა-აღდგენა, ნეიტრალიზაცია, ოზონირება, ქლორირება და ა. შ.) და ფიზიკო-ქიმიურ (პროცესები კოაგულიანტებისა და ფლოკულიანტების, ნახშირბადისა და მინერალური სორბენტების, იონმიმოცვლითი მასალებისა და ელექტროქიმიური ზემოქმედების გამოყენებით და ა. შ.) მეთოდებად.

მეთოდების ასეთი დაჯგუფება პირობითია. მართლაც, ფიზიკო-ქიმიურ მეთოდებს აგრეთვე ძიაკუთვნებენ ამ ბოლო წლებში საკმაოდ ინტენსიურად განვითარებად მემბრანულ პროცესებს (ჰაპერფილტრაციას, ელექტროდიალიზს და ულტრაფილტრაციას), თბურ (დისტილაცია, გამოორთქლვა და გამოწვა), რადიაციულ და მაგნიტურ დამუშავებას, ექსტრაქციას, ევაპორაციას, დეგაზაციას და სხვ.

წყლის დამუშავების ყველა მეთოდს გააჩნია კონკრეტული დანიშნულება და გამოყენების სფერო. მაგალითად, ფიზიკო-ქიმიური მეთოდების საშუალებას იძლევა გადავწყვიტოთ ისეთი ამოცანები, როგორიცაა: წყლის გაწმენდა წყლის შედგენილობისა და ხარჯის მნიშვნელოვანი ცვალებადობის დროს; ტოქსიკური და ბიოქიმიური უქანგავი გახსნილი და კოლოიდური მინარევეების გამოყოფა ან დესტრუქცია; გაუმარილოება, მარილების კონცენტრირება, მარილხსნარების გადამუშავება; თერმიული დესტრუქცია და ა. შ.

აღნიშნული მეთოდების გამოყენების არე შემდეგია: ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მომზადება; ბუნებრივი წყლების შერბილება და გაუმარილოება, წყლის სტაბილიზაცია და ა. შ.

იმის გამო, რომ ბუნებრივი წყლების შედგენილობა საკმაოდ რთულია და ცვალებადი, ამიტომ ფიზიკო-ქიმიური გაწმენდის ზემოთაღნიშნული მეთოდები უპირატესად გამოიყენება წყლის მრავალსაფეხუროვანი დამუშავების სქემებში. დამუშავების სიღრმე დამოკიდებულია წყლის შედგენილობაზე და ვაბინძურების ხარისხზე.

წყლის მომზადებისა და გაწმენდის ისეთი მეთოდები, როგორიცაა ელექტროკოაგულირება, ელექტროფლოტაცია, ელექტროლიზი, ელექტროდიალიზი და სხვ. უპირატესად გამოიყენება მაშინ, როდესაც ად-

გილი აქვს საწმენდი სადგურისათვის საჭირო საწარმოო ფართების დეფიციტს.

წყლის პირველადი უხეში გაწმენდა, როგორც წესი მიმდინარეობს სათავე ნაგებობებზე. მიწისქვეშა წყლების გამოყენების დროს ამ დროს მოცილებული უნდა იქნეს ქვიშა და ის შვრილი ნაწილაკები, რომლებიც წყალთან ერთად შეიძლება მოხვდეს საკაპტაჟო ნაგებობებში ან ტუმბოებში. ზედაპირული წყლების გაწმენდის დროს წყალმიმღებ ნაგებობებზე წყალს ცილდება მსხვილი საგნები.

საწმენდ სადგურზე პირველ ტექნოლოგიურ პროცესს წყლის გაკამკამება წარმოადგენს, რაც წყლის დალექვითა და ფილტრაციით ხორციელდება. მაგრამ თუ წყალი ხასიათდება მალალი ფერიანობით, აქვს არასასიამოვნო სუნი და გემო, წინასწარ საჭირო ხდება ქლორირების ჩატარება. გაკამკამების პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის სშირად წყლის კოაგულირებას მიმართავენ.

წყალში სადღეზინფექციო ნივთიერებების დამატება უზრუნველყოფს ლბობადი და პათოგენური ბაქტერიების, ფეკალური სტრუპტოკოკებისა და სულფატური აღმდგენლების მოსპობას. სადღეზინფექციოდ გამოიყენება ქლორი, ქლორამინი, ქლორის დიოქსიდი, ულტრაიისფერი სხივები, ოზონი და სხვ.

როდესაც იძულებულნი არიან სასმელი მიზნებისათვის ზედმიწევნად დაბინძურებული ზედაპირული წყლები გამოიყენონ, მაშინ წყალს მიკროგაბინძურებას, გემოსა და სუნს აქტიურ ნახშირზე ადსორბციით აკლიან.

წყლის აერაცია საჭიროა ჩატარდეს მაშინ, როდესაც წყალი შეიცავს ჭარბ აირებს ან მასში უანგბადი არასაკმარისი რაოდენობითაა.

წყლის გაწმენდის პროცესში წარმოქმნილი ნალექების მოცილება სალექარიდან ან ფილტრებიდან გარეცხვით ხდება. ნალექი შეიცავს წყალში გაწმენდის წინ არსებული კომპონენტების ნაწილაკებს; პლანქტონს, ფლოკულირებულ ორგანულ და მანერალურ ნივთიერებებს, ლითონის ჰიდროქსიდებს და ნივთიერებებს რომლებიც დაემატა წყალს გაწმენდისათვის.


გამოყოფილი ნალექი, როგორც წესი მუშავდება, რისთვისაც გა: მოიყენებენ სხვადასხვა მეთოდებს: შემჭიდროებასა და შესრობას სალამე მოედნებზე; შემჭიდროებასა და გაყინვას; შემჭიდროებასა და გაუწყლოებას — ფილტრ-წნეხებში, ვაკუუმ-ფილტრებში, ლენტურ ფილტრ-წნეხებში, ცენტრიფუგებში და ა. შ.

ბუნებრივი წყლების დამუშავების დროს ხშირად სწარმოებს წყლიდან რკინისა და მანგანუმის, კარბონატების, სულფატებისა და ქლორიდების, აზოტისა და მისი ნერთების, ორგანული ნივთიერებებისა და მიკროორგანიზმების, ფთორის მოცილება, ფთორირება, ნეიტრალიზაცია-რემინერალიზაცია, წყალმცენარეებისა და პლანქტონის დესტრუქცია, დეზოდორაცია და სხვ.

აღნიშნული მეთოდები, ამ დროს გამოყენებული ტექნოლოგიური პროცესები, ნაგებობები, მოწყობილობები და ა. შ. განხილულია სათანადო ლიტერატურაში და მათზე აღარ შევჩერდებით.

6.2.2. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა

ჩამდინარე წყლების (განსაკუთრებით სამრეწველო), გაწმენდისათვის ამჟამად გამოიყენება სხვადასხვა სახის ტექნოლოგიური სქემები, დანადგარები, მოწყობილობები და ა. შ. მიუხედავად მათი მრავალგვარობისა და მრავალრიცხოვნობისა ჩამდინარე წყლების გაწმენდისათვის გამოყენებული მეთოდები შესაძლებელია დაიყოს: მექანიკურ, ბიოლოგიურ, ქიმიურ და ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდებად.

მექანიკური მეთოდის დროს სწარმოებს ჩამდინარე წყლიდან გაუხსნელი ნივთიერებების გამოყოფა, რისთვისაც მიმართავენ გაწურვას, დაღექვასა და ფილტრაციის გზას. მექანიკური გაწმენდა წარმოადგენს ჩამდინარე წყლის დამუშავების წინასწარ ეტაპს, მისი გამოყენება შესაძლებელია ნორმალური ტემპერატურის დროს და ქიმიური რეაგენტების დამატების გარეშე. მექანიკური გაწმენდის დროს იყენებენ გისოსებს, საცრებს, ქვიშდამჰერებს, ცხიმდამჰერებს, საღებავებს და სხვ. 

ბიოლოგიური გაწმენდის მეთოდი გამოიყენება ჩამდინარე წყლიდან გაუხსნელი, კოლოიდური და გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მოსაშორებლად. აღნიშნული მეთოდი ემყარება მიკროორგანიზმების ცხოველქმედებას, ანუ აერობულ ბიოქიმიურ პროცესებს, რაც იწვევს ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვას, მინერალიზაციას. ბიოლოგიური გაწმენდის შემდეგ მიიღება ნიტრატებითა და გახსნილი ჟანგბადით მდიდარი გამჟვინვალე არალპობადი წყალი. ბიოქიმიური პროცესები, რომლებიც თანა სდევს ბიოლოგიურ გაწმენდას შეიძლება მიმდინარეობდეს ბუნებრივ პირობებში (მორწყვის მინდვრებზე, ფილტრაციის მიწებზე, ბიოლოგიურ გუბურებში) ან ხელოვნურ პირობებში (ბიოლოგიურ ფილტრებში, პეროფილტრებში, აეროტენკებში). ამ უკანას-

კნელ შემთხვევაში გაწმენდა შეიძლება იყოს სრული თუ ჩამდინარე წყლის „შბმ“-ი მცირდება 90—95%-ით, და არასრული როდესაც „შბმ“-ის შემცირება 40—80%-ს არ აღემატება.

ბიოლოგიური მეთოდის ფექტური გამოყენებისათვის აუცილებელია ჩამდინარე წყლებს წინასწარ მოშორდეს უხსნადი ნივთიერების ძირითადი ნაწილი, ამიტომ აუცილებელია პირველადი გაწმენდა გისოსების, ქვიშდამქვრებისა და სალექარების საშუალებით.

ბიოლოგიური გაწმენდის ნაგებობებიდან გაწმენდილ წყალთან ერთად გაიტანება აქტიური ლამი, რომელიც წარმოადგენს ბაქტერიების კოლონიებით უხვად დასახლებულ, ორგანულ ნივთიერებათა მინერალიზაციის შედეგად მიღებული პროდუქტის ფიფქებს და რომელთა გასაცილებლად უნდა განხორციელდეს მეორეული გაწმენდის (დალექვის) პროცესი. მეორეულ სალექარში გამოყოფილი აქტიური ლამი, როგორც წესი გადამუშავდება პირველი სალექარიდან მიღებულ პროდუქტებთან ერთად. აღსანიშნავია, რომ აეროტენკების სრულ ბიოლოგიურ გაწმენდაზე მუშაობისას აქტიური ლამის ნაწილი ემატება ჩამდინარე წყლებს აეროტენკში შესვლამდე, რაც ბიოლოგიური გაწმენდის პროცესს უზრუნველყოფს. დაბრუნებული აქტიური ლამი გაწმენდილი წყლის 40—50%-ს შეადგენს და მას საციკულაციო ლამს უწოდებენ. ამრიგად გაწმენდილი წყლის წყალსატევებში ჩაშვებამდე აუცილებელია მისი დეზინფექცია, რადგან ასეთი სახის გაწმენდაც კი ვერ უზრუნველყოფს ბაქტერიების სრულ მოსპობას. დეზინფექციისათვის გამოიყენებენ სათანადო საშუალებებს, მაგალითად ქლორირებას.

საერთოდ, სამეურნეო და საწარმოო ჩამდინარე წყლების მექანიკური და ბიოლოგიური გაწმენდა ერთი და იგივე წესით ხორციელდება.

! ჩამდინარე წყლების ქიმიური გაწმენდის დროს გამოიყენება ქიმიური რეაგენტები, რათა დაჩქარდეს გაუხსნელი ნაწილაკების ძირითადი მასის, კოლოიდებისა და ნაწილობრივ გახსნილი ნივთიერებათა გამოყოფა. ამ დროს რეაგენტები შედიან რა ჩამდინარე წყალში არსებულ სიბინძურესთან წარმოშობენ უვნებელ, სწრაფად დამლექ ფთილებს. აღნიშნული მეთოდის გამოყენებისათვის საჭიროა სარეაგენტო მეურნეობა, შემრევები, სარეაქციო კამერები და სალექარები. ქიმიური მეთოდებით წყლის დამუშავების დროს გაცილებით მეტი ნალექები გამოიყოფა, ვიდრე მექანიკური დამუშავებით. დადგენილია, რომ საშუალოდ საყოფაცხოვრებო და საწარმოო წყლების ნარევის ქიმიური

მეთოდებით დამუშავების შემთხვევაში გამოიყოფა 85% გაუხსნელი და 25% გახსნილი ნივთიერებანი, ხოლო „შბმ“-ის რაოდენობა 30—40%-მდე მცირდება.

საწარმოო ჩამდინარე წყლებში სხვადასხვაგვარი სპეციფიკური გამაბინძურებლების არსებობა საჭიროს ხდის გამოიყენონ ფიზიკურ-ქიმიური გაწმენდის მეთოდი. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს ისეთ ტექნოლოგიურ პროცესებთან, როგორიცაა: კოაგულაცია, სორბცია, ექსტრაქცია, ევაპორაცია, ფლოტაცია, იონური გაცვლა, კრისტალიზაცია, დიალიზი, დეზაქტივიზაცია, დეზოდორაცია და სხვ.

აღსანიშნავია, რომ ფიზიკურ-ქიმიური გაწმენდის ხერხებთან ერთად გამოიყენება დემინერალიზაციის კრისტალჰიდრატული ხერხიც. ხშირად სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის შედეგად დაშლის გარეშე შეიძლება გამოიყოს სასარგებლო ნივთიერებები, რომელთა გამოყენება კვლავ შესაძლებელია საწარმოში. ასეთ მეთოდებს რეგენერაციულს უწოდებენ. იმ შემთხვევაში როდესაც გაწმენდას თანა სდევს გაბინძურებათა დაშლა, რომლებიც ნალექის ან აირის სახით გამოიყოფა ასეთ მეთოდებს დესტრუქციულს უწოდებენ.

ჩამდინარე წყლიდან გამოყოფილი ლამის გადამუშავებისა და მისი გამოყენებისათვის ეწყობა ორთაბრუნვითი სალექრები, მეთანტენკები, სალამე მოედნები და ლამის ხელოვნური გაუწყლოება.

საერთოდ წყალდაცვითი ღონისძიებების მაკროეკონომიკური ანალიზისათვის უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ღონისძიებების დადგენას. ცხრილში 35 მოცემულია მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში ჩამდინარე წყლების გაწმენდის დანახარჯების კოეფიციენტები 1000 მან გამოწვებულ პროდუქციაზე. მაგალითად, თუ შავი მეტალურგიის ამა თუ იმ საწარმოში გათვალისწინებულია წარმოების ზრდა 1 მლნ. მანეთის ოდენობით, მაშინ დანახარჯები ჩამდინარე წყლების გაწმენდაზე ტოლი იქნება 5560 მან.

ცხრილში 36 მოცემულია სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებში ჩამდინარე წყლების გაწმენდისათვის საჭირო მატერიალური დანახარჯების სტრუქტურა, რომელიც მიზანშეწონილია გამოიყენონ საორიენტაციო გაანგარიშებისა და პერსპექტიული გეგმარებისათვის.

მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში ერთეულ გამოშვებულ პროდუქტაზე ჩამდინარე წყლების გაწმენდაზე დანახარჯების კოეფიციენტები

მრეწველობის დარგები	გაწმენდის მეთოდების მიხედვით (მან/1000 მან.)				მან 1000/1000 წმენა
	მექანიკური	ფიზიკური-ქიმიური	ქიმიური	ბიოქიმიური	
ცელულოზა-ქაღალდის და ხე-ტყის დამამუშავებელი	0,47	0,76	1,82	7,22	10,27
ღერადი მეტალურგია	0,33	5,18	4,21	0,26	9,98
ქვანახშირის	1,14	2,39	3,65	0,04	7,22
შავი მეტალურგია	0,18	2,13	3,17	0,08	5,56
ქიმიური	0,15	0,09	0,86	3,15	4,25
ელექტროენერგეტიკა	0,08	1,85	1,95	0,23	4,11
მანქანათმშენებლობა	0,09	0,39	0,54	—	1,02
მრეწველობის სხვა დარგები	0,07	0,05	0,06	0,48	0,66
მსუბუქი	0,03	0,02	0,43	0,49	0,51
ნავთობისა და გაზის	0,16	0,16	0,17	—	0,49
სამშენებლო მასალების	0,14	0,04	0,07	0,18	0,43
შეების	0,02	0,03	0,03	0,27	0,35
სათბობის მრეწველობის სხვა დარგები	0,01	0,01	0,01		0,03

6.2.3. გაუდინარი წარმოება

სამრეწველო საწარმოთა ჩამდინარე წყლების გაწმენდა, მთლიანი ობიექტის ღირებულების 10—25% შეადგენს. ვინაიდან ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობები საკმაოდ ძვირია და ამავე დროს არ არის გარანტირებული ეკოსისტემების გაბინძურებისაგან, სრულყოფილი დაცვა ბოლო დროს მთელი ყურადღება გადატანილია სახალხო მეურნეობის დარგებში მკირენარჩენიანი და ზოგჯერ უნარჩენო ტექნოლოგიური პროცესების დანერგვაზე. ამასთან დაკავშირებით ცალკეული სამრეწველო ობიექტებისათვის უკვე დამუშავებულია წყალმომარაგების ჩაკეტილი სისტემები, სადაც ყველა სახის თხევადი ნარჩე-

ჩამდინარე წყლების გაწმენდაზე მატერიალური დანახარჯების სტრუქტურა

სახალხო მეურნეობის დარგები	მატერიალური დანახარჯები ჩამდინარე წყლების გაწმენდაზე, მლნ. მან.			გაწმენდაზე მთლიანი მატერიალური დანახარჯების წილი	
	პირდაპირი	ირიბი	სწრაფი	გაწმენდის ჯამურ დანახარჯებიდან, %	დარგში პროდუქციის საერთო გამოშვებიდან, %
შავი მეტალურგია		9,5	9,5	1,1	0,03
ფერადი მეტალურგია	3,8	3,9	7,7	0,9	0,03
ქვანახშირის		43,4	43,4	5,1	0,4
ნავთობისა და გაზის		49,3	49,3	5,8	0,13
სათბობის მრეწველობის სხვა დარგები		6,3	6,3	0,7	0,46
ელექტროენერგეტიკა	307,6	13,2	320,8	37,7	1,27
მანქანათმშენებლობა	29,3	22,8	52,1	6,1	0,02
ჭიმიური	212,9	63,2	276,1	32,4	0,04
ცელულოზა-ქაღალდის და ხე-ტყის დამამუშავებელი		5,6	5,6	0,7	0,02
სამშენებლო მასალების	44,0	7,3	51,3	6,0	0,14
კვების		4,4	4,4	0,5	0
მრეწველობის სხვა დარგები		4,0	4,0	0,5	0,01
მსუბუქი ტრანსპორტი და კავშირგაბმულობა		3,5	3,5	0,4	0
ვაჭრობა		15,1	15,1	1,8	0,03
მატერიალური წარმოების სხვა დარგები		2,2	2,2	0,3	0,01
ს უ ლ	597,6	253,7	851,3	100	

ნები სათანადო დამუშავების შემდეგ უკანვე ბრუნდება ხელმეორედ გამოყენებისათვის, ან გადაამუშავდება მეორად ნედლეულად.

ასეთი სისტემების უპირატესობაა ეკონომიკური გაზიანებისა-გან სრულყოფილი დაცვა, წყლის რესურსების მნიშვნელოვანი ეკონომია და წარმოების ნარჩენების უტილიზაცია.

მაგალითად, ნავთობგადამამუშავებელ და ნავთობქიმიურ მრეწველობაში წყლის 95% გამაცივებლის როლს ასრულებს, ცელულოზა-ქაღალდის წარმოებაში დაახლოებით 75%-ექსტრაგენტის ფუნქციას, ხო-

ლო ქვანახშირის მრეწველობაში წყლის 90% მატრანსპორტირებელი აგენტია.

მთელ რიგ წარმოებებში „სველი“ ტექნოლოგიური პროცესები წარმატებით შეიცვალა „მშრალი“ პროცესებით. ამ დროს განსაკუთრებით წყლის ძალიან დიდი ეკონომია მიიღწევა თუ წყლის გამაცივებლები ჰაერის გამაცივებლებით შეიცვლება. მაგალითად, თანამედროვე ნავთობგადამამუშავებელ ქარხნებში ჰაერის გამაცივებლების დანერგვით ბრუნვითი სისტემების მწარმოებლობა 60—70%-ით მცირდება, რაც იწვევს წყლის ხარჯის 3—4-ჯერ, ხოლო ჩამდინარე წყლების მოცულობების 25—30%-ით შემცირებას. ანალოგიურად მცირდება ჩამდინარე წყლის მოცულობა აზოტისა (40—15%) და ქლორორგანულ (65—70%) მრეწველობაში.

ჰაერით გაცივების აპარატების კომბინირებული გამოყენება ენერგოტექნოლოგიურ კომპლექსებთან, რომელიც დაფუძნებულია ქიმიური რეაქციების სითბოს გამოყენებაზე 1 ტ ამიაკის მიღების დროს წყლის მოხმარებას ამცირებს 32-დან 8 მ³-მდე, 1 ტ საექსტრაქციო ფოსფორმეჯავას მიღების დროს 77-დან 3 მ³-მდე და ა. შ.

თბოენერგეტიკის ობიექტებზე 1 ტ ნაცრის გადასატანად ჰიდროტრანსპორტის შეცვლა პნევმოტრანსპორტით წყლის გამოყენებას 20—40-დან 3—4 მ³-მდე ამცირებს.

ამჟამად წყალმომარაგების ჩაკეტილი სისტემები მუშავდება სახალხო მეურნეობის თითქმის ყველა დარგისათვის.

6.2.4. ჩამდინარე წყლების ნიადაგშიდა გაწმენდა

ჩამდინარე წყლების ნიადაგშიდა გაწმენდის მეთოდი დამყარებულია გრუნტის თვითგაწმენდის უნარზე და თვისებებზე. ეს არა მარტო ჩამდინარე წყლების მთლიანი გაწმენდის და მათი წყალსატევში ჩაშვების შეწყვეტის გარანტიას იძლევა, არამედ ერთ-ერთი ეფექტური საშუალებაა ნიადაგქვეშა რწყვის, რაც მნიშვნელოვნად ზრდის ამ ტერიტორიებზე სოფლის მეურნეობის კულტურების მოსავალს.

როგორც სამამულო და საზღვარგარეთული პრაქტიკა აჩვენებს, წყლის ეკოსისტემების მთლიანი დაცვა ჩამდინარე წყლებით გაბინძურებისაგან შეუძლებელია, მხოლოდ გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობით. მართლაც, ყველა აუცილებელი ტექნიკური მოთხოვნების დაცვის შემთხვევაშიც კი, რომლებიც წაყენება გამწმენდი ნაგებობების დაპროექტებას, მშენებლობასა და ექსპლუატაციას, ჩამდინარე

წყლის გაწმენდის ხარისხი პრაქტიკულად არ აღემატება საშუალოდ 80—90%, რასაც შეიძლება მოჰყვეს წყალსატევის გაბინძურება მინერალური და ძნელადმეანგავი მინერალური ნაერთებით, ინფექციური და ინვაზიური დავადებების აღმძვრელებით.

შიგა ნიადაგობრივი გაწმენდით და ჩამდინარე წყლების ასეთი უტილიზაციით საკმაოდ დიდი სახალხო-სამეურნეო ეფექტი მიიღება (450—500 მან/ჰა). მეცხოველეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლების მოსარწყავად გამოყენების დროს მრავალწლოვანი ბალახების მწვანე მასის მოსავალი 1 ჰა 700 ც, ანუ 14000 საკვებ ერთეულს აღწევს. ხოლო დიდუფათიანი საკვები გრანულისა და ვიტამინიზირებული ფქვილის 80—100 ც. ყოფილ საბჭოთა კავშირში ჩამდინარე წყლებით სწარმოებდა 200 ათასი ჰა ფართობის დამუშავება, აქედან თითქმის ნახევარი მუშავდებოდა მეცხოველეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლებით. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ყოფილ საბჭოთა კავშირში ყოველწლიურად დაახლოებით 30 კმ³ ჩამდინარე წყალი წარმოიქმნება, ასეთი სახის მორწყვაზე მხოლოდ 2% გამოიყენებოდა.

განგარიშებულია, რომ ჩამდინარე წყლების ნიადაგშიდა გაწმენდამ მომავალში შესაძლებელია, თუ ის მასიურად დაინერგება, ამჟამად მიღებული ეფექტი კიდევ უფრო გაზარდოს. მართლაც, დღეს მეცხოველეობის კომპლექსებიდან ყოველწლიურად გროვდება 1 კმ³ ჩამდინარე წყალი, რომელშიაც არის 4,5 მლნ. ტ. — აზოტი, 2,2 მლნ. ტ. — ფოსფორი და 3,5 მლნ. ტ. — კალიუმი. მოსახლეობიდან კი, თუ გავითვალისწინებთ ამჟამად არსებულ გაწმენდის ეფექტს, ყოველწლიურად ჩადის წყალსატევეებში 750 ათას ტ — აზოტი, 100 ათასი ტ — ფოსფორი და 700 ათასი ტ — კალიუმი. მარტო მეცხოველეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლების გამოყენებით სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებზე შეიძლებოდა დამატებით 7 მლნ. ტ მარცვლის მიღება, დაიზოგებოდა 250 მლნ. მ³ სუფთა წყალი და ყოველწლიურად მოირწყებოდა 80—100 ათასი ჰა მეცხოველეობის საკვებისათვის საჭირო სავარგული.

მართალია ჩამდინარე წყლების სოფლის მეურნეობაში გამოყენებას გააჩნია საკმაოდ დიდი ეფექტი, მაგრამ ამავე დროს ისინი წარმოადგენენ ხელსაყრელ არეს პათოგენური მიკროორგანიზმებისა და ჰელმინთების კვერცხებისათვის. მათ შეუძლიათ გააბინძურონ გარემო და გაავრცელონ ცხოველებისა და ადამიანების ინფექციური დავადებები. ამიტომ ჩამდინარე წყლების ნიადაგშიდა გაწმენდის დროს გამოყენებულ უნდა იქნას მათი წინასწარი მომზადებისა და დამუშავების თანამედროვე სრულყოფილი ტექნოლოგია.

ჩამდინარე წყლების მოსარწყავად გამოყენების მეთოდები

მებასათემელი	თვითდინებით მოსარწყვა		დაწვივებით მოსარწყვა	ნიღბაგვევა
	ზოლებად მოღარეთ	კვალში		
1	2	3	4	5
მოსარწყავი კულტურების შერჩევის შეზღუდვა	მნიშვნელოვანი	მნიშვნელოვანი	მნიშვნელოვანი	შუბლუდის გარეშე
მოსავლის აღების წინ მოსარწყვის შეწყვეტა, დღე-ღამე	14-20 2-3	14-20 2-3	14-20 2-3	არ კიორდება 4-5
ა) სანტიარული მოთხოვნით ბ) ტექნიკური მოთხოვნით	აქვს	აქვს	არა აქვს	არა აქვს
ექსპლუატაციური დანახარჯები მოსარწყავი ქსელების მოწყობის გამო	100	100	100	100
მოსარწყვის თანაბარზომიერება, %				
წყლის შესაძლებელი დანაკარგები: ა) აორთქლებებაზე ბ) ფილტრაჟიაზე	აქვს შესაძლოა	აქვს არა აქვს	აქვს არა აქვს	უწინმეტელოა შესაძლოა

1	2	3	4	5
ჩამდინარე წყლები შეება: ა) მოსარწყავ კულტურებთან ბ) მომსახურე პერსონალთან გ) ხალხთან რომლებიც ამ მინდორებზე არ მუშობენ	აქვს შტორეა არა აქვს	შესაძლოა შტორეა არა აქვს	აქვს აქვს შესაძლოა	არა აქვს ნაა აქვს არა აქვს
ნიადაგების გაბინტურება ჩამდინარე წყლების ნალექებით და პელმიტების კვერცხებით	სრული	ნაწილობრივი	სრული	არა აქვს
სამუშაოთა მკენინიზაციის გართულება	მნიშვნელოვანია	მნიშვნელოვანია	უმნიშვნელოა	უმნიშვნელოა
ნიადაგის სტრუქტურის დაშლა	აქვს	აქვს	აქვს	არა აქვს
სარწყავი ნორმა, ჰმ/ჰა	700—800	500—600	ნებისმური	400—600
ჩამდინარე წყლის შორწყვეთ გამოწყვეული არა სასურველი შედეგი	აქვს	შტორეა	აქვს	არა აქვს

ნიადაგების ზედაპირული მორწყვა კარგად წმინდავს ჩამდინარე წყლებს, მაგრამ არ გამოირიცხავს ჰაერის გაბინძურებას აქროლადი ნივთიერებებით, პათოგენური მიკროორგანიზმებითა და ა. შ., ისევე როგორც იგი იწვევს ამ მინდვრებზე მოყვანილი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის დაბინძურებას. ამიტომ ასეთ მინდვრებზე დასაშვებია მხოლოდ ტექნიკური და მესაქონლეობაში გამოსაყენებელი კვების პროდუქტების წარმოება, რომლებიც ხმარების წინ თერმული წესით უნდა დამუშავდეს.

რაც შეეხება ნიადაგშიდა გაწმენდას იგი ეფექტურობით არ ჩამოუვარდება და ჩამდინარე წყლების სრული უტილიზაციის დროს გარემოს დაცვის გარანტიას იძლევა.

ეკოლოგიური, სანიტარულ-ჰიგიენური და ზოოტექნიკური მოთხოვნების გათვალისწინებით ჩამდინარე წყლებით ზედაპირული მორწყვის დროს საჭიროა ამ წყლების წინასწარი გაუფენებლობა და ბიოლოგიური გაწმენდა, რის შედეგადაც ისინი იცვლიან არა მარტო საწყის ქიმიურ შემადგენლობას, არამედ როგორც სასუქები კარგავენ თავიანთ პირვანდელ ლირებულებას. შიგანიადაგობრივი მორწყვა ასეთ გაწმენდას არ საჭიროებს (ცხრილი 37)

ჩამდინარე წყლების შიგანიადაგობრივი გაწმენდის მოსაწყობად არსებობს სათანადო ნორმები, კონსტრუქციები და საექსპლუატაციო წესები, რომლებზედაც არ შევჩერდებით.

თ ა ვ ი I I

წყლის ეკონისტიმების მონიტორინგი

7.1. წყლის ეკონისტიმებზე დაკვირვებებისა და კონტროლის სისტემა

7.1.1. წყალსატევებზე დაკვირვებებისა და კონტროლის სამსახურები და მათი ფუნქციები

წყალსატევებზე დაკვირვებებისა და კონტროლის სამსახურის ძირითადი დანიშნულებაა ინფორმაციის მიღება წყლის ხარისხის შესახებ, რომელიც აუცილებელია არა მარტო წყალდაცვითი, არამედ წყლის რესურსების დაცვის ღონისძიებათა გასატარებლად. აღნიშ-

ნული სამსახურები სისტემატიურად აკვირდებიან და აკონტროლებენ წყალსატევების ფიზიკურ, ქიმიურ და ჰიდრობიოლოგიურ მასსიათებლებს, სწავლობენ გამაბინძურებელი ნივთიერებების დინამიკას და გამოავლენენ იმ პირობებს, რომლის დროსაც სწარმოებს გაბინძურების დონეების მკვეთრი ცვალებადობა, რაც წყლის ობიექტების გაბინძურების პროგნოზირების საშუალებას იძლევა. დაკვირვებებისა და კონტროლის სამსახურები სწავლობენ თვითწმენდის პროცესებსა და ნალექებში გამაბინძურებელი ნივთიერებების დაგროვებას, აგრეთვე აკვირდებიან მდინარეების შესართავებში ნივთიერებათა ჩამოტანის კანონზომიერებებს მათი ბალანსის დასადგენად წყალსატევებში.

თუ რაოდენ დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ასეთი სამსახურების მოწყობას ამაზე ნათლად მეტყველებს შემდეგი მონაცემებიც კი. არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ საბჭოთა კავშირის წყალთა მეურნეობისა და მელიორაციის სისტემაში ფუნქციონირებდა 132 ტერიტორიალური სამმართველო თუ ინსპექცია და 252 ჰიდროქიმიური ლაბორატორია. ეს სამსახურები აწარმოებდნენ ყოველდღიურ სახელმწიფოებრავ კონტროლს წყლის რესურსების რაციონალურ გამოყენებაზე და დაცვაზე — იღებდნენ და ანალიზს უკეთებდნენ როგორც ჩამდინარე წყლების სინჯებს, ასევე წყალსატევებში ამ ჩამდინარე წყლების ჩაწყობის ადგილებში აღებულ სინჯებს, აფასებდნენ წყალდამცავ ნაგებობათა მუშაობის ეფექტურობას, იძლეოდნენ ნაკლოვანებათა აღმოფხვრის ღონისძიებათა რეკომენდაციებს და მათი შესრულების ვადებს.

ან კიდევ, ჯანმრთელობის დაცვის სამინისტროს სისტემაში მოქმედებს დაახლოებით 4500 სანიტარიულ-ეპიდემიოლოგიური სადგური, რომლებიც ზედამხედველობას უწევენ წყალსატევების სანიტარულ მდგომარეობას, ითვალისწინებენ მოსახლეობის ჯანმრთელობისა და სანიტარული პირობების დაცვას.

1968 წლიდან საბჭოთა კავშირში სანიტარული ლაბორატორიების ფართო ქსელი შეიქმნა დიდ სამრეწველო ობიექტებზეც და იმ სპეციალურ ობიექტებზე, რომელთა დანიშნულებაა ჩამდინარე წყლების გაწმენდა.

• სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური სამსახურები აკვირდებიან იმ წყალსატევებს, რომლებიც გამოიყენება მოსახლეობის სასმელ-სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის.

წყალსატევების სანიტარული მდგომარეობის შესწავლის დროს ანალიზი უკეთდება წყლის ორგანოლექტიკურ თვისებებს, წყალსატევის

სანიტარულ რეჟიმს, წყალსატევში მავნე სპეციფიკურ ნივთიერებათა შემცველობას და წყლის მიკრობულ დაბინძურებასა და სხვ.

სანიტარული დაკვირვებების დროს გროვდება მასალები წყალსატევების ძირითად გამაბინძურებელ წყაროებზე, დასახლებული პუნქტის სანიტარულ კეთილმოწყობაზე, ჩამდინარე წყლების გაყვანის პირობებზე, ჩამდინარე წყლების შედგენილობაზე, ხარისხზე და სხვ.

შეისწავლება ჰიდროლოგიური რეჟიმი, რაც საშუალებას იძლევა შეფასდეს სანიტარულ-ლაბორატორიული გამოკვლევების შედეგები, რათა ისინი გამოდგეს წყალსატევის წყლის ხარისხის პროგნოზირებისათვის.

მიწისქვეშა წყლების შესასწავლად არსებობდა სათანადო სამსახურები, რომლებიც საბჭოთა კავშირში ფუნქციონირებდნენ გეოლოჯის სამინისტროსთან.

7.1.2. წყალსატევებზე დაკვირვებების პუნქტების ქსელის მოწყობა

წყალსატევების გაბინძურების ადგილებში და იმ კვებებში სადაც გაბინძურება მინიმალურია (ფონური) წყლის ხარისხზე სისტემატიური დაკვირვება წარმოებს სტაციონარული, სპეციალიზირებული და დროებითი ექსპედიციური პუნქტების ქსელების მოწყობით.

სტაციონარული პუნქტების ქსელის საშუალებით წარმოებს დაკვირვება ზედაპირული წყლების არა მარტო ბუნებრივ შედგენილობაზე, არამედ ფიზიკურ, ქიმიურ და ჰიდრობიოლოგიურ გაბინძურებაზე. საბჭოთა კავშირში 1200 წყლის ობიექტზე არც თუ ისე დიდი ხნის წინათ მოწყობილი იყო ქსელი, რომელიც 4000-ზე მეტ სტაციონალურ პუნქტს აერთიანებდა. ამ პუნქტებიდან ყოველდღიურად დაახლოებით 40 ათასი წყლის სინჯი აიღებოდა და განისაზღვრებოდა საშუალოდ 20 მახასიათებელი.

სპეციალიზირებული პუნქტების ქსელი ეწყობა გაბინძურებულ წყლის ობიექტებზე დასაკვირვებლად და ამა თუ იმ სამეცნიერო კვლევითი ამოცანის გადასაჭრელად.

დროებითი ექსპედიციური პუნქტების ქსელის დანიშნულებაა დაკვირვებები წყლის ობიექტზე, რომლებიც ვერ მოიცვა ზემოთაღნიშნულმა პუნქტებმა.

საერთოდ „პუნქტის“ ქვეშ იგულისხმება დაკვირვებების ჩასატარებელი ადგილი, რომელიც დაკავშირებულია ჩამდინარე წყლების კონ-

ცენტრირებულ ჩაშვებებთან. იგი შეიძლება აერთიანებდეს რამდენიმე დაკვირვების კვეთს. რაც შეეხება დაკვირვების „კვეთს“ იგი ემთხვევა წყლის ობიექტის განივკვეთს, სადაც სწარმოებს ჰიდროლოგიური, ჰიდრობიოლოგიური და ჰიდროქიმიური დაკვირვებები. დაკვირვებების პუნქტები. როგორც წესი აუცილებლად ემთხვევა ჰიდროლოგიურ წყალსაზომ საგუშაგოებს.

ყოველ პუნქტში რამდენიმე დაკვირვების კვეთი ეწყობა: ერთი გაბინძურების წყაროს ზემოთ დაახლოებით 1 კმ-ის მანძილზე, რათა განისაზღვროს წყალსატევის ფონური გაბინძურება, ხოლო ერთი ან რამდენიმე გამაბინძურებლის ჩაშვების ქვემოთ 500 მ-ის დაშორებით, სადაც ადგილი აქვს ჩამდინარე წყლების წყალსაცავის წყლებთან შერევას.

წყლის სინჯების აღება „ფონურ“ კვეთებში წარმოებს წყალსატევის ზედაპირიდან. რაც შეეხება დაკვირვების დანარჩენ კვეთებს აქ სინჯები აიღება წყლის ობიექტის განივკვეთის ვერტიკალის რამდენიმე წერტილში. კერძოდ, თუ წყალსატევის სიღრმე 5 მ-მდეა მაშინ სინჯები აიღება მხოლოდ წყლის ზედაპირიდან, თუ წყალსატევის სიღრმე 5-დან 10 მ-მდეა, მაშინ ზედაპირიდან და ფსკერული პორიზონტებიდან, ხოლო როდესაც წყალსატევის სიღრმე 10 მ-ს აღემატება სინჯები საშუალოდ ფენებიდანაც აიღება.

ჰიდროქიმიური და ჰიდრობიოლოგიური დაკვირვებების მინაარსი და მოცულობები (დასაკვირვებელი ინგრედიენტების და წყლის ხარისხის შერჩევა, დაკვირვებების პერიოდულობა და ა. შ.) ზუსტდება სამეურნეო საქმიანობის და საქირო ინფორმაციის ხასიათის მიხედვით.

სტაციონალური პუნქტების ქსელისათვის დასაკვირვებელი ინგრედიენტებისა და წყლის ხარისხის მაჩვენებლების ნომენკლატურა ძირითადად განისაზღვრება ჩამდინარე წყლების შედგენილობითა და მოცულობებით, მათი ტოქსიკურობითა და მოთხოვნებით რომლებსაც წაუყენებს მას წყლის მომხმარებელი. კერძოდ, აღნიშნულ პუნქტებში აკვირდებიან: წყლის ტემპერატურას, შეწონილ ნივთიერებებს, მინერალიზაციას, ფერთანობას, pH-მახასიათებელს, გახსნილ ქანგბადს, „შბმ“, სუნს, მთავარ იონებს, ბიოგენურ ნივთიერებებს, ნავთობპროდუქტებს, აქროლად ფენოლებს, პესტიციდებს ზედაპირულად აქტიურ სინთეტიკურ ნივთიერებებს, მძიმე ლითონების ნაერთებს და ა. შ.

სტაციონალური ქსელის ყველა პუნქტი შეიძლება დაიყოს 4 კატეგორიად.

პირველი კატეგორიის პუნქტები ეწყობა ისეთ წყლის ობიექტებზე, რომლებსაც განსაკუთრებული სახალხო-სამეურნეო მნიშვნელობა გააჩნია, მაგალითად ძვირფასი ჯიშის თევზების ქვირილისა და ტელაბთან.

მეორე კატეგორიის პუნქტების ორგანიზაცია სწარმოებს სამრეწველო ქალაქებისა და მუშათა დასახლების რაიონებში არსებულ წყლის ობიექტებზე და როდესაც ეს წყალსატევები სასმელ-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის გამოიყენება. ამ კატეგორიის პუნქტები ეწყობა სასოფლო სამეურნეო ობიექტებიდან სადრენაჟო კოლექტორით გაყვანილი ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ადგილებში, წყალსატევების იმ კვეთებში, რომლებიც ქვეყნის საზღვრებს ებარებიან და ა. შ.

მესამე კატეგორიის პუნქტები განლაგებულია წყლის იმ ობიექტებზე, რომლებზედაც ანთროპოგენული დატვირთვები ნორმალურია ან უმნიშვნელო, მაგალითად, არც თუ ისე დიდ ქალაქებთან, დასვენების პუნქტებთან და სხვ.

მეოთხე კატეგორიის პუნქტებში ეწყობა ისეთ წყალსატევებზე, რომლებიც გაბინძურებული არ არის და მათი მოწყობა მიზნად ისახავს წყალსატევის „ფონურ“ გაბინძურებაზე დაკვირვებას.

პუნქტების კატეგორიები განაპირობებენ არა მარტო დაკვირვებათა პროგრამას, არამედ მის მოცულობას და დაკვირვებების პერიოდულობას. მაგალითად, პირველი კატეგორიის პუნქტებზე დაკვირვება ყოველდღიურად მიმდინარეობს შემოკლებული პროგრამით, ხოლო დეკადურად მთლიანი პროგრამით. მეორე კატეგორიის პუნქტებზე ყოველდღიურად მხოლოდ ვიზუალური დაკვირვება სწარმოებს, ხოლო მთლიანი პროგრამით თვეში ერთხელ.

ასე რომ, წყალსატევებზე დაკვირვებების პუნქტების ქსელის დასაბუთებულ მოწყობას გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება წყლის ეკოსისტემების სრულყოფილი შესწავლის საქმეში.

**7.1.3. წყლის ხარისხის განსაზღვრის მეთოდები,
ხელსაწყოები და კონტროლის ავტომატიზებული
სისტემები**

წყლის ფიზიკური, ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური მახასიათებლების განსაზღვრა წყალსატევებზე დაკვირვებების პუნქტებში სწარმოებს ტრადიციული მეთოდებით.

საერთოდ სინჯების აღების წესი, მათი დამუშავება და ანალიზი

რეგლამენტირებულია სათანადო ნორმატიული დოკუმენტებით და მათი შესრულება წყლის ხარისხის განსაზღვრის დროს მნიშვნელოვნად განაპირობებს საბოლოო შედეგს.

ამჟამად მთელი ყურადღება მიმართულია წყლის ხარისხის კონტროლის ავტომატიზირებულ სისტემებზე, რომლებიც საშუალებას იძლევიან სწრაფად და ზუსტად განისაზღვროს წყლის ესა თუ ის მახასიათებელი.

წყლის ხარისხის კონტროლის ავტომატიზაცია ძირითადად ორ მიმართულებით სწარმოებს. პირველი მიმართულება ითვალაშინებს გაბინძურების კონცენტრაციის გაზომვას გარკვეული გადამწოდებით, ხოლო მეორე — უკვე არსებული წყლის ანალიზის მეთოდების ავტომატიზაციას.

დანიშნულების მიხედვით წყლის ხარისხის კონტროლის ხელსაწყოები იყოფა სტაციონალური ლაბორატორიის ხელსაწყოებად და ხელსაწყოებად, რომლებიც გამოიყენებიან საველე პირობებში ან მოძრა ლაბორატორიებში.

გადასათანი ხელსაწყოები ძირითადად განკუთვნილია წყალსატევებში წყლის ხარისხზე ექსპრეს-ინფორმაციის მისაღებად. ეს ხელსაწყოები შეიძლება დაიდგას ნავეებზე, წყალსატევების ნაპირებზე, ან ნაპირზე მოწყობილ სპეციალურ ნაგებობებზე. ხელსაწყოები წყლის ხარისხის ექსპრეს-ანალიზისათვის სერიულად მზადდება როგორც ყოფილ საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებში, ასევე საზღვარგარეთის სხვადასხვა ფირმებში.

რაც შეეხება წყლის ხარისხის კონტროლის ავტომატიზირებულ სისტემებს ისინი უკვე კარგა ხანია მოწყობილია სხვადასხვა წყალსატევებზე წყალსამეურნეო კომპლექსების ეფექტური მართვის მიზნით. მაგალითად, მდინარის გარკვეულ მონაკვეთზე, რომლის სიგრძეც შეიძლება რამდენიმე ასეული კილომეტრიც კი იყოს ეწყობა საკონტროლო სადგურები, საიდანაც მართვის ცენტრში თავს იყრის ინფორმაცია წყალსატევის ფიზიკურ, ქიმიურ და ჰიდროგეოლოგიური მახასიათებლების შესახებ. ეს მონაცემები სწრაფად მუშავდება ელექტრონულ-გამომთვლელ მანქანებზე, რაც საშუალებას იძლევა ოპერატიულად მოიძებნოს წყალსატევის გამაბინძურებელი წარმოება თუ ობიექტი.

წყლის ხარისხის კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემა შექმნილია მოსკოვის წყლის აუზისათვის, რომელიც აერთიანებს რამდენიმე ათეულ ავტომატიზირებულ სადგურს და დამატებითი გაზომვის

პუნქტებს. ასეთივე სისტემა პერსპექტივაში ნავარაუდევია მოეწყოს. სხვა რესპუბლიკებშიც.

წყლის ხარისხის კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემის ძირითადი ამოცანაა არა მარტო კონტროლი, არამედ წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენება და მართვა, რასაც საფუძვლად უდევს სისტემური ანალიზი.

7.1.4. წყლის ეკოსისტემების ბიონდიკაცია

ბიოლოგიურ ინდიკაციაში იგულისხმება გარემოს შეფასება ცოცხალი ორგანიზმების რეაქციის მიხედვით. ცოცხალი ორგანიზმებიდან ბიონდიკატორებად გამოიყენებიან ცხოველები, მცენარეები და მიკროორგანიზმები.

საერთოდ ბიონდიკაცია როგორც გარემოს შეფასების ხერხი ახალი არ არის. ვარაუდობენ რომ ბიონდიკაცია ჯერ კიდევ ანტიკური სამყაროს მეცნიერთათვის იყო ცნობილი. დღეს კი ბიონდიკაციაზე, ბიომონიტორინგზე, ეკოტოქსიკოლოგიაზე საკმაოდ ბევრი შეიძლება ითქვას; ფუნდამენტალური შრომებია გამოქვეყნებული საფრანგეთში, შვეიცარიაში, პოლონეთში, აშშ და ა. შ.

ძალაუვნებურად იბადება კითხვა, თუ რა პერსპექტივა გააჩნია გარემოს გაბინძურების ასეთ ინდიკატორებს და რატომ არის ამ ბოლო დროს სპეციალისტთა ყურადღების ცენტრი ამ პრობლემაზე გადატანილი. ჯერ ერთი, რაც მთავარია, ცოცხალი ორგანიზმის რეაქცია საშუალებას იძლევა შეფასდეს გარემოზე ანთროპოგენული დატვირთვების ის მნიშვნელობები, რომლებიც ცოცხალი ორგანიზმების ბიოლოგიაზე მოქმედებენ, რომელთა გავრცელება უკვე შედარებით ადვილად შეიძლება აღამიანზე. ფიზიკური ფაქტორები ან ქიმიური ნაერთები, რომლებიც გარემოზე ნეგატიურად ზემოქმედებენ ძალიან ხშირად კონტროლის სამსახურების მიერ შეიძლება ამა თუ იმ მიზეზის გამო შეუმჩნეველი ან დაუფიქსირებელი დარჩეს, მაშინ როდესაც ყოველივე აღნიშნულს ბიონდიკატორები ინტეგრალურად „იმახსოვრებენ“ და ა. შ.

საერთოდ ყველა ბიოლოგიური სისტემები — ეს ორგანიზმები იქნება, პოპულაციები თუ ბიოცენოზები — განვითარების გზაზე შეგუენ თავიანთი ადგილსამყოფელის ფაქტორთა კომპლექსებს.

თითოეულ ორგანიზმს გააჩნია მასზე მოქმედი სხვადასხვა ფაქტორების მიმართ ტოლერანტობის უნიკალური ფიზიოლოგიური დიაპა-

ზონი. თუ ფაქტორი რომელიც მოქმედებს ცოცხალ ორგანიზმებზე ხასიათდება ძალიან მაღალი ან დაბალი ინტენსივობით, მაგრამ მომავლდინებელი არ არის, მაშინ ორგანიზმი იმყოფება ფიზიოლოგიურ პესიმუში. ამ ინტენსივობის ოდნავ შეცვლას მაქსიმუმისკენ ან მინიმუმისკენ შეუძლია ორგანიზმის დაღუპვა გამოიწვიოს. როგორც წესი ტოლერანტობის ფიზიოლოგიური დიაპაზონი განსხვავებულია, როგორც სხვადასხვა ასაკის ორგანიზმებისათვის, ასევე ამა თუ იმ ჯიშის სახესხვაობისათვის.

ბიონდიკაცია დღეს მეცნიერების ცალკე მიმართულებაა და მასზე დეტალურად არ შეგჩერდებით, თუმცა აღვნიშნავთ, რომ სწორედ ორგანიზმების ეს ფიზიოლოგიური ტოლერანტობა უდევს საფუძვლად წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ხარისხის შეფასებას.

ბიონდიკაციის მეთოდით წყლის ხარისხის შესწავლის ერთ-ერთი საპასუხისმგებლო მომენტია კორელაციური კავშირების დამყარება წყლის გაბინძურებასა და ორგანიზმების რეაქციას შორის. მაგალითად, წყლის გაბინძურების სხვადასხვა ხარისხის დროს თევზ-ინდიკატორს შეიძლება ჰქონდეს შემდეგი რეაქცია: მუდმივად იყოს წყლის ზედა ან ქვედა ფენაში, იწვევს ზურგზე ან გვერდზე, დაკარგული ჰქონდეს მოძრაობის კოორდინაცია და ა. შ. სხვადასხვა ქვეყნებში თევზ-ინდიკატორებად სხვადასხვა ჯიშის თევზებს იყენებენ, მაგალითად, აშშ, კანადაში, შვეიცარიაში — კალმახს და ჭანარს, იტალიაში — სპეციალური ჯიშის ორაგულს და კარჩხანას და ა. შ.

ბიოცენოზებს წყლისა და ხმელეთის სასაზღვრო ზოლზე უჭირავთ საშუალოდ მდგომარეობა წყლისა და ხმელეთის ეკოსისტემებს შორის. ამიტომ წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ბიონდიკაცია შესაძლებელია სასაზღვრო ზოლის მცენარეულობით, კერძოდ წყალმცენარეებითა და ლელით (ლერწამით). სასაზღვრო ზოლის მცენარეულობაზე გავლენას ახდენს: შლამის დაგროვება, წყალსატევის ევტროფიკაცია, ნავთობპროდუქტებით გაბინძურება, მოწამვლა, მინერალიზაცია, მძიმე ლითონები და ა. შ.

საერთოდ წყლის ეკოსისტემების გაბინძურება გავლენას ახდენს სანაპირო ზოლის მცენარეულობაზეც — ტყეზე, ბუჩქნარზე, ბალახეულზე და ა. შ. ამჟამად მიმდინარეობს გამოკვლევები მათი ბიონდიკატორებად გამოყენებისათვის.

7.1.2. წყლის ხარისხის „ფონური“ მახასიათებლების დადგენა

წყლის ხარისხის რეალური „ფონური“ მახასიათებლების გარკვევა განაპირობებს წყალსატევის გაბინძურების სწორ შეფასებას და წყალ-დაცვითი ღონისძიებების ეფექტურობას.

წყლის „ფონური“ მახასიათებლების შესწავლა სწარმოებს წყალ-სატევეებში ციკლურობისა და სეზონურობის, ჰიდროლოგიური რეჟიმების გათვალისწინებით. ამრიგად მიღებული ინფორმაცია ძალიან ხშირად საფუძვლად ედება სათანადო საპროგნოზო მოდულების შემუშავებას.

„ფონური“ მახასიათებლების შესწავლის დროს აუცილებელია შესაფასებელი კონკრეტული ჰიდროქიმიური ცვლადების გამოვლენა, დაკვირვებების აუცილებელი დროის განსაზღვრა და სტატისტიკური თუ გრაფიკული ინფორმაციის წარმოდგენის ფორმების დადგენა.

აღნიშნული პრობლემების გადასაჭრელად თუ რა მათემატიკური აპარატი იქნას გამოყენებული ეს დამოკიდებულია არა მარტო დასმულ ამოცანაზე, არამედ კვლევის სიღრმეზე, მკვლევარის ერუდიციაზე და ბოლოს თუ გნებავთ იმ აპარატურა-მოწყობილობაზე, რომლებიც გამოიყენება ინფორმაციის შესაგროვებლად და დასამუშავებლად.

მაგალითად, „ფონური“ მახასიათებლების დადგენის დროს წყალ-სატევეებში სეზონური ციკლურობის გასათვალისწინებლად საჭიროა ჩატარდეს წინასწარი მეთოდოლოგიური სამუშაოები. კერძოდ საჭიროა სეზონური ციკლების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი ასახვა, რისთვისაც პირველ რიგში უნდა გამოიყვეთოს ის ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ სეზონური ციკლების რიცხობრივ პარამეტრებზე. შესწავლილ უნდა იქნეს ფაქტორების გავლენა სეზონურ ციკლების დროით პარამეტრებზე, სეზონური ციკლების პარამეტრების ურთიერთდამოკიდებულება და ა. შ.

ჰიდროლოგიური მახასიათებლების შესწავლის დროს აუცილებელია გამოიყენონ ალბათურ-სტატისტიკური მეთოდები, მითუმეტეს დღეს, როდესაც ამოთვლითი ტექნიკის არსენალი ასე გაფართოვდა; აქ განსაკუთრებული ყურადღება უნდა დაეთმოს მახასიათებლების დასაბუთებულ აპროქსიმაციას სტაციონალური თუ არასტაციონალური შემთხვევითი პროცესების არსებული მათემატიკური მოდულებით.

7.2.2. ფსკერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა

წყალსატევებში ფსკერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა იძლევა დამატებით ინფორმაციას, რომელიც უფრო სრულყოფილს ხდის წყლის სინჯის ქიმიური ანალიზის მონაცემებს. მდინარეების ფსკერული ნალექები განიცდიან წყლის ნაკადის ცვალებად ზემოქმედებას დიდი დროის განმავლობაში და ამიტომ ისინი ინტეგრატორის როლში გვევლინებიან.

ფსკერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრის დროს გასათვალისწინებელია არა მარტო ნალექებში არსებული ნივთიერებათა ქიმიური შედგენილობა, არამედ მათი იქ ყოფნის დრო, ქიმიური რეაქციები რომლებიც მიმდინარეობს აღნიშნულ ფენებში და სხვ.

თუ რა პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება ფსკერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრას ეს კარგად ჩანს მდ. სამხრეთ პლატზე (კოლორადოს შტატი, აშშ) ჩატარებული გამოკვლევებიდან. დენვერის რაიონში, სადაც მოწყობილი იყო სტაციონალური დაკვირვების საგუშაგოები თებერვლის, აგვისტოსა და აპრილის თვეებში ჩატარდა ფსკერული ნალექების გეოქიმიური ანალიზი. სინჯების აღება სწარმოებდა მდინარეში შედარებით მცირე ხარჯების დროს. გამოკვლევების შედეგად ააგეს კოორდინაციური კავშირები ფსკერული ნალექების ნაწილაკების ზომებსა, წყალში ჩაშვებული გამაბინძურებლების (მძიმე ლითონების, საერთო აზოტის, ფოსფორის) კონცენტრაციებსა და ნალექებში ორგანული ნივთიერებების პროცენტულ შემცველობას შორის. მდინარის სიგრძეზე კალაპოტის გეოქიმიური პროფილის ანალიზი აჩვენებდა, რომ გამაბინძურებლების მდინარეში შეყურსული და განზნევიით ჩაშვების გავლენა წყლის ხარისხზე მდინარის ყველა კვეთში სხვადასხვაა, თუმცა რამდენიმე კვეთში შეინიშნება კადმიუმის კონცენტრაციის ანომალური პიკი, რაც დაკავშირებულია ერთ-ერთი საწარმოს მიერ გამაბინძურებლების ლოკალურ ჩაშვებაზე.

ამჟამად შექმნილია სხვადასხვა მათემატიკური მოდელი, რომლებიც საშუალებას იძლევიან გაანალიზდეს ქიმიური კომპონენტების მიგრაცია და აკუმულაცია როგორც მდინარის ფსკერულ ნალექებში, ასევე მდინარის დელტაში.

7.2.3. წყალსატევებში წყლის ხარისხის დინამიკური შეფასება

წყალსატევებში წყლის ხარისხის დინამიკის ასახვა შესაძლებელია წყალმოსმარების კვეთში წყლის გაბინძურების მაქსიმალური, საშუალო-ინტეგრალური და ინტეგრალურ-კვადრატული შეფასებით, რისთვისაც მიზანშეწონილია შემდეგი კრიტერიუმების გამოყენება:

$$C_{\text{მაქს.}} = \max C_j(t) \rightarrow \min Q(t), q(t)$$

$$C_{\text{საშ.}} = m C_j = \frac{1}{T} \int_0^T C_j(t) dt \rightarrow \min Q(t), q(t)$$

$$C_{\text{საშ.კვ.}}^2 = m^2 C_j + \sigma^2 C_j = \frac{1}{T} \int_0^T C_j^2(t) dt \rightarrow \min Q(t), q(t)$$

სადაც C არის გაბინძურების კონცენტრაცია, $Q(t)$ და $q(t)$ — სათანადოდ მდინარისა და გამაბინძურებელი ჩამდინარე წყლის ხარჯების ვარიაცია, m და σ — სათანადოდ მათემატიკური მოლოდინი და საშუალო კვადრატული გადახრა, ინდექსი „ j “ — საანგარიშო კვეთის აღნიშვნა, T , t — დრო.

პირველი კრიტერიუმის გამოყენების შემთხვევაში განმსაზღვრელია მდინარის საშუალო დონე, სწორედ ამ კრიტერიუმებით შეიარჩევა უპირატესად მთელი რიგი წყალდაცვითი სისტემები, განსაკუთრებით როდესაც საჭიროა მათი პარამეტრების ოპტიმიზაცია. ამავე დროს მთელი რიგი ამოცანების გადაწყვეტისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება წყლის გაბინძურების ინტეგრალურ მაჩვენებელს, რომელიც ასახავს სანიტარულ და ეკონომიკურ ზარალს, ამა თუ იმ ღონისძიებაზე გატარებულ ჯამურ დანახარჯებს და ა. შ. რაც შეეხება ინ-

ტეგრალურ-კვადრატულ შეფასებას იგი საჭიროა კომპრომისული გადაწყვეტებისათვის.

აღნიშნული კრიტერიუმები გამოდგება არა მარტო წყალსატევებში წყლის ხარისხის დინამიკური შეფასებისათვის, არამედ ოპტიმიზაციის ამოცანების გადასაქრელად. კერძოდ მდინარისა და ჩამდინარე წყლის ხარჯების სამართავად. თუ როგორ გავლენას ახდენს $Q(t)$ და $q(t)$ სიდიდეების მართვა $C_{ნაჰს}$ და $C_{ნაგ-ჰ}$ კრიტერიუმებზე შეიძლება გაირკვეს აბსტრაქტული ამოცანის დასმითა და მისი ანალიზითაც კი.

მართლაც, თუ T დროში ჩამდინარე წყლის მოცულობას ავლნიშნავთ

$$\omega_0 = \int_0^T q(t) dt, \text{ მდინარის გამაზავებელი წყლის მოცულობას } W_0 = \\ = \int_0^T Q(t) dt, \text{ ხოლო } C_3 = qC_8 / (\mu Q + q) \text{ (სადაც } C_8 \text{ არის გამაბინძურებე-}$$

ლი ჩამდინარე წყლის კონცენტრაცია, μQ -მდინარის ჩამონადენის ნაწილი, რომელიც შერევაში მონაწილეობს), შეიძლება მოიძებნოს $\omega(t)$ და $W(t)$ ფუნქციების ოპტიმალური მნიშვნელობა, რომლებიც ზემოთგანხილულ კრიტერიუმებს მინიმალურ მნიშვნელობას მიაჩივებენ.

თუ გამოვიყენებთ სასაზღვრო პირობებს $\omega(0) = \omega_0$, $\omega(T) = 0$; $W(0) = W_0$, $W(T) = 0$ და შემოვალვით აღნიშვნებს: $a = m_0^2 / \sigma_0^2$ (a -მდინარის ჩამონადენის ვარიაციის კოეფიციენტის კვადრატის შებრუნებული სიდიდე), $\xi = Q/m_0$ (ξ -მდინარის ჩამონადენის მოდულური კოეფიციენტი), $\gamma = q/m_0$ (γ -გაბინძურებული ჩამდინარე წყლის მოდულური კოეფიციენტი) და ამავე დროს დაეუშვებთ რომ მდინარის საანგარიშო კვეთში ჩამონადენის არასტაციონარობა გამა-განაწილების კანონს ექვემდებარება, არც თუ ისე რთული გარდაქმნების შედეგად მივიღებთ წყლის გაბინძურების საშუალოინტეგრალური და ინტეგრალურ-კვადრატული შეფასებისათვის შემდეგ მარტივ გამოსახულებებს

$$C_{ნაგ} = \gamma \frac{aC_8}{a-1} \text{ და } C_{ნაგ-ჰ} = \frac{\gamma a C_8}{\sqrt{(a-1)(a-2)}}.$$

არსებობს წყალსატევებში წყლის ხარისხის დინამიკური შეფასების სხვა მოდელებიც, რომლებზედაც აქ აღარ შევჩერდებით.

**წყლის ეკოსისტემებთან დაკავშირებული პროგნოზირების,
დიაგნოსტიკის, ოპტიმიზაციისა და მართვის ზოგიერთი
საკითხი**

**8.1. პროგნოზირებისა და დიაგნოსტიკის მათემატიკური
მოდელები**

**8.1.1 გლობალური ეკოლოგო-ეკონომიკური მოდელი
„განახლებადი წყლის რესურსები — წყალმომხმარებელი“**

ამჟამად რიგ რეგიონებში ანთროპოგენული დატვირთვების შედეგად არა მარტო შემცირდა მდინარეების ჩამონადენი, არამედ გაბინძურებამაც მიაღწია ისეთ ზღვარს, რომ მათი პრაქტიკული გამოყენება შესაძლებელია მხოლოდ საკმაოდ ძვირადღირებული გაწმენდის შემდეგ. ასეთ სიტუაციაში ცხადია, წყალმომხმარების პროგნოზირებას წყლის ეკოსისტემების „სამართავად და შესანარჩუნებლად“ უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

1970 წლიდან მუშავდება კომპლექსური გლობალური მოდელები (საერთაშორისო არაკომერციული ორგანიზაციის — „რომის კლუბის“), რომელშიაც განხილულია ბუნებრივი რესურსების, მოსახლეობის ზრდის დინამიკისა და კეთილდღეობის საკითხები და სსკ. მაგრამ წყლის ეკოსისტემების პროგნოზირებას ამ მოდელებში სათანადო ყურადღება არ აქვს დათმობილი. სწორედ აღნიშნულმა განაპირობა ეკოლოგო-ეკონომიკური მოდელის „განახლებადი წყლის რესურსები — წყალმომხმარებლის“ შექმნა, რომელიც შეიძლება გამოიყენონ რეგიონალური და გლობალური პროგნოზირებისათვის.

„განახლებადი წყლის რესურსები — წყალმომხმარებელი“ — სისტემას გააჩნია დიდი ინერციულობა და ჰიპოთეზა ამ სისტემის მომავალი მდგომარეობის შესახებ (ცხადია არა შორეულ პერსპექტივაში) შეიძლება აისახოს რეტროსპექტიული ინფორმაციით. სისტემის მოდელის ანალიზური სახით გამოსახვა, როგორც პირველ-ინდუქციურ, ასევე მეორე-დედუქციურ ეტაპზე შერჩეული კანონზომიერებას საშუალებით შესაძლებლობას იძლევა მოიძებნოს საპროგნოზო ნიშან-თვისება. ამავდროს სასურველია აღნიშნული კანონზომიერების კორექტირება მოხდეს ექსპერტული შეფასებებით. ვინაიდან საკითხისადმი ასეთი კომპლექსური მიდგომა საკმაოდ ამცირებს ცდომილებას.

როგორც გამოკვლევებმა აჩვენა მდინარეების საშუალო წლიური ჩამონადენის შემცირება, მდინარეებში წყლის ხარისხის გაუარესება. წყალმომხმარებლის ზრდა და ა. შ. დროის მიხედვით შეიძლება მიახლოებით აისახოს ლოგისტიკური მრუდით.

საპროგნოზო მოდელი ითვალისწინებს შემდეგ პარამეტრებს: W_1 —წყალმომხმარებლის ჯამურ მოცულობას t დროის მომენტში; W_{1i} — i -კატეგორიის (კომუნალური მეურნეობა, მრეწველობა, სოფლის მეურნეობა და ა. შ.) წყალმომხმარებას t დროის მომენტში; α_i — i -კატეგორიის წყალმომხმარების ზრდის პარამეტრს; β_i — i -კატეგორიის წყალმომხმარების შემცირების (საცირკულაციო და მიმდევრობითი სისტემების მოწყობით, ტექნოლოგიური სქემების დახვეწით და ა. შ.) პარამეტრს; U_1 —წყალმომხმარების შემდეგ დაკარგულ (უქანდაუბრუნებელ) წყლის მოცულობებს t დროის მომენტში; V —განახლებადი წყლის პოტენციურ რესურსის მოცულობას; V_1 —განახლებადი წყლის რესურსს ანთროპოგენური ზემოქმედების შემდეგ t დროის მომენტში; γ_1 —ანთროპოგენული ზემოქმედებით განახლებადი წყლის რესურსის მოცულობის შემცირების კოეფიციენტს; \tilde{V}_1 —განახლებადი წყლის რესურსის მოცულობას, რომლას გამოყენება შესაძლებელია სპეციალური (ძვირადღირებული) გაწმენდის გარეშე t დროის მომენტში; ζ_1 —ჩამდინარე წყლების განზაფების კოეფიციენტს t დროის მომენტში; δ_1 —კოეფიციენტს, რომელიც ვულისხმობს $\gamma_1 V$ რესურსის გამოყენების შესაძლებლობას.

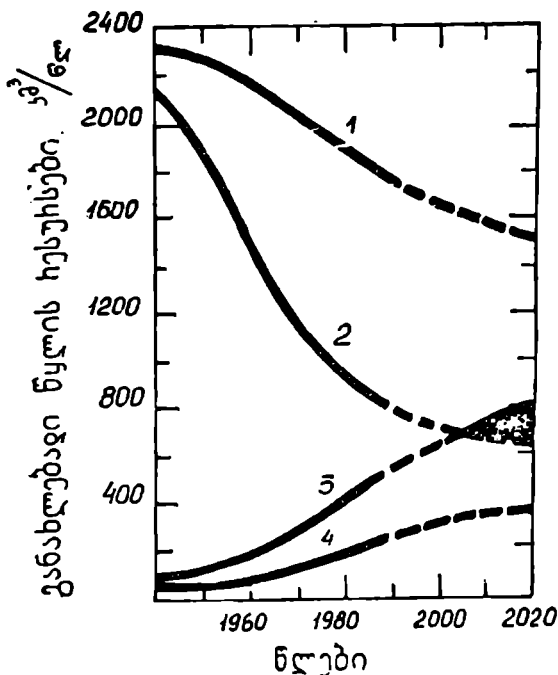
ვთვით რა საშუალებია მათემატიკურ, ვარდაქმნებს შეიძლება დავწერათ

$$\tilde{V}_1 = V - \gamma_1 V - \gamma_1 \delta_1 V - \zeta_1 (W_1 - U_1),$$

რაც საშუალებას იძლევა დროის ნებისმიერ მომენტში $\Delta_1 = \tilde{V}_1 - W_1$ გამოსახულებს დახმარებით განისაზღვროს წყალსატევში იმ სუფთა წყლის რესურსი, რომლის გამოყენებაც შესაძლებელია სპეციალური გაწმენდის გარეშე. აქვე აღბათ ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ $\tilde{V} = f(t)$ და $W = f(t)$ მრუდების გადაკვეთას წერტილი შეესაბამება დროის იმ კრიტიკულ t^* მომენტს, როდესაც წყალსატევში სუფთა წყლის რეზერვი ამოწურული იქნება (ნახ. 46).

განხილული მოდელი საშუალებას იძლევა ჩატარდეს არა მარტო ეკოლოგიური, არამედ ეკონომიკური ანალიზი და დაისახოს პრაქტიკული ღონისძიებანი Δ_1 სიდიდის გასაზრდელად და t^* კრიტიკული

წერტილის მარჯვნივ გადასაწევად (ნახ. 46), ე. ი. „სულთა“ წყლის რესურსების გასაზრდელად და დიდხანს შესანარჩუნებლად.



ნახ. 46. უოვილი საბჭოთა კავშირის ანახლებად წყლის რესურსის პროგნოზული ცვალებადობა

8.1.2. წყალსატევების გაბინძურების დიაგნოსტიკა („წყალსატევი — ჩამდინარე წყლები“)

წყალსატევების ჩამდინარე წყლებით გამოწვეულ გაბინძურების დიაგნოსტიკას უალრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მთელი რიგი პრაქტიკული თუ თეორიული ამოცანების გადასაწყვეტად. წყლის ეკოსისტემების დაცვის საკითხები მკიდროდაა დაკავშირებული სისტემის — „წყალსატევი — ჩამდინარე წყლები“ დინამიკასთან, რაც განპირობებულია, მაგალითად მდინარეში წყლის ხარჯის ფლუქტუაციით, გამწმენდი ნაგებობების მუშაობის ეფექტურობის, ანუ ჩამდინარე წყლების მოცულობებისა და გაბინძურების ხარისხის შეცვლით და სხვ.

ცალკეულ შემთხვევებში ამ ფაქტორების ვარიაცია არ ატარებს ისეთ ხასიათს, რომ მათი გათვალისწინება აუცილებელი იყოს აღნიშნული სისტემისათვის, მაგრამ ზოგჯერ მათ გაუთვალისწინებლობას შეიძლება არასასურველი შედეგები მოჰყვეს. ვინაიდან დანახარჯები სისტემის („წყალსატევი-ჩამდინარე წყლები“) მოსაწესრიგებლად, ისევე როგორც წყალსატევის გაბინძურებით გამოწვეული ზარალი საკმაოდ მნიშვნელოვანია, ამიტომ აუცილებელია ისეთი მეცნიერულად დასაბუთებული გადაწყვეტის მიღება, რომელიც მოცემული რისკითა და ეკონომიკური ფაქტორების გათვალისწინებით განსაზღვრავს დროის იმ მომენტს, როდესაც მართლა საჭირო იქნება სისტემის მოწესრიგება.

დავუშვათ მდინარეში რომლის საანგარიშო ხარჯია — Q_0 , ხოლო ფონური გაბინძურება — C_0 , საანგარიშო კვეთს ზემოთ ნებისმიერი 1, 2, ..., n პუნქტებში აღდგილი აქვს ჩამდინარე წყლების ჩაშვებას სათანადოდ q_1, q_2, \dots, q_n ხარჯებითა და C_1, C_2, \dots, C_n გაბინძურების კონცენტრაციებით. საჭიროა განისაზღვროს საანგარიშო კვეთში გაბინძურების თუ რა კონცენტრაციების დროს (რომელიც ზღვრულად დასაშვებ მნიშვნელობებს აღემატება) არის საჭირო ჩარევა (გამწმენდი ნაგებობების სიმძლავრეების გაზრდა, რემონტი, რეკონსტრუქცია, ჩამდინარე წყლების რეგულირება და ა. შ.) რათა მოწესრიგდეს სისტემა — „წყალსაცავი-ჩამდინარე წყლები“.

დასმული ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია თანამედროვე ტექნიკური დიაგნოსტიკის აპარატის გამოყენებით, კერძოდ გამოცნობის პროცესი შეიძლება ჩატარდეს ერთი პარამეტრით — C_0

დიაგნოზის დასმის დროს შეიძლება დაშვებული იქნას ორი სახის შეცდომა. პირველი — „ცრუ განგაში“. როდესაც დაისვა დიაგნოზი (D_1) წყალსატევის საანგარიშო კვეთში სანიტარული მდგომარეობის გაუარესების შესახებ და სინამდვილეში კი გაბინძურება ნორმალურია. და მეორე — „დეფექტის გაშვება“, როდესაც სანიტარული მდგომარეობა სინამდვილეში გაუარესებულია, მაგრამ ვთვლით რომ გაბინძურება ნორმის ფარგლებშია (D_2). ასეთ სიტუაციაში, ცხადია, შესაძლებელია შემდეგი გადაწყვეტილებების მიღება H_{12} — დეფექტის გაშვება, H_{21} — ცრუ განგაში, H_{11} და H_{22} — სწორი გადაწყვეტილება (პირველი ინდექსი აჩვენებს დაშვებულ დიაგნოზს, ხოლო მეორე რეალურ სიტუაციას).

დავუშვათ ცრუ განგაშისაგან გამოწვეული ზარალი ტოლია I_{21} , დეფექტის გაშვებით — I_{12} , მაშინ სწორი გადაწყვეტილებით მიღებულ ზარალი $I_{11} = I_{22} = 0$.

ზემოთ შემოტანილი აღნიშვნების საფუძველზე მიღებული გადაწყვეტილების საშუალო რისკი შეიძლება შემდეგი გამოსახულებით შევადგინო

$$R = I_{11}P_1 \int_{-\infty}^{C_{30}} f(C_3 / D_1) dC_3 + I_{21}P_1 \int_{C_{30}}^{\infty} f(C_3 / D_1) dC_3 +$$

$$+ I_{12}P_2 \int_{-\infty}^{C_{30}} f(C_3 / D_2) dC_3 + I_{22}P_2 \int_{C_{30}}^{\infty} f(C_3 / D_2) dC_3,$$

სადაც $P_1 \int_{C_{30}}^{\infty} f(C_3 / D_1) dC_3$ არის ცრუ განგაშის ალბათობა;

$P_2 \int_{-\infty}^{C_{30}} f(C_3 / D_2) dC_3$ — დეფექტების გაშვების ალბათობა;

$P_1 \int_{-\infty}^{C_{30}} f(C_3 / D_1) dC_3$ და $P_2 \int_{C_{30}}^{\infty} f(C_3 / D_2) dC_3$ — სწორი გადაწყვეტი-

ლების ალბათობა; $P_1 = P(D_1)$ და $P_2 = P(D_2)$ — სათანადოდ D_1 და D_2 დიაგნოზების აპრიორული ალბათობები; $f(\cdot)$ — სადიაგნოზო პარამეტრის ალბათობის სიმკვრივე.

მიღებული გამოსახულების ინტერპრეტაცია შესაძლებელია სწავლასხვა მეთოდებით, მაგალითად მინიმალური რისკის მეთოდით, ნეიმან-პირსონის მეთოდით და ა. შ. ამ მეთოდების გამოყენება დიდ სირთულეს არ წარმოადგენს.

8.1.3. წყალსატევების გაბინძურების პროგნოზირების
ზოგიერთი მოდელი

წყალსატევების გაბინძურების პროგნოზირებისათვის ამჟამად არსებობს სხვადასხვა სახის მათემატიკური მოდელები, როგორც ჩვენში, ასევე საზღვარგარეთ. ქვემოთ მოცემულია რამდენიმე მოდელი, რომლებიც შემოწმებული იყო შავი ზღვის აუზის მდინარეების გაბინძურების შესწავლისა და მათი პროგნოზირების დროს. აღნიშნული მოდელები საშუალებას იძლევა პროგნოზირება გაუკეთდეს მდინარეების ჰიდროქიმიური მაჩვენებლების არა მარტო სეზონურ, არამედ მრავალწლიურ ცვალებადობასაც.

მრავალწლიური პროგნოზირებისათვის შეიძლება გამოიყენონ შემდეგი ანალიზური გამოსახულება

$$N_t = N_0 \left(1 - \sum_{i=1}^n \frac{K - \alpha(t)}{100} \right)$$

სადაც N_t — არის საპროგნოზო პარამეტრის ცვალებადობა t დროის განმავლობაში; N_0 — საპროგნოზო პარამეტრის ბაზისური მნიშვნელობა.

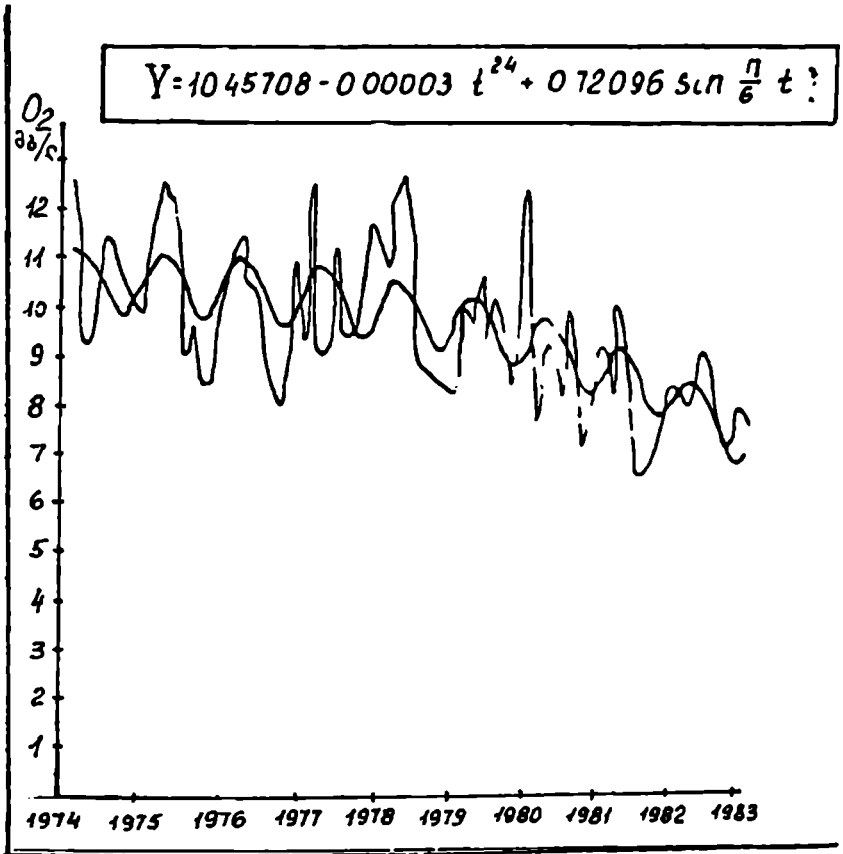
K -საპროგნოზო პარამეტრის პროცენტული ცვალებადობა ბაზისური მონაცემების საწყის ეტაპზე; $\alpha(t)$ -ტენდენცია პროცენტებში, რომელიც გამოხატავს K -ს ცვალებადობას.

აღსანიშნავია, რომ $\alpha(t)$ -ს მნიშვნელობა პროგნოზის სიზუსტისაგან გამომდინარე შეიძლება იყოს მუდმივი ან ცვლადი. რაც შეეხება K -ს მნიშვნელობას იგი შეიძლება განისაზღვროს შემდეგი დამოკიდებულებით

$$K = \frac{100(N_0 - N_1)}{N_0},$$

სადაც N_1 არის საპროგნოზო მნიშვნელობა პირველივე პიკზე. ბიჯის მნიშვნელობა კი შეირჩევა საპროგნოზო პარამეტრის ბუნებისაგან გამომდინარე.

ნახ. 47 და 48 მოცემულია რეგრესიულ ანალიზის საფუძველზე მიღებული კიდევ რამდენიმე საპროგნოზო მოდელი და მათი აპროქსიმაციის შედეგები.

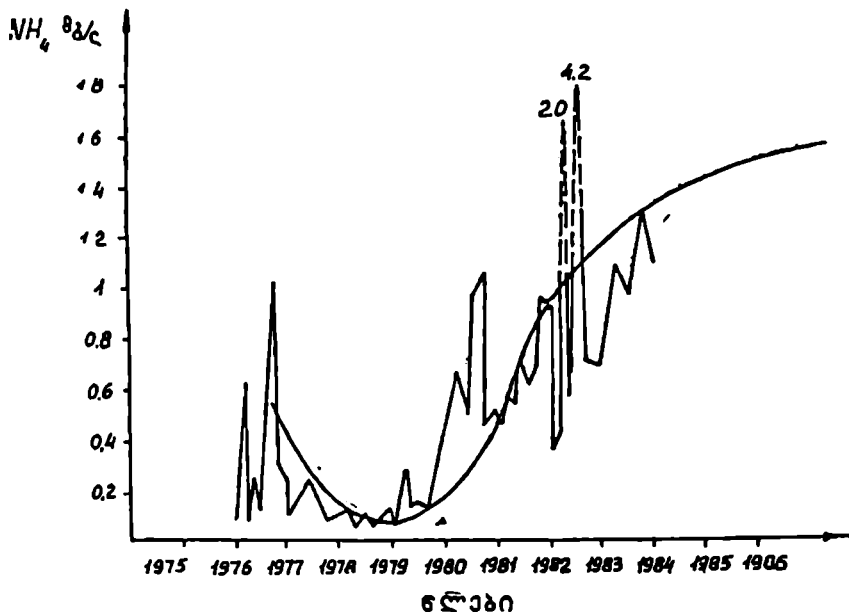


ნახ. 47. გაზსნილო ეანგბადის კონკენტრაციის ცვალებადობის პროგნოზირება.

8.1.4. წყლის ხარისხის მარეგლამენტირებელი პარამეტრის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნების ალბათობის შეფასება

წყალსატევში ჩამდინარე წყლის ხარისხის მარეგლამენტირებელი პარამეტრის ცვალებადობა დროის მიხედვით წარმოადგენს შემთხვევიო ფუნქციას $\Pi(t)$, რომელსაც გააჩნია ქვედა $\Pi_1(t)$ და ზედა $\Pi_2(t)$ ზღვრები. ეს ზღვრები სიტუაციისაგან ან დასმული ამოცანისაგან გა-

$$y = 0.27 \cdot 0.90 \cdot 10^{-2} x - 0.14 \cdot 10^{-2} x^2 + 0.36 \cdot 10^{-4} x^3 - 0.24 \cdot 10^{-6} x^4$$



ნახ. 48. ამონიუმის მარილულის კონცენტრაციის ცვლადობის პროგნოზირება.

მომდინარე შეიძლება იყოს როგორც დეტერმინირებული, ასევე ცვალებადი, რომელიც კვლავ შემთხვევითი ფუნქციით აღსაზოს.

ალბათობა იმისა რომ წყლის ხარისხის მარეგლამენტირებელი ესა თუ ის პარამეტრი t დროის განმავლობაში დარჩება აღნიშნულ საზღვრებში შეიძლება შემდეგი პირობით ჩაიწეროს

$$P_n(t) = \text{Bep} [\Pi_f(t) < \Pi(t) < \Pi_s(t)].$$

მიღებული გამოსახულების ზოგადი ამოხსნა დღეს პრაქტიკულად შეუძლებელია თუმცა მისი ინტერპრეტაცია გარკვეული გამარტივების შედეგად შესაძლებელია. კერძოდ, $\Pi(t)$ შემთხვევითი პროცესისათვის შეიძლება მოიძებნოს ის საანგარიშო დრო $t_{\text{საან}}$, რომელშიაც მარეგლამენტირებელი პარამეტრის დასაშვებ ზღვრებს გარეთ გასვლის ალბათობა მეტია, ვიდრე დროის დანარჩენ მომენტებში. რაც შეეხება

შემთხვევით ფუნქციებს ისინი შეიძლება შემთხვევითი სიდიდეებით შეიცვალოს, რომელთა ალბათობების სიმკვრივე სათანადოდ იქნება $f(\Pi)$, $f(\Pi_j)$ და $f(\Pi_s)$. გაანგარიშებების გამარტივების მიზნით მოხაზა. შეწონილია შემოღებული იქნას სხვა დაშვებებიც, კერძოდ ის რომ შემთხვევითი პროცესები სტაციონალურ-ნორმალურია, ხოლო შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების კანონები აგრეთვე ნორმალურია და სხვ.

არც თუ ისე რთული გარდაქმნების შედეგად წყლის ხარისხის მარეგლამენტირებელი პარამეტრის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნების ალბათობის განხილვის დროს შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სხვადასხვა საანგარიშო სქემას, ამიტომ შეეჩერდებით მხოლოდ რამდენიმეზე.

$\Pi(t)$ შემთხვევითი ფუნქციის (მარეგლამენტირებელი პარამეტრის), m_n — მათემატიკური მოლოდინითა და σ_n^2 — დისპერსიით, მუდმივ Π_j და Π_s საზღვრებს შორის შენარჩუნების ალბათობა t დროის განმავლობაში შეიძლება შემდეგი გამოსახულებით შეფასდეს

$$P_{11}(t) = \exp \left\{ -\frac{t}{2\pi} \sqrt{-\frac{\dot{K}_n(0)}{K_n(0)}} \left[e^{-(\Pi_s - m_n)^2 / (2\sigma_n^2)} + e^{-(\Pi_j - m_n)^2 / (2\sigma_n^2)} \right] \right\}$$

სადაც $K_n(\cdot)$ — მარეგლამენტირებელი პარამეტრის კორელაციური ფუნქციაა, ხოლო $\dot{K}_n(\cdot)$ — კორელაციური ფუნქციის მეორე რიგის წარმოებული.

თუ მარეგლამენტირებელ პარამეტრს განვიხილავთ როგორც შემთხვევით Π სიდიდეს, m_n — მათემატიკური მოლოდინითა და σ_n^2 — დისპერსიით, მაშინ მისი Π_j და Π_s მუდმივ საზღვრებს შორის შენარჩუნების ალბათობა ტოლი იქნება

$$P_n = \Phi_0 \left(\frac{\Pi_s - m_n}{\sigma_n} \right) + \Phi_0 \left(\frac{m_n - \Pi_j}{\sigma_n} \right) - 1,$$

$$\Phi_0(\cdot) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{(\cdot)} e^{-t^2/2} dt.$$

შესაძლებელია საჭირო იყოს მარეგლამენტირებელი პარამეტრის — Π (m_n — მათემატიკური მოლოდინითა და σ_n^2 — დისპერსიით), Π_j და Π_s საზღვრებს შორის შენარჩუნების ალბათობის შეფასება, როდესაც ეს უკანას-

კნელნი აგრეთვე შემთხვევითი სიდიდეებია, სათანადოდ m_{n_j} და m_{n_y} — მაკ-
თემატიკური მოლოდინითა და $\sigma_{y_j}^2$ და $\sigma_{y_y}^2$ — დისპერსიებით, მაშინ

$$P_n = \Phi_n \left(\frac{m'_{y_j}}{\sigma'_{y_j}} \right) \Phi_y \left(\frac{m'_{y_y}}{\sigma'_{y_y}} \right),$$

სადაც $m'_{y_j} = m_n - m_{n_j}$; $m'_{y_y} = m_{n_y} - m_n$:

$$\sigma_{y_j}^{\prime 2} = \sigma_{y_j}^2 \cos^2 \alpha + K \sin 2\alpha + \sigma_{y_y}^2 \sin^2 \alpha ;$$

$$\sigma_{y_y}^{\prime 2} = \sigma_{y_y}^2 \sin^2 \alpha - K \sin 2\alpha + \sigma_{y_j}^2 \cos^2 \alpha ;$$

$$K = -\sigma_n^2 ; \quad \sigma_{y_j} = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_{n_j}^2} \quad \sigma_{y_y} = \sqrt{\sigma_n^2 + \sigma_{n_y}^2}$$

ამრიგად, როგორც დავინახეთ წყლის ხარისხის მარკგლამენტრე
ბელი პარამეტრის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნების ალბათობის შე-
ფასების დროს, საჭიროა არა მარტო წყლის ხარისხზე დაკვირვებათა
რიგი, არამედ საჭიროა წინასწარ სტატისტიკური მახასიათებლების
დადგენაც (მათემატიკური მოლოდინის, დისპერსიის, კორელაციური
ფუნქციისა და ა. შ.).

8.2. ოპტიმიზაციისა და მართვის მოდელები

8.2.1. ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპტიმიზაცია „ნომინალის ოპტიმუმის“ მეთოდით

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიური რეჟიმის ოპტიმი-
ზაცია, ხშირად გამწმენდი ნაგებობების ტიპების, ტექნოლოგიური
პროცესისა და სხვ. შეუცვლელადაც კი საკმაოდ დიდ ეფექტს იძ-
ლევა.

აღნიშნული ამოცანის გადაწყვეტის დროს პირველ რიგში საჭიროა
ყველა იმ პარამეტრებიდან, რომლებიც მოქმედებენ ტექნოლოგიურ
პროცესზე, გამოიყოს ის მადომინირებელი პარამეტრი, რაზედაც არის
ძირითადად დამოკიდებული წყლის გაწმენდის ეფექტი. ამავე დროს
აუცილებელია გაირკვეს თუ რა გავლენას ახდენს მადომინირებელი
პარამეტრის ცვალებადობა გაწმენდის პროცესის ეკონომიკურ მახასია-

თებლებზე. მაგალითად, სალექარში წყლის დაყოვნების დრო ერთის მხრივ ზრდის ჩამდინარე წყლების დაწდომის ეფექტს, მაგრამ მეორე მხრივ ზრდის სალექარის ღირებულებას ამ უკანასკნელის პარამეტრების გაზრდის გამო. ან ფლოტაციის დროის ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების იძულებითი სელიმენტაციის დროს ჰაერის მექანიკური დისპერსირებით გაზრდა აუმჯობესებს გაწმენდის ეფექტს, მაგრამ ზრდის ელექტროენერგიის ხარჯს, ე. ი. საერთოდ გაწმენდის ღირებულებას და სხვ.

ანალოგიური გამწმენდი ნაგებობების ექსპლუატაციის პრაქტიკიდან ცნობილია, რომ მადომინირებელი პარამეტრის ცვლილების დროს ($\Pi \pm \Delta$) ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ხარისხი ნორმატივების ფარგლებშია და $f(\Pi)$ განაწილების სიმკვრივე ნორმალურ კანონს ექვემდებარება. ცხადია შესასწავლი ობიექტის ტექნოლოგიური პროცესისათვის განაწილების კანონი არ შეიცვლება, მხოლოდ ადგილი ექნება ნორმალური განაწილების კანონის ამსახველი მრუდის აბსცისათა ღერძზე გადანაცვლებას, ე. ი. მათემატიკური მოლოდინის \bar{x} -ს შეცვლას $\left(\text{საშუალო კვადრატული გადახრა } \sigma_n = \frac{\Delta}{3} \right)$.

დავკოთ აბსცისათა ღერძი რამდენიმე ზოლად, ვიქვათ 4 ზოლად ($i = 1, 2, 3, 4$), რომლებიც შეესაბამებიან გამწმენდი ნაგებობის მუშაობის, ანუ ტექნოლოგიური პროცესის სხვადასხვა რეჟიმებს. აღნიშნულის გამო ყოველ ზოლში მოხვედრილ ტექნოლოგიურ რეჟიმს ექნება განსხვავებული ღირებულება (C_i).

ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ეფექტურობა ასეთ სიტუაციაში შეიძლება შემდეგი გამოსახულებით შეფასდეს

$$\Theta = \sum_{i=1}^4 C_i \int_{\Pi_{i_0}}^{\Pi_{i_1}} f(\Pi) d\Pi,$$

სადა $\int_{\Pi_{i_0}}^{\Pi_{i_1}} f(\Pi) d\Pi$ არის Π პარამეტრის მოხვედრის ალბათობა i — ზოლში;

Π_{i_0} და Π_{i_1} — სათანადოდ ზოლის საწყისისა და ბოლოს ამსახველი კორდინატები m_n მათემატიკური მოლოდინის მიმართ. Θ -ს გამოსახულება რიცხობრივად ახსნათებს გამწმენდი ნაგებობის ეფექტურობას აბსცისათა

ღერძზე $f(\Pi)$ მრუდის საწყისი მდებარეობის დროს. ოპტიმიზაციის ამო-
ცანა ითვალისწინებს $f(\Pi)$ მრუდის ისეთი ახალი მდებარეობას მოძებნას
 Π ღერძზე (m_{n_0} — მათემატიკური მოლოდინით), რომლის დროსაც ტექ-
ნოლოგიური პროცესის ეფექტურობა მაქსიმალური იქნება და ამავე დროს
ეკონომიკური თვალსაზრისითაც გამართლებული. ეფექტურობის ოპტიმა-
ლური ფუნქცია განისაზღვრება ფორმულით:

$$\Xi_0(\Delta\Pi_0) = \sum_{i=1}^4 C_i \int_{\Pi_{i_0} + \Delta\Pi_0}^{\Pi_{i_0} + \Delta\Pi_0} f(\Pi) d\Pi$$

სადაც $\Delta\Pi_0 = m_n - m_{n_0}$ - ის ოპტიმალური სიდიდეა, რომლითაც $f(\Pi)$
განაწილების სიმკვრივის მრუდი თავისი საწყისი მდგომარეობიდან გა-
დაადგილება.

მოიძებნება რა ეფექტურობის ოპტიმალური ფუნქციის მაქსიმუმი
ტრანსცენდენტული განტოლებიდან

$$\sum_{i=1}^4 C_i \left\{ e^{-0,5 \left[\frac{\Pi_i + \Delta\Pi - m_n}{\sigma_n} \right]^2} - e^{-0,5 \left[\frac{\Pi_{i_0} + \Delta\Pi - m_n}{\sigma_n} \right]^2} \right\} = 0$$

შეიძლება განისაზღვროს $\Delta\Pi$, ანუ $f(\Pi)$ მრუდის ის გადაადგილება,
რომელიც უზრუნველყოფს ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ეკონომი-
კურად ხელსაყრელ ტექნოლოგიური რეჟიმის მაქსიმალურ ეფექტს.

8.2.2. საიმედოობის თეორიის გამოყენება ნაგებობათა პარამეტრების დადგენის დროს

წყლის ეკოსისტემებისათვის გამოყენებული თითქმის ყველა სახის
ნაგებობების პარამეტრების დადგენა უპირატესად სწარმოებს დეტერ-
მინირებული სახის საანგარიშო დამოკიდებულებებით. მაგალითად,
ჰორიზონტალური სალექარების საანგარიშო ფართობი სამშენებლო
ნორმებისა და წყლების შესაბამისად განისაზღვრება ფორმულით

$$F = \alpha \frac{q}{3,6 U_0}$$

სადაც q არის საანგარიშო ხარჯი; $\alpha = \frac{U_0}{U_0 - V_{\text{სა}}/30}$ — კოეფიციენტი;

U_0 — სალექარში შეწონილი ნაწილაკის გამოვარდნის სიჩქარე; $V_{\text{სა}} = KU_0$ — სალექარში წყლის ნაკადის მოძრაობის საშუალო ჰორიზონტალური სიჩქარე; K — კოეფიციენტი, რომელიც ითვალისწინებს სალექარის L სიგრძის ფარდობას ნაწილაკის დალექვის ზონის საშუალო H სიღრმესთან.

მართლაც, აღნიშნული ფორმულა როგორც ითვალისწინებს წყლიდან ნაწილაკის გამოვარდნის სიჩქარის არადეტერმინირებულ ხასიათს, ანუ სტატისტიკურ ცვალებადობას, მაგრამ მიუხედავად ამისა საშუალებას არ იძლევა რიცხობრივად შეფასდეს სალექარის ფუნქციონირების საიმედობა.

ყოველივე ამის გამო მხოლოდ ამ ფორმულით დაპროექტებული სალექარი ხშირად არაეკონომიკური გამოდის. საქმე იმაშია, რომ სალექარის დაპროექტების დროს თუ წინასწარ ცნობილი არ არის მისი ფუნქციონირების საიმედობის რიცხობრივი მაჩვენებელი შეიძლება ერთ შემთხვევაში მისი პარამეტრები საკმარისი არ აღმოჩნდეს ნორმალური ექსპლუატაციისათვის, ხოლო მეორე შემთხვევაში დიდი მარაგითაც კი გამოვიდეს შერჩეული. ცხადია ორივე შემთხვევა საბოლოო ჯამში იწვევს ზედმეტ დანახარჯებს.

იმისათვის რომ ნაგებობის პარამეტრების დადგენის დროს მხედველობაში იქნეს მიღებული ფუნქციონირების საიმედოობა, სალექარის ფართობის საანგარიშო ფორმულა შეიძლება შემდეგი სახით გადაეწეროს

$$108U_0 \geq (30 H/L + 3,6) V_{\text{სა}}$$

ფორმულაში შემაჯალი U_0 და $V_{\text{სა}}$ პარამეტრები სტოქოსტიური ბუნებისაა, როგორც მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები აჩვენებენ მათი განაწილების კანონები, პირველ მიახლოებაში მაინც გაუსის კანონს ექვემდებარებიან.

სათანადო აღნიშვნების შემდეგ $R = 108 U_0$ და $Q = (30H/L + 3,6)V_{\text{სა}}$ შეიძლება დაიწეროს

$$S = R - Q.$$

სალექარის ფუნქციონირების საიმედოობის განსაზღვრისათვის აუცილებელია ვიცოდეთ S შემთხვევითი პარამეტრის განაწილების სიმკვრივე ან სტატისტიკური რიცხობრივი მახასიათებლები (მათემატიკური მოლოდინი, საშუალოკვადრატული გადახრა და ა. შ.), რომ-

ლებიც შეიძლება განისაზღვროს R და Q შემთხვევითი სიდიდეების განაწილების სიმკვრივით (ან სტატისტიკური რიცხობრივი მახასიათებლებით). აღნიშნული სტატისტიკური მახასიათებლების დადგენა შესაძლებელია წინასწარი საპროექტო-საძიებო სამუშაოებით ან ანალოგიური ნაგებობების ექსპლუატაციის განზოგადების შედეგად.

ვინაიდან R და Q შემთხვევითი სიდიდეები განაწილების ნორმალურ კანონს ექვემდებარებიან, ამიტომ S პარამეტრიც ნორმალური განაწილების კანონით შეიძლება აისახოს

$$\Psi(S) = \frac{1}{\sigma_s \sqrt{2\pi}} \exp [-(S-m_s)^2/2\sigma_s^2],$$

რომლის მათემატიკური მოლოდინი $m_s = m_R - m_Q$ ხოლო საშუალო კვადრატული გადახრა ტოლია $\sigma_s = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2 - 2\rho_{RQ}\sigma_R\sigma_Q}$ ($m_R, m_Q, \sigma_R, \sigma_Q$ — მათემატიკური მოლოდინი და საშუალოკვადრატული გადახრაა R და Q პარამეტრების; ρ_{RQ} — წარმოადგენს კორელაციის კოეფიციენტს R და Q შორის).

ყოველივე ზემოთაღნიშნულის შემდეგ ნაგებობის ფუნქციონირების საიმედოობა შეიძლება შემდეგი დამოკიდებულებით განისაზღვროს

$$P(S > 0) = \int_0^{\infty} \Psi(S) dS .$$

თუ გამოვიყენებთ ლაპლასის ნორმირებულ ფუნქციას, არც თუ ისე რთული გარდაქმნების შემდეგ საბოლოოდ შეიძლება დავწეროთ

$$P(S > 0) = 0,5 + \Phi \left[\frac{108 m_{U_0} - (30^H/L + 3,6) m_{V_{1,38}}}{\sqrt{11664 D_{U_0} + (30^H/L + 3,6)^2 D_{V_{1,38}}}} \right]$$

სადაც m_{U_0} , $m_{V_{1,38}}$, D_{U_0} , $D_{V_{1,38}}$ — სათანადოდ U_0 და $V_{1,38}$ პარამეტრების მათემატიკური მოლოდინი და დისპერსიებია, ხოლო $\Phi [\cdot]$ — ლაპლასის ნორმირებული ფუნქციაა.

როგორც ვხედავთ საბოლოო ფორმულაში გაანგარიშებების გამარტივების მიზნით $2\rho_{U_0, V_{1,38}} \sigma_{U_0} \sigma_{V_{1,38}}$ პარამეტრი შეტანილი არ არის, რაც პესიმისტურ გადაწყვეტას იძლევა.

განხილული მეთოდი შეიძლება გამოიყენონ არა მარტო ნაგებობათა პარამეტრების დადგენის, არამედ სხვადასხვა ტექნოლოგიური პროცესების, თუ რეჟიმების საიმედოობის შეფასების დროსაც.

**8.2.3. ჩამდინარე წყლების გაყვანის დროს წარმოქმნილი
ეკოლოგიურ-საწარმოო კონფლიქტების მართვა და
ოპტიმიზაცია თამაშთა თეორიის საფუძველზე**

ჩამდინარე წყლების გაყვანის დროს წყლის ხარისხის ეფექტური მართვისათვის უპირატესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სხვადასხვა ობიექტებიდან წყალსატევებში ოპტიმალური მოცულობის გაწმენდილი თუ გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების ჩაშვებას და ორგანიზაციულ-ეკოლოგიური ღონისძიებების განხორციელებას.

ამ ამოცანის გადაწყვეტისათვის შეიძლება გამოიყენონ საწარმოო კონფლიქტების მართვისა და ოპტიმიზაციის არაკოალიციური თამაშთა მოდელები.

დაუშვათ წყალსატევიდან წყალს იღებს n მომხმარებელი, რომელიც გამოყენების შემდეგ გაბინძურებულ წყალს კვლავ იმავე წყალსატევეში აბრუნებს. ამ დროს ჩამდინარე წყლის გაბინძურება თუ არ აღემატება გარკვეულ ხარისხს, წყალსატევის თვითწმენდის უნარის გამო შეიძლება იგი მომდევნო მომხმარებელმა გამოიყენოს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, წყალსატევის გაბინძურების ხარისხი იმატებს, რის შედეგადაც იგი იძულებულია შეცვალოს ტექნოლოგიური პროცესი.

ვინაიდან ყოველი წყალმომხმარებელი, რომელიც წყალსატევეში უშვებს ჩამდინარე წყალს, გაწმენდი ნაგებობების მოწყობაზე ხარჯავს გარკვეულ სახსრებს, ე. ი. გაწმენდის ხარისხის მიხედვით განიცდის ამა თუ იმ სახის ეკონომიკურ ზარალს, ამიტომ თითოეული მათგანი ცდილობს წყალი გაწმინდოს გარკვეულ ხარისხამდე. ამავე დროს, ეკონომიკური ზარალი, რომელიც შეიძლება ჰქონდეს ცალკეულ წყალმომხმარებელს წყალსატევეში წყლის ხარისხის გაუარესების შედეგად სხვადასხვაა, ისევე როგორც სხვადასხვაა მათი ინტერესები და ყოველი მათგანი თავის მიზნის მისაღწევად — ზარალის მინიმიზაციისათვის, ირჩევს საკუთარ სტრატეგიას.

ყოველივე აღნიშნული წარმოქმნის ეკოლოგიურ-საწარმოო კონფლიქტს წყალმომხმარებლებს შორის და თუ არ არსებობს კოოპერირება შექმნილი სიტუაციის მოდელირება შესაძლებელია n მონაწილის არაკოალიციური თამაშით, რომლის დროსაც მოგების ფუნქციას შემდეგი სახე ექნება

$$H_i(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n),$$

სადაც ω_1 არის წყალსატევეში ჩამდინარე გაუწმენდავი წყლის მოცულობა.

თამაშთა მოდელის შედგენის დროს გაწმენდილი და გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლების ოპტიმალური მოცულობების დასადგენად, რომელსაც წყალსატევეში უშვებს თითოეული n წყალმომხმარებელი, შეიძლება გამოიყენონ წონასწორობის შენარჩუნების მოთაშაშეთა პრინციპი.

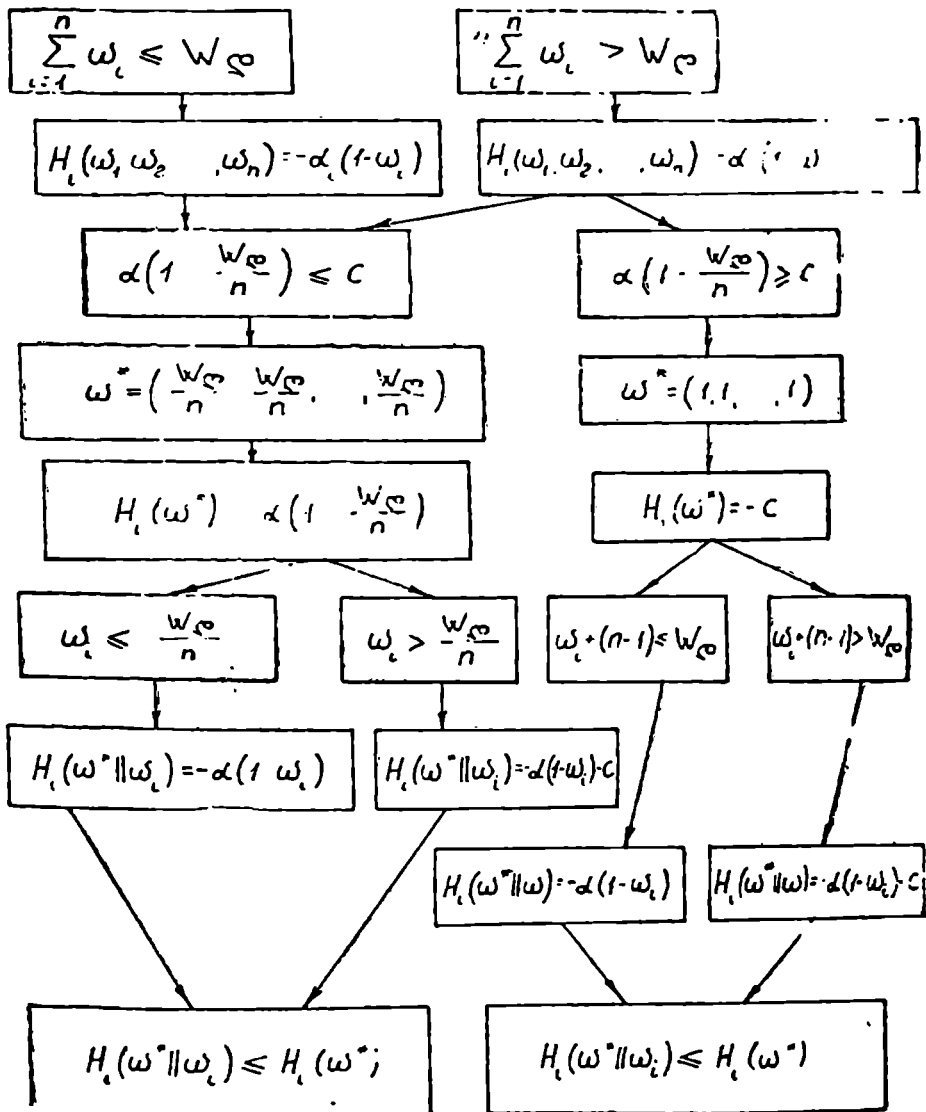
აღნიშნოთ ($W_1, \dots, W_{i-1}, \omega, W_{i+1}, \dots, W_n$) სიტუაცია ($W \parallel \omega$) საშუალებით, მაშინ $W^* = (W_1^*, \dots, W_n^*)$ იქნება წონასწორობის სიტუაცია თამაშის შერეული სტრატეგიებით, თუ $H_i(W^* \parallel \omega) \leq H_i(W^*)$, $\omega_i \in \bar{\omega}_i$ ყველა $i \in I$. სადაც W_i არის i მოთამაშა ნებისმიერი შერეული სტრატეგია, ხოლო W^* — წონასწორობის სიტუაცია.

ზემოთგანხილული უტოლობა აჩვენებს, რომ არც ერთი მოთამაშისათვის არ არის ხელსაყრელი უარი თქვას წონასწორობის სიტუაციაზე, თუ სხვები უარს არ ამბობენ წონასწორობის დარღვევაზე.

დაეუშვათ n საწარმო ჩამდინარე წყალს უშვებს ერთი და იმავე წყალსატევეში და თითოეული i ($i = 1, 2, \dots, n$) წყლის ერთეული მოცულობის გაწმენდისათვის ხარჯავს α_i სახსრებს. თუ i საწარმოს მიერ გამოყენებული წყლის მოცულობას 1 ტონად ჩავთვლით, გაუწმენდავი წყლის მოცულობას აღნიშნავთ ω_i ხოლო საწარმოს დანახარჯებს წყალსატევის გაბინძურებაზე — C_i , შესაძლებელი იქნება განისაზღვროს i საწარმოს ჯამური დანახარჯები, რომელიც განპირობებულია გაუწმენდავი წყლებისა და ნორმირებულად გაბინძურებული წყლის მოცულობების W_σ ჩაშვებით, რაც წყალსატევის გაბინძურებას იწვევს და სხვა მომხმარებლისათვის გამოუყენებელს ხდის.

ამ ამოცანის ამოხსნისათვის შეიძლება გამოიყენოთ 49 ნახაზზე მოცემული ბლოკ-სქემა, რომელშიაც განხილულია კონფლიქტის დროს წარმოქმნილი სხვადასხვა სიტუაციები. მაგალითად, როდესაც გაუწმენდავი წყლის მოცულობა არ აღემატება ნორმირებულ მოცულობას ან აღემატება მას, როდესაც საწარმოს დანახარჯები წყლის გაწმენდაზე აღემატება ან არ აღემატება იმ დანაკარგებს, რასაც ადგარი აქვს წყალსატევის გაბინძურების დროს და ა. შ.

გამოთვლების ანალიზი აჩვენებს რომ α და C შეფარდების მიხედვით თითოეულმა საწარმომ ან არ უნდა გაწმინდოს გაბინძურებული წყალი ან გაწმინდოს გამოყენებული წყლის ნაწილი $1 - \frac{W_\sigma}{n}$ ნათელია, რომ ყველაზე დიდ საშიშროებას წყალსატევისათვის წარმოად-



ნახ. 49. ეკოლოგიურ-საწარმოო კონფლიქტების თავიშობა თეორიით მართვის ბლოკ-სქემა.

გენს „მტაცებლური“ წონასწორობის სიტუაცია $\omega^* = (1, 1, \dots, 1)$, რომლის დროსაც ყველა საწარმო წყალსატევეში გაუწმენდავ წყალს უშვებს. ეკოლოგიურად ყველაზე ხელსაყრელი იქნება

$$\omega^* = \left(\frac{W\sigma}{n}, \frac{W\sigma}{n}, \dots, \frac{W\sigma}{n} \right)$$

წონასწორობის სიტუაცია.

აქედან გამომდინარე წყალსატევეებში წყლის ეფექტური მართვისათვის ჯარიმა წყალსატევის გაბინძურებაზე უნდა იყოს არა ნაკლები წყლის დაცვის ღონისძიების ღირებულებაზე, ანუ $\alpha \left(1 - \frac{W\sigma}{n} \right)$. ასეთ შემთხვევაში ყველაზე ხელსაყრელი წონასწორობის სიტუაციაა, როდესაც თითოეული საწარმოს დანახარჯები $\alpha \left(1 - \frac{W\sigma}{n} \right)$ -ის ტოლია.

თ ა ვ ი I X

წყლის რესურსებისა და წყალსამეურნეო კომპლექსების ტიპნიკურ-ეკონომიკური ასპექტები

9.1. წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასება

9.1.1. წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასების არსი

წყლის რესურსების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების სფეროში ეკონომიკურ ასპექტებს გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან სწორედ ის არის ძირითადი და საიმედო ორიენტირი რომელიც განაპირობებს წყალმომარების სტრატეგიას, წყალსამეურნეო კომპლექსების სხვადასხვა უწყების მონაწილეთა ინტერესების შეთანხმებას და ა. შ.

საკმაოდ ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში ჩვენში გაბატონებული იყო აზრი იმის შესახებ, რომ წყლის რესურსები არ წარმოადგენს ყიდვა-გაყიდვის საგანს და აქედან გამომდინარე თითქოს და გაუმართლებელი იქნებოდა მათი ფულადი შეფასება. სწორედ საკითხი-

სადმი ასეთმა მიდგომამ განაპირობა წყლის რესურსების ექსტენსიური ათვისება, რის შედეგადაც საკმაოდ ინტენსიურად არა მარტო ბინძურდებოდა, არამედ კლებაც კი დაიწყო წყლის რესურსებმა. ბოლო დროს დაწყებულმა წყლის ლიმიტირებამ და ყოველწლიურად დანახარჯების გაზრდამ წყალსამეურნეო ღონისძიებების გატარებაზე უკვე ნათლად დაგვანახა, რომ რესურსები უფასო არ არის. მაგალითად, არც თუ ისე დიდი ხნის წინანდელმა შეფასებებმა აჩვენეს, რომ არალის ზღვის აუზის წყლითდფიციტური რაიონის სამეურნეო ობიექტების წყლითმომარაგებაზე 1 მ³ წყალზე 15-დან 20 კაპიკამდე იხარჯებოდა, სამხრეთ ყაზახეთის მდინარეების აუზში 26—30 კაპ/მ³ და ა. შ.

ყოველივე აღნიშნულმა განაპირობა წყლის რესურსების ღირებულებასთან დაკავშირებით სხვადასხვა კონცეფციების წარმოქმნა, მაგალითად, „დანახარჯების“, „შედეგის“, „დანახარჯებისა და შედეგის შემაჯამებელი“ და ა. შ. შეიძლება ითქვას, რომ ამ კონცეფციებს საფუძვლად დაედო ს. სტრუმილინის ჯერ კიდევ 1960 წელს გამოქვეყნებული შრომები, სადაც ბუნებრივი რესურსების ფულადი შეფასებისათვის რეკომენდირებული იყო ის ღირებულება რომელიც გამოხატავდა შრომის დანახარჯებს რესურსების ათვისებაზე და მათი საქსპლუატაციო მდგომარეობაში შესანარჩუნებლად.

აღნიშნული კონცეფციების სათანადო ანალიზისა და მრავალი დისკუსიის შედეგად გაირკვა, რომ წყლის რესურსების შედარებით სრულყოფილი ეკონომიკური შეფასება შესაძლებელია სარენტო კონცეფციით. საქმე იმაშია, რომ რენტა გამოხატავს ერთის მხრივ წყლის რესურსების ექსპლუატაციის შედეგებს, ხოლო მეორეს მხრივ დანახარჯების ეკონომიას, რომელიც აუცილებელია შეფასებული ობიექტის შესაცვლელად თუ ის გამოეთაშება სამეურნეო საქმიანობის სფეროს. ამავე დროს რენტა ასახავს ცალკეული საწარმოების ფუნქციონირების ობიექტური პირობების დიფერენციაციას და წარმოქმნის იმ შემოსავალს, რომელიც არ არის დამოკიდებული იმ საწარმოო რგოლების მუშაეთა ძალისხმევაზე ვინც ექსპლუატაციას უწევს წყლის რესურსებს.

წყლის რესურსების სარენტო შეფასების პრინციპების შემუშავებას უპირატესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება დაგეგმვისა და სამეურნეო ანგარიშის სრულყოფის საქმეში. დღეისათვის უკვე დიფერენციალური რენტა საერთოდ აღიარებული კატეგორიაა, რომელიც სულ ფართო

ალიარებას პოულობს ბუნებრივ რესურსებთან დაკავშირებულ ნორმატიულ დოკუმენტებში.

წყლის რესურსებზე გაზრდილი მოახლოვნილება ახალი, ერთმანეთისაგან საექსპლუატაციო პირობებით (წყლის ხარისხი, მომზადრებლისაგან დაშორება და ა. შ.) განსხვავებული ბუნებრივი წყაროების სამეურნეო ათვისების აუცილებლობას ჰქმნის, რაც ობიექტურად განაპირობებს პირველი სახის დიფერენციალური რენტის წარმოქმნას. წყლის ჩამონადენის დარეგულირებაზე, წყალსატევებას წყლის ჩარახის გაუმჯობესებაზე და ა. შ. მატერიალური და შრომის რესურსებით დამატებითი დანახარჯების ზრდა ხელს უწყობს მეორე რიგის დიფერენციალური რენტის წარმოქმნას.

ცალკეულ სპეციალისტთა აზრით სარენტო ასპექტების განხილვის დროს აუცილებელია სამი კატეგორიის განსხვავება: დიფერენციალური ეფექტის, სარენტო ეფექტის და სარენტო გადასახადის. აქ საყურადღებოა ერთი მნიშვნელოვანი მომენტი, კერძოდ, აღნიშნული კატეგორიები სამართლიანია ნებისმიერი ბუნებრივი რესურსისათვის, მაგრამ წყლის რესურსების განხილვის დროს აუცილებლად მზიდველობაში უნდა იქნეს მიღებული მათი სეზონურობის ფაქტორი.

0.1.2. წყლის რესურსების სარენტო შეფასება

წყლის დიფერენციალური რენტის განსაზღვრისათვის სპეციალისტების მიერ მოწოდებულია სხვადასხვა სახის გამოსახულებები, მაგალითად

$$R = (Z_n - Z_n)q,$$

სადაც Z_n არის ჩამკეტი (მარგულირებელი) დანახარჯები, Z_n -ინდივიდუალური დანახარჯები, ხოლო q -წყალმომარაგების მოცულობა.

ნებისმიერი გამოსახულების გამოყენების ეფექტი დამოკიდებულია საწყისი ინფორმაციის შერჩევაზე. მართლაც, მრავალი ეკონომისტი თვლის, რომ დიფერენციალური რენტის დადგენის დროს საკმარისია გამოყენებული იქნას წყლის რესურსების ექსპლუატაციის ფაქტურად ჩამოყალიბებული ხერხები. საკითხისადმი ასეთი მიდგომა ალბათ არასრულყოფილადაც კი შეიძლება ჩაითვალოს. საქმე იმაშია, რომ აღნიშნული ეკონომიკური პარამეტრის ძირითადი დანაშნულებაა წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების სტიმულირება და წყალმომხარების ეფექტის გაზრდა. ამიტომ რენტის დადგენის დროს

განხილული უნდა იყოს წყლის რესურსების ექსპლუატაციის ყველაზე ეფექტური ხერხი და ამ დროს არსებული დიფერენციალური შემოსავლის მნიშვნელობა დაედოს საფუძვლად ეკონომიკურ შეფასებას.

არსებობს საკითხის მეორე მხარეც. როგორც წესი ქვეყნის ან დარგის ეკონომიკას ახასიათებს ინერციულობა, ამიტომ არ იქნებოდა სწორი გვევარაუდა რომ ძალიან მოკლე დროში შესაძლებელია მნიშვნელოვნად ამაღლდეს წყლის რესურსების გამოყენების ეფექტურობაც. აღნიშნული არაერთარ შემთხვევაში არ ამართლებს იმ პოზიციას თითქოს და წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასება დაყრდნობილ უნდა იყოს მხოლოდ არსებულ სიტუაციაზე. ასეთი მიდგომა, ცხადია, კიდევ უფრო დაამკვიდრებდა წყლის რესურსების გამოყენების არსებულ სტრატეგიას, უფრო სწორად ადგილი ექნებოდა საკმაოდ შენელებულ პროგრესს. თუმცა არსებობს გამოსავალი, და ეს გამოსავალი მდგომარეობს იმაში, რომ საჭიროა ორიენტაცია გაკეთდეს პოტენციალურ შესაძლებლობებზე, რაც იძლევა გარდაქმნის სტიმულს, არამარტო წყალმომარების დარგებში, არამედ მასთან დაკავშირებულ სახალხო მეურნეობის ყველა სფეროში. წყლის რესურსების შეფასება, მათი გამოყენების პოტენციალურ ეფექტებზე წარმოადგენს თავისებურ ეტალონს, რომლისკენაც უნდა მიისწრაფოდეს ნებისმიერი წყალმომხმარებელი. ასეთი ეტალონური შეფასებები განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საპროექტო-საგეგმო სამუშაოების ჩატარების დროს, კერძოდ წყალმომხმარების ალტერნატიული ხერხების შერჩევისას.

პოტენციალური შესაძლებლობების გამოსავლენად საჭიროა წყალმომხმარების ოპტიმიზაციური მოდელების განხილვა. ერთ-ერთი ასეთი მოდელი შეიძლება შემდეგი მარტივი გამოსახულებითაც კი ჩაიწეროს

$$R = \max_i \alpha_i q_i (z_i - s_i) ,$$

სადაც z_i არის ჩამკეტი დანახარჯები i ხერხის გამოყენების დროს, s_i — ინდივიდუალური დანაკარგები, q_i — წყალმომხმარების მოცულობა, α_i — კოეფიციენტი, რომელიც ითვლისწინებს q_i , z_i და s_i სიდიდეების დინამიკას.

აღნიშნულ მოდელს გააჩნია ერთი მეტად საყურადღებო ნაკლი. კერძოდ, აპრიორული დაშვება იმის თაობაზე, რომ შეუძლებელია შესაფასებელი წყლის რესურსების ერთდროული გამოყენება იმ საწარმოების მიერ, რომელთა ფუნქციონირება სახალხო მეურნეობაში განსხვავებული ეფექტურობისაა.

უალკეული სპეციალისტები თვლიან რომ წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების დროს ჩამკეტი ეფექტი წყალმომარების სფეროში ტოლია წყალზე ჩამკეტი დანახარჯების. რაც შეეხება ერთეული მოცულობის წყლის სარენტო შეფასებას იგი განისაზღვრება, როგორც ჩამკეტი ეფექტისა და წყალზე დანახარჯების სხვაობა.

წყლის ბუნებრივი წყაროების ექსპლუატაციის დროს სარენტო შეფასებისა და სახალხო სამეურნეო ეფექტის ცვალებადობის ურთიერთკავშირების არაერთგვაროვნება მნიშვნელოვნად ზღუდავს საპროექტო-საგეგმო პრაქტიკაში სარენტო მახასიათებლების გამოყენებას. მთელ რიგ შემთხვევაში წყლის ბუნებრივი წყაროების სარენტო შეფასება პირდაპირი მეთოდებით შეუძლებელია. ამიტომ სპეციალისტები ზოგჯერ მისი განსაზღვრის ირიბ მეთოდებს მიმართავენ. მაგალითად, ერთ-ერთი მეთოდით წყლის რესურსების შესაფასებლად რეკომენდირებულია ის დანახარჯები, რომლებიც გაღებული უნდა იქნეს მსგავსი ან ექვივალენტური პროდუქციის მისაღებად სხვა პირობებში. სადაც გამორიცხულია ან მკვეთრად შეზღუდულია წყლის გამოყენება.

საერთოდ როგორც ეკონომისტთა ბოლო გამოკვლევებმა აჩვენა ზემოთგანხილული მეთოდების ძირითად ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ მათში არ არის ასახული წყალზე დანახარჯების შეცვლის გათვალისწინებით წყლითუზრუნველყოფის ღონისძიებებსა და წყლის მოთხოვნილების დინამიკის ურთიერთშემაკავშირებელი ანალიზი.

წყლის რესურსების ბუნებრივი წყაროების დიფერენციალური შეფასებები შეიძლება მიღებულ იქნას რაციონალური წყალსამეურნეო ბალანსების აგებით, რომელიც უზრუნველყოფს კონკრეტულ წყალსამეურნეო რაიონში წყლის რესურსების ყველაზე ეფექტურ გამოყენებას. ასეთი ბალანსების საფუძველზე განისაზღვრება ჩამკეტი დანახარჯები წყალზე და ინდივიდუალური დანახარჯები ბუნებრივ წყაროებზე, რომლებიც თავის მხრივ განაპირობებენ დიფერენციალური რენტის დადგენას. ბუნებრივი წყაროს შეფასება, რომელიც დაყრდნობილია დიფერენციალურ რენტაზე ასახავს ერთი წლის განმავლობაში მიღებულ ეფექტს.

სარენტო შეფასება როგორც ვნახეთ მთელ რიგ ფუნქციებს ასრულებს ეკონომიკურ გაანგარიშებებში, თუმცა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მანკი ის არის რომ იგი საშუალებას იძლევა დადგინდეს სარენტო გადასახადი. თუმცა მარტო სარენტო ეფექტზე დაყრდნობით არ შეიძლება განისაზღვროს ბუნებრივი წყაროების ათვისების მასშტაბების გაზრდა, გინდ ამა თუ იმ კონკრეტული ბუნებრივი წყაროს და-

ხურვა და რაც მთავარია შეუძლებელია შეფასდეს მთლიანი სახალხო სამეურნეო ეფექტი, რომელსაც იძლევა ესა თუ ის კონკრეტული ბუნებრივი წყარო მისი ექსპლუატაციის განმავლობაში.

0.1.3. წყლის ბუნებრივი წყაროების ეკონომიკური შეფასება დროის ფაქტორის გათვალისწინებით

წყლის ბუნებრივი წყაროების გამოყენების დაგეგმვა როგორც წესი სწარმოებს ხანგრძლივ პერიოდზე, ამიტომ ცხადია ასეთი ამოცანების გადაწყვეტისას გათვალისწინებული უნდა იქნეს დროის ფაქტორი და ჩატარდეს ეკონომიკური შეფასება ექსპლუატაციის მთელ პერიოდზე. ასეთი ინტეგრალური დახასიათება რა თქმა უნდა არ იქნება სარენტო შეფასების ალტერნატიული, თუმცა მისი განსაზღვრისას ამ უკანასკნელის გამოყენება შესაძლებელია.

ინტეგრალური შეფასება საშუალებას იძლევა სრულყოფილად გაიკვეს იმ წყალდაცვითი ღონისძიებების ეფექტი, რომელიც შესაძლებელია გამოვლინდეს, როგორც ამჟამად, ასევე პერსპექტივაში.

თუ ცნობილია სარენტო ეფექტი, რომელსაც ყოველწლიურად იძლევა ესა თუ ის წყლის ობიექტი (R_t) შეიძლება განისაზღვროს მისი ინტეგრალური მნიშვნელობა

$$P = \sum_{t=0}^T R_t (1+E)^{-t}$$

სადაც T არის წყლის ობიექტის საექსპლუატაციო დრო, ხოლო E — დისკონტირების ნორმატიული მაჩვენებელი.

თუ დავუშვებთ, რომ წყლის რენტა დროის მიხედვით არ იცვლება და წყლის ობიექტი შეიძლება უსასრულო დროის განმავლობაში იქნეს გამოყენებული აღნიშნული გამოსახულება გაცილებით მარტივ სახეს მიიღებს

$$P = \frac{R}{E}$$

წყლის რესურსების ინტეგრალური ღირებულებების შეფასების დროს ერთ-ერთი ყველაზე რთული მომენტია დისკონტირების ნორმის (E) დადგენა. თავისი არსით დისკონტირების ნორმა ემთხვევა კაპიტალური

დაბანდების ეფექტურობის ნორმატივს. როგორც მიწისქვეშა ასევე ზედაპირული წყლის რესურსების გამოყენების დროს წყლის მოცულობების, წლების მიხედვით, მოხმარების სტრატეგია შეიძლება სამ შემთხვევას ითვალისწინებდეს: საანგარიშო პერიოდის დასაწყისში დაჩქარებულს, წლების განმავლობაში თანაბარს და საანგარიშო პერიოდის ბოლოს დაჩქარებულს.

საპროექტო-საგეგმო ანგარიშების დროს ხშირად საჭიროა ამა თუ იმ ბუნებრივი წყაროს ჩართვა სამეურნეო საქმიანობაში. ასეთ სიტუაციაში ვარიანტების შერჩევის კრიტერიუმად შეიძლება გამოყენებული იქნას შემდეგი სახის უტოლობა

$$\sum_{t=0}^{\infty} R_t (1+E)^{-t} \geq \sum_{t=0}^{\tau+\Delta} K_t (1+E)^{-t}$$

სადაც K_t არის ბუნებრივი წყაროს ასათვისებლად კაპიტალური დანახარჯების t წელიწადში, τ -წყაროს ექსპლუატაციის საწყისი წელი, Δ -დროის ის პერიოდი, რომლის განმავლობაშიც მიმდინარეობდა წყაროს გამოყენება კაპიტალურ დაბანდებებთან ერთად.

აღნიშნული უტოლობის ანალიზი იძლევა დასკვნას, რომ ბუნებრივი წყაროს ათვისებას მაშინ აქვს აზრი, თუ მისი ინტეგრალური შეფასება აღემატება იმ დანახარჯებს, რომლებიც საჭიროა მის სამეურნეო საქმიანობის სფეროში ჩასართავად. თუ ჩავთვლით, რომ რენტა წლების განმავლობაში არ იცვლება, ხოლო კაპიტალური დაბანდებები გათვალისწინებულია ერთ წელიწადზე, განხილული უტოლობა გაცილებით მარტივ სახეს მიიღებს $R \geq EK$.

ამრიგად, წყლის რესურსების ინტეგრალური შეფასება წარმოადგენს ჯამურ დისკონტირებულ რენტას. მისი გამოყენება მიზანშეწონილია არა მარტო კონკრეტული ბუნებრივი წყაროს ათვისების შესახებ გადაწყვეტილების მისაღებად, არამედ წყლის რესურსების შესაფასებლად, რადგან ეს უკანასკნელი ბუნებრივ სიმდიდრეს წარმოადგენს.

9.1.4. ჩამკეტი დანახარჯები წყალზე

ჩამკეტი დანახარჯები წყალზე წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასების საფუძველს წარმოადგენს. მათი განსაზღვრა აუცილებელია ბუნებრივი წყაროების სარენტო შეფასებისათვის, წყალსამეურნეო

კომპლექსების იმობილური ფონდებისათვის და ა. შ. ისინი გამოიყენებოდა სანახარო მეურნეობაში, არა მარტო დაეგეგმვისა და მართვისათვის, არამედ წყალმომხარების ორგანიზაციისათვის.

ბოლო დროს ღიდი უზრადლება ეთმობა ჩამკეტი დანახარებები დადგენის კონცეფციების შემუშავებას.

ჩამკეტი დანახარებების განსაზღვრის დროს გათვალისწინებულა უნდა იქნეს წყალსამეურნეო საქმიანობის ოპტიმალური სტრატეგია. ამავე დროს ჩამკეტი დანახარებები ხასიათდებიან შემდეგი ძირითადი თვისებებით: საჭიროა მათი დიფერენცირება წყალსამეურნეო რაიონების მიხედვით; თუ მდინარეზე არსებობს კრიტიკული კვეთი, ე. ი. როდესაც მდინარეში მხოლოდ სანიტარული ხარჯი მიედინება, მაშინ ნაკადის მიმართულებით კვეთის ქვემოთ ჩამკეტი დანახარებები გატარებით ნაკლებია, ვიდრე ამ კვეთს ზემოთ. აქ შეიძლება სხვა თვისებების მოყვანაც მაგრამ აღნიშნულით დაეკმაყოფილდეთ.

წყალსამეურნეო კომპლექსების ინტენსიფიკაცია საჭიროებს ჩამკეტი დანახარებების დადგენის ადეკვატური პრინციპების დამუშავებას. ისეთი ღონისძიებების გათვალისწინებით, როგორცაა წყლის ხარისხის გაუმჯობესება, არამწარმოებლური დანაკარგების შემცირება, ჩამდინარე წყლების გაყვანა და სხვ., რადგან ჩამკეტი დანახარებების განსაზღვრის ტრადიციული მეთოდები ითვალისწინებდა მხოლოდ წყლის რესურსების დარეგულირებას.

ჩამკეტი დანახარებების ცნება საშუალებას იძლევა გაირკვეს წყალსამეურნეო კომპლექსებთან დაკავშირებული მრავალი ეკონომიკური საკითხები. მაგალითად, შეიძლება გაანალიზდეს წყლის ეკონომიაზე და დარეგულირებაზე ზღვრულად დასაშვები დანახარებების ურთიერთკავშირი. მართლაც, დანახარებები წყლის ეკონომიაზე აღემატება წყლის რეგულირების ხარჯებს წყლითუზრუნველყოფაზე დანახარებების სიდიდით. ეს აიხსნება იმით, რომ საბოლოო ეტაპზე მისი გამოყენების დროს წყლის ეკონომიით ჩვენ ერთდროულად ვზოგავთ ჯერ ერთი ბუნებრივ რესურსს (რომლის ღირებულება ტოლია სარენტო შეფასების, რაც ემთხვევა წყლის დარეგულირების ზღვრულ დანახარებებს) და მეორეც ეკონომიას ვუწევთ იმ თანხებს, რომელიც ჰქირდება წყლის მომზადებას და მის გადაწოდებას მომხმარებელზე. რაც უფრო მეტაა ჩამკეტი დანახარებებში წყალუზრუნველყოფაზე დანახარებების წილი, მით უფრო მაღალია წყლის ეკონომიის ეფექტურობა არსებული წყლის რესურსების მოცულობის გაზრდასთან შედარებით, მით უფრო ღირა რაოდენობის საშუალებებია მიზანშეწონილი დაიხარჯოს ეკონომიაზე

ჩატარებულ ღონისძიებებზე. ზოგჯერ უმჯობესია დაიხარჯოს სახსრები წყალმომარაგების სისტემის ქსელების პროფილაქტიკურ შეკეთებაზე, პროგრესული სანტექნიკური მოწყობილობების დანერგვაზე და ა. შ., ვიდრე მოხდეს ახალი ბუნებრივი წყაროების ათვისება, განსაკუთრებით იმ რეგიონებში სადაც ის დაკავშირებულია დიდ დანახარჯებთან.

წყალზე და წყალმომარების ოპტიმალური სქემის სხვადასხვა პარამეტრებზე ჩამკეტი დანახარჯების მდგრადობა შესაფასებელი ღონისძიებების მასშტაბებთან შედარებით, მათი გამოყენება საპროექტო-საგეგმო ანგარიშებში, არა მარტო ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა, არამედ წყალზე გადასახადის დადგენის დროს იგი საბაზო მაჩვენებელიცაა. ამიტომ ვიდრე გამოვიყენებთ ჩამკეტ დანახარჯებს აუცილებელია რიცხობრივი ანალიზი გაუკეთდეს იმ შედეგებს რომლებიც შეიძლება თან მოჰყვეს შესაფასებელი ღონისძიების განხორციელებას.

9.1.5. წყალზე გადასახადი სამეურნეო მექანიზმის სისტემაში

წყალსამეურნეო კომპლექსებიდან სამრეწველო ობიექტების მიერ აღებულ წყალზე ტარიფი შემოიღეს 1982 წლიდან. წყლის ღირებულება როგორც წესი აისახება გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულებაში. თითოეული სამრეწველო ობიექტისათვის გამოშვებული პროდუქციის მიხედვით დადგენილია წყლის ლიმიტი და თუ წყლის მოხმარებამ ამ ობიექტზე ლიმიტს გადააჭარბა მაშინ იგი გადახარჯული წყლის ერთეულ მოცულობაზე ჯარიმის სახით 5-ჯერ უფრო მეტ თანხას იხდის.

წყალზე გადასახადი რომელიც შემოიღეს სამრეწველო ობიექტებზე შეიძლება განხილული იქნას, როგორც წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენების ერთ-ერთი სტიმულატორი. შეიძლება ითქვას, რომ ასეთი ღონისძიება გარკვეულად წინ გადადგმული ნაბიჯია, რომელიც წყლის რესურსების ეკონომიკურ ხარჯვას იწვევს და გარკვეულ წილად წყალსატევებს იცავს გაბინძურებისაგან, მაგრამ იგი მაინც პალიატურ ღონისძიებად შეიძლება ჩაითვალოს.

შემოდებული ტარიფების მნიშვნელოვან ნაკლს წარმოადგენს ის რომ იგი ემყარება გასაშუალოებულ წყალსამეურნეო დანახარჯებს. ამიტომ ისინი საკმაოდ განსხვავდებიან წყლის ჩამკეტი დანახარჯებისაგან. მაგალითად, არალის ზღვის აუზში ჩამკეტი დანახარჯები თითქმის 15-ჯერ აღემატება წყლის ტარიფს, კასპიის ზღვის აუზში —

6-ჯერ და ა. შ. ყოველივე ეს, ცხადია მეტყველებს იმაზე, რომ წყლის მომქმედი ტარიფები არა მარტო არ ასახავენ წყლის ღირებულებას, როგორც ბუნებრივი რესურსების, არამედ სრულყოფილად არ მოიცავენ იმ მატერიალურ და შრომით რესურსებსაც კი, რომლებიც იხარჯება წყალმომარაგებაზე.

უფრო მეტიც, საკმაოდ არასრულყოფილია სამრეწველო ობიექტებიდან შემოსული სახსრების განაწილების მექანიზმი (50% ირიცხება სახელმწიფო ბიუჯეტში, ხოლო 50% რჩება ადგილობრივ ბიუჯეტში), რომ არაფერი ვთქვათ ჯარიმის ფორმაზე. საქმე იმაშია ხუთ მაგი ჯარიმა ერთი საწარმოსათვის შეიძლება რამეს ნიშნავდეს, მაგრამ სხვა პროფილის საწარმოსათვის თითქმის არაფერს. ამიტომ როდესაც ჯარიმაზე ვლაპარაკობთ ალბათ იგი საწარმოების პროფილსაც უნდა ითვალისწინებდეს. ბოლო დრომდე არ იყო გადასახადი წყალზე სოფლის მეურნეობაში, თუმცა მისი აუცილებლობა ექვს არ იწვევს, თუ გინდ ამიტომ, რომ წყლის ყველაზე მეტი დანაკარგები სწორედ სახალხო მეურნეობის ამ დარგს გააჩნია.

წყლის რესურსების გამოყენებაში სამეურნეო ანგარიშსწორების მექანიზმის სრულყოფა პირველ რიგში ალბათ უნდა გულისხმობდეს გადასახადების ეტაპობრივი პროგრამის დანერგვას, რომელიც იგულისხმებდა წყლის გამოყენებით მიღებულ ეფექტს წყალმომარების ოპტიმალური გამოყენებასთან კავშირში. გადასახადის ეტაპობრივი შეცვლა ხელს შეუწყობდა წყლის მოხმარების სტრუქტურის გარდაქმნას და აამაღლებდა მის სახალხო-სამეურნეო უკუგებას.

წყალზე გადასახადი — ეს სახელმწიფოს საფინანსო კონტროლის ფორმაა და ამავე დროს ეკონომიკური სტიმული წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენებისათვის. წყლის გადასახადების მოსაწესრიგებლად სხვადასხვა მეთოდებსა და ღონისძიებებს მიმართავენ თითქმის ყველა ქვეყანაში. რა თქმა უნდა ამ მეთოდებისა და ღონისძიებების ჩამოთვლაც კი შორს წაგვიყვანდა, ამიტომ დავკმაყოფილდეთ ზოგიერთი მათგანის განხილვით. მაგალითად, არსებობს წინადადება, რომ წყლის ღირებულება „გამოტანილი“ იქნეს გამოშვებული პროდუქციის თვითღირებულებიდან და გათვალისწინებული იქნას საწარმოს მოგების ფონდებში. ან კიდევ, როგორც ამტკიცებენ მრეწველობაში წყალზე გადასახადის შემოღება ტარიფებით, რომლებიც ეყრდნობა ჩამკეტ დანახარჯებს, წყლის რესურსების რაციონალური გამოყენების არავითარ მნიშვნელოვან ეფექტს არ იძლევა.

როგორც პრაქტიკა აჩვენებს, ყველაზე მიზანშეწონილია შემოღებული იქნეს გადასახადი უშუალოდ რესურსებზე. რესურსების სწორი შეფასება და ანაზღაურების გათვალისწინებით მათი მიწოდება დღის წესრიგიდან ხსნის თავისუფალი ნარჩენის პრობლემას, აფართოებს შემოსავლის ნორმატიული მეთოდით განაწილების გამოყენების შესაძლებლობებს. მრეწველობის დარგებში საწარმოს დანახარჯების ზრდა წყალზე გადასახადების შემოღებით, რომელიც ჩამკეტ დანახარჯებს ეყრდნობა, შეიძლება დაფარული იქნეს შემოსავლიდან თავისუფალი ნაშთით.

მრეწველობაში წყალზე გადასახადის ფინანსირების შემდეგი წყაროა ის საშუალებები, რომელიც აიღება ბრუნვითი სახსრებიდან გადასახადის სახით. ცხადია ბრუნვითი სახსრებიდან გადასახადი არავითარ სტიმულირებას არ იძლევა. შემოსავლის თავისუფალი ნაშთიდან წყლის გადასახადის შეფარდება იმ გადასახადთან, რომლებიც აიღება ბრუნვითი სახსრებიდან მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში, მნიშვნელოვნად იცვლება. მაგალითად, კვების მრეწველობაში იგი — 0,2%-ია, მსუბუქ მრეწველობაში — 0,4, მანქანათმშენებლობაში — 1,5, ნავთობისა და გაზის წარმოებაში — 5,2, ქიმიასა და ნავთობქიმიასა — 8,1, ფერად მეტალურგიაში — 56,2 ელექტროენერგეტიკაში — 141,5, ხე-ტყის დამამუშავებელში — 426,6 შავ მეტალურგიაში — 563,7%.

თუ მრეწველობაში წყლის გადასახადზე ფინანსირების წყაროების გამოძებნა (ჩამკეტი დანახარჯებით) პრობლემას არ წარმოადგენს სოფლის მეურნეობაში წყალზე გადასახადი მნიშვნელოვნად გაზრდის წარმოების დანახარჯებს.

საერთოდ წყლის გადასახადის პრობლემა მოითხოვს ძირეულ გადახედვას და აუცილებელ შეცვლას, განსაკუთრებით ახლა როდესაც ქვეყნისა და რესპუბლიკის ეკონომიკაში ძირეული ცვლილებები მიმდინარეობს.

9.2. წყალსამეურნეო კომპლექსების ტექნიკურ-ეკონომიკური ბაზანბარიშვების ზოგირთი საკითხები

9.2.1. ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების მიზანი

წყალსამეურნეო კომპლექსების დაპროექტებისა და მოწყობის დროს ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთება აუცილებელია წყალსამეურნეო კომპლექსების სტრუქტურის დასადგენად, კომპლექსში შემა-

ვალი ცალკეული ობიექტების პარამეტრების შესარჩევად, წყალსამეურნეო კომპლექსის მიღებული ვარიანტის ეფექტურობის შესაფასებლად, კომპლექსის მონაწილე ობიექტებს შორის საერთო დანახარჯების გადასანაწილებლად, ბუნებადამცავი ღონისძიებების ეფექტურობის გასარკვევად და ა. შ.

წყალსამეურნეო კომპლექსების დაპროექტების დროს დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად მუშაედება ტექნიკურად მისაღები რამდენიმე ვარიანტი, ამიტომ ძირითადი ამოცანა მდგომარეობს იმის გარკვევაში თუ რა ეკონომიკური ეფექტი მოჰყვება ამა თუ იმ ვარიანტის განხორციელებას. ამ საკითხის გარკვევას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სწორედ წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობაში დროს, რადგან მათი განხორციელება, სხვა სახალხო სამეურნეო ობიექტებისაგან განსხვავებით, აერთიანებს მრავალი სხვადასხვა დარგების ინტერესებს და რაც მთავარია საჭიროებს საკმაოდ დიდ დროსა და მატერიალურ სახსრებს.

აღსანიშნავია კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი მომენტიც. თუ ახლაც წარსულშიც კი ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი ითვლებოდა ამა თუ იმ ალტერნატიული ვარიანტის, გნებავთ საბოლოოდ ობიექტის შესაფასებლად აუცილებელი და საკმარისი პირობა, დღეს, როდესაც ეკოლოგიური ასპექტები ასეთი სიმწვავით დადგა დღის წესრიგში მაშუკვე „საკმარისობის“ პირობა ჩამოშორდა. საქმე იმაშია, რომ ობიექტის შესაფასებლად, უფრო სწორად საკითხის გასარკვევად მოეწყოს იგი თუ არა, ან რა სახით მოეწყოს და ა. შ. საჭიროა დამატებით ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება.

საერთოდ, როგორც ამას შემდეგ თავში დავინახავთ სულ მოკლე ხანში ალბათ დადგება დრო როდესაც ცალკე ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზისა და შემდეგ ეკოლოგიური ექსპერტიზის ნაცვლად აუცილებელი იქნება ამა თუ იმ გადაწყვეტის ან პროექტის თვით რღვის ჩასახვის ეტაპზე, რომ არაფერი ვთქვათ პროექტირების სხვადასხვა სტადიებზე, კომპლექსური ექსპერტიზის (ანალიზის) ჩატარება, რომელიც გარდა ტექნიკურ-ეკონომიკური ასპექტებისა, გაითვალისწინებს გარემოს დაცვას, სოციალურ-ეკონომიკურ საკითხებს, ამ ობიექტის გავლენას ადამიანის ჯანმრთელობაზე და უსაფრთხოებაზე და ა. შ.

მიუხედავად აღნიშნულისა, დღეს ჯერ კიდევ სწარმოებს წყალსამეურნეო კომპლექსების პროექტირება ტრადიციული ტექნიკურ-ეკონომიკური გაანგარიშებებით და ამიტომ ალბათ ამ საკითხებსაც გვერდს ვერ ავუვლით.

0.2.2. წყალსამეურნეო კომპლექსების სტრუქტურის დასაბუთება

წყალსამეურნეო კომპლექსების ოპტიმალური სტრუქტურის (მონაწილეთა შემადგენლობის) განსაზღვრის ძირითადი პრინციპი ითვალისწინებს ისეთი ვარიანტის შერჩევას, რომელსაც მოცემული დანახარჯებით სახალხო მეურნეობისათვის და საერთოდ საზოგადოებისათვის მაქსიმალური ეფექტი მოაქვს.

წყალსამეურნეო კომპლექსის ოპტიმალური სტრუქტურის დადგენისათვის აუცილებელია ერთმანეთთან თანამიმდევრულად შედარდეს ვარიანტები რომელშიაც გათვალისწინებული იქნება თითოეული მონაწილის ყოფნა არყოფნა. ცხადია ალტერნატიული ვარიანტების განხილვის დროს საერთო სახალხო-სამეურნეო ეფექტი მუდმივი უნდა დარჩეს.

ალტერნატიული ვარიანტებიდან ერთ-ერთის არჩევას საფუძვლად უდევს მათი ეკონომიკური ეფექტის შედარება.

დავუშვათ გვაქვს წყალსამეურნეო კომპლექსის ორი ვარიანტი. პირველი ვარიანტი კომპლექსში გულისხმობს ჰიდროელექტროსადგურის მოწყობას, მეორე ვარიანტი კი იგივე რაოდენობის ელექტროენერჯის მიღებას მხოლოდ თბოელექტროსადგურით. ცხადია ეს ვარიანტები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან, როგორც კაპიტალური დაბანდებებით და ასევე ყოველწლიური ხარჯებით.

ვინაიდან დღეს ნებისმიერი ტექნიკური გადაწყვეტების დროს ეკონომიკურ პრობლემებს გადაწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ორივე ვარიანტის შემთხვევაში აღნიშნული პრობლემა უნდა მოგვარდეს.

განვიხილოთ ყველაზე გავრცელებული შემთხვევა, როდესაც

$$K_1 > K_2 \text{ და } C_1 < C_2 ,$$

სადაც K_1 და K_2 არის კაპიტალური დაბანდებები, რომლებიც საჭიროა I და II ვარიანტის განხორციელებისათვის, ხოლო C_1 და C_2 — სათანადოდ ყოველწლიური დანახარჯები.

I ვარიანტის მოსაწყობად საჭირო იქნება ΔK დამატებითი ხარჯები, თუმცა ყოველწლიური დანახარჯები II ვარიანტთან შედარებისა ΔC სიდიდით ნაკლები იქნება.

წყალსამეურნეო კომპლექსის სტრუქტურის ოპტიმალური ვარიანტის დასადგენად საჭიროა განისაზღვროს შესადაარბელი ეკონომიკური ეფექტის კოეფიციენტი

$$\varepsilon = \frac{\Delta C}{\Delta K},$$

რომელიც დამატებით კაპიტალურ დაბანდებებზე გამოყენებულ თითოეულ მანეთზე ყოველ წლიური დანახარჯების ეკონომიას აჩვენებს. ამ კოეფიციენტის შებრუნებული სიდიდე $T^{\Delta K}$ დამატებით კაპიტალ-დაბანდებათა გამოსყიდვის ვადას განაპირობებს.

ვარიანტი, რომელიც ხასიათდება დიდი კაპიტალდაბანდებებით (მაგრამ მცირე ყოველწლიური დანახარჯებით) ეკონომიკურად უფრო ეფექტური იქნება მაშინ, როდესაც $\varepsilon > \varepsilon_6$ (სადაც ε_6 — ნორმატიული სიდიდეა). იმ შემთხვევაში კი, როდესაც $\varepsilon < \varepsilon_6$ — განსახილველი ვარიანტები თანაბარი ეფექტურობისაა.

აღნიშნულის საფუძველზე განსახილველი ვარიანტის ყოველწლიურ მიმდინარე დანახარჯების განზომილებაზე დაყვანილი საანგარიშო დანახარჯები შემდეგი დამოკიდებულებით გამოისახება

$$3_6 = \varepsilon_6 + C.$$

თუ გამოვიყენებთ $T^{\Delta K}$ -ს ნორმატიულ მნიშვნელობას, მაშინ ამ დამოკიდებულების საფუძველზე შეიძლება მივიღოთ ერთდროულ დანახარჯების განზომილებაზე დაყვანილი ჯამური დანახარჯები

$$3_x = K + T_6^{\Delta K} C.$$

ეკონომიკური ეფექტის შესადარებელი ნორმატიული კოეფიციენტი განისაზღვრება სათანადო ინსტრუქციებით და იგი სხვადასხვა დარგებისათვის სხვადასხვაა. ასე მაგალითად, ჰიდროტექნიკაში $\varepsilon_6 = 0,12$, მელიორაციაში $\varepsilon_6 = 0,17$ — $0,33$, სათევზე მეურნეობაში $\varepsilon_6 = 0,17$ და ა. შ. თუმცა მთლიანად სახალხო მეურნეობისათვის საშუალოდ ლებულობენ $\varepsilon_6 = 0,12$.

შესადარებელი ვარიანტები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან არა მარტო ოპტიმალური და საექსპლუატაციო ხარჯებით, არამედ მშენებლობისა და საპროექტო სიმძლავრეების ათვისების ვადებით. ამიტომ ვარიანტების ეკონომიკური შედარებისას საჭიროა დროის ფაქტორის გათვალისწინება. თუ მშენებლობა მიმდინარეობს რამოდენიმე წლის განმავლობაში და ობიექტი ექსპლუატაციაში შედის თანდათან (რიგ-

რიგობით), მაშინ ვარიანტების შედარება სწარმოებს ერთი და იმავე წელზე მიყვანილი კაპიტალური დაბანდებებით — \bar{K} და საექსპლუატაციო ხარჯებით — C , აგრეთვე დინამიკურ მიყვანილი დანახარჯებით — \bar{x} , რომელიც განისაზღვრება დროის ფაქტორის გათვალისწინებით.

აღნიშნულ სიტუაციაში ამ პარამეტრების დადგენა მიმდინარეობს შემდეგი ვარაუდით. კაპიტალდაბანდებათა „გაყინვის“ დროს, ადგილი აქვს ეკონომიკური ეფექტის გარკვეულ შემცირებას, რადგან ამ დროის განმავლობაში ობიექტი შემოსავალს არ იძლევა. „გაყინვის“ პერიოდში გამონთავისუფლებული სახსრები კაპიტალური დაბანდებების სახით პირდაპირი ან არაპირდაპირი (სოციალური ეფექტის გამო) გზებით შეიძლება გადაცემულიყო წარმოებაში, მაგრამ როგორც წესი ასე არ ხდება და ადგილი აქვს კაპიტალური დაბანდების კარგებს ΔK , რომლებიც ეკონომიკურ გაანგარიშებებში „გაყინულ“ კაპიტალურ დაბანდებათა ჯამს ერიცხება. უარყოფითი ეფექტი შეიძლება შეფასდეს დამოკიდებულებით.

$$\Delta K = K E,$$

სადაც E_0 არის დროის ფაქტორის გამათვალისწინებელი კოეფიციენტი და რიცხობრივად იგი ტოლია იმ შემოსავლისა. რომელიც დაიკარგა ერთი წლის განმავლობაში კაპიტალდაბანდების ერთი მანეთის „გაყინვის“ შედეგად.

საერთოდ კაპიტალდაბანდებების ათვისება ამა თუ იმ ობიექტის მოწყობის დროს როგორც ეს ადრე აღვნიშნეთ ერთბაშად არ ხდება, იგი წლების მიხედვით არის განაწილებული.

ჯამური (მშენებლობის ყველა წელზე) მიყვანილი კაპიტალური დაბანდებები წყალსამეურნეო კომპლექსზე გამოითვლება ფორმულით

$$\bar{K} = \sum_{t=1}^T K_t (1 + E_0)^{t-1},$$

სადაც K_t არის კაპიტალური დაბანდება t წელიწადში; T — მშენებლობის ვადა; t_0 — საბაზისო წელი.

მიყვანილი დადგენილი ყოველწლიური დანახარჯები განისაზღვრება ფორმულით

$$\bar{C} = \sum_{t=1}^m \delta C_t (1 + E_t)^{t_2 - t}$$

სადაც δC_t არის ყოველწლიური დანახარჯების ნაზრდი t წელიწადში; t_2 -- ექსპლუატაციის პირველი წელი; m -- დანახარჯების ცვალებადობის ვადა (ობიექტის ექსპლუატაციის დასაწყისიდან მის მთლიან ათვისებამდე).

დინამიკური მოყვანილი დანახარჯები გამოითვლება ფორმულით

$$\bar{C} = \bar{K} \varepsilon_6 + \bar{C}.$$

ვარიანტების შედარების დროს ოპტიმალურად ითვლება ის ვარიანტი, რომელსაც მინიმალური დინამიკური დანახარჯები აქვს $\bar{C} \rightarrow \min$. ამავე დროს მხედველობაში უნდა იქნეს მიღებული, რომ დანახარჯები ყველა ვარიანტზე მიყვანილი იქნეს ერთ ბაზისურ წელზე, რათა შეიძლებოდეს მათი შედარება.

0.2.3. დანახარჯების გადანაწილება წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა შორის

წყალსამეურნეო კომპლექსებს როგორც აღვნიშნეთ მრავალმიზნობრივი დანიშნულება გააჩნია. მაგალითად, კომპლექსურ ჰიდროკვანძში კაშხალი და მის მიერ წარმოქმნილი წყალსაცავი წარმოადგენს საერთო ნაგებობებს წყალსამეურნეო კომპლექსის ყველა მონაწილისათვის. დარგობრივი ნაგებობებია პესის შენობა, რაბი, წყალმიმღები და ა. შ. რომელთა დანიშნულებაა მოემსახუროს სათანადო დარგს. წყლის რესურსების გამოყენების შედეგად მიღებული ეფექტის რეალიზაციისათვის არსებობს თანხმლები ნაგებობები (ელექტროგადამცემი ხაზები, სარწყავი არხი, მილსადენი, ფლოტი და ა. შ.), რომელიც აკავშირებს წყალსამეურნეო ობიექტს სახალხო მეურნეობის სათანადო დარგს.

ამრიგად ხორციელდება კავშირი წყალსამეურნეო კომპლექსის ისეთ მონაწილეებს შორის, როგორცაა ენერგეტიკა, სოფლის მეურნეობა, წყლის სატრანსპორტო სისტემები, მრეწველობა, კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მეურნეობა და ა. შ.

ყოველივე ზემოთაღნიშნულის გამო სამშენებლო და საექსპლუატაციო დანახარჯები, კაპიტალური დაბანდებები და ყოველწლიური დანახარჯები იქნება საერთო ანუ კომპლექსური და დარგობრივი (დარგობრივ და თანმხლებ ნაგებობებზე).

ცხადია წყალსამეურნეო კომპლექსის მშენებლობის დროს კომპლექსის მონაწილეებს შორის ნაწილდება საკომპენსაციო დანახარჯები. აღნიშნული შეიძლება განხორციელდეს ორი გზით: მონაწილეები წყლის რესურსების გამოყენებისათვის გარკვეულ თანხას უხდიან იმ სამინისტროს, რომელმაც ააშენა ეს კომპლექსი და ექსპლუატაციას უწევს მას, ან მონაწილეები წილობრივ საწყისებზე ერთად აშენებენ და ექსპლუატაციას უწევენ კომპლექსს.

წილობრივი მონაწილეობის შემთხვევაში თითოეულ მონაწილეზე მოდის საკუთრივ დარგობრივი და ნაწილი კომპლექსური დანახარჯებისა

$$K_i = K_{\text{დარ}_i} + K_{\text{კომ}_i} ;$$

$$C_i = C_{\text{დარ}_i} + C_{\text{კომ}_i} ;$$

$$Z_i = C_{\text{დარ}_i} + C_{\text{კომ}_i} + \varepsilon_n (K_{\text{დარ}_i} + K_{\text{კომ}_i}) ,$$

სადაც K_i , C_i , Z_i არის სათანადოდ კაპიტალური დაბანდებები, ყოველწლიური დანახარჯები და საანგარიშო (მიყვანილი) ხარჯები წყალსამეურნეო კომპლექსის i მონაწილის; $K_{\text{დარ}_i}$, $C_{\text{დარ}_i}$ — დარგობრივი კაპიტალური დაბანდებები და ყოველწლიური დანახარჯები i მონაწილის; $K_{\text{კომ}_i}$, $C_{\text{კომ}_i}$ — კომპლექსური კაპიტალური დაბანდებების და ყოველწლიური დანახარჯების წილი, რომელიც მოდის i მონაწილეზე.

მთლიანად წყალსამეურნეო კომპლექსზე

$$K_{\text{კომ}} = \sum_{i=1}^n K_{\text{კომ}_i} \quad \text{და} \quad C_{\text{კომ}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{კომ}_i} ,$$

$$Z_{\text{კომ}} = C_{\text{კომ}} + \sum_{i=1}^n C_{\text{დარ}_i} + \varepsilon_n \left(K_{\text{კომ}} + \sum_{i=1}^n K_{\text{დარ}_i} \right)$$

კომპლექსური დანახარჯების წილი, რომელიც მოდის წყალსამეურნეო კომპლექსის თითოეულ მონაწილეზე შეიძლება განისაზღვროს

სხვადასხვა მეთოდით, მაგალითად იმ წყლის რაოდენობის პროპორციულად რომელიც მიეწოდება ამა თუ იმ მონაწილეს ან კიდევ ეკონომიკური ეფექტით, რომელიც მიიღება წყლის გამოყენების შედეგად. ცხადია პირველი მეთოდი ძალიან მარტივია, მაგრამ მისი გამოყენება ყოველთვის არ ხერხდება, მაგალითად თუ კომპლექსში შედის პიდროენერგეტიკა, წყლის ტრანსპორტი და სხვ.

ფართო გამოყენება ჰპოვა მეთოდმა, რომელიც ითვალისწინებს დანაკარგების განაწილებას ყველა მონაწილეზე თანაბარი ეკონომიკური ეფექტის პრინციპით. ამ მეთოდის მიხედვით ყველა მონაწილისათვის მიიღება კაპიტალური დაბანდების საერთო ეკონომიკური ეფექტის ერთი და იგივე კოეფიციენტი $\Theta_i = \Theta_{i08}$ ან შესაძარბელი ეფექტურობის მრთი და იგივე კოეფიციენტი $\epsilon_i = \epsilon_{i08}$ ვინაიდან განსასაზღვრია ორი უცნობი K_{i08} და C_{i08} , ამიტომ თანაბარი ეკონომიკური ეფექტურობის ძირითად პირობას უნდა დაემატოს პროპორციულობის კოეფიციენტი $P = C_{i08}/K_{i08}$.

წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეებზე დანახარჯების განაწილებისათვის, თუ გათვალისწინებული იქნება საერთო ეკონომიკური ეფექტურობის კოეფიციენტების ტოლობა ($\Theta_i = \Theta_{i08}$), კომპლექსური კაპიტალური დაბანდებების წილი თითოეული მონაწილისათვის ტოლი იქნება

$$K_{i08} = (D_i - C_{\text{გარ}_i} - \Theta_{i08} K_{\text{გარ}_i}) / (P + \Theta_{i08}),$$

სადაც D_i არის წყალსამეურნეო კომპლექსის i მონაწილის პროდუქციის ღირებულება. რაც შეეხება ყოველწლიური კომპლექსური დანახარჯების წილს i მონაწილეზე, მისი გამოთვლისათვის შეიძლება გამოიყენონ მიღებული გამოსახულება და პროპორციულობის კოეფიციენტი P .

როდესაც ვითვალისწინებთ შესაძარბელი ეკონომიკური ეფექტურობის კოეფიციენტის ტოლობას ($\epsilon_i = \epsilon_{i08}$) კომპლექსური კაპიტალური დაბანდებების წილი თითოეული მონაწილისათვის განისაზღვრება შემდეგი გამოსახულებით

$$K_{i08} = \frac{C_{\Delta_i} - C_{\text{გარ}_i} - \epsilon_{i08} (K_{\text{გარ}_i} - K_{\Delta_i})}{P + \epsilon_{i08}}$$

სადაც K_{Δ_i} და C_{Δ_i} არის კაპიტალური დაბანდება და ყოველწლიური ხარჯები i -პროდუქციის მისაღებ ალტერნატიულ ვარიანტში. რაც შე-

ეხება ყოველწლიურ კომპლექსურ დანახარჯებს i მონაწილეზე იგი შეიძლება გამოითვალოს მიღებული გამოსახულებისა და პროპორციულობის კოეფიციენტის P დახმარებით.

შეიძლება დანახარჯების გადანაწილება წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა შორის. აგრეთვე განისაზღვროს საანგარიშო დანახარჯების კოეფიციენტების ტოლობის პირობებიდან ან ფაქტიური დანახარჯების გათვალისწინებითაც, თუმცა მათზე აქ აღარ შეეჩერდებით.

მ.2.4. ალტერნატიული ვარიანტების შერჩევა და წყალსამეურნეო კომპლექსის საერთო ეკონომიკური ეფექტის შეფასება

წყალსამეურნეო კომპლექსების სტრუქტურისა და ცალკეულ ობიექტების ოპტიმალური გადაწყვეტის დადგენის დროს საჭიროა განხილულ იქნეს ალტერნატიული ვარიანტები, ე. ი. სხვადასხვა გზით ერთი და იგივე შედეგის ანუ სოციალური ეფექტის მიღება.

სხვანაირად რომ ვთქვათ წყალსამეურნეო კომპლექსის თითოეულ მონაწილეს გააჩნია ალტერნატიული ვარიანტები. განვიხილოთ ზოგიერთი მათგანი.

ცალკეულ ზონებში სადაც არამდგრადი ტენიანობაა მორწყვა ერთ-ერთი საშუალებაა სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის გასაზრდელად. ამიტომ შემცველ ვარიანტებად შეიძლება განიხილონ სპეციალური ორიგინალური ჰიდროკვანძების მშენებლობა, მიწისქვეშა წყლების გამოყენება, მორწყვა ჩამდინარე წყლებით, ღონისძიებების გატარება წყლის ეკონომიკური გამოყენებისათვის და ა. შ. ან კიდევ ღონისძიებების დასახვა ექვივალენტური სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის მისაღებად სხვა აუზებში (პროდუქციის ტრანსპორტირებით განსახილველ რაიონში), აგრეთვე ახალი მიწების ათვისება.

ჰიდროელექტროსადგურის ალტერნატივად შეიძლება განიხილონ თბოელექტროსადგური. ამ დროს აუცილებელია ენერგოსისტემაში სიმძლავრისა და ენერჯის ბალანსის შენარჩუნება, გათვალისწინებული უნდა იქნეს ენერგოსისტემაში ჰესის სპეციალური ფუნქცია, როგორც მაღალმანევრირებადი ენერგოდანადგარის, უზრუნველყოფილი უნდა იქნეს ენერგომომარაგების ერთი და იგივე საიმედოობა ყველა ვარიანტების დროს და ა. შ.

ჰიდროელექტროსადგურები შედარებული უნდა იქნეს სპეციალურ პიკური დანიშნულების თბოელექტროსადგურებს (მაგალითად, გაზოტურბინებით). შედარების დროს უზრადღებია უნდა მიექცეს იმ გარემოებასაც, რომ ალტერნატიულ თბოელექტროსადგურს აქვს ელექტროენერჯის დიდი ხარჯი საკუთარი მიზნებისათვის, ამიტომ

$$N_{\text{თესი}} = \varphi_N N_{\text{კესი}} \text{ და } \mathfrak{M}_{\text{თესი}} = \varphi_3 \mathfrak{M}_{\text{კესი}},$$

სადაც $N_{\text{თესი}}$ და $N_{\text{კესი}}$ არის სათანადოდ თესის და კესის სიმძლავრე, $\mathfrak{M}_{\text{თესი}}$ და $\mathfrak{M}_{\text{კესი}}$ — ელექტროენერჯის გამომუშავება; φ_N და φ_3 — ექვივალენტურობის კოეფიციენტებია სიმძლავრისა და გამომუშავებული ელექტროენერჯის, აიღება $\varphi_N = 1,1 - 1,15$ და $\varphi_3 = 1,05$.

ქესებზე და თესებზე ელექტროენერჯის მისაღებად დანახარჯების შედარების დროს საჭიროა მხედველობაში იქნეს მიღებული ის გარემოება, რომ ქესებზე ადგილი აქვს სათბობზე დანახარჯების ეკონომიას.

$$3_b = \mathfrak{M}_{\text{ტესი}} \text{ BC}$$

სადაც b არის 1 კვტ. სთ ელექტროენერჯის მისაღებად საწვავის ხვედრითი ხარჯი, c — ხვედრითი ხარჯი სათბობის მოპოვებაზე და ტრანსპორტირებაზე.

სათევზე მეურნეობაში ალტერნატიულად შეიძლება განიხილოს შემდეგი ღონისძიებები: თევზის ქარხნის მოწყობა, საქვირითე-გამოსაზარდელი მეურნეობები, თევზის კერის ინტენსიფიკაცია სხვა აუზებში (მათ შორის შიდა ზღვებში). თუ ალტერნატიული ობიექტი სხვა რაიონშია განლაგებული, მაშინ ითვალისწინებენ სატრანსპორტო ხარჯების სხვაობასაც.

წყალმომარაგების ალტერნატიული ვარიანტია სისტემის მოწყობა წყალსამეურნეო კომპლექსის გარეშე. კერძოდ ეს შეიძლება იყოს მხოლოდ ერთი დანიშნულების ჰიდროკვანძი განსახილველ ან სხვა მდინარეზე, წყალმიმღები დარეგულირებულ ჩვეულებრივ მდინარეზე ან მიწისქვეშა წყლებზე, ზღვის წყლის გაუმარილიანობა ან სხვა აუზიდან მიღება და ა. შ.

სამრეწველო წყალმომარაგების ალტერნატიულ ვარიანტებად შეიძლება შეირჩეს წარმოება სხვადასხვა ტექნოლოგიური რეჟიმით. ყველა განსახილველი ვარიანტები ერთი და იგივე საიმედოობით და წყლის ხარისხით უნდა უზრუნველყოფდეს მომხმარებლისათვის წყლის მიწოდებას.

წყლის ტრანსპორტში ძირითადი მოთხოვნა რომელიც წაყენება ალტერნატიულ ვარიანტებს ეს არის საანგარიშო მოცულობების გადატანა ერთი და იგივე დროში. ამ შემთხვევაში შეიძლება განიხილონ ისეთი ვარიანტები, როგორცაა ტვირთის გადატანა წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობის გარეშე, მდინარეების ფარვატერებისა და სილრმეების მოწესრიგება, ტრანსპორტის სხვა სახეობებით ტვირთის გადატანა და ა. შ.

წყალდიდობასთან ბრძოლის დროს ალტერნატიულ ვარიანტებად გვევლინებიან სპეციალური წყალსატევები სარეგულაციო მოცულობებით, დამცველი დამბები ან სხვა საინჟინრო ნაქებობები, რომლებთანაც ტერიტორიების დაცვის ერთი და იგივე საიმედოობა გააჩნიათ.

ცხადია საბოლოოდ შერჩეული ალტერნატიული ვარიანტი წყალსამეურნეო კომპლექსში შესული მონაწილისაგან მიუხედავად უნდა ხასიათდებოდეს მაქსიმალური საერთო ეკონომიკური ეფექტით.

საერთო ეკონომიკური ეფექტი შეიძლება დახასიათდეს კოეფიციენტით

$$\Theta_{\text{კომ}} = \left(\sum_{i=1}^m D_i - C_{\text{კომ}} \right) / K_{\text{კომ}},$$

რომელიც საბოლოოდ მის ნორმატიულ კოეფიციენტს Θ_6 უნდა შედარდეს.

კომპლექსის ცალკეული მონაწილისათვის წყლის რესურსების გამოყენების ეფექტი ფასდება გამოსახულებით

$$\Theta_i = (D_i - C_i) / K_i$$

ვინაიდან $D_i - C_i$ არის i მონაწილისაგან მიღებული Π_i შემოსავალი ამიტომ Θ_i კოეფიციენტი აჩვენებს თითოეული მონაწილისაგან მიღებულ შემოსავალს 1 დახარჯულ მანეთზე. Θ_i კოეფიციენტის მნიშვნელობა ცხადია არ უნდა აღემატებოდეს მის ნორმატიულ სიდიდეს Θ_6 , რომელიც ცალკე დარგებისათვის სათანადო ინსტრუქციით განასაზღვრება.

საერთო ეკონომიკური ეფექტის შებრუნებული სიდიდე კაპიტალური დაბანდების გამოსყიდვის ვადაა $T = K/\Pi$. მშენებლობა ეკონომიკურად გამართლებული იქნება თუ $T < T$ საერთო ეკონომიკური ეფექტის განსაზღვრის დროს აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს კაპიტალდაბანდებათა გაყინვის უარყოფითი ეფექტი და გამომწვებული პროდუქციის ღირებულების შეცვლა დროის მიხედვით.

საერთო ეკონომიკური ეფექტი დროის ფაქტორის გათვალისწინებით გაანგარიშდება ფორმულით

$$\Xi_i = \Pi_i / K_i ,$$

სადაც K_i არის კომპლექსის i მონაწილისათვის ბაზისურ წელზე მიყვანილი კაპიტალური დაბანდებები, ხოლო Π_i — ბაზისურ წელზე მიყვანილი შემოსავალი. მიყვანილი შემოსავალი განისაზღვრება ფორმულით

$$\bar{\Pi}_i = \sum_{t=1}^m \delta \Pi_i (1 + E_0)^{t_0 - t}$$

სადაც $\delta \Pi_i$ არის t წელიწადში შემოსავლის ცვალებადობა წინა წელთან შედარებით; m — იმ წლების რიცხვი, რომლის განმავლობაშიც შემოსავალი იცვლება.

კომპლექსის საერთო ეკონომიკური ეფექტის კოეფიციენტი დროის ფაქტორის გათვალისწინებით ტოლია:

$$\bar{\Xi}_{კომ} = \sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m \frac{\delta \Pi_{it} (1 + E_0)^{t_0 - t}}{\bar{K}_{კომ}}$$

სადაც n არის სახალხო მეურნეობის დარგები, რომლებშიც მიიღება მოგება წყალსამეურნეო კომპლექსის საშუალებით.

0.2.5. ზარალის კომპენსაცია წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობის დროს

ნებისმიერი წყალსამეურნეო კომპლექსის მოწყობა გავლენას ახდენს გარემოზე. ზემოქმედების ხასიათი, მისი გამოვლენისა და შედეგების მასშტაბები და სხვ. დამოკიდებულია მრავალ სუბიექტურ თუ ობიექტურ ფაქტორებზე. მაგალითად, მთიან რეგიონში დიდი წყალსაცავების შექმნისას, რომელიც წყალსამეურნეო კომპლექსის ძირითადი შემადგენელი ელემენტი შეიძლება იყოს, განსაკუთრებით მწვავედ დგას „გარემოსთან მათი შეთავსების“ საკითხი. ყოველი ახალი წყალსაცავი მოქმედებს არა მარტო მდინარეების რეჟიმზე, არამედ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ გარემოზე, ბუნებრივ რესურსებზე, დასახლებულ

პუნქტების სანიტარულ მდგომარეობაზე, აგრეთვე, სახალხო მეურნეობის ყველა იმ დარგზე, რომელიც ასე თუ ისე დაკავშირებულია წყალსატევთან; ერთი სიტყვით, იწვევს მოცემულ რაიონში სოციალურ, ეკონომიკურ, ბიოლოგიურ, გეოქიმიურ და სხვა სახის ცვლილებებს, კაშხლები გზას ულობავენ თევზებს ქვირითის საყრელი ადგილისაკენ, მიმდინარეობს წყალსაცავების ნაპირების ინტენსიური „გადაჰუმანება“ და ქვედა ბიეფში გრუნტის წყლების დონეების დაწევა. მთის წყალსაცავებში, რომლებიც ხასიათდებიან სანაპირო ზოლის მნიშვნელოვანი კლაკნილობითა და უბეების დიდი რაოდენობით, მეჩხერ, სუსტად გამდინარე, მზის სხივებით კარგად განათებულ და გამთბარ უბნებზე ძლიერდება ევტროფიკაციის პროცესები, ირღვევა ფოტოსინთეზი და ა. შ. დიდი წყალსაცავების მოწყობით აკვატორიაში მატულობს რადიაციული ბალანსი; ჰაერის ტემპერატურა მიმდებარე ტერიტორიაზე გაზაფხულზე და ზაფხულის პირველ ნახევარში დაბლა იწვევს; ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური და წლიური ამპლიტუდები მცირდება, იცვლება აბსოლუტური მაქსიმუმები და მინიმუმები, ინაცვლებს ჰაერის ტემპერატურის თირითად გრადაციებზე გადასვლის თარიღები; იზრდება ჰაერის აბსოლუტური და ფარდობითი ტენიანობა, მცირდება ნალექების რაოდენობა უშუალოდ აკვატორიაზე და შესაძლებელია მათი გაზრდა მეზობელ ტერიტორიებზე; იცვლება ქარის მიმართულება და იზრდება მათი სიჩქარე; წარმოიქმნება ნისლების სპეციფიკური ფორმები; იზრდება წყალსაცავის ზედაპირიდან აორთქლება და ა. შ.

წყალსამეურნეო კომპლექსებს გარემოზე და სამეურნეო სფეროზე უარყოფითი ზემოქმედების სრულყოფილი ეკონომიკური შეფასებაროგორც ამას ზემოთმოყვანილ ერთი მაგალითის განხილვაც კი აჩვენებს საკმაოდ რთულია, მაგრამ მიუხედავად ამისა მათი გამსხვილებული მაჩვენებლებით დაყოფა პირველ მიხსლოებაში მაინც შესაძლებელია.

პირველი ჯგუფის დანახარჯებს მიეკუთვნება დანახარჯები იმ ზარალის კომპენსაციისათვის, რომელთა თავიდან აცილება არ ხერხდება. მაგალითად, დანახარჯები მოსახლეობის გასახლებაზე სამრეწველო და სატრანსპორტო ობიექტების დისლოკაციის შეცვლაზე, ელიქტროენერჯის გადამცემი ხაზების გადატანაზე და ა. შ. რაც განპირობებულია წყალსამეურნეო კომპლექსის მოწყობასთან დაკავშირებულ ტერიტორიების განთავისუფლებასთან, აგრეთვე დანახარჯები ახალი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ათვისებაზე და გამოყენებული მიწის პროდუქციების გაზრდაზე, ახალ მიწებზე ტყეების აღდგენაზე, სპეციალუ-

რი საგუბურე მეურნეობისა და თევზგამოსაყვანი ქარხნების გაწყობაზე, რომელმაც კომპენსაცია უნდა გაუწიოს სათევზე მეურნეობისათვის მიყენებულ ზარალს და სხვ.

მეორე ჯგუფის დანახარჯებს მიეკუთვნება დანახარჯები ღონისძიებებზე, რომლებიც განკუთვნილია უარყოფითი ზემოქმედების თავიდან ასაცილებლად ან შესამცირებლად. მაგალითად, დანახარჯები დატბორვის ზონაში განლაგებული ნიადაგებისა და ობიექტების დასაცავად, წყლსაცავის კალაპორის სანიტარულ დამუშავებაზე, თევზსავალი ნაგებობების მოწყობაზე და სხვ. ღონისძიებებზე.

საკომპენსაციო დანახარჯების განსაზღვრის სხვადასხვა დებულება არსებობს. მაგალითად, დებულებაში რომელიც წყალსაცავების მოწყობის დროს ტერიტორიის მომზადებას ეხება მოცემულია არა მარტო ჩასატარებელ სამუშაოთა რიგითობის, არამედ მოსახლეობის გასახლებაზე, შენობების გადაადგილებაზე ან საერთო ლიკვიდაციაზე და სხვა ღონისძიებებზე საკომპენსაციო დანახარჯების დადგენის წესი.

ამ ბოლო დროს წყალსაცავების მოწყობაზე ჩვენს ქვეყანაში საკომპენსაციო დანახარჯების რაოდენობა თანდათან იზრდება და უპირატესად იგი მთელი წყალსამეურნეო კომპლექსის ღირებულების საკმაოდ დიდ პროცენტს შეადგენს. საერთოდ წყალსაცავზე დახარჯული ღირებულება დამოკიდებულია არა მარტო მის პარამეტრებზე, არამედ თვით წყალსაცავის დანიშნულებაზე, იმ რეგიონის ხასიათზე სადაც იგი ეწყობა და ა. შ. მაგალითად, მკიდროდდასახლებულ სასოფლო სამეურნეო რაიონებში წყალსაცავის მთლიან ღირებულებასთან შედარებით დანახარჯების ყველაზე დიდი კუთრი წონა (70—80% კი) მოდის მოსახლეობის გასახლებაზე და სოფლის მეურნეობაზე მიყენებული ზარალის კომპენსაციაზე. ბრატსკის წყალსაცავის მოწყობის დროს გასახლებული იქნა 67,4 ათასი კაცი, დაიტბორა 510,5 ათასი ჰა მიწის ტერიტორია (მათ შორის 166,3 ათასი ჰა სასოფლო-სამეურნეო სავარგული), ხოლო წყალსაცავის ღირებულებამ სულ 351,5 მლნ. მან შეადგინა.

წყალსაცავის დატბორვის ზონიდან მოსახლეობის გასახლების დროს კომპენსაციური საკითხების მოგვარების დროს სარკებლობენ

სხვადასხვა მოსაზრებებით. კერძოდ, ადგილი რომ არ ჰქონდეს საცხოვრებელი ფონდის მასიურ განადგურებას სახლებსა და სხვადასხვა დანიშნულების შენობებს თუ ეს ტექნიკურად შესაძლებელია და მოსახერხებელი შლიან და გადააქვთ დატბორვის ზონიდან. ამ ღონისძიებებისათვის (დაშლა, გადატანა და ახალ ადგილზე აგება) საჭირო ყველა სახსრებს, როგორც წესი მშენებლობის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულებაში ითვალისწინებენ. როდესაც ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობა ამის საშუალებას არ იძლევა მაშინ ისინი ინგრევა, ხოლო მშენებლობის სახარჯთაღრიცხვო ღირებულებაში შედის საკომპენსაციო ღირებულება (ნაგებობების ცვეთის გათვალისწინებით). სკოლების, სამკურნალო, საბავშვო და კულტურული დაწესებულებების დანგრევის დროს ახალ ადგილზე სწარმოებს ასეთივე დანიშნულებისა და ტევადობის ობიექტების აგება ტიპიური პროექტებით.

სამრეწველო ობიექტების გადატანის შემთხვევაში, თუ ამავე დროს გათვალისწინებულია მათი მოდერნიზაცია, მოდერნიზაციაზე საჭირო დამატებით დანახარჯებს გაიღებს სათანადო დარგი და იგი წყალსამეურნეო კომპლექსის მოწყობის ღირებულებაში არ შედის.

წყალსაცავის კალაპოტის მომზადების დროს აუცილებლად აღებული უნდა იქნეს ტყე და ბუჩქნარი. ამ დროს საჭიროა დამატებითი კომპენსაციური დანახარჯების გამოყოფა ჩვეულებრივი პირობებისაგან განსხვავებულ სპეციფიკურ დაჩქარებულ ხე-ტყის დამუშავებაზე. საერთოდ წყალსამეურნეო კომპლექსის სასმეტო ღირებულებაში შედის დასატბორ ტერიტორიაზე არა მარტო ხე-ტყის მოჭრისა და ამოძირკვის, არამედ ბუჩქნარის გაწმენდისათვის საჭირო დანახარჯები.

ამრიგად, როგორც ვხედავთ წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობის დროს ყველა სახის ზარალის კომპენსაციისათვის საჭირო თანხები მთლიანად შეიტანება ობიექტის ღირებულებაში. მაგრამ არსებობს ზოგიერთი ისეთი სახის ზარალიც რომლის ფულადი გამოსახვა შეუძლებელია, მაგალითად პეიზაჟის მოშლა, ლანდშაფტთან და სხვა ასპექტებთან დაკავშირებული საკითხები, რომელთა შესახებ უფრო დაწვრილებით მომდევნო თავში გვექნება საუბარი.

წყალსამეურნეო ობიექტების ეკოლოგიური მასპერტიზა

10.1. ეკოლოგიური მასპერტიზის ძირითადი ასპექტები

10.1.1. ეკოლოგიური ექსპერტიზის მიზნები და ამოცანები

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, მოსახლეობის ყველა ფენის გაზრდილი სოციალური აქტიურობის პირობებში, რომლებიც დაინტერესებულნი არიან გარემოს მდგრადობის გაუმჯობესებით, ბუნებრივ სიმდიდრეთა რაციონალური გამოყენებითა და განახლება-გამრავლებით, წყლის ეკოსისტემებთან დაკავშირებული საწარმოო ძალებისა და სახალხო მეურნეობის დარგების განვითარებისა და განლაგების სქემების, წყლის რესურსების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების ტერიტორიული კომპლექსების, წყალსამეურნეო კომპლექსებისა და საერთოდ წყალსამეურნეო ობიექტების ეკოლოგიური ექსპერტიზის აუცილებლობა ექვს აღარ იწვევს.

დღეს ეკოლოგიური ექსპერტიზის ქვეშ იგულისხმება კომპლექსური ექსპერტიზა ფართო გაგებით, რომელიც ითვალისწინებს ეკონომიკურ, გარემოს დაცვით, სოციალურ-ეკონომიკურ, სანიტარულ-ჰიგიენურ და ა. შ. ასპექტებს, აგრეთვე საზოგადოებრივ აზრს.

პრაქტიკაში არა ერთი მაგალითია იმისა, რომ მაშინაც კი, როდესაც გარემოს დაცვაზე გაღებული ხარჯები ეროვნული შემოსავლის ზრდის ტემპების გარკვეულ დაქვეითებას იწვევს, ბუნებადამცავი ღონისძიებების რაციონალური განხორციელება საბოლოო ჯამში საზოგადოების არსებობის პირობების გაუმჯობესებას განაპირობებს.

წყლის ეკოსისტემების მიზანდასახული გარდაქმნისათვის დღეს მეცნიერებისა და ტექნიკის არსენალში მრავალი საშუალებაა; ეს დაკავშირებულია გარკვეულ დანახარჯებთან, მაგრამ ამოცანა, რომელიც ამჟამად დგას, ითვალისწინებს — მოიძებნოს ყველაზე ოპტიმალური და ეკოლოგიურად მყარი გადაწყვეტა, ე. ი. მინიმალური დანახარჯებით დადგენილი ღონისძიებების შედეგად მიღებულ იქნეს საჭირო სამეურნეო და სოციალური ეფექტი.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება სავალდებულოა ყველა იმ ობიექტისათვის, რომლის განხორციელება საფრთხეს უქმნის გარემოს მდგომარეობასა და ადამიანის ჯანმრთელობას.

კომპლექსური ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარება ბოლო დრომდე დიდ სიძნელებთან იყო დაკავშირებული და ხშირად ფორმალურ ხასიათს ატარებდა. ამის მიზეზი ბევრია, მაგრამ ძირითადის გამოყოფა მაინც შეიძლება. ჭერ ერთი, მეცნიერებს იშვიათად იწვევდნენ პროექტების, გადაწყვეტილებების თუ გეგმების ექსპერტიზისათვის, ხოლო მათ აზრს, თუ იგი არ ეთანხმებოდა უწყებათა ინტერესებს, უგულებელყოფდნენ, ხშირად დევნიდნენ კიდევ. მეორეც — დასაპროექტებელ ობიექტთა გარემოზე ზემოქმედების ხასიათი, მისი გამოვლენა და შედეგები, უმრავლეს შემთხვევაში შენიღბულია, საწყისი მონაცემები ძირითადად ალბათური ხასიათისაა, ბევრ ეკოლოგიურ „სიუჟეტში“ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირი ძალიან რთულია და ა. შ. და ბოლოს, რაც მთავარია (აღნიშნულ მიზეზთა გამო) დღემდე არ არსებობდა საჭეუბნეო პროექტების კომპლექსური ექსპერტიზის ელემენტარული მეთოდოლოგია.

მართალია. ამ ბოლო დროს ამა თუ იმ პროექტთან დაკავშირებულ სხვადასხვა პრობლემის (ტექნიკური, ეკონომიკური, ეკოლოგიური, სოციალური და ა. შ.) ექსპერტიზაში საკმაოდ ავტორიტეტისანი სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტები და სპეციალისტები მონაწილეობენ, მაგრამ მათს დასკვნებში, გათვალისწინებულია და დაცულია მხოლოდ და მხოლოდ იმ ცალკეული დარგების ინტერესები, რომლებიც, ჩვეულებრივ ერთმანეთს უპირისპირდებიან (მაგალითად, ობიექტისა და ბუნებადაცვითი ღონისძიებების ღირებულებები). ასეთ სიტუაციაში ძალაუნებურად ხდება აღნიშნული დასკვნების ხელოვნური შერწყმა, ნაცვლად პრობლემის მეცნიერულად დასაბუთებული კომპრომისული შეჯერება-გადაწყვეტისა.

ამჟამად დამუშავებულია კომპლექსური ექსპერტიზის ჩატარების მეცნიერულად დასაბუთებული მეთოდოლოგია, რომელიც შესაძლებელია გამოიყენონ ნებისმიერი სამეცნიერო-ტექნიკური თუ საინჟინრო ან სხვა სახის პროექტის განხორციელებისას. აღნიშნულ მეთოდოლოგიას საფუძვლად უდევს მენეჯმენტის თეორიისა და პრაქტიკის ზოგიერთი პრინციპის გამოყენება და მათი სინთეზი ოპერაციების მრავალმიზნობრივი ოპტიმიზაციისა და ექსპერტულ შეფასებათა თეორიის ძირითად დებულებებთან. ყოველ შემთხვევაში, ჩვენში ეს მეთოდოლოგია ჭერჭერობით ერთ-ერთი შესაძლებელი ვარიანტია, რომლის რეალიზა-

ცია ელექტრონულ გამოთვლით მანქანაზე („ექსპერტი-მანქანა“) დიალოგურ რეჟიმში საშუალებას იძლევა გაიხსნას პრობლემის არსი, დეტალურად იქნეს განხილული შერჩეულ გადაწყვეტაზე ყველაზე არსებითად მოქმედი ფაქტორები (ეკონომიკური, გარემოს დაცვითი, სოციალური და სხვა), ამა თუ იმ ობიექტის აგების შედეგად მოსალოდნელი მავნე შედეგები, რისკის ოდენობა და ა. შ.

როგორც აღვნიშნეთ მეთოდოლოგია შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი სამეურნეო პროექტის ეკოლოგიური ექსპერტიზის დროს. განვიხილოთ, თუ როგორ შეიძლება ჰიდროენერგეტიკული ობიექტის ადგილმდებარეობის შერჩევა ამა თუ იმ მდინარეზე და მისი პარამეტრების დაზუსტება ეკოლოგიური ექსპერტიზის გათვალისწინებით.

დღეს, როგორც წესი, მდინარეებზე ის კვეთები, სადაც კაშხლებსა და წყალსაცავებს ვაწყობთ, შერჩეული იყო ჯერ კიდევ რამდენიმე ათეული წლის წინათ, როდესაც ეკოლოგიური ასპექტები ღლის წესრიგში არ იდგა. სწორედ ამ კვეთებში (შეიძლება ცოტა მოცილებითაც) იწყება ნაგებობების სხვადასხვა ვარიანტების (კაშხლის ტიპი, მისი სიმაღლე და ა. შ.) დამუშავება, ხოლო შემდეგ წარმოებს ეკოლოგიური პრობლემების, საზოგადოებრივი აზრისა და ა. შ. გათვალისწინება. ცხადია, ობიექტების მოწყობის ასეთი სტრატეგია თანამედროვე მოთხოვნებს არ შეესაბამება.

თუკი მოცემულ მდინარეზე საჭიროა მოეწყოს გარკვეული სიმძლავრის ჰიდროელექტროსადგური, ცხადია ამ სიმძლავრის მიღება შესაძლებელია მდინარის სხვადასხვა კვეთში, რადგან არსებობს კაშხლისა და წყალსაცავის განლაგების არა ერთი ვარიანტი. პირველ ეტაპზე, სამუშაოს დაწყების პერიოდში არსებული მონაცემების, აგრეთვე ჰიდროტექნიკოსთა, ჰიდროლოგთა, გეოლოგთა, ბიოლოგთა და სხვ. სპეციალისტთა ჩუგუფების მიერ უშუალოდ პოტენციური მშენებლობის მოედნებზე შეგროვებული ინფორმაციის გამოყენებით ხდება იმ ადგილების შერჩევა, სადაც ჰესებისათვის გამოსაყენებელი მოედნების მოწყობის ალბათობა მეტია (ე. ი. ხდება ვარიანტების გაცხრილვა). შერჩევის პროცესში გამოირიცხება ის ვარიანტები, რომლებიც საფრთხეს უქმნიან ისტორიისა და კულტურის ობიექტებს, ეროვნულ პარკებს, არქეოლოგიური გათხრების ადგილებს, განსაკუთრებით ლამაზ პეიზაჟებს და ა. შ. თუ, კაშხლის შესაძლებელი დანგრევის შემთხვევაში მოსალოდნელია ქალაქებისა და დასახლებული პუნქტების დაზიანება, ასეთი ვარიანტები საერთოდ არ განიხილება.

ექსპერტიზის მეორე ეტაპზე, ქვემოთგანხილული 5 პირობითი „სცენარის“ მიხედვით დარჩენალი ვარიანტებიდან ხდება მდინარის ერთ-ერთი საბოლოო კვეთის შერჩევა, მიღებულ კვეთში კი უკვე შესაძლებელი გახდება იგივე „სცენარების“ გამოყენებით ვაწარმოოთ კაშხლის ტიპების, მათი სიმაღლეების, წყალსაცავის ზომებისა და ა. შ. ვარიანტული დაპროექტება. ამ დროს გამოირიცხული არ არის, რომ საჭირო გახდეს მდინარის იმ კვეთების კვლავ განხილვა, რომლებიც მეორე ეტაპზე უგულვებელყოფილი იქნა, როგორც მიუღებელი ვარიანტი.

10.1.2. „სცენარები“ ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩასატარებლად

კომპლექსური ექსპერტიზის ჩატარებისათვის აუცილებელია სრულფასოვანი „სცენარების“ წინასწარი შედგენა ყველა (როგორც სუბიექტური, ასევე ობიექტური წარმოშობის) ეგზოგენური და ენდოგენური ფაქტორების გათვალისწინებით. ამ დროს საკმარისი არაა (როგორც ეს ხშირად ხდება) სავარაუდო ობიექტის გარემომცველ გარემოზე მხოლოდ „ბუნებრივი გარემოს“ ინტერესების გათვალისწინება ამ ტერმინის ტრივიალური გაგებით. აღნიშნული ფაქტორები, რომლებიც კომპლექსური გადაწყვეტილების მიღებაზე მოქმედებენ ხშირად ურთიერთსაწინააღმდეგოა; მათ სხვადასხვა მნიშვნელობები და მასშტაბები გააჩნიათ, სხვადასხვანაირად მქლავნდება და მოქმედებენ დროში და ა. შ. მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მათი გაერთიანება მაინც შესაძლებელია ხუთი პირობითი „სცენარის“ მეშვეობით.

ა და მ ი ა ნ ი ს ჯ ა ნ მ რ თ ე ლ ო ბ ა და უ ს ა ფ რ თ ხ ო ე ბ ა (I „სცენარი“) — ითვალისწინებს დაავადებების, უბედური შემთხვევებისა და სიკვდილიანობის შესაძლებლობებს სავარაუდო ობიექტის მშენებლობის, ნორმალური ექსპლოატაციის, ავარიების ან ინციდენტის დროს.

გ ა რ ე მ ო ზ ე ზ ე მ ო ქ მ ე დ ე ბ ა (II „სცენარი“) — ეხება ფლორისა და ფაუნის არსებობის მოსალოდნელ ცვლილებებს, მათი წარმომადგენლების რაოდენობის შემცირებას ან განადგურებას, წყალსატევების, ატმოსფეროს, დედამიწის და ა. შ. გაბინძურებას და მათზე სხვადასხვა სახის ზემოქმედებას.

ს ო ც ი ა ლ უ რ ი ზ ე მ ო ქ მ ე დ ე ბ ა (III „სცენარი“) — გულისხმობს ობიექტის გავლენის შეფასებას მოსახლეობის მიგრაციაზე, ადგილობრივი საზოგადოების სოციალურ სტრუქტურაზე სამშენებლო და

საექსპლოატაციო პერსონალის შერწყმის ხასიათს ადგილობრივ მოსახლეობასთან, გავლენას ისტორიულ ძეგლებზე, ტურიზმზე, დასვენების სხვა სახეებზე და ა. შ.

ეკონომიკური ასპექტები (IV „სცენარი“) — ითვალისწინებს ობიექტის მშენებლობისა და ექსპლოატაციის დროს უსაფრთხოებისა და საიმედოობის მიზნით აუცილებელი ღონისძიებების გატარებაზე გაწეულ ხარჯებს. მშენებლობის პერიოდში კაპიტალდაბანდებათა ზრდას და ა. შ.

საზოგადოებრივი აზრი (V „სცენარი“) — წარმოაჩენს არა მარტო სავარაუდო ობიექტის მოწყობაზე რაიონის ადგილობრივი მოსახლეობის აზრს, არამედ იმ სხვა დაინტერესებულ პირთა აზრსაც, რომელთა საქმიანობა დაკავშირებულია გარემოს დაცვის საკითხებთან. ისინი შესაძლოა იყვნენ ობიექტის პროდუქციის მომხმარებლები, მწერლები, მეცნიერები, პრესის მუშაკები, სტუდენტი-ახალგაზრდობა და ა. შ.

ზემოთ აღნიშნული „სცენარები“, ისევე როგორც მათში შემავალი ყველა ფაქტორები, შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად: პირველი, რომელიც რაოდენობრივად (ტრადიციულად მიღებული განზომილების ერთეულებით) ფასდება და მეორე — რომელიც რაოდენობრივ აღრიცხვას არ ექვემდებარებიან. მაგალითად, პირველ ჯგუფს მიეკუთვნება „ეკონომიკური ასპექტების სცენარები“ და მათში შემავალი ფაქტორები (ხარჯები სავარაუდო ობიექტის უსაფრთხოებისათვის, ეფექტურობის და საიმედოობის მიზნით აუცილებელი ღონისძიებების ჩატარებაზე), ხოლო მეორე ჯგუფს მიეკუთვნება „სოციალური ზემოქმედების სცენარები“ (სავარაუდო ობიექტების ესთეტიკური ზემოქმედება. ადგილობრივი მოსახლეობის დისკომფორტი, რაც გამოწვეულია სამშენებლო სამუშაოთა ზრდით, მთელი რიგი ფსიქოლოგიური პრობლემები, განპირობებული მშენებარე ობიექტის მიმართ შიშით და ა. შ.).

თითოეულ ეკოლოგიურ „სცენარში“ შეიძლება შედიოდეს რამდენიმე პირობითი კომპლექსური ფაქტორი, რომელიც თავის მხრივ აერთიანებს ძირითად (მადომინირებელ) ფაქტორებს.

მაგალითად, გარემოზე ზემოქმედების „სცენარი“, როდესაც ტარდება ჰიდროენერგეტიკული ობიექტის წყალსაცავის ეკოლოგიური ექსპერტიზა, შეიძლება შეიცავდეს შემდეგი სახის კომპლექსურ ფაქტორებს: წყალსაცავის ჰიდრობიოლოგია და წყლის ზარისხი, ჰიდროლოგია და ჰიდროგეოლოგია, გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიური პროცესები, ნიადაგები, მცენარეული და ცხოველთა სამყარო, მიკროკლიმატა

და ა. შ. ან კიდევ, ეკონომიკური ასპექტების „სცენარები“ შეიძლება აერთიანებდეს: ჰიდროკვანძის ენერგეტიკულ ეფექტს, ჩამონადენის რეგულირების ეფექტს, მყარი ნატანის აკუმულირებით გამოწვეულ ეფექტს და ა. შ.

10.1.3. ეკოლოგიურ „სცენარებში“ შემავალი ძირითადი ფაქტორები

ეკოლოგიურ „სცენარებში“, როგორც აღვნიშნეთ ძირითადი ფაქტორები შედიან ე. წ. კომპლექსური ფაქტორების მეშვეობით. ძირითადი ფაქტორები მათი ზემოქმედების ხასიათის მიხედვით არ-ს: ნეგატიური, პოზიტიური და ერთდროულად ნეგატიურ-პოზიტიური. მაგალითად, წყალსაცავის მოწყობით გამოწვეულ ნეგატიურ ფაქტორებს, რაც რაოდენობრივ აღრიცხვას არ ექვემდებარება, მიეკუთვნება: წყალსაცავის ზონიდან მოსახლეობის მიგრაცია; ტყეების დატბორვით განპირობებული ველური ცხოველების გადასახლება; წარმოქმნილი მეწყერები; რაიონის სეისმურობის გაზრდა; კაშხლის დანგრევის საშიშროება და ა. შ.

პოზიტიური ფაქტორების ქვეშ იგულისხმება: რეკრეაციული ზონების კეთილმოწყობა. ესტუარიებში ნავთსაყუდლების გაფართოება, რაიონში სატრანსპორტო მომსახურების გაუმჯობესება და ა. შ.

ერთდროულად ნეგატიურ-პოზიტიურ ზემოქმედებად შეიძლება ჩაითვალოს: ზონის მიკროკლიმატის ცვლილება, ტურიზმის განვითარება, მრეწველობის ახალ სახეობათა წარმოქმნა და ა. შ.

მთის რეგიონში ჰიდროენერგეტიკული დანიშნულების წყალსაცავის მოწყობის დროს ეკოლოგიურ „სცენარებში“ შეიძლება გათვალისწინებული იქნეს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები:

„სცენარში“ — ა დ ა მ ი ა ნ ის ჯ ა ნ მ რ თ ე ლ ო ბ ა და უ ს ა ფ რ თ ხ ე ბ ა — უბედური შემთხვევები კაშხლისა და წყალსაცავის მშენებლობის დროს, აგრეთვე კაშხლის ალბათური დანგრევის დროს; წყალსაცავის მოწყობით გამოწვეული ინფექციური და არაინფექციური (მათ შორის პარაზიტული) დაავადებანი, წყლის ფაქტორის ირიბი ზემოქმედების შედეგად გამოწვეული დაავადებანი და ა. შ.

„სცენარში“ — გ ა რ ე მ ო ზ ე გ ა ვ ლ ე ნ ა — მდინარის ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეცვლა წყალსაცავის მოწყობით (წყალსაცავში — წყლის მიმოცვლა, დინებები, ტალღური მოქმედება და ა. შ.); გავლენა ჰიდროგეოლოგიურ პირობებზე (წყალსაცავის მიმდებარე ტერიტო-

რიებზე და ქვედა ბიეფში მიწისქვეშა წყლების დონეებისა და ჰიდროქიმიური შემადგენლობის შეცვლა, წყლის არამწარმოებლური დანაკარგები ფილტრაციაზე და ა. შ.); წყალსაცავში წყლის ხარისხის შეცვლა (მარილების შემადგენლობა, გაზური რეჟიმი, მინერალური და ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია, ქიმიური ინგრედიენტების გავრცელება, ჰიდრობიოლოგია — ფიტოპლანქტონი, ბენტოსურა წყალმცენარეები, უმაღლესი წყალმცენარეები, ზოოპლანქტონი, ზოობენტოსი და ა. შ.); იხთიოფაუნის შეცვლა (თევზების მიგრაციის დარღვევა მდინარის სათავისაკენ, ქვირილთსაყრელების დაზიანება და ა. შ.); დარღვეულირების გავლენა მყარ ჩამონადენზე მდინარეში, მის შესართავში და ზღვის სანაპირო ზოლზე (მყარი ნატანის დეფიციტი ქვედა ბიეფში და მდინარის შესართავში, ზღვის სანაპირო ზოლში დაგროვილი მყარი ნატანის ხარისხისა და მოცულობების შეცვლა, მდინარისა და ზღვის სანაპირო ზოლის ხელახალი ფორმირება, გეოფიზიკური და გეოქიმიური ბარიერის ე. წ. ფილტრის დარღვევა ზღვასთან მდინარეების შესართავებში, წყლის ხარისხის შეცვლა მდინარეების დელტებში, ესტუარიებში და ზღვის სანაპირო ზოლში და ა. შ.); წყალსაცავის გავლენა მიმდებარე ტერიტორიის მიკროკლიმატზე (ჰაერის ტემპერატურისა და ტენიანობის შეცვლა, ქარის სიჩქარეებისა და მიმართულების ცვლილება, ღრუბლებისა და ნისლების წარმოქმნა ნალექების მატება და ა. შ.); გავლენა ნიადაგეულ-მცენარეულ საფარზე და ცხოველთა სამყაროზე (ჰიდროლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობებისა და პროცესების ტრანსფორმაციით, ცხოველთა სამყაროს საარსებო პირობების გაუარესება მექანიზმების ხმაურით, აფეთქებებით, ჰაერის გამტვერიანებით, წყლის სიმღვრივის მომატებით და ა. შ.); გეოლოგიურ-გეომორფოლოგიურ პროცესებზე ზემოქმედება (წყალსაცავის ნაპირების გადამუშავება და ფორმირება, წყალსაცავის ამოსიღვა და სედიმენტაციური ბალანსი, ეგზოგენური პროცესების ტრანსფორმაცია და ენდოგენური პროცესების აქტივიზაცია, რაიონის სეისმურობის აქტივიზაცია და ა. შ.).

„სცენარში“ — ე კ ო ნ მ ი კ უ რ ი ა ს კ ე ქ ტ ე ბ ი — ობიექტის მოწყობაზე კაპიტალდაბანდებები და საექსპლოატაციო ხარჯები; ჰიდროკვანძის ენერგეტიკული ეფექტი (ჰესის დადგმული და უზრუნველყოფილი სიმძლავრის, ჯამური გამომუშავების გაზრდა, პიკური დატვირთვების მოხსნის საიმედოობა და დენის სიხშირის რეგულირება. ენერგოსისტემაში საავარიო რეზერვის შექმნის შესაძლებლობა და

ა. შ.); მდინარის ჩამონადენის დარეგულირების ეფექტი (ქვედა ბიეფ-ში არსებული ქალების ბუნებრივი განოციერების უნარის დაკარგვა წყალსაცავში ლამის შეჩერებით, ჩამონადენის დღე-ღამური, კვირული და სეზონური გადანაწილება სხვადასხვა მომხმარებლის ინტერესები-დან გამომდინარე, ქვედა ბიეფის დაცვა წყალდიდობისაგან, წყალსა-ცავის მიმდებარე ტერიტორიების გადატენიანება, დაჭაობება, სასარ-გებლო წიაღისეულის საბადოების დატბორვა და ა. შ.); მყარი ნატანის აკუმულირებით გამოწვეული ეფექტი (წყალსაცავის რეგულირების ხარისხის შემცირება, სათავე ნაგებობებისა და ჰიდროტურბინების მუ-შაობის პირობების გაუმჯობესება, კასკადის ზედა საფეხურის შეტ-ბორვა წყალსაცავის დალექვის გამო, წყალსაცავიდან ამოღებული შლა-შისა და მყარი ნატანის გამოყენება სასოფლო-სამეურნეო და სხვა მიზ-ნებისათვის ჰუმუსის ფენის მოხსნა და შემდგომი გამოყენება და ა. შ.); ბიოლოგიური რესურსების გამოყენების ეფექტი (სათევზე მეურნე-ობის მოწყობა, წყლის გარეული ფრინველებისა და ცხოველების მომ-რავლება და ა. შ.); მიწათსარგებლობის ტრადიციული ფორმების შეც-ვლა: წყალსაცავის გავლენა ხე-ტყის დაცურებაზე და სამდინარო ტრანსპორტზე და სხვ.

«სტენარში» — სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტე-ბი — ადგილობრივი მოსახლეობის ცხოვრებისა და სამეურნეო საქმი-ანობის წესების შეცვლა (სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებისა და სატყეო უბნების დატბორვა, ნაგებობებისა და შენობების მოშლა, მდი-ნარის ნაპირებს შორის შიმოსვლის გართულება, სატრანსპორტო და სხვა კავშირების გაუმჯობესება ან გაუარესება, ახალი დასახლების — შშენებელთა აღრევა ადგილობრივ მოსახლეობასთან და ა. შ.); მოსახ-ლეობის მიგრაცია; წყალსაცავის რეკრეაციული მიზნებისათვის გამო-ყენება; სოციალური და საყოფაცხოვრებო პირობების გაუმჯობესება (სოციალურ-კულტურულ-საყოფაცხოვრებო ობიექტების მოწყობის დაჩქარება, მიმდებარე დასახლებული ტერიტორიების წყალმომარაგე-ბის პირობების გაუმჯობესება და ა. შ.); კულტურული და ისტორიული ძეგლების დატბორვა; გარემოს ესთეტიკური აღქმა წყალსაცავის მო-წყობით (რელიეფისა და პეიზაჟის შეცვლა, ელექტროგადამცემი ხაზე-ბის მოწყობა და ა. შ.) და სხვ.

„სცენარში“ — ს ა ზ ო გ ა დ ო ე ბ რ ი ე ი ა ზ რ ი — შედის ის ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც კონკრეტული ობიექტის გარშემო დაგროვდება სოციოლოგიური გამოკითხვების შედეგად. თუ როგორ უნდა ჩატარდეს სოციოლოგიური გამოკითხვა ეს პრობლემა ცალკე განსჯის საგანია.

10.2. ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების მეთოდოლოგია

10.2.1. საერთო მოსაზრებები. მუშა-ჯგუფისა და ექსპერტ-სპეციალისტთა ჯგუფების ფორმირება

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარებისათვის საექსპერტო ობიექტთან დაკავშირებული, როგორც საპროექტო-საძიებო, ასევე სამეცნიერო კვლევითი სამუშაოების შედეგები გადაეცემა იმ ორგანიზაციას, რომელიც ექსპერტიზას ატარებს.

ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარებისათვის საჭიროა განხორციელდეს შემდეგი ოპერაციები: სამუშაო-ჯგუფისა და ექსპერტ-სპეციალისტთა ჯგუფების ფორმირება; ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორების დადგენა და ექსპერტიზის ჩასატარებელი იერარქიული სქემის დაზუსტება; ძირითადი ფაქტორების განზომილებებისა და მათი ცვალებადობების დიაპაზონების შერჩევა; ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორების, აგრეთვე „სცენარების“ რანჟირება და წონითი კოეფიციენტების შეფასება; ძირითადი ფაქტორების სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიანი ფუნქციისა და სარგებლობის შემაჯამებელი ფუნქციის დადგენა, მათი ანალიზი და განზოგადება.

ეკოლოგიურ ექსპერტიზას, რომელიც 8 ტურად ეწყობა, ორგანიზაციას უწევს სამუშაო ჯგუფი, რომელიც შედგება ხელმძღვანელისაგან, საექსპერტო ობიექტის მაღალკვალიფიცირებული სპეციალისტისაგან და ტექნიკური მუშაკებისაგან იმ ვარაუდით, რომ თითოეული მოემსახუროს ერთ საექსპერტო ჯგუფს. ცალკეულ საექსპერტო ჯგუფებში, რომლებიც ყალიბდება კომპლექსური ფაქტორების მიხედვით, გაერთიანებულია არა ნაკლებ 5—7 სპეციალისტ-ექსპერტი, რომლებსაც ისევე როგორც სამუშაო ჯგუფის შემადგენლობას ექსპერტიზის მომწყობი ორგანიზაციის ხელმძღვანელი ბრძანებით ამტკიცებს.

ექსპერტ-სპეციალისტებად, როგორც წესი მოიწვევა ცნობილი მეცნიერები და მაღალკვალიფიციური სპეციალისტები (ეკონომისტები, გეოგრაფები, ბიოლოგები, ეკოლოგები, მედიკოსები, სოციოლოგები

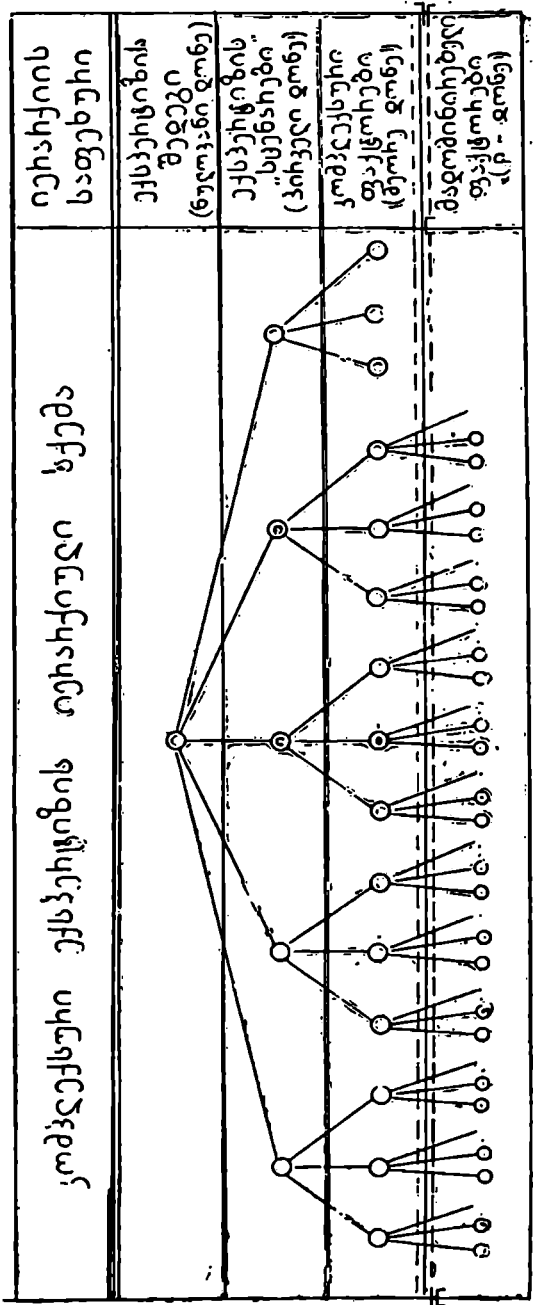
და ა. შ.). ეკოლოგიური ექსპერტიზის მსვლელობის სისტემატიური გა-
შუქების, საზოგადოების ფართო მასების ინფორმირებისა და მათი აზ-
რის ფორმირებისათვის იქმნება საზოგადოების წარმომადგენელთა
ჯგუფი, რომელშიც გაერთიანებული არიან ცალკეული საზოგადოებ-
რივი ორგანიზაციათა წარმომადგენლები. აღნიშნული ჯგუფის წევრე-
ბი რეგულარულად ესწრებიან და ეცნობიან საექსპერტო ჯგუფების
მუშაობას, საჭიროების შემთხვევაში შესაძლოა ექსპერტიზის მსვლე-
ლობის ვიდეოტრანსლიაციაც.

ექსპერტ-სპეციალისტთა გამოკითხვა სწარმოებს როგორც ანონი-
მური, ასევე ღია წესით. ყოველი ორი ტურის შემდეგ სწარმოებს ყვე-
ლა ექსპერტ-სპეციალისტთა შეკრება ამა თუ იმ საკითხის საბოლოოდ
კოლექტიური ღია წესით დაზუსტებისათვის. მათი უთანხმოების შემ-
თხვევაში დავას წყვეტს ელექტრონულგამომთვლელი მანქანა, რომ-
ლის პროგრამებიც შედგენილია ექსპერტული შეფასების სტანდარტუ-
ლი მეთოდების საფუძველზე. ექსპერტიზაში გათვალისწინებული ფაქ-
ტორების პრიორიტეტისა და მათი წონითი კოეფიციენტების დადგენა
აგრეთვე სწარმოებს ელექტრონულ გამომთვლელი მანქანების საშუ-
ალებით დიალოგურ რეჟიმში „ექსპერტი-მანქანა“.

ექსპერტებს ანონიმური გამოკითხვისათვის ეგზავნებათ მუშა ჯგუ-
ფის მიერ სპეციალურად შედგენილი ანკეტები. ანკეტები ურიგდებათ
ტურების ჩატარების წინ. ანკეტების დაგზავნას და დაბრუნებული ან-
კეტების განზოგადებას აწარმოებს მუშა ჯგუფი. მუშა ჯგუფი ექსპერტ-
სპეციალისტთა თანდასწრებით შეადგენს და ანგარიშობს როგორც ძი-
რითადი ფაქტორების სარგებლიანობის ერთკრიტერიალურ, ასევე სარ-
გებლიანობის შემაჯამებელი ფუნქციებს და განაზოგადებს მიღებულ
შედეგებს. რის შემდეგაც დგება ეკოლოგიური ექსპერტიზის საბოლოო
შედეგების შემაჯამებელი აქტი, რომელსაც ხელს აწერს ექსპერტ-სპე-
ციალისტები და ამტკიცებს ექსპერტიზის მომწყობი ორგანიზაციის
ხელმძღვანელი.

10.2.2. ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორების დადგენა, ექსპერტიზის იერარქიული სქემის დაზუსტება.

ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორების დადგენა ექსპერტიზის
ჩატარების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი მომენტია. თუ კომპლექსურ
ფაქტორებს და ექსპერტიზის ჩასატარებელ იერარქიულ სქემას (ნახ.



ნახ. 50. მედიცინური ექსპერტიზის ჩასატარებელი ფორმული სქემა.

50) განსაზღვრავს სამუშაო ჯგუფი, რომლის მიხედვითაც იქმნება საექსპერტო ჯგუფები (თითო კომპლექსურ ფაქტორზე — ერთი ან რამდენიმე საექსპერტო ჯგუფი), ძირითად ფაქტორებს აზუსტებს ექსპერტ-სპეციალისტთა ჯგუფი.

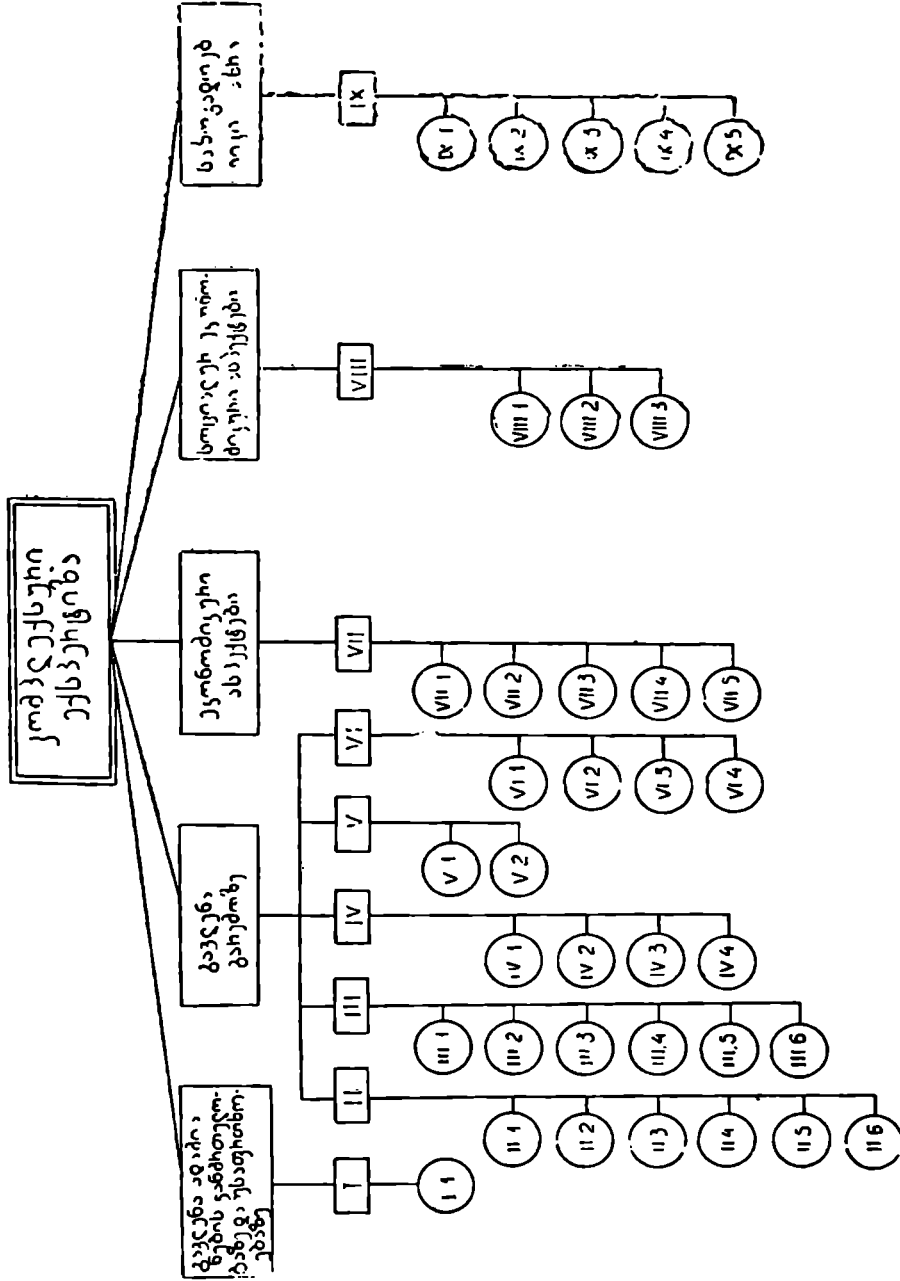
ძირითადი ფაქტორების დაზუსტება ექსპერტ-სპეციალისტისაგან შიითხოვს მაღალ პროფესიონალურ დონეს.

იერარქიულ სქემაში ექსპერტიზის საბოლოო შედეგი იერარქიული სქემის ყველაზე მაღალ „ნულოვან“ დონეზე მდებარეობს, ხოლო შედარებით დაბალ დონეზე, ანუ „1 საფეხურზე“ განლაგებულია 5 ეკოლოგიური „სცენარი“, შემდეგ „2-ე საფეხურზე“ — კომპლექსური ფაქტორები, „3-ე საფეხურზე“ კი — მადომინირებელი ფაქტორები. იერარქიული სქემის აგების დროს სასურველია დავიდეთ ფაქტორთა ისეთ დონემდე, რომელთა შესაფასებლად არსებობს ობიექტურია ნორმატიული, თეორიული თუ ექსპერიმენტალური მონაცემები.

იერარქიული სქემის შედგენის დროს უნდა გათვალისწინდეს შემდეგი ძირითადი პირობა, სქემაში — როგორც კომპლექსური, ასევე ძირითადი ფაქტორები არ უნდა განმეორდეს, გარდა ამისა თათოეულ კომპლექსურ ფაქტორში, ანუ რაც იგივეა საექსპერტო ჯგუფში არ უნდა შევიდეს 7—10 ფაქტორზე მეტი რათა არ გართულდეს შეფასებების პროცედურები.

რამდენიმე ალტერნატიული ვარიანტის განხილვის დროს, თუ ეს ფაქტორები ყველა ვარიანტში თანაბრად მოქმედებს შეიძლება მხედველობაში არ იქნეს მიღებული. მაგალითად, თუ ერთი და იგივე სიმადლის კაშხლის ასაშენებლად ვეძებთ მდინარეზე მისი განლაგების ალტერნატიულ კვეთს და განსახილველი კვეთები მსგავს გეოლოგიურ პირობებშია, მაშინ გეოლოგიური ფაქტორი მხედველობაში აღარ მიიღება, მაგრამ თუ უნდა დაზუსტდეს კაშხლის ალტერნატიული სიმაღლე, მაშინ გეოლოგიური ფაქტორების გამორიცხვა შეუძლებელია.

როგორც აღვნიშნეთ ექსპერტ-სპეციალისტების I ტურისათვის, ე. ი. ძირითადი ფაქტორების ჩამოსაყალიბებლად გადაეცემათ ანკეტები განმარტებითი ბარათებით, რომლებსაც ექსპერტები ანონიმური წესით შევსების შემდეგ უბრუნებენ სამუშაო-ჯგუფს. სამუშაო-ჯგუფები განიხილავენ და ამუშავებენ რა მიღებულ ანკეტებს იერარქიული სქემის მიხედვით სათანადო კომპლექსურ ფაქტორებში განლაგებენ ყველა ექსპერტის მიერ მოწოდებულ მადომინირებელ ფაქტორებს და შეაქვთ ისინი II ტურის ანკეტებში. შესაძლებელია ერთი და იგივე მადომინირებელი ფაქტორი ექსპერტ-სპეციალისტთა ანონიმური გამო-



ნახ. 51. მაღონობის და კომპლექსური ფაქტორების დადგენისა და ექსპლანაციის ალგორითმის დასაბუთების დიაგრამა

კითხვის, ე. ი. I ტურის შემდეგ სხვადასხვა კომპლექსურ ფაქტორებში მოხვდეს. II ტურში, სწორედ ფაქტორებისა და მათი განლაგების დასაზუსტებლად უგზავნის სამუშაო ჩგუფი ექსპერტ-სპეციალისტებს I ტურის შედეგების მიხედვით შეესებულ ანკეტებს. II ტურის ანკეტები სათანადო კორექტივების შემდეგ კვლავ უბრუნდება სამუშაო-ჩგუფს. სამუშაო ჩგუფი სათანადო ანალიზისა და განზოგადების შედეგად აზუსტებს ფაქტორებს და მოიწვევს ყველა ექსპერტ-სპეციალისტებს საბოლოოდ ღია წესით ფაქტორების დასამტკიცებლად. 51 ნახაზზე მოცემულია მადომინირებელი, კომპლექსური ფაქტორების დადგენისა და ექსპერტიზის იერარქიული სქემის დაზუსტების ბლოკ-სქემა.

ძირითადი ფაქტორების დამტკიცების შემდეგ იწყება ეკოლოგიური ექსპერტიზის შემდეგი III და IV ტური.

10.2.3. მადომინირებელი ფაქტორების განზომილებებისა და მათი ცვალებადობის დიაპაზონების შერჩევა. ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორებისა და „სცენარების“ რანჟირება და წონითი კოეფიციენტების შერჩევა

III ტურში, განსხვავებით წინა ტურებისა, ექსპერტ-სპეციალისტებს გადაეცემათ ნომენკლატურა მხოლოდ იმ მადომინირებელი ფაქტორებისა, რომლებიც შედიან მათ კომპეტენციაში. ექსპერტ-სპეციალისტებმა საჭიროა დაადგინონ თითოეული ფაქტორის განზომილებები კონკრეტული პირობების გათვალისწინებით. მაგალითად, გარკვეული რაოდენობის თევზის დაკარგვა ძირითად მდინარეში შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი, მაგრამ მაინც და მაინც ღიდი გავლენა არ მოახდინოს მათ პოპულაციაზე, მაშინ როდესაც შედარებით ნაკლები რაოდენობის თევზების დაკარგვამ მდინარის ზღვა უბნებზე ან შენაკადებში გამოიწვიოს ამ ჯიშის თევზების საერთოდ გადაშენება. აქედან გამომდინარე შეფასებული უნდა იქნეს არა მარტო დაკარგული თევზების რაოდენობა, არამედ მათი პროცენტიც. ფაქტორების განზომილებებისათვის, როგორც აღვნიშნეთ, შეიძლება გამოიყენონ ბუნებრივი და ხელოვნური სკალები. ხელოვნური სკალის დადგენის მაგალითი მოცემულია ცხრილში 29 და ამიტომ მათზე აღარ შეეჩერდებით, მხოლოდ აღვნიშნავთ რომ ხელოვნური სკალის გრადაციის დროს ინტერვალების რაოდენობის განსაზღვრა დამოკიდებულია ექსპერტ-სპეციალისტთა კომპეტენტურობაზე.

მადომინირებელი ფაქტორების განზომილებების დადგენის შემდეგ, განისაზღვრება ფაქტორების ცვალებადობის დიაპაზონები. ვინაიდან ფაქტორების განზომილებებისა და მათი ცვალებადობების დიაპაზონების დადგენის პროცედურები მსგავსია I და II ტურში ჩატარებული პროცედურებისა, ამიტომ დავკმაყოფილდეთ III და IV ტურის მხოლოდ ბლოკ-სქემის განხილვით.

V ტურში ექსპერტ-სპეციალისტებს კვლავ ურიგდებათ ანკეტები მადომინირებელი და კომპლექსური ფაქტორებისა და „სცენარების“ რანჟირებისათვის. ანკეტების შევსებამდე ექსპერტ-სპეციალისტები ელექტრონულ გამოთვლით მანქანასთან „დიალოგურ რეჟიმში“ აზუსტებენ თავიანთ შეფასებებს. ამა თუ იმ ფაქტორის რანჟირებას დროს ექსპერტ-სპეციალისტთა შეუთანხმებლობის შემთხვევაში საერთო აზრი მიიღწევა ელექტრონულ გამოთვლითი მანქანების საშუალებით. კერძოდ სტატისტიკური შეთანხმების მეთოდების გამოყენებით. VI ტურში თითოეული ექსპერტი კვლავ „დიალოგურ რეჟიმში“ აზუსტებს ფაქტორების წონით კოეფიციენტებს. ექსპერტთა შეთანხმებისათვის, როდესაც ადგილი აქვს მათ უთანხმოებას კვლავ შეიძლება გამოყენებული იქნეს სტატისტიკური მეთოდები.

კომპლექსური ფაქტორებისა და „სცენარებას“ წონითი კოეფიციენტები ზუსტდება ყველა ექსპერტის ერთდროული მონაწილეობით და განხილვა ღია წესით მიმდინარეობს.

10.2.4. სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიანი და შემაჯამებელი ფაქტორების დადგენა, ანალიზი და განზოგადება

VII ტურში თითოეული ექსპერტ-სპეციალისტი ელექტრონულ გამოთვლითი მანქანის საშუალებით აგებს სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიან ფუნქციას ყველა მადომინირებელი ფაქტორისათვის. აღნიშნული ფუნქცია იღებს მნიშვნელობებს 0-დან 1-მდე დიაპაზონში. 0-ს შეესაბამება განსახილველი ფაქტორის ყველაზე ცუდი მნიშვნელობა, 1-ს კი ყველაზე კარგი. სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიანი ფუნქციის აგება სწარმოებს სტანდარტული ლატარიის 50-50 პრინციპით, ე. ი. ლატარიის, რომლის მოგების ალბათობა 0,5-ია (50%).

მაგალითად, დავუშვათ რომ „წყალსაცავის მოწყობის შედეგად მონახლეობის მიგრაციის“ ფაქტორის განხილვის დროს ყველაზე კარგი შემთხვევაა თუ გასახლებული იქნება 30 კაცი, ხოლო ყველაზე ცუ-

დი — 900 კაცი. პირველ ეტაპზე განისაზღვრება ფაქტორის მნიშვნელობა, რომელიც შეესაბამება სარგებლიანობის ფუნქციის 0,5 მახასიათებელს. ამასთან დაკავშირებით განიხილება ერთის მხრივ მოცემული ფაქტორის რამოდენიმე მნიშვნელობა, ხოლო მეორეს მხრივ ლატარიის შედეგები (0,5 ალბათობით) რომლის საწყისი მნიშვნელობებია 30 და 900. ვთქვათ ექსპერტ-სპეციალისტის შეფასებით ლატარია აღნიშნული საწყისი მნიშვნელობებით ტოლფასია მისი დეტერმინირებული ექვივალენტის, რომელიც შეესაბამება 600 კაცის გასახლებას. ე. ი. სარგებლიანობის ფუნქციის 0,5 მნიშვნელობას 600 კაცის გასახლება შეესატყვისება. შემდეგ ანალოგიური ძებნა იწყება ინტერვალში (600, 900) და მოიძებნება სარგებლიანობის ფუნქციის 0,25-ის შესაბამისი გასახლებელი მოსახლეობის რიცხვი. (30, 600) ინტერვალის განხილვა კი განსაზღვრავს სარგებლიანობის ფუნქციის 0,75-ის შესაბამისი გასახლებელი მოსახლეობის რიცხვს.

ამრიგად, მიიღება 5 „საყრდენი“ წერტილი სარგებლიანობის ფუნქციის ანალიზური სახის დასადგენად. ასეთ „საყრდენ“ წერტილებს იძლევა ყველა ექსპერტ-სპეციალისტი, რის შემდეგაც იწყება ექსპერტთა შეთანხმება. ექსპერტ-სპეციალისტთა უთანხმოების შემთხვევაში მათ შესათანხმებლად გამოიყენება ზემოთაღნიშნული სტანდარტული სტატისტიკური მეთოდები.

ბოლო VIII ტურზე სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიანი ფუნქციისა და სათანადო წონითი კოეფიციენტების გამოყენებით იგება სარგებლიანობის შემაჯამებელი ფუნქცია კომპლექსური ფაქტორებისათვის და „სცენარებისათვის“.

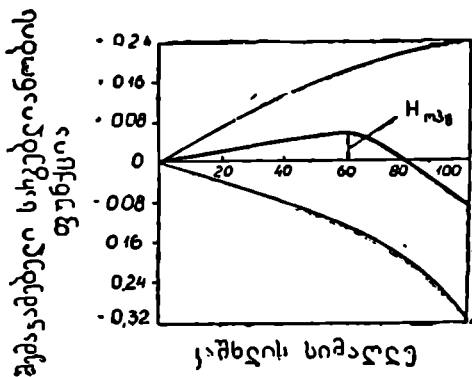
სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიან ფუნქციას კომპლექსური ფაქტორებისათვის შემდეგი სახე აქვს $\bar{P} = \sum U_i K_i$ (სადაც U_i და K_i — ძირითადი ფაქტორების სათანადოდ სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმიანი ფუნქცია და წონითი კოეფიციენტებია).

ანალოგიურად იგივე დამოკიდებულებებით იგება სარგებლიანობის შემაჯამებელი ფუნქცია „სცენარებისათვის“ და ეკოლოგიური ექსპერტიზისათვის მთლიანად. პირველ შემთხვევაში U_i და K_i მნიშვნელობებით ხასიათდება კომპლექსური ფაქტორები, ხოლო მეორე შემთხვევაში „სცენარები“.

სარგებლიანობის შემაჯამებელი ფუნქციის ანალიზი სწარმოებს დასმული ამოცანის პირობისაგან გამომდინარე. მაგალითად, აღნიშნული ფუნქცია საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ამა თუ იმ მადომინირებელი პარამეტრის ოპტიმალური მნიშვნელობა, ე. ი. ყოველ ალტერ-

ნატიულ ვარიანტს შეესაბამება თავისი სარგებლიანობის შემაჯამებელი ფუნქცია, რომელთა შედარება საშუალებას იძლევა ავირჩიოთ მათ შორის ყველაზე უკეთესი, როგორც ეკონომიკური, ასევე ეკოლოგიური, სოციალური და ა. შ. ასპექტების გათვალისწინებით.

შემაჯამებელი სარგებლიანობის ფუნქციის სახე კაშხლის ოპტიმალური სიმაღლის დასადგენად „ეკოლოგიურად კონფლიქტურა“ სიტუაციის დროს მოცემულია 52 ნახაზზე.



ნახ. 52. შემაჯამებელი სარგებლიანობის ფუნქციის სახე.

თ ა ვ ი XI

წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) ეფექტურობის, ამაღლება ტექნიკური დოკუმენტაციისა და პასპორტიზაციის სრულყოფით. სტანდარტიზაციის საფუძვლები

11.1. ტექნიკური დოკუმენტაცია და პასპორტიზაცია.

11.1.1. წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) პასპორტიზაცია

წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) ეფექტურობის გაზრდის, გარემოს დაცვის, წყლის რესურსების რაციონალურად გამოყენებისა და საერთოდ ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა ობიექტების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების აღრიცხვიანობის,

ანგარიშმგებლობის და ანალიზის დონის გაუმჯობესება ტექნიკური დოკუმენტაციისა და პასპორტიზაციის სრულყოფის საფუძველზე.

პასპორტი წარმოადგენს დოკუმენტს, რომელიც ადასტურებს წყალსამეურნეო ობიექტის (კომპლექსის) სამრეწველო შესაძლებლობებს. მათში მოყვანილი სისტემატური მონაცემები საშუალებას იძლევა რეალურად გაიხსნას ამა თუ იმ ობიექტის (კომპლექსის) ნაგებობების, მოწყობილობების, მატერიალური, შრომითი და ფინანსური რესურსების გამოყენების დონისა და ეფექტურობის ამაღლების პოტენციური შესაძლებლობები.

აღნიშნული დოკუმენტი მუშავდება სათანადო ორგანოების მიერ შემუშავებული დებულებების საფუძველზე, რომელშიაც მოცემულია პასპორტის შემუშავების კონკრეტული მეთოდიკა, ტიპური ფორმები, მათი შევსების წესი და ა. შ. სამეურნეო ობიექტის (კომპლექსის) სპეციფიკის გათვალისწინებით.

პასპორტში ასახული უნდა იყოს: არსებული საწარმოო სამქალაქრეები და მათი გამოყენება, წარმოებული პროდუქციის რაოდენობა, ძირითადი ფონდების შემადგენლობა, თანამშრომელთა რიცხვი და შრომის მექანიზაციის დონე, ხელფასის ფონდი, ობიექტის ექსპლუატაციის ორგანიზაციულ-ტექნიკური დონე და სხვა ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები, რომლებიც აუცილებელია წლიური და პერსპექტიური გეგმების შესამუშავებლად.

პასპორტში მოცემული უნდა იყოს საგეგმო (საანგარიშო), საპროექტო და ფაქტიური მონაცემები პერსპექტივაზე, რომელიც უნდა შეესაბამებოდეს საბუღალტრო და სტატისტიკურ ანგარიშმგებლობას. გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი ძირითადი განყოფილებები:

● ო ბ ი ე ქ ტ ი ს (კ ო მ პ ლ ე ქ ს ი ს) შ ე ს ა ხ ე ბ ს ა ე რ თ ო მ ო ნ ა ც ე მ ე ბ ი — დარგის დაქვემდებარება, მისამართი, ხელმძღვანელის ვინაობა, საბანკო და სატრანსპორტო რეკვიზიტები, ექსპლუატაციაში შესვლის დრო და ა. შ.

● ს ა წ ა რ მ ო ო ს ი მ ძ ლ ა ვ რ ე ე ბ ი და მ ა თ ი გ ა მ ო ყ ე ნ ე ბ ა — დადგმული ნაგებობებისა და მოწყობილობების ფაქტიური მაჩვენებლები — რეჟიმების, მოწინავე ტექნოლოგიის, ადგილობრივი პირობებისა და სხვ. გათვალისწინებით. მოცემული უნდა იქნეს ნაგებობებისა და მოწყობილობების საათური მწარმოებლობა, წლის განმავლობაში მათი გამოყენება, სარეზერვო ფონდები და ა. შ.

● პ რო დ უ ქ ც ი ის წ ა რ მ ო ე ბ ა და მ ო მ ხ მ ა რ ე ბ ლ ის მ ო მ ს ა ხ უ რ ე ბ ა — აჩვენებს ობიექტზე (კომპლექსზე) მიღწეულ შედეგებს პროდუქციის წარმოებასა და მომსახურების სფეროში, გზებს რეზერვების გამოსაღწეობად, საწარმო-საექსპლოატაციო საქმიანობის ხარისხს, გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების რაციონალურად გამოყენების საკითხებს და ა. შ.

● ძ ი რ ი თ ა დ ი ფ ო ნ დ ე ბ ი და კ ა პ ი ტ ა ლ უ რ ი მ შ ე ნ ე ბ ლ ო ბ ა — მკიდრო კავშირშია „საწარმოო სიმძლავრეებთან და მათ გამოყენებასთან“ და აესებს მათ ისეთი მახასიათებლებით, როგორცაა ობიექტზე ტექნოლოგიური მოწყობილობები, ძირითადი ფონდებისა და საწარმოო სიმძლავრეების მოქმედებაში შეყვანა, ძირითადი ფონდების საშუალოწლიური ღირებულება, ძირითადი და საამორტიზაციო ფონდების მოძრაობა და ა. შ.

● მ ა ტ ე რ ი ა ლ უ რ ი რ ე ს უ რ ს ე ბ ი — აუცილებელია იმ სამუშაოების შესაფასებლად, რომლებიც მიმართულია ძირითადი მასალების, სათბობისა და ენერჯის ეკონომიაზე. იგი ითვალისწინებს — მატერიალური რესურსების მოხმარების, ნორმირებისა და გამოყენების მახასიათებლებს. მოცემულია ერთეულ პროდუქციაზე საჭირო მატერიალური რესურსების ნორმატიული და ფაქტიური დანახარჯები და ა. შ.

● შ რ ო მ ი თ ი რ ე ს უ რ ს ე ბ ი და ს ო ც ი ა ლ უ რ ი გ ა ნ ვ ი თ ა რ ე ბ ა — ითვალისწინებს მონაცემებს შრომით რესურსებზე, მათ შორის მუშა-მოსამსახურეთა კატეგორიების მიხედვით, რომლებიც აჩვენებენ ობიექტის (კომპლექსის) კადრებით უზრუნველყოფას და შრომის ნაყოფიერების შემდგომი ამაღლების გზებს. ასახვენ კადრების საერთო რაოდენობას და ხელფასის საერთო ფონდს, კადრების დენადობის კოეფიციენტს, თითოეული თანამშრომლის საშუალო-თვიურ ხელფასს, როგორც მთლიანად, ასევე კატეგორიების მიხედვით, სამუშაო დროის გამოყენებას, მატერიალური წახალისებისა და სოციალურ-კულტურული ღონისძიებების, საცხოვრებელი მშენებლობის ფონდებს და ა. შ.

● ფ ი ნ ა ნ ს უ რ ი მ ა ხ ა ს ი ა თ ე ბ ლ ე ბ ი — აჩვენებს შემოსავალსა და გასავალს, ჯამურ მოგებას, პროდუქციისა და მომსახურების თვითღირებულებას, გეგმურ და ფაქტიურ დანახარჯებს ობიექტის (კომპლექსის) განვითარებაზე და ა. შ.

● ო ბ ი ე კ ტ ის (კ ო მ პ ლ ე ქ ს ის) ო რ გ ა ნ ი ზ ა ც ი უ ლ ტ ე ქ ნ ი კ უ რ ი დ ო ნ ე — გულისხმობს მუშათა ხვედრით წონას, რომლებიც დასაქმებული არიან ხელით და მექანიზირებულ სამუშაო-

ობებზე და მათი აღრიცხვისათვის შეიძლება შემოღებული იქნეს სპეციალური შიფრები, ტექნოლოგიური პროცესებისა და საერთოდ ობიექტის მართვის ავტომატიზირებულ სისტემებს და ა. შ.

ცხადია, ზემოთ განხილული მახასიათებლები, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იქნენ ობიექტის (კომპლექსის) პასპორტიზაციის დროს ზოგადია და მათი გამოყენება შესაძლებელია ნებისმიერი კონკრეტული შემთხვევისათვის.

11.1.2. ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაცია

წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) მართვა საჭიროებს ძალიან დიდი რაოდენობის სხვადასხვა სახის ოპერატიული და სარწმუნო ინფორმაციის გადამუშავებას. დასამუშავებელი ინფორმაცია შეიძლება იყოს როგორც შიგა, ასევე გარედან მოწოდებული. ეს უკანასკნელი წარმოადგენს დირექტიულ მითითებებს, საგეგმო დაეალებებს, ანალოგიური ობიექტების საქმიანობის გამოცდილების აღწერას, მონაცემებს ახალ ტექნიკაზე და სხვ. შიგა ინფორმაცია აშუქებს ობიექტის (კომპლექსის), მისი ცალკეული ქვედანაყოფების საწარმოო და სამეურნეო საქმიანობას.

ინფორმაცია იყოფა პირობითად მუდმივად — ნორმები, სტანდარტები, დირექტიული დოკუმენტები და ცვლადად — ობიექტის (კომპლექსის) მდგომარეობის, გეგმის შესრულებისა და ა. შ. ამჟამისა.

ობიექტის (კომპლექსის) ეფექტურობის ამაღლება და მასთან დაკავშირებით სათანადო ზომების დროულად დასახვა და განხორციელება უშუალოდაა დამოკიდებული ინფორმაციის ხარისხზე, მათ ოპერატიულ შეკრებაზე, გადამუშავებაზე და პრაქტიკულ გამოყენებაზე.

სხვათა შორის ასეთი სახის ინფორმაციის შექმნა და მათი გამოყენება აუცილებელია ნებისმიერი სიმძლავრის ობიექტისათვის. ტექნიკური დოკუმენტაცია საშუალებას იძლევა ოპერატიულად განხორციელდეს ობიექტის (კომპლექსის) გაფართოებასთან ან რეკონსტრუქციასთან დაკავშირებული ყველა სახის სამუშაოები.

ობიექტის (კომპლექსის) ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების მიხედვით აუცილებელია არქივებში ინახებოდეს ტექნიკური, ექსპლუატაციური და საშემსრულებლო დოკუმენტაცია, აგრეთვე ინვენტარიზაციისა და პასპორტიზაციის მასალები, რომლებშიც სისტემატიურად უნდა

იქნეს შეტანილი ობიექტთან დაკავშირებული ყოველგვარი ცვლილებები.

არქივში მუდმივად უნდა ინახებოდეს: ობიექტის (კომპლექსის) მშენებლობის (რეკონსტრუქციის) დამტკიცებულ ტექნიკური პროექტების მთლიანი კომპლექტები; ნაგებობის, მოწყობილობების, კომუნიკაციებისა და ა. შ. მუშა ნახაზები და საშემსრულებლო დოკუმენტაცია; ობიექტის (კომპლექსის) ოპერატიული სქემები ყველა ნაგებობების, ძირითადი კომუნიკაციების, რეგულირების საშუალებების, ავტომატიზაციისა და დისპეჩერიზაციის მითითებით; ნაგებობების, მოწყობილობების, კომუნიკაციების და ა. შ. მიღების აქტები; ობიექტზე გამოყენებული მოწყობილობების, აგრეგატების, მექანიზმების, საკონტროლო-საწომი აპარატურისა და ა. შ. პასპორტები და მათი დამამზადებელი ქარხნების ინსტრუქციების მთლიანი კომპლექტები; ნაგებობების, მოწყობილობების, კომუნიკაციების, აგრეგატების, ამწე-სატრანსპორტო დანადგარებისა და ა. შ. ტექნიკური პასპორტების (რუქების) მთლიანი კომპლექტები; ობიექტის (კომპლექსის) და მათი ცალკეული ნაგებობების ექსპლუატაციის ამსახველი წლიური ტექნიკური ანგარიშები; ობიექტთან (კომპლექსთან) დაკავშირებული ტექნიკური ექსპლუატაციისა და უსაფრთხოების ტექნიკის წესები, სამშენებლო ნორმები და წესები, სახელმწიფო, რესპუბლიკური და დარგობრივი სტანდარტები, ტექნიკური პირობები და სხვა ნორმატიული დოკუმენტები; თანამდებობრივი, ობიექტის (კომპლექსის) ექსპლუატაციის, ავარიის თავიდან აცილებისა და ლიკვიდაციის ინსტრუქციების კომპლექტი.

ინსტრუქციებში, რომლებიც მტკიცდება ობიექტის (კომპლექსის) ხელმძღვანელის მიერ ასახული უნდა იყოს: მომსახურე პერსონალის უფლება-მოვალეობანი და პასუხისმგებლობა; ტექნოლოგიური პროცესების გაშვება-გაჩერება; ნაგებობებისა და მოწყობილობების მომსახურების წესი საექსპლუატაციო რეჟიმში და ნორმალური ფუნქციონირების შესაძლებელი დარღვევის შემთხვევაში; ნაგებობების მუშაობის ტექნოლოგიური კონტროლის რიგი; ნაგებობებისა და მოწყობილობების დათვალიერების რევიზიისა და რემონტის რიგი, ვადები; ავარიის თავიდან აცილების ღონისძიებები და პერსონალის მოქმედება ავარიის შემთხვევაში და მისი ლიკვიდაციის დროს; უსაფრთხოების ტექნიკის ღონისძიებები და სხვ.

ინსტრუქციები როგორც წესი არა მარტო ობიექტის (კომპლექსის) ტექნოლოგიური რეჟიმების შეცვლის შემთხვევაში, არამედ პერიოდულ-

ლად საჭიროებენ გადახედვასა და კორექტირებას (არა უგვიანესი ყოველ სამ წელიწადში).

ობიექტების (კომპლექსების) სათანადო სამსახურები ყოველ თვიურად, კვარტალურად და ყოველწლიურად ადგენენ სათანადო ფორმებს, რომლებიც საფუძვლად ედება პერსპექტიული გეგმების შედგენას, ინფორმაციას აწვდიან დარგის ზემდგომ ორგანოებს, სტატისტიკურ სამმართველოებს და სხვა დაინტერესებულ ორგანიზაციებს.

11.2. სტანდარტიზაცია წყალსამეურნეო ობიექტებზე

11.2.1. სტანდარტიზაციის როლი და ამოცანები

სტანდარტიზაცია წყალსამეურნეო ობიექტებზე (კომპლექსებზე), ისევე როგორც საერთოდ, ნებისმიერ სახალხო-სამეურნეო ობიექტზე გულისხმობს საქმიანობის მოგვარებას, რისთვისაც აუცილებელია სათანადო წესების დადგენა და გამოყენება, რაშიაც მონაწილეობასღებულობს ყველა დაინტერესებული მხარე და საბოლოო ჯამში ფუნქციონალური პირობებისა და უსაფრთხოების ტექნიკის გათვალისწინებით მიიღწევა საერთო ოპტიმალური ეკონომიკური ეფექტი. სტანდარტიზაციის ობიექტი შეიძლება იყოს კონკრეტული პროდუქცია, ნორმები, მოთხოვნები, მეთოდები, ტერმინები, აღნიშვნები და ა. შ. რომლებსაც გააჩნიათ მრავალჯერადი გამოყენების პერსპექტივა.

სტანდარტიზაცია მნიშვნელოვნად მოქმედებს ობიექტის (კომპლექსის) განვითარების დონეზე და ტემპებზე. ეყრდნობა რა მეცნიერების, ტექნიკის და პრაქტიკული გამოცდილების უკანასკნელ მიღწევებს. სტანდარტები ამავე დროს წარმოადგენენ მეცნიერებისა და ტექნიკის პროცესის სტიმულს.

სტანდარტიზაცია საბჭოთა კავშირში მკვიდროდ უკავშირდებოდა სახალხო მეურნეობის დაგეგმვისა და მართვის სისტემას და იგი წარმოადგენდა სახელმწიფოს ტექნიკური პოლიტიკის ერთ-ერთ ელემენტს. აღნიშნულის საფუძველზე მოქმედებდა სტანდარტიზაციის სახელმწიფო სისტემა, რომელიც აერთიანებდა სამუშაოებს სახალხო მეურნეობის მართვის ყველა დონეზე. წარმოადგენდა ურთიერთდაკავშირებული წესებისა და დებულებების კომპლექსს და შეიცავდა სტანდარტი-

ზაციის ძირითად მიზნებს და ამოცანებს, სტანდარტიზაციის ჩასატარებელ სამუშაოთა დაგეგმვას, ორგანიზაციასა და მეთოდიკას და ა. შ.

წყლის კანონმდებლობის საფუძვლებში და ზემდგომ ორგანოთა სათანადო დოკუმენტებში მოცემულია ბუნების დაცვის საქმიანობის ძირითადი ამოცანები და მიმართულებები, კერძოდ წყლის რესურსების დაცვა და რაციონალური გამოყენება.

ამ მიზნით განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება საერთო ტექნიკური სახელმწიფო სტანდარტების კომპლექსების დამუშავებასა და დანერგვას, აგრეთვე მართვის სისტემების კომპლექსების შექმნას.

საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო სტანდარტების მიერ სათანადო სამინისტროებთან და უწყებებთან ერთად დამუშავებული იყო რიგი სახელმწიფო დოკუმენტებისა, რომელიც ეხებოდა ბუნების დაცვის პრობლემებს. მაგალითად, 1976 წ. დამტკიცდა ფუძემდებელი სახელმწიფო სტანდარტი 17.0.0 01—76 „სტანდარტების სისტემა ბუნების დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების გამოყენების გაუმჯობესების დარგში. ძირითადი დებულებები“. ამ დოკუმენტის საფუძველზე სისტემა შედგება 9 კომპლექსისაგან, მათ შორის კომპლექსისაგან „პიღროსფერო“, რომელიც შეიცავს წყლის რაციონალურ გამოყენებასა და დაცვას. აღნიშნულ სახელმწიფო სტანდარტში მოცემულია სტანდარტთა კომპლექსების ტიპური სტრუქტურა — სტანდარტიზაციის ობიექტია, ტერმინების, განსაზღვრების, კლასიფიკაციის, ნორმების, და სხვ. გათვალისწინებით.

ჩვენ აღარ შევიჩერდებით ცალკეული სტანდარტების განხილვაზე, რადგან ისინი მოცემულია სპეციალურ კატალოგებში, რომელიც გამოშვებულია საბჭოთა კავშირის სახელმწიფო სტანდარტების მიერ. აღვნიშნავთ მხოლოდ, რომ გარდა სახელმწიფო სტანდარტებისა, არსებობდა რესპუბლიკური და დარგობრივი სტანდარტებიც, რომლებიც ითვალისწინებდა წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) ეფექტური მუშაობისათვის ყველა აუცილებელი პირობების დაცვას.

გამოიყენება აგრეთვე სტანდარტები, რომლებიც ითვალისწინებენ ეკონომიკური ურთიერთდახმარების საბჭოს ინტერესებს და საერთაშორისო სტანდარტები დამტკიცებული სახელმწიფოებს შორის შეთანხმებებისა და კონვენციების საფუძველზე. კაპიტალისტურ ქვეყნებში ფუნქციონირებს სტანდარტები დამტკიცებული ეროვნული ორგანიზაციების მიერ. ბევრ კაპიტალისტურ ქვეყანაში ეს ორგანიზაციები არასამთავრობოა, მაგალითად ასოციაციები, სხვადასხვა საზოგადოებები,

ინსტიტუტები, რომელთა წევრებია ფირმები, კომპანიები, სავაჭრო კორპორაციები და კერძო პიროვნებებიც. ცალკეულ ქვეყნებში მთავრობა ფინანსურ დახმარებასაც კი უწევს ორგანიზაციებს, რომლებიც დასაქმებულნი არიან სტანდარტიზაციის საკითხებით. თუმცა ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ ეროვნულ სტანდარტებს ძალიან ხშირად კანონმდებლური ძალა არ გააჩნია.

11.2.2. წყალსამეურნეო ობიექტებზე პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემები

წყალსამეურნეო ობიექტებზე პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემა წარმოადგენს წარმოების მატერიალური და სოციალური ელემენტების ერთობლიობას, რომლებიც დაკავშირებულია საწარმოო და ორგანიზაციულ სტრუქტურებთან, მართვის მეთოდებთან, ინფორმაციულ ნაკადებთან და წარმოების საშუალებებთან და ა. შ. და მისი დანიშნულებაა არა მარტო ამ ობიექტის (კომპლექსის) სათანადო წინასწარ დადგენილი წესებითა და მოთხოვნებით ფუნქციონირება, არამედ მომხმარებლის შეცვლილი მოთხოვნილების დაკმაყოფილებაც. ამ მიზნით ცხადია უნდა სწარმოებდეს ობიექტის ფუნქციონირებისა და ობიექტზე მომქმედი შინაგანი თუ გარეგანი ფაქტორების ოპერატიული კონტროლიც.

80-იანი წლების დასაწყისში სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა სფეროში ჩვენს ქვეყანაში დაახლოებით 30 ათასამდე ასეთი კომპლექსი არსებობდა.

პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემა მაგალითად, კომუნალური წყალმომარაგებისა და წყალსარინების დროს შემდეგ ძირითად ფაქტორებს უნდა ითვალისწინებდეს:

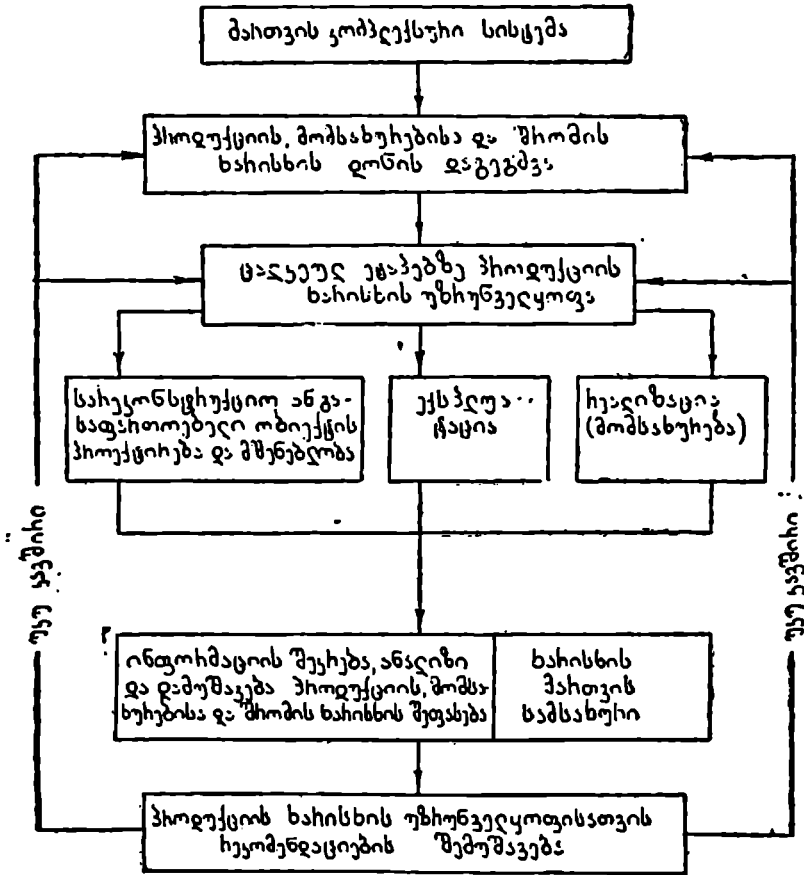
● წყალმომარაგებისა და წყალსარინების ხარისხს — სასმელი წყლის აუცილებელი ხარისხის შენარჩუნებას, ჩამდინარე წყლების გაწმენდასა და უტილიზაციას;

● საწარმოო-ექსპლუატაციური საქმიანობის ეფექტურობას — ძირითადი საწარმოო ფონდების, მატერიალური, შრომითი და ფინანსური რესურსების რაციონალურ გამოყენებას;

● გარემოს დაცვასა და ბუნებრივი რესურსების ეკონომიას — წყლის დანაკარგების შემცირებას, ჩამდინარე

წყლების სრულ ბიოლოგიურ გაუმენდას, წყალსატევებში ჩამდინარე გაუწმენდავი წყლების ჩაშვების მაქსიმალურ შემცირებას.

კომპლექსური სისტემა გამოიყენება არა მარტო მთელი ობიექტის (კომპლექსის) არამედ მისი (ალკეული სამსახურების მუშაობის ორგა-



ნახ. 53. პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემა.

ნიზაციის სრულყოფისათვის. კომპლექსის ცალკეულ ობიექტებად (სამსახურებად) შეიძლება გამოიყოს: წყალმიღები ნაგებობები, სატუმბო სადგურები, გამწმენდი ნაგებობები, ქსელი და ა. შ.

კომპლექსური სისტემა საშუალებას იძლევა გეგმაზომიერად ვიმოქმედოდ იმ ფაქტორებზე, რომლებიც განაპირობებენ არა მარტო პროდუქციისა და მომსახურების ხარისხს, არამედ ყველა ტექნოლოგიური პროცესების მართვაზე. პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემის ურთიერთკავშირების სქემა წყალმომარაგება-კანალიზაციის მეურნეობისათვის მოცემულია ნახ. 53.

ამრიგად, განხილული მაგალითი საშუალებას იძლევა თუ გინდ პირველ მიახლოებაში წარმოდგენა ვიქონიოთ იმ ღონისძიებათა კომპლექსზე, რომელთა გათვალისწინებაც აუცილებელია ამა თუ იმ წყალსამეურნეო ობიექტზე პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემების შესაქმნელად.

თ ა ვ ი XII

წყლის ეკოსისტემების სამართლებრივი დაცვა

12.1. სამართლებრივი დაცვის ცნება

წყალი ბუნებრივი სიმდიდრეა. მისი მთავარი ფუნქციაა სიცოცხლისათვის აუცილებელი პირობების უზრუნველყოფა დედამიწაზე. წყალს ეკონომიკური ფუნქციებიც აკისრია, რადგან იგი სახალხო მეურნეობის ნებისმიერი დარგისათვის აუცილებელი კომპონენტია. წყალი ამავე დროს კულტურულ-გამაჯანსაღებელ ფუნქციასაც ასრულებს.

წყლის ეკოსისტემების დაცვა ხორციელდება რიგი ღონისძიებების გატარებით, რომელთა დანიშნულებაა წყლის დაცვა გაჭუჭყიანების, დანაგვიანებისა და ამოწურვისაგან.

წყლის გაჭუჭყიანებად ითვლება ანთროპოგენული ზემოქმედებით მათი ფიზიკურ-ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური თვისებების შეცვლა იმ დონემდე, რომელიც საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას, მცენარეულ და ცხოველთა სამყაროს, მრეწველობასა და სოფლის მეურნეობას ასეთი წყლების გამოყენების დროს.

გაჭუჭყიანების წყაროებად ითვლება ქიმიური, მეტალურგიული, ცელულოზის და ა. შ. წარმოებების, მეცხოველეობის ფერმებისა და კომპლექსების და სხვ. ჩამდინარე გაუწმენდავი და გაუენებლებული წყლები. წყლის გაჭუჭყიანების განსაკუთრებულ გამაბინძურებლად ითვლება წყალსატევში წყლის თბური რეჟიმის გაზრდა თბოელექტრო-

სადგურების ჩამდინარე წყლებით და აგრეთვე წყალსატევის რადიო-აქტიური ნივთიერებებით გაბინძურება.

წყლის დანაგვიანების ქვეშ იგულისხმება წყალში გარეშე უხსნადი ნივთიერებებისა და საგნების დაგროვება. ასეთი დანაგვიანების წყაროდ ითვლება მყარი სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, სამშენებლო ნაგავი, დატურებული ხე-ტყის ნარჩენები და სხვ. წყლის დანაგვიანება არა მარტო ცვლის წყლის ხარისხს, არამედ აუარესებს თევზებისა და სხვა ორგანიზმების სასიცოცხლო პირობებს.

წყლის ამოწურვად მიჩნეულია ზედაპირული წყლების მინიმალური ჩამონადენის შემცირება ან მიწისქვეშა წყლების მარაგების შემცირება მოცემულ რეგიონში. წყლის ამოწურვის გამომწვევი მიზეზებია წყლის არარაციონალური და არაუაირათიანი გამოყენება, წყალსატევების გაბინძურება, რეგიონში ტყისა და ბუჩქნარის განადგურება და ა. შ.

წყლის სამართლებრივი დაცვა საბჭოთა კავშირში დაფუძნებული იყო სამართლებრივ ნორმებზე, რომლებიც მიმართულია წყლის ეკოსისტემების გატუქყიანების, დანაგვიანებისა და ამოწურვისაგან დასაცავად.

დაცვის ობიექტებს წარმოადგენდა საბჭოთა კავშირის წყლის ყველა შიდა ეკოსისტემა, საზღვრავს სანაპირო წყლები, რომლებიც შედიოდნენ ქვეყნის იურისდიქციის ზონებში.

წყლის ეკოსისტემების დაცვის კანონმდებლობა საბჭოთა კავშირში შედგებოდა: საბჭოთა კავშირისა და მოკავშირე რესპუბლიკების წყლის კანონმდებლობის საფუძვლებისაგან, მოკავშირე რესპუბლიკების წყლის კოდექსებისაგან, მოკავშირე რესპუბლიკებში ბუნების დაცვის კანონებისაგან, საბჭოთა კავშირისა და რესპუბლიკების მინისტრთა საბჭოების დადგენილებებისაგან, სამინისტროებისა და უწყებების ნორმატიული აქტებისაგან, რომლებიც ანხორციელებდნენ სახელმწიფო მართვისა და კონტროლის ფუნქციებს წყლის რესურსების დაცვაზე და გამოყენების რეგულირებაზე.

12.2. წყლის სამართლებრივი დაცვის ღონისძიებები

წყლის კანონმდებლობის საფუძვლები და წყლის კოდექსები წყლის ეკოსისტემების დაცვის ძირითადი მოთხოვნის დაკმაყოფილებისათვის კრძალავენ — წყლის გატუქყიანებას, დანაგვიანებას და ამოწურვას.

აღნიშნულის მისაღწევად საწარმოები და ორგანიზაციები ვალდებული არიან სამეურნეო და კულტურულ-საყოფაცხოვრებო ობიექტების განლაგების, პროექტირების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს, აგრეთვე ობიექტების რეკონსტრუქციისა და ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფის დროს გაითვალისწინონ წყალმომარების მცირენარჩენიანი ან უნარჩენო სისტემები, აგრეთვე ნაგებობები და მოწყობილობები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ჩამდინარე წყლების ეფექტურ გაწმენდას. საჭიროა განხორციელდეს სათანადო ღონისძიებები წყლის ეკოსისტემების დანაგვიანებისა და ამოწურვისაგან დასაცავად.

აუცილებლობის შემთხვევაში უნდა მოეწყოს სანიტარიული ზონები, რომლებიც დაიცავენ წყალსატევებს ანთროპოგენული ზემოქმედებისაგან.

ამ მოთხოვნების დაცვა და შესრულება უპირატესად მიიღწევა გამაფრთხილებელი და მარეგულირებელი ღონისძიებების სისტემით, რომელიც გულისხმობს ისეთ ასპექტებს, როგორცაა: წყლის რესურსების დაცვისა და გამოყენების აღრიცხვისა და დაგეგმვის ორგანიზაცია, წყლის გამოყენების რიგითობისა და რეჟიმის რეგულირება, ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ნორმირება და ა. შ.

წყლის გამოყენებისა და დაცვის აღრიცხვა და დაგეგმვა საფუძველია წყლის ეკოსისტემების რაციონალური გამოყენებისა და მათი დაცვის.

წყლებისა და მათი გამოყენების სახელმწიფო აღრიცხვა მიზნად ისახავს, წყლის რაოდენობისა და ხარისხის დადგენას, აგრეთვე მონაცემების შეგროვებას მოსახლეობაში და სახალხო მეურნეობაში მათი გამოყენების თაობაზე.

ჯამური მონაცემები წყლის რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაჩვენებლებზე, მათ გამოყენებაზე და წყალმომარებლებზე წარმოქმნის სახელმწიფოს წყლის კადასტრს.

აღრიცხვიანობისა და კადასტრული მონაცემების ბაზაზე, რომლებიც აჩვენებს აუზებში, ეკონომიკურ რაიონებში და ა. შ. წყლის რესურსების არსებობასა და მათი გამოყენების ხარისხს მუშავდება წყალსამეურნეო ბალანსი და წყლის რესურსების გამოყენებისა და კომპლექსური დაცვის სქემები (დარგობრივი, გენერალური, აუზის და ტერიტორიალური). ყოველივე ეს კი საშუალებას იძლევა დამუშავდეს წყლის რესურსების გამოყენებისა და დაცვის ღონისძიებები პერსპექტივაში.

წყლის რესურსების გამოყენებისა და დაცვის სახელმწიფო დაგეგმვის მიზანია წყალმომხმარებლებს შორის წყლის მეცნიერულად დასაბუთებული განაწილება იმ ვარაუდით, რომ პირველ რიგში წყლით დაკმაყოფილდეს მოსახლეობა და დაიცვან წყლის ეკოსისტემები.

წყლის სამართლებრივი დაცვის ღონისძიებები აგრეთვე ითვალისწინებს ჩამდინარე წყლების ჩაშვების ნორმირებას, გამაბინძურებელი ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციების ნორმატივებს, რომლებზედაც აღრე გვექონდა საუბარი.

12.3. საპართველოს წყლის კოდექსი

საქართველოს წყლის კოდექსი დამტკიცებული იყო საქართველოს სსრ უმაღლესი საბჭოს პრეზიდიუმის მიერ და შედგებოდა 5 კარისაგან.

პირველი კარი, სადაც განხილულია ზოგადი დებულებანი, ითვალისწინებს ისეთ საკითხებს, როგორცაა: ძირითადი დებულებები; წყლის გამოყენებისა და დაცვის დარგში სახელმწიფო მართვასა და კონტროლს; საზოგადოებრივი ორგანიზაციებისა და მოქალაქეთა მონაწილეობას წყლის რაციონალურად გამოყენებისა და დაცვის ღონისძიებათა განხორციელებაში; იმ საწარმოების, ნაგებობების და სხვა ობიექტების გალაგება, დაპროექტება, მშენებლობა და საექსპლოატაციოდ გადაცემას, რომლებიც გავლენას ახდენენ წყლის მდგომარეობაზე.

მეორე კარი — წყალსარგებლობა განიხილავს საკითხებს: წყალმოსარგებლეები, წყალსარგებლობის ობიექტები და სახეები; წყლის ობიექტების სარგებლობაში გადაცემის წესი და პირობები; წყალმოსარგებლეთა უფლებები და მოვალეობები; წყალსარგებლობის უფლების შეწყვეტის საფუძველი და წესი; წყლის ობიექტები, რომლებსაც გადასცემენ სასმელი, საყოფაცხოვრებო და მოსახლეობის სხვა საჭიროებისათვის; წყლის ობიექტებით სარგებლობა სამკურნალო, საკურორტო და გამაჯანსაღებელი მიზნით; სოფლის მეურნეობის საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; სამრეწველო და ჰიდროენერგეტიკის საჭიროების მიზნით წყლის ობიექტებით სარგებლობა; წყლის ტრანსპორტის და ხე-ტყის დაცურების საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; საჰაერო ტრანსპორტის საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; თევზის მეურნეობის საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; სამონადირეო მეურნეობის სა-

ჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; ნაკრძალთა საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; ჩამდინარე წყლის გადასადგებად წყლის ობიექტებით სარგებლობა; ხანძარსაწინააღმდეგო და სხვა სახელმწიფოებრივი და საზოგადოებრივი საჭიროებისათვის წყლის ობიექტებით სარგებლობა; წყალსაცავების ექსპლოატაცია; საქართველოს სსრ და სხვა მოკავშირე რესპუბლიკების ტერიტორიაზე განლაგებული წყლის ობიექტებით სარგებლობის მოწესრიგება; წყალსარგებლობის შესახებ დავის გადაწყვეტის წესი; წყალსარგებლობა სსრ კავშირის სასაზღვრო წყლებზე.

მესამე კარი -- წყლის დაცვა და მისი მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილება ეძღვნება ისეთ ასპექტებს, როგორცაა: წყლის დაცვა; წყლის დაცვა გაქუჩყიანებისა და დანაგვიანებისაგან; წყლის დაცვა ამოწურვისაგან; წყლის მავნე ზემოქმედების აცილება და ლიკვიდაცია.

მეოთხე და მეხუთე კარში სათანადოდ გაშუქებულია წყლის გამოყენების სახელმწიფო აღრიცხვა და დაგეგმვა და პასუხისმგებლობა წყლის კანონმდებლობის დარღვევისათვის.

12.4. წყლების საერთაშორისო-სამართლებრივი დაცვა

წყლების საერთაშორისო-სამართლებრივი დაცვა უპირატესად მიმართულია მსოფლიო ოკეანის დასაცავად ნავთობით, ნავთობპროდუქტებით და სხვა ნივთიერებებით გაბინძურებისაგან, რომლებიც მავნე ზემოქმედებას ახდენენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ზღვის ფლორაზე და ფაუნაზე.

1963 წლის საერთაშორისო ხელშეკრულების თანახმად აკრძალულია ბირთვული იარაღის გამოცდა ტერიტორიალურ წყლებში, ღია ზღვებში და წყლის ქვეშ, როდესაც აფეთქებას თანა სდევს რადიოაქტიური ნარჩენების გამოყოფა.

საერთაშორისო კონვენციები, რომლებიც დაიდო 1954 წელს (1962, 69 და 71 წლების შესწორებებით) და 1972 წელს კრძალავენ გემებიდან ზღვაში ნავთობის, ნავთობპროდუქტებისა და სხვა მავნე ნივთიერებების ჩაშვებას.

1973 წ. ლონდონში მიღებული იქნა საერთაშორისო კონვენცია,

რომლის მიხედვითაც პორტებში შემოსულ გემებს უნდა ჰქონდეს სპეციალური სერტიფიკატები, რაც იმის გარანტიას იძლევა რომ გემის კორპუსები, მექანიზმები და სხვა მოწყობილობები არ გააბინძურებს ნავსაგდურებს.

1982 წელს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის კონვენციას, რომელიც ეხებოდა მსოფლიო ოკეანის დაცვას, ხელი მოაწერა 120 სახელმწიფომ, მათ შორის საბჭოთა კავშირმა.

„გარემოზე გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის პროგრამის“ (იუნეპ), მიხედვით გამოყოფილია 10 რეგიონალურა ზღვა, რომელშიაც შედიან ბალტიის, ხმელთაშუა ზღვა, წითელი ზღვა და ა. შ. და პროგრამის განხორციელებაში მონაწილეობას იღებს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის 14 დაწესებულებაც და 12 საერთაშორისო ორგანიზაცია.

რაც შეეხება მდინარეებისა და ტბების დაცვას, რომლებიც რამდენიმე ქვეყანას ეკუთვნის, იგი ხორციელდება სახელმწიფოთაშორისი მოლაპარაკებებითა და შეთანხმებებით. ასეთი შეთანხმებები დადებულია მაგალითად, მდ. რეინის, ან კიდევ ჩრდილოეთ ამერიკაში დიდი ტბების დასაცავად.

სახელმწიფოთაშორისი შეთანხმებები ზღვების დაცვაზეც ვრცელდება. ამის მაგალითია 1974 წელს საბჭოთა კავშირის, პოლონეთის, გდრ, დანიას, შვეციასა და ფინეთს შორის ხელმოწერილი კონვენცია, რომელიც ბალტიის ზღვის ყოველგვარ გაქუჩუყიანებას კრძალავს.

მეზობელ ქვეყნებთან შეთანხმებებს ამ მხრივ საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია გააჩნია. მართლაც ჯერ კიდევ პირველი ასეთი შეთანხმება საბჭოთა კავშირმა ფინეთთან 1922 წელს დადო, რომელიც ეხებოდა მოსაზღვრე წყლებში წყალმონხმარებისა და თევზჭერის მოწესრიგებას. 1927 წელს მსგავსი შეთანხმებები დადებული იქნა ირანთან და თურქეთთან.

ამრიგად წყლების საერთაშორისო-სამართლებრივი დაცვა თანდათან მასიურ ხასიათს ღებულობს და იგი არა მარტო მიმართულია გლობალურად წყლის ეკოსისტემების დასაცავად, არამედ საფუძველს უყრის მეგობრულ თანამშრომლობასა და კონტაქტებს.

წყლის ეკოსისტემების რაციონალურად გამოყენებისა
და დაცვის სფეროში მეცნიერებისა და ტექნიკის
მიღწევების საერთაშორისო ინტეგრაცია

13.1. საერთაშორისო თანამშრომლობა წყლის ეკოსისტემების
დაცვის საქმეში

საერთაშორისო თანამშრომლობა წყლის ეკოსისტემების დაცვის საქმეში მოიცავს სამეცნიერო-ტექნიკური, ეკონომიკური და პოლიტიკური ხასიათის საკითხების ფართო წრეს. მაგალითად, ორმხრივი შეთანხმება საბჭოთა კავშირსა და აშშ შორის, რომლებიც ეხება გარემოს დაცვის საკითხებს ითვალისწინებდა 11 სამეცნიერო კვლევით პროგრამას და 30 პროექტს; მათში გათვალისწინებულია წყლის ეკოსისტემების დაცვა. თანამშრომლობა ხორციელდება მეცნიერებისა და სპეციალისტების, სამეცნიერო-ტექნიკური ინფორმაციისა და გამოკვლევების შედეგების გაცვლის საფუძველზე. ამავ დროს ტარდება ორმხრივი კონფერენციები, სიმპოზიუმები და თათბირები, ერთობლივად მუშავდება პროექტები, პროგრამები და ა. შ.

ანალოგიური სამუშაოები ტარდება გფრ-თან, ინგლისთან, საფრანგეთთან, ფინეთთან, კანადასთან და სხვა ქვეყნებთან ერთად.

საბჭოთა კავშირი მონაწილეობას იღებდა საერთაშორისო ბუნების დამცველ ორგანიზაციების საქმიანობაში, აგრეთვე მონაწილეობდა ორმხრივი და მრავალმხრივი სახელმწიფოებს შორის შეთანხმებებში და კონვენციებში, რომლებშიაც ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი წყლის ეკოსისტემების დაცვას ეკუთვნოდა.

ბუნების დაცვის საერთაშორისო ორგანიზაციებს საკმაოდ დიდი ისტორია აქვს 1913 წელს შვეიცარიაში 18 ქვეყნის წარმომადგენელთა კონფერენციაზე მიიღეს გადაწყვეტილება ბუნების დაცვის საერთაშორისო კომისიის შექმნის თაობაზე. 1920 წელს პარიზში დაარსდა ბუნების დაცვის საერთაშორისო საზოგადოება, ხოლო 1947 წელს ჰოლანდიაში დაარსდა ბუნების დაცვის საერთაშორისო ლიგა, რომელიც მოგვიანებით 1948 წელს საფრანგეთში ბუნების დაცვის საერთაშორისო კავშირად გადაკეთდა. 1956 წელს კი აღნიშნული ორგანიზაცია შოტლანდიაში თავის ერთ-ერთ გენერალურ ანსამბლეაზე ბუნების დაცვის და ბუნებრივი რესურსების საერთაშორისო კავშირად გადაკეთდა.

80-იანი წლების დასაწყისში ამ კავშირში გაერთიანებული იყო 56 სახელმწიფო (წევრი), 122 სამთავრობო ორგანიზაცია, 296 ეროვნული არასამთავრობო ორგანიზაცია, 24 საერთაშორისო ორგანიზაცია (სულ 144 ქვეყნის წარმომადგენელი).

ბუნების დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების საერთაშორისო კავშირში ფუნქციონირებს ოთხი მუდმივი კომისია, რომლებიც იხილავენ ისეთ საკითხებს, როგორცაა: ბუნებადამცავი პოლიტიკა, კანონმდებლობა და ადმინისტრირება, ლანდშაფტის დაგეგმვა, ეროვნული პარკები და დაცული ტერიტორიები, ეკოლოგია, განათლება.

1970 წელს, იუნესკოს გენერალური კონფერენციის მე-16 სესიაზე მიიღეს ახალი საერთაშორისო, მთავრობათაშორისო პროგრამა — „აღამიანი და ბიოსფერო“ („მაბ“). აღნიშნული პროგრამის საფუძველზე მუშავდება 14 პროექტი, რომლებშიც წყლის ეკოსისტემების ანალიზი აუცილებელ პირობას წარმოადგენს.

მოგვიანებით ცალკეულ სახელმწიფოებში ჩამოყალიბდა „მაბ“-ის ეროვნული კომიტეტები. ასეთივე კომიტეტი დაარსდა საქართველოშიც 1978 წელს, რომელიც პროგრამის თითქმის ყველა ძირითად პროექტს ამუშავებს.

1973 წ. ფუნქციონირება დაიწყო „გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის პროგრამამ გარემოზე“ („იუნეპ“), რომელმაც შტაბ-ბინა კენიაში დაიღო.

წყლის ეკოსისტემების დაცვისა და რაციონალური გამოყენების ასპექტებს საკმაოდ დიდ ყურადღებას უთმობს „მწვანეთა მოძრაობის“ საერთაშორისო ორგანიზაცია „გრინპის“-იც.

13.2. ზოგიერთი საერთაშორისო და ეროვნული

ორგანიზაციები

- საერთაშორისო გეოფიზიკური წყლის საქმეთა საკონსულტაციო კომიტეტი.
- ფიზიკური ოკეანოგრაფიის სპეციალისტთა საერთაშორისო ასოციაცია.
- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ევროპის ეკონომიკური კომისიის წყლის პრობლემების კომიტეტი.
- ბალტიის ზღვის აუზის ქვეყნების ოკეანოგრაფების კონგრესი.
- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გარემოს პროგრამების მმართველთა საბჭო.

- იუნესკოს საერთაშორისო ჰიდროლოგიური პროგრამის მთავრობათაშორისი საბჭო.
- გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მთავრობათაშორისი საზღვაო საკონსულტაციო ორგანიზაცია.
- იუნესკოს მთავრობათაშორისი ოკეანოგრაფიული კომისია.
- საზღვაო მეცნიერების იუნესკოს საერთაშორისო საკონსულტაციო კომიტეტი.
- საერთაშორისო ეკოლოგიური ასოციაცია.
- ოკეანის შესახებ ფიზიკურ მეცნიერებათა საერთაშორისო ასოციაცია.
- წყლის გაბინძურების გამოკვლევების საერთაშორისო ასოციაცია.
- სამეცნიერო ჰიდროლოგიის საერთაშორისო ასოციაცია.
- ხმელთაშუა ზღვის სამეცნიერო გამოკვლევების საერთაშორისო კომისია.
- სამხრეთ ნახევარსფეროს ოკეანეების პრობლემების საერთაშორისო საკოორდინაციო ჯგუფი.
- ზღვის გამოკვლევების საერთაშორისო საბჭო.
- გარემოს დაცვის სამართლებრივი პრობლემების საერთაშორისო საბჭო.
- ოკეანოგრაფიის საერთაშორისო ფონდი.
- გაბინძურებასთან ბრძოლის საერთაშორისო პროგრამა.
- ბუნებისა და ბუნებრივი რესურსების საერთაშორისო კავშირი.
- წყალმომარაგების საერთაშორისო ასოციაცია.
- ზღვის გარემოს გაბინძურების სამეცნიერო ასპექტების ექსპერტების გაერთიანებული ჯგუფი.
- ხმელთაშუა ზღვის ერთობლივი შესწავლის გაერთიანებული საერთაშორისო საკოორდინაციო ჯგუფი.
- ზღვის გარემოს გაბინძურების გლობალური გამოკვლევების გაერთიანებული სამუშაო ჯგუფი.
- ზღვის ბიოლოგიისა და ოკეანოგრაფიის ხმელთაშუა ზღვის ასოციაცია.
- წყნარი ოკეანის სამეცნიერო ასოციაცია.
- წყნარი ოკეანის სამეცნიერო კონგრესი.
- წყნარი ოკეანის სამხრეთ ნაწილის ზღვის რესურსების დაცვის მუდმივი კომისია.
- ბუნებრივი რესურსების საკონსულტაციო კომიტეტი.
- ოკეანოგრაფიულ გამოკვლევათა სამეცნიერო კომიტეტი.

- გარემოს პრობლემების სამეცნიერო კომიტეტი.
- წყლის პრობლემების შესახებ ინფორმაციის ცენტრი.
- ზღვის გარემოს გაბინძურების გლობალური შესწავლის მუშა-კომიტეტი.
- წყლის რესურსების ამერიკის ასოციაცია (აშშ).
- წყალსადენების მშენებლობის ამერიკის ასოციაცია (აშშ).
- ნიადაგებისა და წყლის რესურსების დაცვის ადგილობრივ სამმართველოთა ასოციაცია (აშშ).
- მელიორაციის ბიურო (აშშ).
- კანადის ჰიდროგრაფიულ მონაცემების ცენტრი (კანადა).
- ორგანიზაცია „სუფთა ჰაერი და წყალი“ (შშ).
- საზღვაო მეცნიერების, ტექნიკისა და ზღვის რესურსების კომისია (აშშ).
- გარემოს შენარჩუნების კომიტეტი (დიდი ბრიტანეთი).
- კომიტეტი „რესურსები და ადამიანი“ (აშშ).
- ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნებისა და სამეცნიერო კვლევების ფონდი (აშშ).
- სახალხო რესურსების დეპარტამენტი (აშშ).
- ბუნებრივი რესურსებისა და გარემოს კონტროლის დეპარტამენტი (აშშ).
- წყლის რესურსების საქმეთა დეპარტამენტი (აშშ).
- გარემოს დაცვის ფონდი (აშშ).
- გარემოს ხარისხის მართვის სამსახური (კანადა).
- გარემოს დაცვის სააგენტო (აშშ).
- ტბა ერის წყლების გაწმენდის კომიტეტი (აშშ).
- ზღვის წყლის ხარისხის ეროვნული ლაბორატორია (აშშ).
- ოკეანოგრაფიული მონაცემების ეროვნული ცენტრი (აშშ).
- წყლის პრობლემების ეროვნული კომისია (აშშ).
- წყლის რესურსების პრობლემების სანიტარიული საბჭო (აშშ).
- მდ. მისისიპის ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნების კომიტეტი (აშშ).
- წყლის გაბინძურებასთან ბრძოლის ფედერაცია (აშშ).
- წყლის გაბინძურებასთან ბრძოლისა და წყალმომარაგების კომისია (აშშ).
- „მომავლის რესურსების“ ორგანიზაცია (აშშ).

13.3. საერთაშორისო შითანხმებები, ხელშეკრულებები და კონვენციები

- საერთაშორისო კონვენცია ზღვის ნავთობით გაბინძურების თავიდან აცილების შესახებ (12.05.1954).
- კონვენცია ღია ზღვების რესურსების დაცვისა და თევზჭერის შესახებ (29.04.1958).
- კონვენცია კონტინენტური შელფის შესახებ (29.04.1958).
- კონვენცია ღია ზღვების შესახებ (29.04.1958).
- ხელშეკრულება ატმოსფეროში, კოსმოსურ სივრცეში და წყალქვეშ ბირთვული იარაღის გამოცდის აკრძალვის შესახებ (5.08.1963, 10.10. 1963).
- საერთაშორისო კონვენცია ნავთობით გაბინძურებისაგან მიყენებული ზარალისათვის სამოქალაქო პასუხისმგებლობის შესახებ (29.11.1969).
- საერთაშორისო კონვენცია ღია ზღვებში მომხდარი ავარიების გამო ჩარევის შესახებ (29.11.1969).
- საერთაშორისო კონვენცია ნავთობით გაბინძურებისაგან მიყენებული ზარალის კომპენსაციისათვის საერთაშორისო ფონდის შექმნის შესახებ (18.12.1971).
- კონვენცია სამრეწველო ნარჩენებითა და სხვა მასალით ზღვის გაბინძურების თავიდან აცილების შესახებ (29.12.1972).
- ხელშეკრულება ოკეანეებისა და ზღვების ფსკერზე და მათ წიაღში ბირთვული და სხვა სახის მასობრივი განადგურების იარაღის განლაგების აკრძალვის შესახებ (11.02.1971, 18.05.1972).
- შეთანხმება სსრ კავშირისა და ამერიკას შორის გარემოს დაცვის დარგში თანამშრომლობის შესახებ (23.05.1972).
- კონვენცია გემებიდან გაბინძურების თავიდან აცილების შესახებ (2.11.1973).

შ ი ნ ა ა რ ს ი

შესავალი	3
თ ა ვ ი I. წყლის რესურსები	7
1.1. ზოგადი ცნებები დედამიწის ჰიდროსფეროს შესახებ	7
— 1.1.1 წყლის ფიზიკა და ქიმია	7
1.1.2. წყლის წარმოშობა	12
1.1.3. წყლის წრებრუნვა	15
1.1.4. წყალი ცოცხალ ორგანიზმებში	16
— 1.1.5. წყალი და მცენარეულობა	23
-- 1. 2. წყლის რესურსები და მათი განაწილება	27
1.2.1. მსოფლიოს წყლის ბალანსი	27
1.2.2. ზედაპირული მტკნარი წყლის რესურსები	33
1.2.3. მიწისქვეშა წყლის რესურსები	42
თ ა ვ ი II. წყლის ბალანსის პროგნოზირება და რესურსების მართვა	44
2.1. წყლის ბალანსის პროგნოზირება	44
2.1.1. ტერიტორიის წყლის ბალანსის შეფასების ექსპოზიციონერტი- ანი მეთოდი	44
2.1.2. მიწისქვეშა (ნიადაგის) წყლების ბალანსის მოდელი	47
2.1.3. წყლის ბალანსისა და თბური ბალანსის მოდელი პროგნო- ზირების აორთქლების დროს	49
2.1.4. წყლის ბალანსის მოდელი „ნალექები — ჩამონადენი“	51
2.2. წყლის რესურსების მართვა	53
2.2.1. წყლის რესურსების ტერიტორიული გადანაწილება	53
2.2.2. ადგილობრივი ჩამონადენის აკუმულირება	64
2.2.3. წყლის გამტკნარება	70
2.2.4. მიწისქვეშა წყლების მარაგის ხელოვნური შევსება	73
თ ა ვ ი III. წყლის ეკოსისტემები და მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება წყლის ხარისხს	76
3.1. წყლის ეკოსისტემები	76
3.1.1. ზღვები და ოკეანეები	76
3.1.2. მდინარეები	85
3.1.3. ტბები	93
3.1.4. კაობები	100
3.1.5. მიწისქვეშა წყლები	104
3.1.6. ხელოვნური წყალსატევები და არხები	112

3.2. მოთხოვნები, რომლებიც წაყენება წყლის ხარისხს	118
3.2.1. ბუნებრივი წყლის ხარისხი	118
3.2.2. მოთხოვნები და კრიტერიუმები, რომლებიც წაყენება წყლის ხარისხს მოსახლეობის მოხმარებისა და თევზსამეურნეო მიზნებისათვის	125
3.2.3. წყლის ხარისხი სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგებისათვის	135
თ ა ე ი IV. წყალსამეურნეო კომპლექსები და წყლის რესურსების გამოყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში	141
4.1. წყალსამეურნეო კომპლექსები	141
4.1.1. წყალსამეურნეო კომპლექსის ცნება	141
4.1.2. წყალსამეურნეო კომპლექსებში წყალმომხმარებლები და წყალგამომყენებლები	142
4.1.3. წყალსამეურნეო კომპლექსების კლასიფიკაცია	143
4.1.4. წყალსამეურნეო კომპლექსების დაპროექტებისა და მართვის ზოგიერთი ასპექტები	145
4.2. წყლის რესურსების გამოყენება სახალხო მეურნეობის დარგებში	149
4.2.1. წყალმომარაგება კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის	149
— 4.2.2. სამრეწველო ობიექტების წყალმომარაგება	153
4.2.3. წყალმომარაგება სოფლის მეურნეობაში	158
4.2.4. მორწყვა და დაშრობითი მელიორაცია	162
4.2.5. ჰიდროენერგეტიკა	170
4.2.6. სათევზე მეურნეობა	181
4.2.7. სამდინარო ტრანსპორტი და ხე-ტყის დაცურება	189
4.2.8. რეკრეაცია	194
თ ა ე ი V. ანთროპოგენული დატვირთვები წყლის ეკოსისტემებზე, მათი გამომწვევი ძირითადი მიზეზები და შედეგები	199
5.1. ანთროპოგენული დატვირთვები	199
→ 5.1.1. გამაბინძურებელი ნივთიერებები და მათი მიგრაცია	199
5.1.2. წყლის რესურსების რეპროდუციებით გამოწვეული ჰიდროლოგიური გარდაქმნები	212
— 5.1.3. მიწისქვეშა წყლების ხარისხის გაუარესება და ექსპლუატაციური მარაგების გამოლევა	215
5.1.4. წყალი და აღძრული მიწისძვრები	217
→ 5.1.5. დასაშვები ანთროპოგენული დატვირთვები და ეკოლოგიური ნორმირება	219
5.2. წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ძირითადი წყაროები	222
— 5.2.1. საწარმოო ჩამდინარე წყლები	222
5.2.2. კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო წყლები	225
5.2.3. სოფლის მეურნეობის ქიმიზაცია	226
5.2.4. მეცხოველეობისა და მეფრინველეობის კომპლექსების ჩამდინარე წყლები	229

5.2.5. თბური გაბინძურება	229
5.2.6. ხე-ტყის დაცურებით გამოწვეული გაბინძურება	230
5.2.7. გაბინძურება წყლის ტრანსპორტით	231
5.2.8. რადიოაქტიური ნარჩენები	233
5.2.9. ხელოვნური წყალსატევებითა და ქაობების დაშრობით გამოწვეული გაბინძურება	236
— 5.2.10. გაბინძურება ატმოსფეროდან	240
თ ა ვ ი VI. წყალდაცვითი ღონისძიებანი	244
6.1. წყლის ეკოსისტემების დაცვის საერთო ორგანიზაციული საკითხები	244
6.1.1. სანიტარული დაცვის ზონები და მათი ორგანიზება	244
— 6.1.2. წყალსატევებში ჩამდინარე წყლების ჩაშვების სანიტარული პირობები	247
6.1.3. წყალმომარების ინტენსიფიკაცია	250
— 6.2. ბუნებრივი და ჩამდინარე წყლების გაწმენდის თანამედროვე მეთოდები	253
6.2.1. ზოგადი მოსაზრებანი ბუნებრივი წყლების გაწმენდისა და დამუშავების მეთოდებზე	253
6.2.2. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა	256
6.2.3. გაუდინარი წარმოება	259
— 6.2.4. ჩამდინარე წყლების ნიადაგშიდა გაწმენდა	261
თ ა ვ ი VII. წყლის ეკოსისტემების მონიტორინგი	265
— 7.1. წყლის ეკოსისტემებზე დაკვირვებებისა და კონტროლის სისტემა	265
7.1.1. წყალსატევებზე დაკვირვებებისა და კონტროლის სამსახურები და მათი ფუნქციები	265
7.1.2. წყალსატევებზე დაკვირვებების პუნქტების ქსელის მოწყობა	267
7.1.3. წყლის ხარისხის განსაზღვრის მეთოდები, ხელსაწყოები და კონტროლის ავტომატიზირებული სისტემები	269
7.1.4. წყლის ეკოსისტემების ბიონდიაკცია	271
7.2. წყლის ეკოსისტემების გაბინძურების ხარისხის შეფასება	273
7.2.1. წყლის ხარისხის „ფონური“ მახასიათებლებს დადგენა	273
7.2.2. ფსკერული ნალექების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა	274
7.2.3. წყალსატევებში წყლის ხარისხის დინამიკის შეფასება	276
თ ა ვ ი VIII. წყლის ეკოსისტემებთან დაკავშირებული პროგნოზირების, დიაგნოსტიკის, ოპტიმიზაციისა და მართვის ზოგიერთი საკითხები	277
8.1. პროგნოზირებისა და დიაგნოსტიკის მათემატიკური მოდელები	277
8.1.1. გლობალური ეკოლოგო-ეკონომიკური მოდელი „განახლებადი წყლის რესურსები — წყალმომხმარებელი“	277
— 8.1.2. წყალსატევების გაბინძურების დიაგნოსტიკა („წყალსატევი — ჩამდინარე წყლები“)	279
8.1.3. წყალსატევების გაბინძურების პროგნოზირების ზოგიერთი მოდელი	282
8.1.4. წყლის ხარისხის მარეგლამენტირებელი პარამეტრის დასაშვებ ზღვრებში შენარჩუნების ალბათობის შეფასება	283
8.2. ოპტიმიზაციისა და მართვის მოდელები	286
— 8.2.1. ჩამდინარე წყლის გაწმენდის ტექნოლოგიური პროცესის ოპ-	

	ტიმიზაცია „ნომინალის ოპტიმუზის“ მეთოდით	286
8.2.2.	საიმედობის თეორიის გამოყენება ნაგებობათა პარამეტრების დადგენის დროს	288
8.2.3.	ჩამდინარე წყლების გაყვანის დროს წარმოქმნილი ეკოლოგიურ-საწარმოო კონფლიქტების მართვა და ოპტიმიზაცია თამაშთა თეორიის საფუძველზე	291
თავი IX.	წყლის რესურსებისა და წყალსამეურნეო კომპლექსების ტექნიკურ-ეკონომიკური ასპექტები	294
9.1.	წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასება	294
9.1.1.	წყლის რესურსების ეკონომიკური შეფასების არსი	294
9.1.2.	წყლის რესურსების სარენტო შეფასება	296
9.1.3.	წყლის ბუნებრივი წყაროების ეკონომიკური შეფასება დროის ფაქტორის გათვალისწინებით	299
9.1.4.	ჩამქვტი დანახარჯები წყალზე	300
9.1.5.	წყალზე გადასახადი სამეურნეო შექანიზმის სისტემაში	302
9.2.	წყალსამეურნეო კომპლექსების ტექნიკური-ეკონომიკური გაანგარიშების ზოგიერთი საკითხები	304
9.2.1.	ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების მიზანი	304
9.2.2.	წყალსამეურნეო კომპლექსების სტრუქტურის დასაბუთება	306
9.2.3.	დანახარჯების გადანაწილება წყალსამეურნეო კომპლექსის მონაწილეთა შორის	309
9.2.4.	ალტერნატიული ვარიანტების შერჩევა და წყალსამეურნეო კომპლექსის საერთო ეკონომიკური ეფექტის შეფასება	312
9.2.5.	ზარალის კომპენსაცია წყალსამეურნეო კომპლექსების მოწყობის დროს	315
თავი X.	წყალსამეურნეო ობიექტების ეკოლოგიური ექსპერტიზა	319
10.1.	ეკოლოგიური ექსპერტიზის ძირითადი ასპექტები	319
10.1.1.	ეკოლოგიური ექსპერტიზის მიზნები და ამოცანები	319
10.1.2.	„სცენარები“ ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩასატარებლად	322
10.1.3.	ეკოლოგიურ „სცენარებში“ შემავალი ძირითადი ფაქტორები	324
10.2.	ეკოლოგიური ექსპერტიზის ჩატარების მეთოდოლოგია	327
10.2.1.	საერთო მოსაზრებები მუშა-ჯგუფისა და ექსპერტ-სპეციალისტთა ჯგუფების ფორმირება	327
10.2.2.	ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორების დადგენა ექსპერტიზის იერარქიული სქემის დაზუსტება	328
10.2.3.	მადომინირებელი ფაქტორების განზომილებებისა და მათი ცვალებადობის დიაპაზონის შერჩევა. ძირითადი და კომპლექსური ფაქტორებისა და „სცენარების“ რანჟირება და წონითი კოეფიციენტების შერჩევა	332
10.2.4.	სარგებლიანობის ერთკრიტერიუმისა და შემაჯამებელი ფუნქციების დადგენა, ანალიზი და განზოგადება	333
თავი XI.	წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) ეფექტურობის ამაღლება ტექნიკური დოკუმენტაციისა და პასპორტიზაციის სრულყოფით. სტანდარტიზაციის საფუძველები	335

11.1. ტექნიკური დოკუმენტაცია და პასპორტიზაცია	335
11.1.1. წყალსამეურნეო ობიექტების (კომპლექსების) პასპორტიზაცია	335
11.1.2. ნორმატიულ-ტექნიკური დოკუმენტაცია	338
11. 2. სტანდარტიზაცია წყალსამეურნეო ობიექტებზე	340
11.2.1. სტანდარტიზაციის როლი და ამოცანები	340
11.2.2. წყალსამეურნეო ობიექტებზე პროდუქციის (მომსახურების) ხარისხის მართვის კომპლექსური სისტემები	342
თ ა ვ ი XII. წყლის ეკოსისტემების სამართლებრივი დაცვა	344
12.1. სამართლებრივი დაცვის ცნება	344
12.2. წყლის სამართლებრივი დაცვის ღონისძიებები	345
12.3. საქართველოს წყლის კოდექსი	347
12.4. წყლების საერთაშორისო-სამართლებრივი დაცვა	348
თ ა ვ ი XIII. წყლის ეკოსისტემების რაციონალურად გამოყენებისა და დაცვის სფეროში მეცნიერებისა და ტექნიკის მიღწევების საერთაშორისო ინტეგრაცია	350
13.1. საერთაშორისო თანამშრომლობა წყლის ეკოსისტემებსა და დაცვის საქმეში	350
13.2. ზოგიერთი საერთაშორისო და ეროვნული ორგანიზაციები	351
13.3 საერთაშორისო შეთანხმებები, ხელშეკრულებები და კონვენციები	354
ლიტერატურა	355

ლოლობერიძე მიხეილ ილიას ძე

წყლის ეკონსისტემები:

დაცვა და რაციონალური გამოყენება

„მეცნიერება“

1992

Гогоберидзе Михаил Ильич

ВОДНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ: ОХРАНА И
РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

«МЕЦНИЕРЕБА»

1992

დაიბეჭდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის
სამეცნიერო-საგამომცემლო საბჭოს დადგენილებით

სბ 4650

გამომცემლობის რედაქტორი ლ. ა მ ა შ უ კ ე ლ ი
მხატვარი გ. ლ ო შ ი ძ ე
ტექნორედაქტორი ნ. ბ ო კ ე რ ი ა
კორექტორი ლ. ჭ ი ქ ი ა
გამომწვეები ლ. მ ა ი ს უ რ ა ძ ე

:გადაეცა წარმოებას 29.5.1991; ხელმოწერილია დასაბეჭდად 20.5.1992;
ქალაქის ზომა 60X90¹/₁₆; ქალაქი № 2; ბეჭდვა მაღალი;
გარნიტურა ვენური; პირობით საბეჭდი თაბახი 20.93;
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 18.87;
ტირაჟი 370; შეკვეთა № 1300;
ფასი 18 მან. 80 კაპ.

გამომცემლობა მეცნიერება, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ., 19
Издательство «Мецниереба», Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19

საქართველოს მეცნ. აკადემიის სტამბა, თბილისი, 380060, კუტუზოვის ქ.
Типография АН Грузии, Тбилиси, 380060, ул. Кутузова, 19