ფასი:

ონიანი



ზოგადი ჰიდრობიოლოგია



ჯაბა ონიანი

ზოგადი ჰიდრობიოლოგია

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 2000

596(075.3)
ო-472

28.082
574.5/.6
ო 47

სახელმძღვანელოში განხილულია ჰიდრობიონტთა სახეობრივი შემადგენლობა, არსებობის პირობები, სასიცოცხლო ფორმები და მათი ცხოველქმედების ეკოლოგიური საფუძვლები. მოცემულია ცნობები ჰიდროსფეროს რაციონალური ათვისებისა და მისი დაცვის ეკოლოგიური საფუძვლების შესახებ.

წიგნში მაქსიმალურადაა ასახული ქართველ ეკოლოგთა მიღწევები, თუმცა სამწუხაროა ის, რომ ჰიდრობიოლოგიაში ავტორისათვის ხელმისაწვდომად ნაშრომები ქართულ ენაზე ვერ იქნა მოპოვებული.

ნაშრომი გათვალისწინებულია უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის და ყველა იმ პირისათვის, ვინც დაინტერესებულია მასში განხილული საკითხებით.

რედაქტორები: საქართ. მეცნ. აკად. წ/კ,
პროფ. ბ. ყურაშვილი
საქართ. მეცნ. აკად. წ/კ,
პროფ. ნ. ალექსიძე

რეცენზენტები: † პროფ. მ. ცარციძე
დოც. თ. კერესელიძე
დოც. თ. გოგმაჩაძე

89922

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2000

ო 1903040100
608(06)-2000

ISBN 99928-31-21-9



შესავალი

წინამდებარე სახელმძღვანელო „ზოგადი ჰიდრობიოლოგია“ წარმოადგენს პირველ ცდას – ქართულ ენაზე მიეწოდოს მკითხველს ჰიდრობიოლოგიის ის პრინციპები, კატეგორიები, დოგმები, პოსტულატები და ცნებები, რომლებიც მრავალი წლის განმავლობაში ფართოდ ისწავლება მსოფლიოს უმაღლეს სასწავლებლებში.

ავტორს არა აქვს პრეტენზია სახელმძღვანელოს ორიგინალურობაზე. ნაშრომი შეიქმნა დღემდე არსებული სხვა ქართველი თუ უცხოელი ავტორების მიერ გამოქვეყნებული სახელმძღვანელოების, მონოგრაფიებისა და მეცნიერული შრომების ბაზაზე.

შესაძლოა, წიგნში იყოს უზუსტობები, ტერმინოლოგიური გაუმართაობები (რაც ქართულ სამეცნიერო ლიტერატურაში ჯერჯერობით დახვეწილი ჰიდრობიოლოგიური ტერმინოლოგიის არარსებობითაც არის გამოწვეული) და საერთოდ, იგი არაა დაზღვეული ცალკეული ხარვეზებისგან, მაგრამ ეს არის პირველი ნაბიჯი ქართული სახელმძღვანელოს შექმნისაკენ. ამიტომ, ჩვენ შემოვიტანეთ ზოგიერთი ახალი ტერმინი, რომლებიც კოლეგებთან კონსულტაციებისა და შეთანხმების შემდეგ შეიძლება დამკვიდრდეს ლიტერატურაში.

მეტად მადლიერი იქნება ავტორი კონკრეტული და ობიექტური შენიშვნებისა და სურვილებისათვის. შემდგომში, „ზოგადი ჰიდროლოგიის“ გადამუშავებული სახით გამოცემისას, ავტორი ალბათ აუცილებლად გაითვალისწინებს მათ.

სახელმძღვანელო გათვალისწინებულია უმაღლესი სასწავლებლების საბუნებისმეტყველო სპეციალობების სტუდენტებისათვის, ასპირანტებისათვის, მეცნიერ-მუშაკებისათვის, დამამთავრებელი კლასების მოსწავლეებისა და პედაგოგებისათვის. ის გამოადგება ყველას, ვინც დაინტერესებულია წყლით და მასში მცხოვრები ცოცხალი ორგანიზმების პრობლემებით.

ჯაბა ონიანი

I თავი

ჰიდრობიოლოგიის ზოგადი კურსი

დედამიწის მოსახლეობა სუბსტრატთან (რომელშიც ის ცხოვრობს) ერთად ქმნის ჩვენი პლანეტის ბიოსფეროს (ბიოგეოსფერო). იგი კონცენტრირებულია გაზისებურ გარსში – ატმოსფეროში, მკვრივ გარსში – ლითოსფეროში და თხევად გარსში – ჰიდროსფეროში. ეს უკანასკნელი სიცოცხლის ყველაზე ფართო არეა. ჩვენი პლანეტის ზედაპირის საერთო ფართობის (510 მლნ კმ^2) დიდი ნაწილი (362 მლნ კმ^2 ე.ი. 70,5%) მოდის წყლის სარკის ზედაპირზე. თუ მხედველობაში მივიღებთ მიწისქვეშა წყლებსაც, რომლებიც თითქმის ყველგანაა გავრცელებული, აღმოჩნდება, რომ წყლის გარსი პრაქტიკულად დაფარავს მთელ დედამიწას.

ჰიდროსფერო თავისი სამყაროთი ადამიანის ცხოვრებაში თამაშობს უდიდეს როლს, რომელიც ცივილიზაციის განვითარებასთან ერთად განუწყვეტლივ იზრდება. წყალსატევებს სულ უფრო ინტენსიურად იყენებენ სასმელი და ტექნიკური წყალმომარაგებისათვის, თევზმეურნეობისათვის, რეკრიაციის ზონებისათვის, ენერგეტიკული მიზნებისათვის, ნავიგაციისა და მრავალი სხვა დანიშნულებისათვის. ამიტომ, ჰიდროსფეროს ათვისებასთან ერთად სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს მისი ბიოლოგიური შესწავლა ბუნებითსარგებლობის ოპტიმიზაციისა და გარემოს დაცვის მიზნებისა და ინტერესებისათვის. ჰიდროსფეროს ასეთი შესწავლა არის ისეთი ეკოლოგიური მეცნიერების საგანი, როგორიცაა **ჰიდრობიოლოგია** (ბერძნული სიტყვებიდან: "hydor" – წყალი, "bios" – სიცოცხლე, "logos" – მოძღვრება).

I.1. ჰიდრობიოლოგიის საგანი, მეთოდი და ამოცანები

ჰიდრობიოლოგია, როგორც ეკოლოგიური მეცნიერება, შეისწავლის წყლის ბინადართა – ჰიდრობიონტების ერთმანეთთან და არაცოცხალ ბუნებასთან დამოკიდებულებას. უფრო ზუსტად, როგორც ცალკეული ჰიდრობიონტების, ასევე მათი პოპულაციებისა და თანასაზოგადოებების ბიოცენოზების ერთმანეთთან და არაცოცხალ ბუნებასთან დამოკიდებულებას. თავისი განვითარების პირველ ეტაპზე, ჰიდრობიოლოგია განსაკუთრებულ ყურადღებას უთმობდა ცალკეული ინდივიდების შესწავლას გარემოს გათვალისწინებით. ასეთი აუტეკოლოგიური მიმართულება შემორჩა თანამედროვე ჰიდრობიოლოგიაშიც, მაგრამ მას უკვე დაქვემდებარებული მნიშვნელობა უკავია. წინა პლანზე წამოიწია პოპულაციურმა (დემეკოლოგიური) და ბიოცენოლოგიურმა (სინეკოლოგიური) გამოკვლევებმა – პოპულაციებისა და ბიოცენოზების, როგორც სიცოცხლის ზეორგანიზმული ფორმების, მათთვის დამახასიათებელი სტრუქტურული და ფუნქციური თავისებურებების გათვალისწინებით. თანამედროვე ჰიდრობიოლოგიაში განსაკუთრებით ინტენსიურად შეისწავლება წყლის ეკოსისტემები – ბიოსფეროს ელემენტარული სუბერთეულები, რომლებიც თავისთავად ბიოცენოზების ერთიანობაა გარემოსთან. ბიოცენოლოგიური გამოკვლევების წინა პლანზე წამოწევამ მკვეთრად გააძლიერა სისტემური მიდგომა, სისტემური ანალიზის ყველა საშუალების გამოყენებით.

ცალკეული ორგანიზმების შესწავლისას ჰიდრობიოლოგია შემოიფარგლა გარემოსთან მათი ურთიერთქმედების ანალიზით, ცოცხალი ორგანიზმების მორფოლოგიისა და ფიზიოლოგიის განხილვის გარეშე, რასაც სხვა, სპეციალური მეცნიერებები შეისწავლიან. დემეკოლოგიურ და სინეკოლოგიურ გამოკვლევებს ახლებური მიდგომა დასჭირდა, ვინაიდან არ არსებობს სპეციალური მეცნიერებები, რომლებიც ზეორგანიზმული სისტემების მორფოლოგიას და ფიზიოლოგიას შეისწავლის.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ჰიდრობიოლოგებმა უნდა შეისწავლონ არა მარტო პოპულაციებისა და ბიოცენოზების ურთიერთქმედება გარემოსთან, არამედ უნდა ნათელყონ მათი სტრუქტურა და შიდასისტემური ურთიერთკავშირი. ზეორგანიზმული სისტემები ჯერ კიდევ კარგად არაა შესწავლილი, რადგანაც ცოცხალი სისტემის დონეთა ორგანიზაციის კონცეფცია, რომელიც თანამედროვე ბიოლოგიის უდიდესი მონაპოვარია, მხოლოდ უკანასკნელ პერიოდში ჩამოყალიბდა. ამასთან ნათელია, რომ ცოცხალი ბუნების მართვის ძირითადი გზა ძევს ზეორგანიზმული სისტემების არსებობისა და ურთიერთქმედების კანონზომიერებათა შეცნობაში, რისთვისაც აუცილებელია მათი შესწავლა სტრუქტურული და ფუნქციური მიმართულებით. ამის გამო ის გახდა თანამედროვე ეკოლოგიისა და შესაბამისად ჰიდრობიოლოგიის მთავარი ამოცანა. ამასთან ერთად, აუცილებელია ცალკეული ორგანიზმების, როგორც უფრო რთული ბიოლოგიური სისტემების კომპონენტების ეკოლოგიური შესწავლა. ეს მითუმეტეს კანონზომიერი და სამართლიანია, რამდენადაც ზეორგანიზმული სისტემების შესწავლის ახალი კონცეფციები ეკოლოგიაში მოითხოვს აუტეკოლოგიური ხასიათის მრავალ ახალ ცნობას.

ჰიდრობიოლოგია ეკოლოგიურ ასპექტში შეისწავლის ბიოსფეროს იმ ნაწილს (მონაკვეთს), რომელიც მდებარეობს დედამიწის წყლის გარსის ფარგლებში და ჰქვია ბიოჰიდროსფერო. ბიოჰიდროსფეროს მთელი სისრულით შეცნობა მარტო ჰიდრობიოლოგიის ამოცანა კი არაა, არამედ ისეთი დარგებისაც, როგორიცაა: ჰიდროლოგია, ჰიდროქიმია, ჰიდროფიზიკა, ჰიდროგეოლოგია და სხვა.

ჰიდრობიოლოგია განსაკუთრებით მჭიდრო კონტაქტშია ისეთ გეოგრაფიულ მეცნიერებებთან, როგორიცაა ოკეანოლოგია და ლიმნოლოგია. შიდაწყალსატეური პროცესების ანალიზისას ოკეანოლოგებმა და ლიმნოლოგებმა ცოცხალი ორგანიზმების ფუნქციური თავისებურებებიც უნდა მიიღონ მხედველობაში და მოიპოვონ საჭირო ეკოლოგიური (ჰიდრობიოლოგიური) ცნობები.

თავის მხრივ ჰიდრობიოლოგს ასევე სჭირდება არაცოცხალი გარემოს შესწავლა წყალში სასიცოცხლო პროცესების ასახსნელად. მიუხედავად ასეთი ფუნქციური კონტაქტისა, ჰიდრობიოლოგია, როგორც ბიოლოგიური მეცნიერება, თავისი მიზნებითა და ამოცანებით ძირეულად განსხვავდება რიგი გეოგრაფიული დარგებისაგან.

ბიოლოგიური დისციპლინებიდან ჰიდრობიოლოგია ყველაზე მჭიდროდაა დაკავშირებული ზოოლოგიასთან, ბოტანიკასთან, მიკრობიოლოგიასთან, ფიზიოლოგიასთან და ბიოგეოგრაფიასთან. მათზე დაყრდნობით ჰიდრობიოლოგი იღებს ცნობებს ჰიდრობიონტების სისტემატიკის, ბიოლოგიის, ფიზიოლოგიის და სხვ. შესახებ, რაც მას ეკოლოგიური ანალიზისთვის სჭირდება. ზემოთ ჩამოთვლილი და სხვა ბიოლოგიური დისციპლინების განვითარება კი თავის მხრივ, შეუძლებელია წყლის ბინადრებზე ეკოლოგიური ცოდნის გარეშე.

ჰიდრობიოლოგები ფართოდ შეისწავლიან ჰიდრობიონტების რაოდენობას (კონცენტრაციის) ადგილსამყოფელის ფარგლებში, ცალკეული ჯგუფების ფუნქციურ როლს ეკოსისტემებში და ახდენენ ეკოსისტემების მოდელირებას, მათი მდგომარეობის პროგნოზისა და მართვის მიზნით. რიცხოვნობისა და ბიომასის (ჯამური მასა) აღრიცხვა საშუალებას იძლევა, დაზუსტდეს მონაცემები მათ ეკოლოგიაზე. მაგალითად, როცა ვადარებთ მოცემული სახეობის ინდივიდების რიცხოვნებას (ასაკი, მდგომარეობა) სხვადასხვა გრუნტზე, შეიძლება დავადგინოთ რომელიმე მათგანის სარისხობრივი უპირატესობა; მსგავსი ფორმით შეიძლება გამოვლინდეს ინდივიდების დამოკიდებულება ტემპერატურის, დამარილიანების და გარემოს სხვა ფაქტორების მიმართ. მეორე მხრივ, საზღვრავენ რა ბინადართა სხვადასხვა ჯგუფის რიცხოვნობასა და ბიომასას, მსჯელობენ პოპულაციისა და ბიოცენოზის სტრუქტურაზე, მათი მდგომარეობის დინამიკაზე, ლოკალურ რაოდენობრივ და თვისებრივ ცვალებადობაზე; დაბოლოს, სხვადასხვა ორგანიზმების რაოდენობის შესახებ

ცნობები აუცილებელია სხვადასხვა ეკოსისტემურ პროცესებში მათი როლის ჯამური შეფასებისათვის.

ბინადართა რაოდენობრივი აღრიცხვისათვის იყენებენ სხვადასხვა ხელსაწყოს, რომელთა წყალში ჩაძირვა ხდება ხომალდის გემბანიდან (ფსკერმხაპავები, დრაგა, პლანქტონის ბადეები, პლანქტონ-მხაპავები, ბატომეტრები და სხვ.). მათი დახმარებით ხდება წყლისა და გრუნტის გარკვეული მონაკვეთების აღება, დგინდება ორგანიზმების სახეობრივი შემადგენლობა, რიცხოვნობა და ბიომასა მოცულობის ან ფართობის ერთეულზე გადაანგარიშების მიზნით.

რიგ შემთხვევაში წყალსატევებში ორგანიზმების რაოდენობის შესაფასებლად იყენებენ ბიოფიზიკურ და ბიოქიმიურ მეთოდებს. მაგალითად, ქლოროფილისა და ატფ-ის კონცენტრაციის მიხედვით მსჯელობენ შესაბამისად წყალმცენარეებისა და ბაქტერიების რაოდენობაზე. ასევე, წყლიდან გამოსული სინათლის სპექტრული შედგენილობის მიხედვით (დისტანციური სპექტროსკოპია), მსჯელობენ ქლოროფილის რაოდენობრივ განაწილებაზე. წყალზედა და წყალქვეშა ტელეხედვა, ფოტოგრაფირება, ექოლოკაცია, ასევე ვიზუალური დაკვირვებები თვითმფრინავიდან, წყალქვეშა ნავებიდან, ბატისკაფებიდან, აკვალანგების დახმარებით და წყალქვეშა სტაციონარულ ლაბორატორიებში ამდიდრებენ იმ საშუალებათა არსენალს, რომელთა დახმარებითაც იქმნება წარმოდგენა წყლის ბინადართა კონცენტრაციისა და გავრცელების შესახებ, პოპულაციებისა და ჰიდრობიოცენოზების სტრუქტურის შესახებ. უკანასკნელ დროს ჩამოთვლილ საშუალებებს შეემატა და დიდ პერსპექტივას იძენს დაკვირვებები კოსმოსიდან, რომელიც საშუალებას იძლევა, თითქმის ერთდროულად შეფასდეს ჰიდროსფეროს მდგომარეობის მრავალი პარამეტრი და მისი სამყარო მთლიანად.

ბინადართა ცალკეული ჯგუფების ფუნქციური როლის შეფასებისას ეკოსისტემაში ადგენენ მათ მნიშვნელობას ნივთიერებათა და ენერგიის ტრანსფორმაციაში. ამ მიზნით იყენებენ ფიზიოლოგიურ, მიკრობიოლოგიურ, ბიოქიმიურ, ბიოფიზიკურ,

ტოქსიკოლოგიურ და სხვა მეთოდებს. ეკოსისტემის ცალკეულ კომპონენტებს შორის მიმდინარე ურთიერთქმედების პროცესების მოდელირებისათვის, მათი მდგომარეობის პროგნოზისა და სხვადასხვა შესაძლებელ სიტუაციაში მათი ქცევის შესასწავლად იყენებენ მათემატიკისა და სისტემური ანალიზის მეთოდებს.

ჰიდრობიოლოგიის ძირითადი ამოცანაა ეკოლოგიური პროცესების შესწავლა ჰიდროსფეროს ათვისების მიზნით, ადამიანის დამოკიდებულების ისეთი ფორმების გამონახვა, რომ წყლის ეკოსისტემამ მოგვცეს სასარგებლო შედეგები. ჰიდროსფეროს ათვისების ბიოლოგიური საფუძვლები მუშავდება წყალსატევების კომპლექსური ექსპლუატაციის პირობებში, როდესაც სხვადასხვა ფორმით წყლით სარგებლობის ინტერესები შეესაბამება წყლის რესურსების რაციონალური ათვისების მიზნებს.

ჰიდრობიოლოგიის კონკრეტული პრაქტიკული მიზანია წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტულობის გაზრდა — ბიოლოგიური ნედლეულის ჭარბი რაოდენობით მიღება. მეორე უმნიშვნელოვანესი ამოცანაა მოსახლეობის სუფთა წყლით უზრუნველყოფის ბიოლოგიური საფუძვლების დამუშავება. ცივილიზაციის ზრდასთან ერთად წყალზე მოთხოვნილება დღითიდღე იზრდება, არსებული ბუნებრივი მარაგი კი თანდათან კლებულობს, წყალსატევების დაჭუჭყიანების გამო.

ჰიდრობიოლოგები მონაწილეობას იღებენ ეკოსისტემის ოპტიმიზაციაში, რომელიც იქმნება სასმელი და ჩამდინარე წყლების სამრეწველო გასუფთავებისას, კოსმონავტიკის უზრუნველყოფისა და ზოგი სხვა მიზნებისათვის. ჰიდრობიოლოგიის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ამოცანაა მდინარეების შეგუბების, გადანაწილების და სხვა ანთროპოგენური ზემოქმედების შემდეგ ეკოლოგიური შედეგების ექსპერტული შეფასება, ასევე ტბებისა და ზღვების ჰიდროლოგიური რეჟიმის შეფასება ანთროპოგენური ზემოქმედების შემდეგ. ამოცანების იმავე რიგს ეკუთვნის ჰიდრობიოლოგიური ექსპერტიზა, რომელიც აფასებს ახლადშექმნილი სამ-

რეწველო, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა წარმოებების მნიშვნელობას წყლის ეკოსისტემების წონასწორობის დასაცავად.

ზოგადი ჰიდრობიოლოგია სწავლობს ბიოჰიდროსფეროს ეკოლოგიურ ასპექტში, სხვადასხვა ტიპის წყალსატევების (ზღვები, ტბები, მდინარეები და სხვ.) ეკოლოგიის სპეციფიკას კი კერძო ჰიდრობიოლოგია სწავლობს. გამოყენებითი თვალსაზრისით გამოყოფენ პროდუქციულ ჰიდრობიოლოგიას, რომელიც სწავლობს წყალსატევების პროდუქტულობის გაზრდის ბიოლოგიურ საფუძვლებს, სანიტარიულ ჰიდრობიოლოგიას, სუფთა წყლის პრობლემის გადასაწყვეტად და ტექნიკურ და ნავიგაციურ ჰიდრობიოლოგიას, რომელიც შეისწავლის წყალში მიმდინარე ბიოლოგიურ მოვლენებს მრეწველობისა და ნავიგაციის საკითხების გათვალისწინებით. ამ ბოლო ხანს ვითარდება გამოყენებითი ჰიდრობიოლოგიის კიდევ ერთი ახალი მიმართულება. კერძოდ, ერთი მათგანი დაკავშირებულია წყლის ობიექტების მდგომარეობის გამორკვევასა და ანთროპოგენური ზემოქმედებით მათი შეცვლის ტენდენციასთან, მეორე — ჰიდროშენებლობის დროს ჰიდროეკოსისტემის ცვალებადობის პროგნოზთან და სხვადასხვა ნაგებობის პროექტების ეკოლოგიურ ექსპერტიზასთან.

ჰიდრობიოლოგიაში ზოგადი პრობლემების დამუშავებასთან დაკავშირებით ჩამოყალიბდა რამდენიმე მიმართულება, რომელთაგან უმთავრესია: ტროფოლოგიური (კვებითი კავშირები, ნივთიერებების ბიოლოგიური ტრანსფორმაცია), ენერგეტიკული (ენერგიის ნაკადი, მისი ბიოლოგიური ტრანსფორმაცია), ეთოლოგიური (ჰიდრობიონტების ქცევები), ტოქსიკოლოგიური (ტოქსიკანტების ზემოქმედება ჰიდრობიონტებსა და ეკოსისტემურ პროცესებზე), რადიოლოგიური (წყალსატევებში რადიონუკლიდების მოხვედრისა და მათი საშუალებით წყალსატევების დაჭუჭყიანების საკითხი), პალეოჰიდრობიოლოგიური (წყლის ეკოსისტემების ისტორიული ცვალებადობის გამოვლინება) და სხვა.

ჰიდრობიოლოგიის ერთ-ერთი ყველაზე ახალგაზრდა მიმართულებაა სისტემური მიმართულება, რომელიც სისტემის ზო-

გადი თეორიის და მისი მეთოდების წყლის ეკოლოგიის დამატებაა: ის განიხილავს ჰიდროსფეროში ბიოსისტემების ორგანიზაციის ზოგად პრობლემებს, მათ ქცევას, თვითორგანიზაციას, თვითრეგულაციასა და მართვას, ახდენს მოდელირებას ბიოსისტემის შესწავლისა და აღწერისათვის და პროგნოზს გარემოს ცვალებადობის გათვალისწინებით. გარდა ზემოჩამოთვლილი მიმართულებებისა აღინიშნება ზოგიერთი სხვა მიმართულებების ფორმირებაც, რაც ცხოვრების მოთხოვნებისა და მეცნიერების განვითარების ლოგიკური აუცილებლობითაა განპირობებული.

I.2. ჰიდრობიოლოგიის ზოგადი პრინციპები და ცნებები

ჰიდრობიოლოგია, როგორც ეკოლოგიური მეცნიერება, უპირველეს ყოვლისა, ხელმძღვანელობს იმით, რომ ცოცხალი, რომელიც არაცოცხალისაგან წარმოიშვა, ყოველთვის მჭიდრო კავშირშია მასთან. ეს თანაბრად ეხება სიცოცხლის ყველა ფორმას. ორგანიზაციის ყველა საფეხურზე ცოცხალი არსებობს მხოლოდ როგორც ნაწილი საწინააღმდეგო მთელისა — ბიოკოსმიური სხეულისა, მისი გარემომცველი პირობების ერთიანობასთან ურთიერთკავშირში.

ორგანიზმები, პოპულაციები, სახეობები და ბიოცენოზები, რომლებიც ცოცხალი მატერიის ორგანიზაციის სხვადასხვა საფეხურებს წარმოადგენენ, სხვადასხვა რანგის ბიოლოგიური სისტემებია. როგორც ნებისმიერი სხვა სისტემები, ისინი ელემენტების ერთიანობაა, რომლებიც ერთიმეორეზე ზემოქმედებენ და გაერთიანებული არიან ფუნქციის შესრულებით. ბიოსისტემა ურთიერთქმედებს გარე სამყაროზე, როგორც ერთიანი მთელი, ინარჩუნებს რა ელემენტების ურთიერთქმედების ზოგად სტრუქტურას გარეგანი პირობებისა და თავისი შინაგანი მდგომარეობის შეცვლისას. ყველა ბიოსისტემა განეკუთვნება თვითორგანიზებად სისტემებს, რომელთაც აქვთ თვითგანახლებისა და მიზანშეწონილი თვითრეგულაციის უნარი, რომელიც მიმართულია

მდგრადი თერმოდინამიკური წონასწორობის მისაღწევად. ყველა ბიოსისტემა განეკუთვნება ალბათობით კლასს, რომელთაც ახასიათებთ (დეტერმინირებულისაგან განსხვავებით) ის, რომ მისი ელემენტები განიცდიან არაჩვეულებრივად მრავალრიცხოვან ზემოქმედებას და ამიტომ მათი ურთიერთქმედების შედეგები ზუსტად ვერ განისაზღვრება.

ზეორგანიზმული სისტემები განსხვავდებიან ორგანიზმული სისტემებისაგან ელემენტებს შორის კავშირების დიდი მოძრაობით, არ ხასიათდებიან მკვეთრად დაპროგრამებული განვითარებით, აქვთ მართვის მრავალი იარუსი (პოპულაციური, სახეობრივი, ბიოცენოზური), რომლებიც ძირითადად აგებული არიან სტატისტიკურ ტიპზე. სტრუქტურირებული მართვისაგან განსხვავებით, რომელიც ახასიათებს ორგანიზმებს და ხორციელდება კავშირის გარკვეული არხებით, სტატისტიკური ტიპი ფორმირდება იმის ხარჯზე, რომ სისტემების ელემენტები ერთვებიან შემთხვევით ურთიერთდამოკიდებულებაში ინფორმაციის გაცვლის ან ერთიანი მოქმედების გზით. მართვის ასეთი ტიპის დროს სტრუქტურულისაგან განსხვავებით, წინააღმდეგობის მნიშვნელობა იზრდება, ხოლო მოქმედების სიჩქარე ეცემა, რამდენადაც ინფორმაციის შენახვა გარემოს ფუნქცია ხდება, ერთდროულად ახორციელებს რა სისტემის ელემენტებს შორის არხთა კავშირის ფუნქციას, „ბიოლოგიური სასიგნალო ველის" ფუნქციას (Наумов, 1977).

ყველა ბიოლოგიური სისტემა იზოლირებულად კი არ არსებობს, არამედ გარემოსთან მჭიდრო ურთიერთდამოკიდებულებაშია. გარემო, გარესამყარო მხოლოდ ის ელემენტებია, რომლებთანაც მოცემული ბიოლოგიური სისტემა ურთიერთქმედებს უშუალოდ და რომელთა ზემოქმედებასთანაც ადაპტირებულია ისტორიულად. მაგალითად, გრუნტი, ფსკერული ორგანიზმებისათვის გარემოს ელემენტია, მაგრამ არა წყლის სისქის ბინადართათვის, თუმცა არაპირდაპირ მათზეც შეიძლება ახდენდეს გავლენას; ასევე ვეშაპებისა და წყალმცენარეების პოპულაციები ერთმანეთისათვის არ არიან გარემოს ელემენტები,

რამდენადაც ისინი უშუალოდ არ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. არსებობს გარემოს სხვა გაგებაც, როგორც გარესამყაროს ყველა ელემენტის ერთობლიობისა, რომელიც გარს აკრავს ცოცხალ არსებობას.

ცალკეული სახეობის ორგანიზმებისათვის დამახასიათებელია გარკვეული ადგილსამყოფელი — **ადგილი**, სადაც ისინი ცხოვრობენ, ერთმანეთს ხვდებიან. უფრო ფართო ცნებაა — **ეკოლოგიური ნიშა**. პირველად იგი გაგებული იყო როგორც განაწილების ერთეული, რომლის ფარგლებშიც სახეობა ინარჩუნებს სტრუქტურულ და ინსტინქტურ ფარგლებს (საზღვრებს). უფრო გვიან ჩ.ელტონმა (1928) განავითარა წარმოდგენა სახეობის ნიშაზე, დაასაბუთა რა მისი ფუნქციური როლი თანასაზოგადოებაში. 1957 წელს გ.ხატჩინსონმა აჩვენა, რომ ეკოლოგიური ნიშა შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ერთგვარი ეკოლოგიური სივრცე (ხატჩინსონის მიხედვით — ჰიპერსივრცე), რომელშიაც გარემოს პირობები განსაზღვრავენ სახეობის ინდივიდთა განუსაზღვრელად ხანდაზმულ არსებობას. ამასთან ავტორი განასხვავებს ფუნდამენტურ ნიშას — უფრო მეტად ჰიპერსივრცეს, რომელსაც აქვს შესაძლებლობა, დასახლდეს რომელიმე სახეობითი კონკურენციის გარეშე, და რეალიზებულ ნიშას — ნაკლები ჰიპერსივრცე, რომელიც უკავია სახეობას ბიოტური შეზღუდულობის პირობებში. მაგალითად, გვერდულა Gammarus duebeni, რომელიც დიდ ბრიტანეთში მხოლოდ მომლაშო წყლებში ცხოვრობს, ირლანდიაში ცხოვრობს მტკნარ წყალშიც, სადაც G.pulex-ის ეკოლოგიური ნიშა დაიკავა.

ითვალისწინებს რა ეკოლოგიური ნიშის განსაზღვრების სხვადასხვა ასპექტს, ი.ოდუმი (1975) რთავს ამ ცნებაში ფიზიკურ სივრცეს, რომელიც ორგანიზმს უკავია. მის ფუნქციურ როლს თანასაზოგადოებაში და გარეფაქტორების გრადიენტების შეფასებით მდგომარეობას. როგორც ხატოვნად გამოთქვამს ი.ოდუმი, ადგილსამყოფელი — ეს ერთგვარად „მისამართია“ ორგანიზმისა, ხოლო ეკოლოგიური ნიშა — მისი ბიოლოგიური „პროფესიაა“.

ამასთან ერთად ნიშა სახეობის არსებობისათვის აუცილებელი ყველა პირობის ერთიანობა, მისი დროსა და სივრცეში შეუზღუდავად შენახვის პირობაა. ყველა რესურსის ერთობლიობას, რომელიც აუცილებელია მოცემული სახეობის ორგანიზმების რომელიმე ცალკეული ფუნქციის უზრუნველსაყოფად, ეწოდება კერძო ნიშა.

ჰიდროსფერო, როგორც სიცოცხლის გარემო, იყოფა ერთმანეთისგან შემოსაზღვრულ ნაკვეთებად – ბიოტოპებად ანუ ეკოტოპებად. თითოეული მათგანის ათვისება სდება სხვადასხვა სახეობის პოპულაციებით, რაც ამა თუ იმ ბიოცენოზის ფორმირებას განაპირობებს. ბიოცენოზი და ბიოტოპი, რომლებიც შეადგენენ ერთ მთელს, არ შეიძლება განვიხილოთ დამოუკიდებლად, როგორც ეკოსისტემის სხვადასხვა კომპონენტები. როგორც ბ.იოჰანზენი (Б.Г. Иоганзен, 1967) აღნიშნავს, ბიოტოპი ერთდროულად არის როგორც სასიცოცხლო არენის ნაკვეთი, ასევე თავის ბინადართათვის არსებობის პირობების ერთიანობა.

ამა თუ იმ ბიოტოპის ორგანიზმები, მათი სისტემატიკური მდგომარეობისაგან დამოუკიდებლად, იძენენ კონვერგენტული ადაპტაციების უნარს თავიანთი ადგილსამყოფელის ფარგლებში არსებობისათვის და ქმნიან დამახასიათებელ სპეციფიკურ სასიცოცხლო ფორმებს.

წყალსატევების ყველაზე მსხვილ ბიოტოპებს განეკუთვნება – მათი **სიზრქე** ანუ **პელაგიალი** (pelagos – ღია ზღვა), **ფსკერი** თავისი მოსაზღვრე წყლის შრით ანუ **ბენთალი** (benthos – სიღრმე) და წყლის ზედაპირული შრე ანუ **ნეისტალი** (nein – ცურვა). სასიცოცხლო ფორმებს, რომლებიც შეესაბამებიან ამ ბიოტოპებს – შესაბამისად ეწოდებათ **პელაგოსი, ბენთოსი,** და **ნეისტონი. პელაგობენთოსს** – განეკუთვნება ჰიდრობიონტები, რომლებსაც მონაცვლეობით ხან პელაგური და ხან ბენთოსური ცხოვრების ნირი გააჩნიათ. ორგანიზმების ერთიანობას, რომელიც წყალში ჩაძირული სხეულების ზედაპირზე ცხოვრობს, ეწოდება **პერიფიტონი** (peri – ირგვლივ, phyton – მცენარე). პელაგიალის მობინადრეებში არ-

ჩვენ **პლანქტონს** (planktos – მოტივტივე) და **ნექტონს** (nektos – მცურავი). პირველს განეკუთვნებიან ფორმები, რომელთაც ან არ შეუძლიათ აქტიური მოძრაობა ან მოძრაობენ, მაგრამ ვერ გადალახავენ დინების წინააღმდეგობას და გადაიტანებიან დინებით (წყალმცენარეები, უმარტივესები, ციბრუტელები, კიბოსნაირები და სხვა მცირე ზომის ცხოველები). ნექტონურ ფორმებს განეკუთვნება დიდი ზომის ცხოველები, რომელთა მოძრაობითი აქტივობა გადალახავს დინების წინააღმდეგობას (თევზები, თავფეხიანი მოლუსკები, წყლის ძუძუმწოვრები). პელაგურ ორგანიზმებს, რომელთა სხეულის ნაწილი წყალშია ჩაძირული და ნაწილი წყლის ზემოთ – ეწოდებათ **პლეისტონი** (pleusis – ცურვა). ტიპურ პლეისტონურ ორგანიზმებს განეკუთვნება სიფონოფორები. სხვადასხვა სასიცოცხლო ფორმის ჰიდრობიონტების ტერმინოლოგია ჯერ კიდევ არ არის დადგენილი. აკად. ს.ზერნოვი (С.А.Зернов, 1949) პლანქტონის წარმომადგენლებს უწოდებს პლანქტონტებს. ანალოგიურად ბენთოსის, ნეისტონის, ნექტონის, პლეისტონის და პერიფიტონის ორგანიზმებს შეიძლება ვუწოდოთ შესაბამისად: ბენთონტები, ნეისტონტები, ნექტონტები, პლეისტონტები და პერიფიტონტები (Константинов, 1972). წყალში შეწონილ ორგანომინერალურ ნაწილაკებს (დეტრიტი) და პლანქტონურ ორგანიზმებს ერთად ეწოდებათ სესტონი (ე.ი. დეტრიტი + პლანქტონი = სესტონი) – sestos – გაფანტული.

ჰიდრობიოლოგია – ჰოლოჰიდრობიონტებთან ანუ წყლის ნამდვილ ორგანიზმებთან (მხოლოდ წყლის გარემოში მცხოვრებნი) ერთად შეისწავლის ისეთ ფორმებსაც, რომელთაც წყალთან ერთად სმელეთზეც შეუძლიათ ცხოვრება. ზოგიერთი მათგანი (წყლის ბაია, წყალხმელეთა წიწიბურა, ისარფოთოლა და სხვ.) ერთნაირად კარგად ცხოვრობს ორივე გარემოში, სხვები (ბაყაყები, ტრიტონები, ზოგიერთი კიბოები და თევზები) უპირატესად ადაპტირებული არიან წყალში ცხოვრებისათვის, მაგრამ შეუძლიათ მნიშვნელოვანი დრო გაატარონ მის გარეშე. ყველა ჩამოთვლილ ჰიდრობიონტს, რომელთაც შეუძლიათ რო-

გორც წყლის, ასევე ჰაერის გარემოში ცხოვრება ამფიბიონტები ანუ მეროჰიდრობიონტები ეწოდებათ. მათ შორის განსაკუთრებულ ჯგუფად გამოყოფენ ნახევრადწყლის ორგანიზმებს, რომელთა სხეულის ნაწილი წყალშია ჩაძირული, ნაწილი კი ჰაერზეა (ლაქაშები, ლელი და სხვ.). მეროჰიდრობიონტებს განეკუთვნება ჰეტეროტოფული ანუ წყალხმელეთა ორგანიზმების წყლის ფაზები, რომელთა სასიცოცხლო ციკლის ნაწილი ხორციელდება ჰაერის, სოლო ნაწილი კი წყლის გარემოში (მაგალითად, მრავალი მწერი, რომელიც იმაგინალურ სტადიას გადის ჰაერის გარემოში, სოლო ლარვულს – წყლის გარემოში).

გარემოს ფაქტორები იყოფა აბიოტურ (არაცოცხალი ბუნების ფიზიკურ-ქიმიური ზემოქმედება), ბიოტურ (მოსახლეობის ერთი ელემენტების ზემოქმედება მეორეზე) და ანთროპოგენურად ანუ ანთროპულად (ადამიანის როგორც შეგნებული, ასევე უნებური ზემოქმედება ბუნებაზე).

ყოველი სახეობის ინდივიდები შეიძლება არსებობდნენ გარემო ფაქტორების ცვალებადობის ზღვრულ ფარგლებში. ფაქტორის ცვალებადობის დიაპაზონს, რომელსაც უძლებს სახეობა, ეკოლოგიური ვალენტობა ეწოდება. ფართო ეკოლოგიური ვალენტობის ფორმებს ეწოდება ევრიბიონტები, სოლო ვიწრო ეკოლოგიური ვალენტობის ფორმებს სტენობიონტები (eurys – ფართო, stenos – ვიწრო). სტენობიონტური ფორმების მაგალითია მადრეპორული მარჯნები, რომლებიც ცხოვრობენ მხოლოდ ზღვებში მკვრივ სუბსტრატზე, ვერ უძლებენ $+20^{0}$C-ზე დაბალ ტემპერატურას და წყლის ოდნავ გამტკნარებასაც კი. ევრიბიონტური ფორმების მაგალითია ფესვფეხიანი Cyphoderia ampulla, რომელიც გვხვდება ზღვებში, მომლაშო ჭაობებში და მტკნარ წყალსატევებში, თბილსა და ცივ ტბებში. სახეობები, რომლებიც ხასიათდებიან ევრიბიონტობის ძალზე მაღალი ხარისხით – ზემოთ აღნიშნული ფესვფეხიანების მსგავსად – უბიკვისტებად იწოდებიან (ubigue – ყველგან).

სახეობის ეკოლოგიური ვალენტობის ხარისხი შეიძლება შეფასდეს არა მარტო ფაქტორების კომპლექსთან დამოკიდებულე-

ბით (ევრი-ან სტენობიონტურობა), არამედ, ცალკეული მათ-განისადმი დამოკიდებულებით და შესაბამისად ევრი ან სტენო-ს დამატებით. მაგალითად, ჰოლოთურია Elpidia glacialis არ გვხვდება $+1^0$C-ზე დაბალი ტემპერატურის პირობებში და ამიტომ ის სტენოთერმული ფორმაა, ხოლო ფესვფეხიანი C.ampulla ევრითერმული (thermos – სითბო). სტენობიონტური ფორმების რომელიმე ფაქტორისადმი დამოკიდებულების აღსანიშნავად ქართულ სახელწოდებას ემატება მოყვარული, ხოლო ბერძნულს ფილური (fileo – მიყვარს). მაგალითად, სტენოთერმული ფორმები, რომლებიც ცხოვრობენ თბილ წყლებში იწოდებიან სითბოსმოყვარულებად ანუ თერმოფილურ ფორმებად, ხოლო ცივ წყლებში მცხოვრებნი – სიცივის მოყვარულ ანუ კრიოფილურ ფორმებად (krios – სიცივე). თუ სახეობის ინდივიდები ფაქტორის მაღალ მნიშვნელობას განერიდებიან – მაშინ ფაქტორის სახელწოდებას ემატება ბერძნული ფობური: (fobos – შიში). მაგალითად – ორგანიზმებს, რომლებიც განერიდებიან წყლის გამარილიანების მაღალ დონეს – ჰალოფობური ფორმები (gals – მარილი) ეწოდებათ. სახეობებს, რომლებიც ცხოვრობენ მოცემული ფაქტორის მაღალი მაჩვენებლების პირობებში – მისი ბიონტები ეწოდებათ. ასე მაგალითად, მლაშე წყალსატევებში ბინადართ უწოდებენ ჰალობიონტებს, დინების პირობებში მცხოვრებთ – რეობიონტებს (reo – მივედინები) და ა.შ.

სახეობის ეკოლოგიური ვალენტობა მით უფრო ფართოა, რაც მეტად ცვალებადია მისი გარემო. ამიტომ ზღვების სანაპიროს ფორმები, როგორც წესი, უფრო ევრითერმულებია და ევრიჰალინურები, ვიდრე გაშლილი ზღვის ბინადარნი, სადაც ტემპერატურა და მარილიანობა უფრო მდგრადია. ზუსტად ასე, ღრმა წყლის ფორმებთან შედარებით, რომლებიც ტემპერატურული და მარილიანობის უფრო მდგრად პირობებში იმყოფებიან, წყლის ზედაპირული შრის ბინადარნი უფრო ევრითერმული და ევრიჰალინურებია. რაც უფრო ვარიაბილურია სიცოცხლის პირობები წყალსატევებში, მით უფრო ნაირგვარია მისი სამყარო.

ორგანიზმები, პოპულაციები, სახეობები და ბიოცენოზები ლაბილური სისტემებია, რომლებიც გარემოს მდგომარეობის მიხედვით ცვალებადობას განიცდიან, რასაც თავის მხრივ ოპტიმალური პირობებიდან გადახრა განაპირობებს. მათ აქვთ უნარი გარემოსთან ადაპტირებისა, ე.ი. მათ შეუძლიათ, გარეგანი ზემოქმედების ცვალებად პირობებში (გარკვეულ ზღვრამდე) შეინარჩუნონ თავიანთი სტრუქტურული მთლიანობა და ფუნქციური მდგრადობა. ადაპტაციის დროს ხდება ენერგეტიკული პროცესების რეგულაცია, რაც უზრუნველყოფს ბიოლოგიური სისტემების ენერგეტიკულ ბალანსს გარემოს სხვადასხვა პირობებში.

არსებობს ბიოქიმიური, ფიზიოლოგიური, ქცევითი, მორფოლოგიური და სხვა სახის ადაპტაციები. ჩვეულებრივ ისინი თანაარსებობით ამაგრებენ ერთიმეორეს, და ამგვარად, აძლიერებენ ადაპტაციურ ეფექტს. მაგალითად, კანქვეშა ცხიმოვანი შრის წარმოქმნა (მორფოლოგიური ადაპტაცია) აქვეითებს ტემპერატურული მერყეობის ზემოქმედებას. იმავე მიზანს ემსახურება ორგანიზმის მიერ გადაადგილებისას ხელსაყრელი ტემპერატურული გარემოს გამოთიშვა (ქცევითი ადაპტაცია), ანდა ფერმენტულ სისტემაში შესაბამისი ძვრები (ბიოქიმიური ადაპტაცია).

ამა თუ იმ ფაქტორის დოზირების მიხედვით ბიოლოგიური სისტემების არსებობის პირობები შეიძლება იყოს ოპტიმალური (optimus – საუკეთესო), პესიმალური (pessimus – ყველაზე უარესი), ან შუალედური. ოპტიმალურია ის პირობები, როდესაც სისტემის ნორმალური ფუნქციონირება ხორციელდება მინიმალური ენერგეტიკული დანახარჯებით. ბიოლოგიურ სისტემაში ცალკეული კომპონენტებისათვის ოპტიმალური პირობები და მათში ამა თუ იმ პროცესების მიმდინარეობა ერთმანეთისაგან შესამჩნევად განსხვავდება. ამიტომ ოპტიმუმის ცნება ასახავს ხელსაყრელი პირობების ინტეგრალურ შეფასებას, რომელშიც იმყოფება და ფუნქციონირებს მთლიანად განხილული სისტემა. ასეთი საფუძვლიანი მიდგომა არ გამორიცხავს ოპტიმუმის კერძო შეფასებებს ცალკეული კომპონენტების ცხოველმყოფე-

ლობისა და სისტემის მიერ სხვადასხვა ფუნქციის შესრულების მიმართ.

ამა თუ იმ ფაქტორის ოპტიმალურ და კრიტიკულ მნიშვნელობას ცალკეული ორგანიზმების, პოპულაციების და სახეობების მიმართ არა აქვს გადამწყვეტი მნიშვნელობა და ის არსებობის კონკრეტული პირობებისადმი ადაპტაციის შედეგია. მაგალითად, თერმორეზისტენტულობა, ჟანგბადის დეფიციტის, გამოშრობის, მარილიანობის შეცვლის და სხვა არახელსაყრელი პირობების მიმართ მდგრადობა არაა ერთნაირი სხვადასხვა სასიცოცხლო პირობებში მყოფი ორგანიზმებისათვის, პოპულაციების იმ ინდივიდებისათვის, რომლებიც სახეობის არეალის განსხვავებულ ეკოლოგიურ პირობებში ცხოვრობენ.

დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს არა მარტო ამა თუ იმ ფაქტორის აბსოლუტურ სიდიდეს, არამედ მისი ცვალებადობის სიჩქარესაც. თუ ეს უკანასკნელი დიდი არ არის, ახალ პირობებთან შეგუება (აკლიმატიზაცია) ადვილია. ბიოლოგიურ სისტემებზე მკვეთრი ზემოქმედება, რაც იწვევს მათ დაძაბვას, იწოდება სტრესულ მდგომარეობად. ცალკეული ფაქტორების მიხედვით შეიძლება ვილაპარაკოთ ტემპერატურულ სტრესზე წყალსატევის სწრაფი გათბობის ან გაცივების შემთხვევაში, მარილიანობის გაზრდით გამოწვეულ სტრესზე და სხვ.

ჰიდროსფეროს ცალკეულ უბნებზე ბინადარნი განსხვავდებიან ფიზიკურ-ქიმიური და სხვა ნიშნებით. ცალკეული სახეობა მისი არსებობისათვის მოითხოვს განსაზღვრულ პირობებს და სადაც ეს პირობები არ არის, არც ხდება იქ მისი გამრავლება. გარემოს ფაქტორებს, რომლებიც გამორიცხავენ ან ზღუდავენ სახეობის გამრავლებას, მალიმიტირებელი ფაქტორები ეწოდება. 1840 წ. ი.ლიბიხმა ჩამოაყალიბა პრინციპი, რომელსაც შემდგომში „მინიმუმის კანონი“ ეწოდა და რომლის მიხედვითაც მოსავლის (პროდუქციის) სიდიდე დამოკიდებულია საკვები ნივთიერებების იმ რაოდენობაზე, რომელიც მინიმალურია ამ გარემოში. ეს პრინციპი ითვალისწინებს მთელ რიგ შეზღუდვებს. ხშირად დეფიციტური ნივთიერება შეიძლება შეიცვალოს სხვა ნივთიერებით.

(მაგალითად, მოლუსკების ნიჟარის ჩამოყალიბებისას კალციუმი – სტრონციუმით). ე.მიტჩერლიხის „ფაქტორთა მოქმედების ერთიანობის კანონი“-ს თანახმად დეფიციტის ეფექტი შეიძლება დაიძლიოს სხვადასხვა ფაქტორის სელსაყრელი კომბინაციით. საგულისხმოა, რომ ლიბიხის კანონი მიუღებელია არამდგრადი სისტემებისათვის, როცა სხვადასხვა ნივთიერების რაოდენობა იცვლება არაკანონზომიერად, ან მრავალი ფაქტორი ხდება მალიმიტირებელი.

ბ.ლიბიხის „მინიმუმის პრინციპი“, რომელიც საკვები ნივთიერებების მიმართ იყო შემუშავებული, შემდგომში გავრცელდა სხვა აბიოტურ ფაქტორებზეც და შემოტანილ იქნა კიდევ ერთი ახალი „მაქსიმუმის“ პრინციპი. 1913 წელს ვ.შელფორდმა ჩამოაყალიბა „ტოლერანტობის კანონი“, რომლის მიხედვითაც ფაქტორს მალიმიტირებელი გავლენა აქვს არა მარტო მინიმუმის დროს, არამედ მაქსიმუმის დროსაც (ზოგიერთი ნივთიერების სიჭარბე, მაღალი ტემპერატურები და სხვ.)

ფაქტორების მალიმიტირებელი მნიშვნელობა თავს იჩენს როგორც ყველა სტადიაზე, ისე ორგანიზმის განვითარების ცალკეულ სტადიაზეც, როცა ეკოლოგიური ვალენტობა მინიმალურია. ეს თავისებურება კარგადაა ასახული ა.ტინემანის (1926) წესში: „პოპულაციის სიმჭიდროვეს გარემომცველი გარემოს ფაქტორებიდან განსაზღვრავს ის აუცილებელი ფაქტორი, რომელიც ზემოქმედებს მოცემული ორგანიზმის განვითარების იმ სტადიაზე, რომელსაც აქვს ყველაზე მცირე ეკოლოგიური ვალენტობა და ამასთან ისეთი ინტენსიობით, რომელიც ძალზე შორსაა ოპტიმუმისგან“. ჰიდრობიონტები განვითარების ადრეულ სტადიებზე ხასიათდება ყველაზე დაბალი ეკოლოგიური ვალენტობით ამ დროს აბიოტური ფაქტორების მალიმიტირებელი როლი ყველაზე მაღალი ხარისხით გამოვლინდება.

ბუნებრივ პირობებში ცალკეული ფაქტორები მოქმედებენ არა იზოლირებულად, არამედ ერთობლივად (კომპლექსურად), თუმცა მათ შეიძლება ძლიერი ტრანსფორმაცია განიცადონ. მაგალითად, სხვადასხვა ტემპერატურულ პირობებში ჟანგბადის

კონცენტრაციის მიხედვით ძლიერ იცვლება განათების ოპტიმუმი, მკვეთრად იცვლება ოპტიმუმი აგრეთვე წყლის აქტიური რეაქციისა და ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის მიხედვით. ტემპერატურის აწევა, რომელიც აჩქარებს ნივთიერებათა ცვლას და იმავდროულად ასუსტებს ჰემოგლობინით ჟანგბადის შებოჭვას, ხელსაყრელია ჰიდრობიონტებისათვის, როცა წყალი კარგადაა აერირებული და მომაკვდინებელია (დამღუპველია), როცა რესპირატორული პირობებია გაუარესებული. რაც უფრო მეტად იცვლება გარემოს მოცემული ელემენტი დროსა და სივრცეში, მით უფრო მეტია მისი ეკოლოგიური მნიშვნელობა. მნიშვნელოვან როლს თამაშობს მოცემული ფაქტორის რეგულირების სარისხი ბინადრებზე და მისი ცვალებადობის რეგულირებაზე დროში. შესაბამისად უნდა გავარჩიოთ ფაქტორები, რომლებიც იცვლება კანონზომიერი პერიოდულობით და განაპირობებენ სახეობებში მათთვის დამახასიათებელი ბიოლოგიური ციკლების ფორმირებას (დღეღამური, სეზონური, წლიური და სხვ.), სპეციფიკური ტიპების რიცხოვნობის დინამიკას და ზოგიერთ სხვა სახეობრივ ნიშნებს. ფაქტორები, რომლებიც იცვლება არაკანონზომიერი პერიოდულობით, ძირითადად გავლენას ახდენს სახეობის გავრცელებასა და რიცხოვნობაზე.

ფაქტორების გავლენა ბინადრებზე ხშირად არაა დამოკიდებული მის სიმჭიდროვეზე. მაგალითად, მტაცებლის ზემოქმედება პოპულაციაზე ძლიერაა დამოკიდებული ამ უკანასკნელის სიმჭიდროვეზე. იგივე სურათი შეიმჩნევა პარაზიტების ზემოქმედებისას მათ მასპინძელზე. აბიოტური ფაქტორები, განსაკუთრებით ფიზიკური პირობების მკვეთრი ცვალებადობა (ქარიშხალი, მკვეთრი აცივება და სხვ.), როგორც წესი, გავლენას ახდენს ბინადრებზე მათი სიხშირისაგან დამოუკიდებლად, თუმცა ცალკეულ შემთხვევებში აქაც შეიმჩნევა პირდაპირი კავშირი. მაგალითად, წყალსატევების სანაპირო ზონაში, ზღვების ფსკერის მაკროფიტები, რომლებიც ლაქაშებშია, უფრო ადვილად იტანენ მოქცევას, ვიდრე ერთეული მცენარეები. თევზების სიხშირე გა-

ნაპირობებს მათ მეტ ამტანობას ზოგიერთი მომწამლავი ნივთიერების მიმართ, რაც თავის მხრივ მათ მიერ გამოყოფილი ლორწოს დიდი რაოდენობითაა გაპირობებული – ეს უკანასკნელი ანეიტრალებს ამ ნივთიერებებს. ორივე მაგალითი გვიჩვენებს ბინადართა შესაძლებლობას, მოახდინოს გარემოს კონდიცირება, ე.ი. გახადოს გარემო თავისი სასიცოცხლო მოთხოვნილებებისათვის უფრო ხელსაყრელი.

I.3. ჰიდრობიოლოგიის წარმოშობა და განვითარება

ჰიდრობიოლოგიის დამოუკიდებელ მეცნიერებად ჩამოყალიბება გასული საუკუნის შუა წლებში მოხდა. ამ პერიოდამდე წყალსატევებისა და განსაკუთრებით ზღვის ბიოლოგიური რესურსები ამოუწურავი ეგონათ და არ ზრუნავდნენ სარეწი ორგანიზმების მარაგის განახლებაზე, მათი ეკოლოგიის შესწავლაზე, მაგრამ ცხოვრებამ გვიჩვენა, რომ ასეთი დამოკიდებულება მცდარია. დღეისათვის კატასტროფულად შემცირდა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ვეშაპების, თევზის და სხვა სარეწი ორგანიზმების რაოდენობა. აუცილებელი შეიქნა სარეწი ორგანიზმების მარაგის რეალური შეფასება, მათი ბუნებრივი განახლებისა და ცხოვრების ნირის ღრმა შესწავლა, ე.ი. ჰიდრობიონტების ეკოლოგიური გამოკვლევა.

ამავე პერიოდისათვის მრეწველობისა და ტრანსპორტის ინტენსიურმა განვითარებამ გამოიწვია წყალსატევების გაჭუჭყიანება – განსაკუთრებით კი მტკნარი წყლებისა, რამაც წინა პლანზე წამოწია სუფთა წყლის პრობლემა. 1869-1870 წწ. ა. მიულერმა და ფ.კონმა ყურადღება მიაქცია წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესში ჰიდრობიონტების განსაკუთრებულ როლს. შემდგომში რ.კოლკვიტცმა და მ.მარსონმა, ი.ნიკიტინსკიმ, გ.დოლგოვმა და ს.სტროგანოვმა დააზუსტეს ცალკეული ორგანიზმების როლი წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პროცესში და დაამუშავეს მათი გაჭუჭყიანების ინდიკაციის პრინციპი სხვადასხვა ჰიდრობიონტის წყლის სისუფთავის მი-

მართ სხვადასხვა მოთხოვნილების მიხედვით. ნათელი გახდა რომ წყალსატევების გაჭუჭყიანებისა და თვითგაწმენდის შესწავლა შეუძლებელია ჰიდრობიონტების როლისა და მათი ეკოლოგიის გაუთვალისწინებლად. ყოველივე ამან საფუძველი ჩაუყარა ჰიდრობიოლოგიის, როგორც მეცნიერების წარმოშობასა და განვითარებას.

ჰიდრობიოლოგიის ჩამოყალიბებაში დიდი როლი ითამაშა XIX ს.-ის მეორე ნახევარში ზღვისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგიური სადგურების შექმნამ. ერთ-ერთი პირველი ზღვის ბიოლოგიური სადგური შეიქმნა სევასტოპოლში 1872 წელს ა.კოვალევსკის ინიციატივით, რომელიც დღემდე არსებობს (უკრაინის მეცნ. აკადემიის სამხრეთის ზღვების ბიოლოგიის ინსტიტუტი). 1872 წ. გაიხსნა ზღვის სადგური ნეაპოლში, რომელიც ა.დორნმა დააარსა. 1876 წ. აშშ-ს ატლანტიკის სანაპიროზე ა.აგასიზი აარსებს ნიუპორტის სადგურს. უფრო მოგვიანებით ჩამოყალიბდა მტკნარი წყლის ბიოლოგიური სადგურები: 1890 წ. ტბა პლენზე (გერმანია), 1891 წ. ტბა გლუბოკოეზე (მოსკოვის ოლქი), 1894 წ. მდ. ილინოისზე (აშშ), 1900 წ. მდ. ვოლგაზე, სარატოვში გაიხსნა ევროპაში პირველად მდინარის პირველი ბიოლოგიური სადგური.

ჰიდრობიოლოგიის, როგორც ეკოლოგიური მეცნიერების, ჩამოყალიბების საქმეში მნიშვნელოვანი მოვლენა იყო ჰიდრობიონტების რაოდენობრივი შესწავლის იარაღების შექმნა და გამოყენება. მუშაობდა რა ჩრდილოეთის ზღვაზე, 1887 წ. ვ.ჰენსენმა პირველად გამოიყენა ორგანიზმების რაოდენობის აღსარიცხავად წყლის მოცულობის ერთეულში სპეციალური აბრეშუმის კონუსური ბადე, ე.ი. პლანქტონის ბადე. 1909 წ. ი.პეტერსონმა შექმნა ფსკერის ორგანიზმების რაოდენობის შესასწავლად ხელსაწყო — ფსკერმხაპავი. ამ პერიოდისათვის ძირითადად მთავრდება ჰიდრობიოლოგიის დამოუკიდებელ მეცნიერებად ჩამოყალიბების პროცესი.

ჰიდრობიოლოგიის განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა 1899 წელს ზღვების შესწავლის საერთაშორისო საბჭოს

ჩამოყალიბებას და 1922 წ. თეორიული და პრაქტიკული ლიმნოლოგიის საერთაშორისო ასოციაციის ჩამოყალიბებას. ეს ორივე ორგანო დღემდე არსებობს.

რუსეთში ზღვების ბიოლოგიის შესწავლის პირველი მნიშვნელოვანი სამეცნიერო-სარეწაო ექსპედიცია მოეწყო კასპიის ზღვის თევზჭერისა და თევზის მარაგის შესასწავლად 1853-1856 წლებში კ. ბერისა და ნ.დანილევსკის ხელმძღვანელობით. 1899-1906 წწ. ბარენცის ზღვაზე ჩატარდა დიდი საკვლევი სამუშაოები ნ.კნიპოვიჩის ხელმძღვანელობით. ამავე პერიოდში ნ.ანდრუსოვმა, ა.ოსტროუმოვმა, შ.შპინდლერმა და ა.ლებედინცევმა გამოიკვლიეს შავი ზღვა და პირველად აღმოაჩინეს, რომ მისი ღრმა ფენები შეიცავენ გოგირდწყალბადს. ცოტა უფრო მოგვიანებით ს.ზერნოვმა უფრო ღრმად შეისწავლა შავი ზღვის ბიოცენოზები. 1912-1913 წლებში კასპიის ზღვაზე დიდი ჰიდრობიოლოგიური მასალა მოიპოვა ნ.კნიპოვიჩის ექსპედიციამ. შორეული აღმოსავლეთის დიდი გამოკვლევები ჩაატარეს ვ.ბრაჟნიკოვმა (1899-1904 წ.), პ.შმიდტმა (1900-1901 წ.) და ვ.სოლდატოვმა (1907-1913).

საბჭოთა პერიოდში მკვეთრად გაიზარდა ზღვების ჰიდრობიოლოგიური კვლევა. 20-იანი წლების დასაწყისში ვ.ი.ლენინის მითითებით მუშაობა დაიწყო აზოვ-შავი ზღვის სამეცნიერო-სარეწაო ექსპედიციამ ნ.კნიპოვიჩის ხელმძღვანელობით. საზღვაო ბიოლოგიური კვლევების გაფართოებაში დიდი როლი ითამაშა 1921 წ. ვ.ი.ლენინის მიერ ხელმოწერილი დეკრეტით ჩამოყალიბებულმა მცურავმა სამეცნიერო ინსტიტუტმა (Плавморин). ამ ინსტიტუტის სამეცნიერო გემმა „პერსეიმ“ 1923 წლიდან 100-ზე მეტი ექსპედიცია მოაწყო ბარენცის, თეთრ, კარის, გრელანდიისა და ნორვეგიის ზღვებში, რომელთა დროსაც შეგროვდა უმდიდრესი მასალა. 1922 წ. ჩამოყალიბდა სახელმწიფო ჰიდროგეოლოგიური ინსტიტუტი — თავისი ჰიდრობიოლოგიური განყოფილებით, რომელსაც ხელმძღვანელობდა კ.დერიუგინი. 30-იანი წლების დასაწყისში შეიქმნა ზღვის თევზმეურნეობისა და ოკეანოგრაფიის საკავშირო სამეცნიერო-

კვლევითი ინსტიტუტი, რომელსაც დღესაც მრავალი ფილიალი აქვს დსთ-ის ქვეყნების ზღვებზე (ВНИРО).

30-იან წლებში კ.დერიუგინმა თანამშრომლებთან ერთად განახორციელა შორეული აღმოსავლეთის ზღვების ჰიდრობიოლოგიური გამოკვლევების ფართო პროგრამა. 1949 წლიდან 20 წლის მანძილზე ლ.ზენკევიჩისა და ბ.ბოგოროვის ხელმძღვანელობით ჩატარდა მრავალი ექსპედიცია გემით „ვიტიაზი“, რომელიც სპეციალურად ააგეს ზღვების ჰიდრობიოლოგიური კვლევისათვის. მრავალრიცხოვანი გამოკვლევები ოკეანის უდიდეს სიღრმეებზე (10კმ-მდე სიღრმეზე) საფუძვლად დაედო ჰიდრობიოლოგიური კვლევების მკვეთრ გაფართოებას.

ზღვის ჰიდრობიოლოგიურ გამოკვლევებთან ერთად, ვითარდებოდა მტკნარი წყლების ჰიდრობიოლოგიაც. 1867 წ. მოსკოვის ბუნებისმცოდნეობის მოყვარულთა საზოგადოებამ ჩაატარა მოსკოვის გუბერნიის ტბების გამოკვლევა, ამავე დროს ვ.დიბოვსკიმ შეისწავლა ბაიკალის ტბის ფაუნა, ხოლო კ. კესლერმა მდ. ვოლგის, მდ. ნევის, ლადოგისა და ონეგის ტბების იქთიოფაუნა. ლიმნოლოგიის განვითარებაში დიდი წვლილი შეიტანა გასული საუკუნის მიწურულს ტბა გლუბოკოეზე გაშლილმა ჰიდრობიოლოგიურმა გამოკვლევებმა.

ჩვენი საუკუნის დასაწყისში იწყება ჰიდრობიოლოგიური გამოკვლევების შემდგომი ინტენსიფიკაცია. კერძოდ, მტკნარ წყლებზე ჩატარდა რიგი გამოკვლევები; ვოლგის ბიოლოგიურ სადგურზე მუშაობდნენ ვ.ზიკოვი და ა.ბენინგი, ლადოგის ტბაზე — ა.სკორიკოვი და ე.ბოლოხონცევი, დ.სვირენკო — 1909 წ. ორგანიზებულ დნეპრის სადგურზე ქ. კიევში. ა.ლებედინცევი და ი.არნოლდი-ნიკოლსკის სათევზმეურნეო ქარხანაში (ტბა პესტოვო). ი.ნიკიტინსკიმ, გ.დოლგოვმა და ს.სტროგანოვმა გასული საუკუნის ბოლოსა და ჩვენი საუკუნის დასაწყისში საფუძველი ჩაუყარეს საბჭოთა სანიტარიულ ჰიდრობიოლოგიას.

მტკნარი წყლის ჰიდრობიოლოგიური კვლევა განსაკუთრებით გაძლიერდა საბჭოთა წყობილების პერიოდში. 1917 წლიდან ზედიზედ იხსნება ბაიკალის, ოკის, პერმის, ბოლშევსკის, კოსტრომის,

ჩისტოპოლის, სევანის, კოსინის ბიოლოგიური სადგურები: აქტიურდება მუშაობა ვოლგის, ზვენიგოროდსკის, ბოროდინსკის, გლუბოკოზერსკის, დნეპრის და ჩრდილოდონეცკის სადგურებზე. 1924 წელს ს.ზერნოვმა სსრკ მეცნ. აკადემიის ზოოლოგიის ინსტიტუტში შექმნა მსხვილი ჰიდრობიოლოგიური განყოფილება (1932 წლიდან მას სათავეში ჩაუდგა ვ.ჟადინი). 1928 წელს ი.ვერეშაგინმა ჩამოაყალიბა ბაიკალის ლიმნოლოგიური სადგური (ამჟამად მეცნ. აკადემიის ციმბირის განყოფილების ლიმნოლოგიის ინსტიტუტი). 30-იანი წლებიდან დიდ მუშაობას ეწევა ტბისა და მდინარის თევზმეურნეობის საკავშირო სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი (ВНИОРХ და უფრო მოგვიანებით ГосНИОРХ) თაყვისი განყოფილებების ქსელით. მტკნარი წყლის ჰიდრობიოლოგიის შემდგომი განვითარებისათვის მნიშვნელოვანი მოვლენა იყო უკრაინის სსრ მეცნ. აკადემიის ჰიდრობიოლოგიის ინსტიტუტის (1939) და სსრკ მეცნ. აკადემიის ბაზაზე შიდა წყლების ბიოლოგიის ინსტიტუტის (1956) ჩამოყალიბება.

გარდა ზემოთ ჩამოთვლილი ჰიდრობიოლოგიური სამეცნიერო-კვლევითი დაწესებულებებისა, ამჟამად ზღვებსა და მტკნარ წყლებზე მრავალმხრივ გამოკვლევებს ატარებენ მეცნიერებათა აკადემიების მრავალი ინსტიტუტი, მთელი რიგი უნივერსიტეტებისა და სხვა ორგანიზაციები. განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს 1972 წელს ჩამოყალიბებული საერთო სახელმწიფო ჰიდრობიოლოგიური სამსახურის დაწესებულებათა ქსელის მუშაობა. ჰიდრობიოლოგიის განვითარებისათვის ძალზე დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა 1947 წელს სსრკ მეცნ. აკადემიასთან ლ.ზენკევიჩის ინიციატივით საკავშირო ჰიდრობიოლოგიური საზოგადოებისა და 1964 წ. გ.ნიკოლსკის ინიციატივით ჰიდრობიოლოგიის, იქთიოლოგიისა და ბიოლოგიური რესურსების გამოყენების სამეცნიერო საბჭოს შექმნას.

ჰიდრობიოლოგიის განვითარების პირველ ეტაპზე წყლის მობინადრეთა ეკოლოგია მათი სისტემატიკისა და ფაუნისტიკის კუთხით ძალზე სუსტად შეისწავლებოდა. ასევე ძუნწი ცნობები

მოიპოვებოდა წყლის ორგანიზმების მორფოლოგიისა და ფიზიოლოგიის დარგში.

მომიჯნავე მეცნიერებების განვითარებასთან ერთად ჰიდრობიოლოგია თანდათანობით ხდება წმინდა ეკოლოგიური დისციპლინა, რომელიც სულ უფრო მეტ ყურადღებას აქცევს წყლის ბინადრების აუტეკოლოგიურ, სინეკოლოგიურ და დემეკოლოგიურ გამოკვლევებს. ამასთან, ამჟამად წინა პლანზეა წამოწეული ზეორგანიზმული სისტემების ფუნქციური თავისებურებებისა და სტრუქტურის კვლევა, ბიოლოგიური პროდუქტულობისა და ბიოჰიდროსფეროს დაცვის პრობლემებთან დაკავშირებით. ბიოჰიდროსფეროს დაცვა კაცობრიობისათვის იქცა აქტუალურ პრობლემად, რომელიც დღითიდღე სულ უფრო მეტ ყურადღებას იპყრობს. განსაკუთრებით დიდი სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა ენიჭება მას ჩვენს ქვეყანაში, კერძოდ, მოქმედებენ კანონის ძალის მქონე — „ჩამდინარე წყლებით დაჭუჭყიანებისაგან ზედაპირული წყლების გაჭუჭყიანების წესები“, რომლებიც უზრუნველყოფენ წყლის ობიექტების დაჭუჭყიანებისაგან პროფილაქტიკას.

II თავი

ჰიდროსფერო როგორც სიცოცხლის გარემო და მისი ბინადარნი

II.1. ჰიდრობიონტების არსებობის ფიზიკურ-ქიმიური პირობები

წყალი განსაკუთრებულ ზეგავლენას ახდენს ჰიდრობიონტების სიცოცხლისუნარიანობაზე. მრავალი ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორიდან, რომლებიც ჰიდროსფეროს ბინადრებზე ახდენენ ზეგავლენას, მნიშვნელოვანია წყლისა და გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები, წყალში გახსნილი და შეტივტივებული ნივთიერებები, ტემპერატურა და სინათლე. უკანასკნელ პერიოდში კი განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა წყალსატევების გაჭუჭყიანებას, რომელიც ადამიანის მოქმედებითაა განპირობებული.

II.2. წყლისა და გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

წყალი არა მარტო აკმაყოფილებს ჰიდრობიონტების ფიზიოლოგიურ მოთხოვნილებებს, არამედ მათთვის საყრდენიცაა, აწვდის ჟანგბადსა და საკვებს, ათავისუფლებს მას მეტაბოლიტებისაგან, გადააქვს სასქესო მნიშვნელობის პროდუქტები და თვით ჰიდრობიონტები. წყლის მუდმივი მოძრაობის მიუხედავად ჰიდროსფეროში შესაძლებელია ისეთი დამაგრებული ფორმების არსებობა, რომლებიც არ არიან გავრცელებული ხმელეთზე. ამიტომ წყლის თვისებები მოსახლეობის აბიოტური გარემოს უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია. შესაბამისად ბენთოსური ორგანიზმე-

ბისათვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებს.

წყლის ქიმიური შედგენილობა და აგებულება. წყლის მოლეკულა შედგება წყალბადის ორი და ჟანგბადის ერთი ატომისაგან, მაგრამ იმის გამო, რომ პირველს აქვს 3 იზოტოპური ფორმა და მეორეს – 6, შეიძლება არსებობდეს წყლის მოლეკულის 36 ნაირსახეობა, რომელთაგან ბუნებაში გხვდება 9. ბუნებრივი წყლის ძირითად მასას ქმნიან მოლეკულები $^{1}H_2{}^{16}O$ (99,7%), შედარებით მცირე რაოდენობითაა (0,2%) მოლეკულები $^{1}H_2{}^{18}O$ და უფრო იშვიათად ისეთები, რომელთა შემადგენლობაში შედიან დეიტერიუმი, ტრიტიუმი და ჟანგბადის მძიმე იზოტოპები. თავისი თვისებებით, მძიმე წყალი (როცა მოლეკულური მასა 18-ზე მეტია) შესამჩნევად განსხვავდება ჩვეულებრივისაგან. ასე მაგალითად, დეიტერიუმის შემცველი წყალი – ჩვეულებრივ, წყალთან შედარებით მკვრივია 11%-ით, იყინება $3,8^{0}C$-ზე, დუღს $101,4^{0}C$-ზე, აქვს 23%-ით მეტი სიბლანტე და განსაკუთრებით მაღალ სიმკვრივეს ამჟღავნებს $11,4^{0}C$-ზე.

წყლის მოლეკულებს აქვთ ორი უარყოფითი და ორი დადებითი მუხტი, რომლებიც განლაგებულია ტეტრაედის წვერებზე იმგვარად, რომ პირველები ხვდებიან ერთ პოლუსზე, მეორეები – მეორეზე. მუხტების ასეთი განლაგებით განისაზღვრება წყლის დიპოლური ხასიათი, რის გამოც ელექტროლიტები წყალში ადვილად დისოცირდებიან იონებად. წყალში კარგად იხსნება არა მარტო ელექტროლიტები, არამედ ორგანული არაელექტროლიტების უმრავლესობა, ასევე ჟანგბადი, CO_2-ი და სხვა აირები.

წყლის მოლეკულები ქმნიან წყალბადურ კავშირებს მრავალრიცხოვან დამუხტულ მოლეკულებთან, რის შედეგადაც წარმოიქმნება სხვადასხვა შედგენლობის კომპლექსები. მაღალი ტემპერატურის პირობებში წყალი უპირატესად წარმოდგენილია ერთეული მოლეკულებით – მონოჰიდროლებით, დაბალი ტემპერატურის პირობებში – ძირითადად დი- და ტრიჰიდროლებით.

მოლეკულები, ერთმანეთთან შეხებისას საწინააღმდეგო წყლის პოლუსებით ქმნიან შრეებს. ცალკეული მათგანი დაკავშირებულია დანარჩენ სამ მოლეკულასთან, რომლებიც იმავე შრეს ეკუთვნიან და ერთ მეზობელ შრეში არსებულ მოლეკულასთან. ასეთი სტრუქტურის გამო წარმოიქმნება მრავალრიცხოვანი სიცარიელეები, რომელთა ზომა წყლის მოლეკულას აღემატება, ამიტომ წყლის სიმკვრივე 1-ზე ნაკლებია.

გაყინული წყლის დნობისას წყალბადური კავშირების ნაწილი, მოწყვეტილი მოლეკულები განლაგდებიან საწყისი აგრეგატების სიცარიელეებში, რის გამო მტკნარი წყლის სიმკვრივეც იზრდება. შემდგომი გათბობისას +4^{0}C-დე წყალბადური კავშირების რღვევა გრძელდება. წყლის გამკვრივება თბური გაფართოების ეფექტს აჭარბებს. 4^{0}C-ის ზემოთ თბური გაფართოება ჭარბობს გამკვრივებას, რომელიც გამოწვეულია წყალბადური კავშირების რღვევის გაგრძელებით და წყლის სიმკვრივე თანდათანობით იწყებს შემცირებას. თითქმის ყველა კავშირის გაწყვეტა ხდება წყლის ორთქლად ქცევისას. 20^{0}C-ის დროს შემორჩება მათი ნახევარი. ზღვის წყალში სხვა სურათია: ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად – სიმკვრივე უწყვეტლივ იზრდება გაყინვამდე.

II.3. სიმკვრივე, სიბლანტე და წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა

4^{0}C-ის დროს (უფრო ზუსტად 3,98^{0}C-ის დროს) სუფთა წყლის სიმკვრივე 1გ/სმ^3-ია. ბუნებრივი წყლის სიმკვრივე შეიძლება გაიზარდოს სხვადასხვა მარილების გახსნის შედეგად 1,347გ/სმ^3-მდე. ტემპერატურის მომატებასთან ერთად წყლის სიმკვრივე შესამჩნევად იცვლება:

ტემპერატურა, ^{0}C	0	4	10	20	30
სიმკვრივე, გ/სმ^3	0,99986	1,000	0,99972	0,99823	0,99567

ერთი შესედვით ტემპერატურის მომატებით სიმკვრივის შეცვლა არც თუ ისე მნიშვნელოვანია. ამასთან მხედველობაშია მისაღები ისიც, რომ ჰიდრობიონტების სიმკვრივე ჩვეულებრივ განსხვავდება 1-საგან მხოლოდ მეორე ან მესამე ნიშნით. ამიტომ ეს ცვლილებები საკმარისია, რომ შეიცვალოს ცურვის პირობები პელაგიური ორგანიზმებისათვის (გარემოს სხვადასხვა საყრდენობა).

უდიდესი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს წყლის ანომალიურ თვისებას — $+4^0$C-ზე ქვემოთ გაცივებისას ფართოვდება. როდესაც ზედაპირულ შრეში წყლის ტემპერატურა $+4^0$C-ს უახლოვდება (გაცივებისას ან გათბობისას) — ასეთი ფენა, როგორც ყველაზე მკვრივი და ე.ი. მძიმე, იწყებს ჩაძირვას და ქვეშმდებარე ფენები ამოდიან ზემოთ — იწყება წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია, რასაც დიდი სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს. ძალზე მნიშვნელოვანია ჰიდრობიონტებისათვის წყლის თვისებას — გაფართოვდეს გაყინვისას. ეს განაპირობებს წყლის იზოლაციის ზედაპირზე არსებული ცივი მასებისაგან, როცა წყალსატევები მხოლოდ ზედაპირულად იყინება, ხოლო მთელ სიღრმეზე შენარჩუნებულია სიცოცხლე.

სხვა სითხეებთან შედარებით წყალი ხასიათდება დაბალი სიბლანტით, რაც განაპირობებს მის მოძრაობას და აადვილებს ჰიდრობიონტების ცურვას. ტემპერატურის მომატებასთან ერთად წყლის სიბლანტე შესამჩნევად კლებულობს

ტემპერატურა, ^{0}C	10	20	30
წყლის სიბლანტე, პა.	$1,3.10^{-3}$	$1,1.10^{-3}$	$0,87.10^{-3}$

მარილიანობის მომატებასთან ერთად წყლის სიბლანტე იზრდება. ეს განსაკუთრებით ძლიერად მოქმედებს მცირე ზომის ორგანიზმების სამოძრაო პირობებზე. ვინაიდან მათ ლოკომოტორული ორგანოები სუსტი აქვთ, ხოლო ხვედრითი ზედაპირი დიდი, სიბლანტის გაზრდასთან ერთად ძლიერდება ხახუნის ძალები.

სიბლანტე უდიდეს გავლენას ახდენს ორგანიზმების ჩაძირვის სიჩქარეზე. ხახუნის გარეშე, ლოკომოტორულ ორგანოებს მოკ-

ლებულ ორგანიზმებს გაუჭირდებოდათ წყლის სისქეში ტივტივი, ხოლო მოძრავ ორგანიზმებს დასჭირდებოდათ დიდი დამატებითი ენერგიის ხარჯვა, რათა თავი დაეღწიათ ფსკერზე ჩაძირვისაგან. წყლის სიბლანტე აადვილებს ორგანიზმების წყალში ტივტივს, ამიტომ მრავალ ჰიდრობიონტს გამოუმუშავდა სპეციალური საშუალებები, რომლებიც ზრდიან წყალთან ხახუნის ძალას, განსაკუთრებით ზაფხულში, როცა ტემპერატურის მომატებასთან ერთად სიბლანტე მცირდება.

წყალს აქვს შედარებით დიდი ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტი, რომელიც ტემპერატურასა და მარილიანობაზე დამოკიდებულებით 0,771-0,765 $Н/М^2$-ის ფარგლებში მერყეობს. მოლეკულათაშორისი ძალები, რომლებიც პერპენდიკულარულად მოქმედებენ ზედაპირის მიმართ და განაპირობებენ ზედაპირული დაჭიმულობის აპკის შექმნას, მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ნეისტონტების ცხოვრებაში. ზედაპირული აპკი ერთგვარ საყრდენს ქმნის ორგანიზმებისათვის, რომლის გამოყენებისათვის გამომუშავდება სპეციფიკური ადაპტაციები, ორგანიზმები რომელთა საფარი ნაკლებად სველდება, რჩებიან წყლის აპკზე და არ იძირებიან. ნეისტონტები რომელთა საფარველი ადვილად სველდება, ემაგრებიან აპკს და არ იძირებიან, მიუხედავად იმისა, რომ მათი სიმკვრივე 1-ზე მეტია.

ბუნებრივ წყლებში (როგორც ზღვის, ასევე მტკნარ წყლებში) ზედაპირული დაჭიმულობა შეიძლება შემცირდეს მათში ორგანული (გახსნილი) ნივთიერებების გახსნის შედეგად. დაჭიმულობის შემცირება განსაკუთრებით ძლიერია (73.10^{-5} დან 53.10^{-5} $Н/см^3$-დე) ისეთ წყალსატევებში, სადაც აყვავილებით ან მაკროფიტებით მდიდარ ლაქაშებში აღინიშნება დეტერგენტების სიჭარბე. ზედაპირული დაჭიმულობის მნიშვნელოვანმა შემცირებამ (20.10^{-5} $Н/см^2$-დე) შეიძლება გამოიწვიოს მრავალი ნეისტონტის დაღუპვა.

II.4. წყლის თერმული და ოპტიკური თვისებები

ნიადაგთან და ატმოსფეროსთან შედარებით წყალი გამოირჩევა გაცილებით დიდი თერმოსტაბილურობით, რაც ხელსაყრელია სიცოცხლის არსებობისათვის. ამ თვისებას ხელს უწყობს მისი არაჩვეულებრივად დიდი სითბოტევადობა ($4,9.10^3$ ჯოული/კგ 1 კალ-ზე). ასეთი ანომალიურად მაღალი სითბოტევადობა იმით აიხსნება, რომ მიღებული თბური ენერგიის ნაწილი იხარჯება ასოცირებულ მოლეკულებს შორის წყალბადური კავშირების გაწყვეტაზე. ამის შედეგად წყალი ნელა ცივდება ან თბება წელიწადის სეზონის შეცვლისას და ასევე დღე-ღამის მანძილზეც. ამგვარად, ეს პროცესი ჰაერის ტემპერატურის მნიშვნელოვანი რეგულატორის როლს ასრულებს.

წყლის თერმოსტაბილურობის შენარჩუნებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ორთქლად ქცევის უკიდურესად მაღალ სითბოს ($2,26.10^6$ ჯოული/კგ, ანუ 539 კალ/გ 100^0C-ის დროს) და დნობის ფარულ სითბოს ($3,35.10^5$ ჯოული/კგ, ანუ 80კალ/გ).

წყალსატევებში წყლის გათბობასთან ერთად ძლიერდება აორთქლება, რის შედეგად ტემპერატურის მატება ნელდება. წყლის 0^0C-ზე დაბლა გაცივებისას და ყინულის წარმოქმნისას გამოყოფილი სითბო ტემპერატურის შემდგომ დაცემას იწვევს.

ჰაერთან შედარებით წყალი გაცილებით ნაკლებ გამჭვირვალეა და მასში მოხვედრილი სინათლე საკმაოდ სწრაფად შთაინთქმება და განიბნევა. სინათლის შთანთქმა გამოიხატება ბუგერ-ლამბერტის კანონით: $Jz = J_0 \cdot e^{-mz}$, სადაც Jz – სინათლის ტალღის ინტენსივობაა(ენერგია) წყლის z სისქის გავლის შემდეგ, J_0 – საწყისი ინტენსივობა, m – სინათლის შთანთქმის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ტალღის სიგრძეზე (λ):

λ,ნმ	820	680	620	580	520	460	400	380
m	2,42	0,455	0,273	0,210	0,016	0,0054	0,0134	0,0255

ბუნებრივ წყლებში, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ სხვადასხვა შეტივტივებულ ნაწილაკებს, სხივების შთანთქმის კოეფიციენტი შესამჩნევად მაღალია. იმის გამო, რომ სხვადასხვა ტალღის სხივი სხვადასხვა სიღრმეზე შთაინთქმება, სინათლის სპექტრული შემადგენლობა შესაბამისად მკვეთრად იცვლება. სიღრმესთან ერთად პირველ რიგში ძალზე სწრაფად ქრება ინფრაწითელი სხივები (820 ნმ-ზე გრძელი ტალღის სხივები), შემდეგ წითელი (680 ნმ) და ნარინჯისფერი (620 ნმ). ყველაზე ღრმად ჩადის მწვანე (520 ნმ) და განსაკუთრებით ლურჯი სხივი (460 ნმ). სინათლის სპექტრული შემადგენლობის ცვალებადობა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ფოტოსინთეზის პირობებზე და აისახება ჰიდრობიონტების ქცევებშიც.

შთანთქმასთან ერთად წყლის სისქეში სდება სინათლის გაბნევა, ე.ი. წყლის მოლეკულებისა და სხვა ნაწილაკების მიერ სხვა სხივების გადახრა სხვადასხვა მიმართულებით. სინათლის ნაკადის შესუსტება გაბნევის სარჯზე გამოიხატება ტოლობით, რომელიც წინას ანალოგიურია:

$$Jz = J_0 \cdot e^{-RZ}, \text{ სადაც:}$$

R მოლეკულური გაბნევის კოეფიციენტია, რომელიც დამოკიდებულია სხივების ტალღის სიგრძეზე ($R=0{,}000156 \times \lambda^{-4}$). აქედან გამომდინარე, მოკლეტალღიანი სხივები, გრძელტალღიანებთან შედარებით განიბნევა წყლის მოლეკულების მიერ უფრო ძლიერად (მაგალითად, ლურჯი 3-ჯერ უფრო ძლიერად, ვიდრე წითელი). წყალში შეტივტივებული ნაწილაკები განაბნევენ უპირატესად გრძელტალღიან სხივებს; შეწონილი (შეტივტივებული) ნაწილაკების მიერ სინათლის სხივების გაფანტვამ ბუნებრივ წყალში შეიძლება გადააჭარბოს მოლეკულურს ათჯერ და ასჯერ. სინათლის შესუსტებას შთანთქმისა და გაფანტვისაგან გამოხატავენ ტოლობით: $Js = J_0 \cdot e^{-(R+M)Z}$, სადაც (R+M) სინათლის ჩაქრობის ჯამური კოეფიციენტია.

წყლის გამჭვირვალობა (F) გულისხმობს შრის სისქეში z(Jz) გამავალი გამოსხივების ნაკადის დამოკიდებულებას, მასში შემავალთან (Jo): $F=(Js:Jo)=e^{-(R+M)Z}$. გამჭვირვალობის კარგი მახ-

ასიათებელია სიღრმე, რომლის პირობებში აღარ ჩანს სეკის დისკი (30 სმ-ის დიამეტრის). ის მჭიდროდ კორელირებს სინათლის შთანთქმის კოეფიციენტთან (R) და პულისა და ატკინსის მიხედვით, შეიძლება გამოვითვალოთ ფორმულით $\Pi=1,7:R$. როგორც ჩანს, კონსტანტა 1,7 ამ ფორმულაში რამდენადმე მომატებულია და სინამდვილეში ახლოსაა 1,5-თან (Walker, 1982).

წყლის ფერი, ისე როგორც მისი გამჭვირვალობა, დამოკიდებულია სხვადასხვა სხივის შთანთქმისა და გაფანტვის ამორჩევითობაზე და ისაზღვრება წყლიდან გამოსული სინათლის ნაკადის ფარდობით მის ზედაპირზე დაცემულ სინათლის ნაკადთან. წყლის ფერისაგან უნდა განვასხვავოთ წყალსატევების ზედაპირის ფერი, რომელიც პირველისაგან განსხვავებით დამოკიდებულია ამინდის პირობებზე (მღრუბლულობა, ქარი, ღელვა) და ხედვის კუთხეზე. მაგალითად, წყალსატევის ახლომდებარე მონაკვეთი უფრო მუქად გვეჩვენება, ვიდრე დაშორებული, რომელიც დიდი ზომის წყალსატევებში ჰორიზონტზე ერწყმის თავისი შეფერილობით ცის ფონს. თუ დავაკვირდებით წყალსატევის ზედაპირს ვერტიკალურად, დამკვირვებლის თვალი ძირითადად აღიქვამს სინათლის ნაკადს, რომელიც წყლიდან ამოდის (მისი საკუთარი ფერი). ვერტიკალიდან გადახრისას თვალს ხვდება სულ უფრო მეტად არეკლილი სინათლე და შესაბამისად იცვლება სპექტრული შედგენილობა, რომელიც ჯამურად აღიქმება სინათლის ნაკადად (წყლის ზედაპირის ფერი).

სუფთა წყალი ფანტავს უპირატესად მოკლეტალღიან სხივებს და ამიტომ სპექტრული შედგენილობის შესაბამისად, რომელიც მისგან გამომავალი სინათლის ნაკადითაა წარმოდგენილი, წყალი ლურჯი გვეჩვენება. წყალში შეწონილი ნაწილაკებისა და მცირე ზომის ორგანიზმების რაოდენობის გაზრდის შედეგად მატულობს მოცულობის გრძელტალღიანი სხივების გაბნევა და წყალი იღებს მოყვითალო ან მოყავისფრო შეფერილობას. ამგვარად, წყლის ფერით შეიძლება გარკვეული ხარისხით ვიმსჯელოთ მის

სისუფთავეზე და მასში შეწონილი ნაწილაკებისა და მიკროორგანიზმების კონცენტრაციაზე.

II.5. გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები

ფსკერის ბინადართათვის გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებიდან ყველაზე დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს გრუნტის შემადგენელი ნაწილაკების ზომას, მათ სიმჭიდროვეს და ურთიერთგანლაგების სტაბილურობას, დინებებით ჩამორეცხვის ხარისხს და აკუმულაციის ტემპს შეწონილი მასალის დალექვის ხარჯზე. გრუნტის ფიზიკური თვისებები ძირითადად განისაზღვრება მათი მექანიკური ანუ გრანულომეტრული შედგენილობით, რომელშიც იგულისხმება მარცვლების ზომა, რომლებიც ფსკერზე ქმნიან დანალექებს.

წვრილმარცვლოვან გრუნტებს უწოდებენ რბილს. მათ განეკუთვნება თიხები (პელიტები), შლამები (სელიტები, ალევრიტები) და ქვიშა, რომელთა მარცვლების დიამეტრი შესაბამისად 0,01, 0,01-0,1 და 0,1-1,0 მმ-ზე ნაკლებია. მკვრივი გრუნტები წარმოდგენილია ხრეშით (0,1-1 სმ), კენჭებით (1-10 სმ), რიყის ქვით ანუ კაჭარით (10-100 სმ) და ლოდებით (1 მ-ზე მეტი.)

წვრილმარცვლოვანი გრუნტების წვრილი ფრაქციების შედგენილობის მიხედვით (0,01 მმ-ზე მცირე ზომის ნაწილაკები) ყოფენ სილად, შლამიან სილად, სილიან შლამად. შლამად და თიხიან შლამად (წვრილი ფრაქციები შესაბამისად 5,10,30,50 და50%-ზე მეტია). თუ გრუნტი შეიცავს სხვადასხვა ზომის ფრაქციებს, მას უწოდებენ შერეულს. გრუნტთან დამოკიდებულების მიხედვით ასხვავებენ სტენო და ევრიედაფურ ფორმებს (edaphon – ნიადაგი, გრუნტი), რომელთაგან პირველნი ადაპტირებულნი არიან ერთ რომელიმე სუბსტრატთან, ხოლო მეორენი ცხოვრობენ სხვადასხვა გრუნტზე. სტენოედაფურ ფორმებს შორის არჩევენ: ლითოფილებს – ქვაზე მცხოვრებთ, ფსამოფილებს – სილაზე (ქვიშაზე) მცხოვრებთ, არგილოფილებს – თიხაზე მცხოვრებთ, პელოფილებს – შლამზე მცხოვრებთ,

(შესაბამისად: lithos – ქვა, psammos – სილა, pelos – შლამი, argillos – თიხა).

ქვის გრუნტიდან სილის და შლამის გრუნტზე გადასვლასთან ერთად, ფსკერის ცხოველების რიცხვი ჩვეულებრივ იზრდება, ხოლო მათი საშუალო მასა მცირდება. ეპიფაუნის ზომის შემცირების გამო (გრუნტის საყრდენის შემცირება, რაც შეუძლებელს ხდის მათზე დიდი ზომის ფორმების არსებობას) ინფაუნის წარმომადგენელთა სარჯზე ბენთოსის საერთო ბიომასა მკვრივ გრუნტებთან შედარებით რბილ გრუნტებზე შეიძლება მეტი იყოს.

თუ ბენთოსური ორგანიზმები (ბენთონტები) მისთვის დამახასიათებელ (ჩვეულ) სუბსტრატზე არ ცხოვრობენ, განიცდიან დაკნინებას ან საერთოდ იღუპებიან. მაგალითად, პოლიხეტები (მრავალჯაგრიანები) – Hypania invalida სილაზე დასმის შემთხვევაში არ აშენებენ მილებს, რომლებშიც ისინი ჩვეულებრივ ბინადრობენ და 7 დღის შემდეგ იღუპებიან. წვრილმარცვლოვან სილაზე ეს ჭიები მილების მოწყობას 50-80 წუთს უნდებიან და 20 დღის შემდეგ მათი მხოლოდ 20% რჩება ცოცხალი; შლამიან სილაზე და შლამზე ისინი აკეთებენ მილებს შესაბამისად 35-60 წუთში და 15-30 წუთში. მათი გადარჩენის სიხშირე შესაბამისად 80 და 100%-ია (Иоффе, 1958).

ჰიდრობიონტები აქტიურად ირჩევენ მათთვის შესატყვის გრუნტს. ეს ხერხდება ფსკერის უხერხემლოთა პლანქტონური ლარვების მიერ გრუნტის არჩევით, ზრდასრული ფორმების გადაადგილებით ან წყლის სიზრქეში გადანაცვლების გზით, ახალი სუბსტანციის მოძებნის მიზნით. გრუნტის არჩევითობა გაპირობებულია არა მარტო მისი გრანულომეტრული შემადგენლობით, არამედ სხვა თვისებებითაც. წვრილმარცვლოვან გრუნტებს, კერძოდ კი შლამიან გრუნტებს ახასიათებთ სისქის მიხედვით სხვადასხვა კონსისტენცია (გრუნტის ზედაპირი უფრო მეჩხერია და სისქე უფრო მჭიდრო). გრუნტის გასქელების შესაბამისად სიღრმეში ჩაღწევა თანდათან ჭირს და ორგანიზმები ეფლობიან უფრო ხედა ფენებში. მეორე მხრივ კი არამკვრივი, თხიერი გრუნტი სუსტი საყრდენია ორგანიზმებისათვის და

მათში არსებობა არახელსაყრელია. ლ.ა.ზენკევიჩის (1951) მონაცემებით, ბარენცის ზღვაში ქვიდან სილაზე და შლამზე გადასვლისას ჰიდრობიონტების საშუალო მასა მცირდება შესაბამისად 1,34, 0,31 და 0,05გ/მ²-მდე, ხოლო გრუნტის სისქეში მცხოვრები ფორმებისათვის საწინააღმდეგო სურათია შემჩნეული. მათი საშუალო მასა ქვაზე 3 მგ-ია, შლამში – 8 მგ. მსხვილ ნაწილაკებს შორის გადაადგილება მცირე ზომის ფორმებს არ უჭირთ, ამიტომაა სხვადასხვა გრუნტზე მათი ზომა განსხვავებული.

გრუნტის შიგნით მოძრაობის პირობების სხვაობით აიხსნება ზღვის პლაჟების სილაში მცხოვრები ორგანიზმების სხვადასხვა ზომა. ასე მაგალითად, 0,4მმ-ის ზომის სილაში ჭარბობს მცირე და საშუალო ინფუზორიები, ხოლო 0,12-0,4 მმ-ის დიამეტრის სილის გრუნტში ბინადრობენ დიდი ზომის ინფუზორიები, ხოლო 0,1 მმ-ზე უფრო მცირე ზომის გრუნტში ინფუზორიები საერთოდ არ გვხვდება.

ფსკერის ბინადრების არსებობისათვის უკიდურესად არახელსაყრელია გრუნტის არასტაბილურობა: ნაწილაკების დალექვა, ზედა ფენების გადარეცხვა წყლის დინებით და ნაწილაკების ერთმანეთის მიმართ გადაადგილება. პირველ შემთხვევაში ორგანიზმები იფარებიან დანალექი მასალით, მეორე შემთხვევაში ირეცხებიან და დინების მიერ გადაიტანებიან, მესამე შემთხვევაში კი არ ხერხდება გრუნტზე დაფუძნება და ისინი გადაირეცხებიან. უპირატესად ამით აიხსნება მდინარეების ბენთოსით სიღარიბე (სირ-დარიის, ამუ-დარიის, მტკვრის).

გრუნტების გადაადგილება თვით ორგანიზმების ზემოქმედებითაც ხდება. მაგალითად, მრავალჯაგრიანი Arenicola პოპულაციის 40 ეკზ/მ²-ის სიხშირის პირობებში ყოველდღიურად ნაწლავში 1,5 კგ გრუნტს ატარებს, ხოლო წლის მანძილზე 0,25 მ³-ს, ე. მთლიანად გადაამუშავებს 20-30 სმ-ის სისქის გრუნტს. ასევე ენერგიულად თხრიან გრუნტს სხვა მრავალჯაგრიანები, ჯაგრიანებიც, ქირონომიდების ლარვები, მოლუსკები, კან ნებიც, კიბოსნაირები და სხვა. კიბორჩხალა Axius ser თხრის სოროებს 3მ-ის სიღრმეზე. შეიჭრება რა გრუნტში,

აფხვიერებს მას, და იწვევს გაწყლიანებას, ფსკერული დანალექების გადაადგილებას. ორგანიზმების გრუნტზე ზემოქმედების სურათი შემდეგი სამი პროცესით განისაზღვრება: ბიოსედიმენტაცია (ფეკალიები, ფსევდოფეკალიები, ლეშები და სხვ.), ბიოდისლოკაციები (გრუნტის გადათხრა, სოროების თხრა, მილების გაკეთება და სხვ.). და ბიოსტაბილიზაცია (გრუნტის ნაწილაკების მიკრობული შეწებება, მათი გამაგრება ფესვებით, რიზოიდებით და სხვა).

ფსკერის მრავალი ცხოველი იკვებება ნაწლავში გრუნტის გატარებით და ამ დროს დიდ ეკოლოგიურ მნიშვნელობას იძენს მასში ორგანული ნივთიერებების შემცველობა, რომელიც იქმნება გრუნტში არსებულ ორგანიზმთა ნარჩენების გახრწნის შედეგად. მაგალითად, წყნარი ოკეანის ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილში ფსკერის დანალექების მშრალი ნივთიერების ენერგოტევადობა მერყეობს 0,3-დან 1,3 ჯოულ/გ-მდე და შეინიშნება კორელაცია გრუნტში ადვილად ასათვისებელი ორგანული მასის კონცენტრაციასა და გრუნტის მჭამელთა ბიომასას შორის (Метельников, 1973).

ყველაზე მეტი საკვები ღირებულება ორგანულ ნივთიერებას აქვს გახრწნის საწყის სტადიაზე, შემდეგ კი მისი კვებითი ღირებულება თანდათანობით ეცემა. ამიტომ გრუნტის ეკოლოგიური შეფასებისას საჭიროა არა მარტო ორგანული ნივთიერებების შემცველობის განსაზღვრა, არამედ მისი შედგენილობის ცოდნაც. ასე მაგალითად, ოკეანური დანალექების ორგანული ნივთიერება ხშირად 30-35% ჰუმინის მჟავებისაგან შედგება, რომელსაც ცხოველები, როგორც საკვებს, პრაქტიკულად არ იყენებენ. ასევე მათთვის გამოუყენებელია ქიტინი, უჯრედისი და ორგანული დანალექების სხვა კომპონენტები.

ფსკერული დანალექები მჭიდროდ ურთიერთქმედებენ წყალთან. გრუნტიდან წყალში შეუწყვეტლად შედის სხვადასხვა მარილები, გაზები, მკვრივი კომპონენტები. ამის საპირისპიროდ ფსკერულ დანალექებში მიედინება ნაკადი, რომელსაც წყლიდან გრუნტში მიაქვს სხვადასხვა მინერალური და ორგანული ნივთი-

ერება. წყლის ფსკერსა და წყლის მასას შორის ურთიერთქმედების პროცესებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიდრობიოსის სიცოცხლისათვის.

II.6. ბუნებრივი წყლების შემადგენელი ნივთიერებები

ბუნებრივი წყალი რთული შემადგენლობისაა – წყლის მოლეკულების გარდა შედის ნაირგვარი ნივთიერება, რომელთა დიდი ნაწილი განსაკუთრებულ როლს ასრულებს წყლის ბინადართა სიცოცხლეში. დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს წყლის გაჯერებას სხვადასხვა გაზებით, მინერალური და ორგანული მარილებით და წყალბადიონთა კონცენტრაციას.

გაზები. წყალში ცალკეული გაზების რაოდენობა დამოკიდებულია მათ ბუნებაზე, ატმოსფეროში მათ პარციალურ წნევაზე და თვით წყლის მდგომარეობაზე, კერძოდ მის ტემპერატურასა და მარილიანობაზე. გაზის იმ რაოდენობას, რომელიც შეიძლება გაიხსნას წყალში მოცემულ პირობებში, ეწოდება **ნორმალური**. ზოგჯერ გაზის რაოდენობა გამოიხატება არა აბსოლუტურ მაჩვენებლებში (მოცულობით ან წონით), არამედ პროცენტებში ნორმალური შემადგენლობიდან (წყლის გაზით გაჯერების ხარისხი).

გაზების ხსნადობა არ არის დამოკიდებული ჰიდროსტატიკურ წნევაზე, ე.ი. მათი ნორმალური შემადგენლობა ერთნაირია ყველა სიღრმეზე. არცთუ იშვიათად წყალში რესპირატორული პირობების დახასიათებისათვის მიუთითებენ O_2-ის პარციალურ წნევას (პასკალებში ან ვერცხლისწყლის სინდიყის სვეტის მილიმეტრებში). ვიცით რა O_2-ის ნორმალური შემცველობა, (ცხრილი 1), შეიძლება განისაზღვროს მისი რაოდენობა წყლის მოცულობის ერთეულში გაზის სხვადასხვა პარციალური წნევისას, და პირიქით.

ტემპერატურასა და მარილიანობაზე (%) დამოკიდებულებით წყალში ატმოსფერული ჟანგბადის ხსნადობა (მლ O_2/ლ),

ტემპერატურა	მარილიანობა, %				
^0C	0	1	2	3	4
0	10,29	9,65	9,01	8,36	7,71
10	8,02	7,56	7,10	6,63	6,17
20	6,57	6,22	5,88	5,53	5,18
30	5,57	5,27	4,96	4,65	4,35

წყლის ბინადართათვის ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს ჟანგბადს, ნახშირორჟანგს, გოგირდწყალბადს და მეთანს.

ჟანგბადი (O_2). წყლის გამდიდრება ჟანგბადით ძირითადად ხდება ატმოსფეროდან მისი **ინვაზიით** (შეჭრა) და მაფოტოსინთეზირებელი მცენარეების ხარჯზე. გაზის კლება შეინიშნება მისი **ევაზიისას** (გამოსვლა) წყლიდან ატმოსფეროში და ჟანგვით პროცესებზე მისი მოხმარებისას, კერძოდ, სუნთქვისას ზოგჯერ ჟანგბადის შემადგენლობა არსებითად იცვლება ჟანგბადით მდიდარი ან ღარიბი წყლების შეჭრით წყალსატევში.

წყლიდან ჟანგბადის აბსორბციის კოეფიციენტი 0^0C-ის დროს ტოლია 0,04898. შესაბამისად ამ გაზის ატმოსფეროში ნორმალური შემცველობისას (210 მლ/ლ) 1ლ წყალში გაიხსნება 210·0,04898=10,29 მლ ჟანგბადი. ტემპერატურისა და მარილიანობის აწევით აბსორბციის კოეფიციენტი მცირდება და ჟანგბადის ნორმალური შემცველობის სიდიდე კლებულობს. (იხ. ცხრილი 1).

წყალსატევებისა და მათი ცალკეული ზონების ჟანგბადის რეჟიმი დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. რადგან ატმოსფეროდან O_2-ის ინვაზია და ფოტოსინთეზის პროცესიც წყლის ზედა შრეში ხდება, ამიტომ ეს შრეა ყველაზე მეტად ჟანგბადით გა-

ვლერებული. ჟანგბადის ღრმა ფენებისკენ გადატანაში დიდ როლს თამაშობს წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია, რომელიც სხვადასხვა დროს და წყალსატევის სხვადასხვა უბანზე სხვადასხვა ინტენსივობით ხდება. მრავალ კონტინენტურ წყალსატევში გრუნტის აერაციისათვის არსებითი მნიშვნელობა აქვს მანგანუმისა და რკინის შემცველობას. ილექებიან რა გრუნტზე წყლიდან როგორც ცუდად ხსნადი ჟანგეულები, ისინი აძევებენ გრუნტის ჟანგბადს, გადადიან ხსნად ქვეჟანგებში, რომლებიც ხვდებიან წყალში, აქ იჟანგებიან და ისევ ჟანგეულებად გარდაქმნის შემდეგ, კვლავ ილექებიან გრუნტში. თუ ზედაპირული და სიღრმის ფენები მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ჟანგბადის შემცველობით, მაშინ ლაპარაკობენ ჟანგბადურ დიქოტომიაზე. ჟანგბადის თანაბარ განაწილებას მთელი წყლის სისქეზე ჰქვია ჰომოოქსიგენია, რომელიც შეინიშნება წყლის ენერგიული გადაადგილებისას, როცა მთელი წყლის მასაა ჩართული ამ პროცესში. ჟანგბადური დიქოტომია წარმოიშობა წყალსატევების სტაგნაციის (შეგუბება) დროს, როცა არ ხდება წყლის მასების ვერტიკალური ცირკულაცია.

ხმელეთის ბინადართა ანალოგიურად წყლის ცხოველთათვის ჟანგბადი ასეთივე გადამწყვეტი ფაქტორია. ხმელეთზე იშვიათად წარმოიშობა ჟანგბადის უკმარისობის პირობები. წყლის გარემოში კი ხშირად ვხვდებით სხვადასხვა ფაქტორით გაპირობებულ ჟანგბადის დეფიციტს, რის გამოც აქ რესპირატორული პირობები ხშირად კრიტიკულია. ხმელეთის ორგანიზმები იყენებენ ატმოსფერულ ჟანგბადს, რომელიც, კარგად იხსნება სისხლში, ლორწოთი დაფარული სასუნთქ ორგანოებში. კარგად აერირებულ წყლის ფენებში, რომლებიც გარს ევლება წყლის ცხოველთა სასუნთქ ორგანოებს, მიუხედავად შთანთქმის უკეთესი პირობებისა, წყლის გარემოში (სიღრმეში, გრუნტის ზედაპირზე და სხვ.) ხშირად O_2-ის კონცენტრაცია იმდენად მცირეა, რომ ის ლეტალურიც ხდება.

ჟანგბადთან დამოკიდებულების მიხედვით ორგანიზმები იყოფიან ევრი და სტენოოქსიდურ ფორმებად (ევრი და სტენოოქსი-

ბიონტები), რომლებსაც შესატყვისად შეუძლიათ ჟანგბადის ცვალებადობის ფართო და ვიწრო ფარგლებში ცხოვრება. ევრიოქსიდური ფორმებია: კიბოსნაირებიდან – Cyclops strenuus, ჭიებიდან – Tubifex tubifes, მოლუსკებიდან – Viviparus viviparus და მთელი რიგი ორგანიზმები, რომელთაც შეუძლიათ იცხოვრონ სრული უჟანგბადობისა და ჟანგბადით გაჯერებულ პირობებშიც. სტენოოქსიბიონტებს ეკუთვნის: წამწამიანი ჭიებიდან – Planaria alpana, კიბოებიდან – Mysis relicta, Bythotrephes, კოღოს ლარვებიდან – Lauterbornia და სხვა ცხოველები, რომლებიც ვერ უძლებენ ჟანგბადის კონცენტრაციის დაცემას 3-4 მლ/ლ-მდე. თუ ჰიდრობიონტების ადაპტაცია ჟანგბადის დეფიციტისადმი არასაკმარისია, ისინი იღუპებიან. როცა ამას მასობრივი ხასიათი აქვს და შეინიშნება მნიშვნელოვან აკვატორიაზე – ლაპარაკია უკვე გაგუდვაზე.

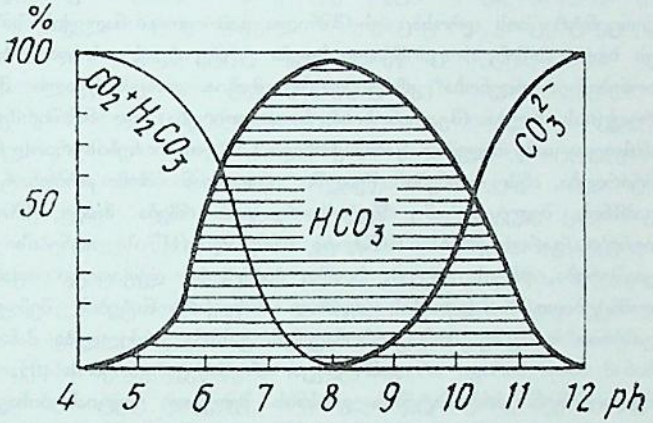
ნახშირორჟანგი ($C0_2$). წყლის გამდიდრება $C0_2$-ით ხდება წყლის ორგანიზმების სუნთქვის გზით, ატმოსფეროდან ინვაზიით და სხვადასხვა შენაერთებიდან გამოყოფით – პირველ რიგში კი ნახშირმჟავა მარილებისაგან. $C0_2$-ის კონცენტრაციის შემცირება ხდება წყალში ძირითადად ფოტოსინთეზის დროს და ნახშირმჟავა მარილებთან დაკავშირებისას.

$C0_2$-ის აბსორბციის კოფიციენტი 0^0C-ის ტემპერატურაზე ტოლია 1,719. შესაბამისად ატმოსფეროში გაზის ნორმალური შემცველობისას (0,3 მლ/ლ) და 0^0C-ის დროს შეიძლება გაიხსნას 0,514 მლ $C0_2$-ლ-ში. ტემპერატურისა და მარილიანობის მომატებისას $C0_2$-ის ნორმალური შემცველობა წყალში მცირდება (ეცემა).

$C0_2$-ის მოლეკულების მცირე ნაწილი, რეაგირებს რა წყალთან, წარმოქმნის ნახშირმჟავას, რომელიც შემდგომ დისოცირდება:

$$H_2C0_3 \rightleftarrows H^+ + HC0_3^-; \qquad HC0_3^- \rightleftarrows H^+ + C0_3^{2-}$$

სისტემაში $C0_2$ - H_2C0_3 - $HC0_3^-$ - $C0_3^{2-}$ -ის ცალკეული კომპონენტების თანაფარდობა დამოკიდებულია H^+-ის კონცენტრაციაზე.



სურ. 1. წყლის სხვადასხვა pH-ის პირობებში H_2CO_3-ის, HCO_3^--ისა და CO_3^{2-}-ის თანაფარდობა

HCO_3^--ის და CO_3^{2-}-ის იონები რეაგირებენ რა მეტალების იონებთან, წარმოქმნიან მარილებს, რომელთაგან ბუნებრივ წყლებში ყველაზე დიდი მნიშვნელობა აქვს მაგნიუმის და განსაკუთრებით კი კალციუმის კარბონატებს. იმის გამო, რომ $CaCO_3$-ის ხსნადობა დაბალია, ამიტომ Ca^{2+}-ისა და CO_3^{2-}-ის იონების მცირე კონცენტრაციის დროსაც ეს მარილი გამოიყოფა ნალექის სახით. ეს ხდება მაშინ, როცა წყალი ხდება ტუტე რეაქციის და CO_3^{2-}-ის იონების რაოდენობა კრიტიკულზე მეტია. როცა წყალი მჟავე რეაქციის ხდება (მჟავიანობისაკენ გადაიხრება) და ნახშირმჟავას დისოციაციის შედეგად წარმოქმნილი CO_3^{2-}-ის იონების რაოდენობა მცირდება, ეს იონები წყალში გადადიან მონოკარბონატების ხსნის შედეგად. თუ წყლის რეაქცია რჩება მჟავე, CO_3^{2-}-ის იონები გარდაიქმნება HCO_3^--ის იონებად (H^+-ის იონების დაკავშირება, pH-ის აწევა), ხოლო პირველთა დეფიციტი იფარება დამატებითი რაოდენობის შექმნით მონოკარბონატების შემდგომი ხსნის ხარჯზე. მონოკარბონატების ხსნა გრძელდება მანამდე, სანამ მათი მარაგი არ გამოილევა, არ აიწევა გარემოს pH, რომელიც მონოკარბონატების ხსნის შედეგად ტუტიანობისაკენაა გადახრილი. ტუტე გარემოში შემჩნეულია შებრუნებული სურათი CO_3^{2-}-ის იონების კონცენტრაციის გაზრდის შედეგად (H_2CO_3-ის შესაბამისი დისოციაცია). ისინი უერთდებიან რა Ca^{2+}-ის იონებს, წარმოქმნიან ნალექს -$CaCO_3$-ს და ერთდროულად გარემო მიიღებს მჟავე რეაქციას (H^+-ის იონების დაგროვება). ამგვარად, ბუნებრივ წყლებში იქმნება ბუფერული სისტემა, რომელიც იწვევს გარემოს pH-ის შესამჩნევ ცვლილებებს, მანამ მასში კარბონატებია და არის კონტაქტი ატმოსფეროს CO_2-თან. მოძრავი წონასწორობის ეს სისტემა შეიძლება წარმოვიდგინოთ სქემის სახით: CO_2 ჰაერის, CO_2 წყლის $\rightleftarrows H_2CO_3 \rightleftarrows Ca(HCO_3)_2 \rightleftarrows CaCO_3$, გახსნილი წყალში $\rightleftarrows CaCO_3$-ის ნალექში. ნახშირმჟავას, რომელსაც შეიცავს კარბონატები, ეწოდება დაკავშირებული, ხოლო წყალში გახსნილს თავისუფალი. იმ ნახშირმჟავას, რომელიც საჭიროა მონოკარბონატების ბიკარბონატებად გარდაქმნისათვის, უკმარისი ეწოდება.

CO_2 წარმოადგენს ავტოტროფების ნახშირბადული კვების წყაროს; უფრო რთულია მისი მნიშვნელობა ჰეტეროტროფების სიცოცხლეში. ჩვეულებრივად CO_2-ის მაღალი კონცენტრაციები მომშხამველია ცხოველებისათვის და ამ მიზეზის გამო ისინი უმეტესად არ ეტანებიან ისეთ წყაროებს, რომელთა წყალი გაჯერებულია ნახშირორჟანგით. CO_2-ის მცირე კონცენტრაციები სჭირდებათ ცხოველებს მეტაბოლიზმის რეგულაციისა და სხვადასხვა ორგანული ნივთიერების სინთეზისათვის. აღწერილია კარბოქსილირების მთელი რიგი რეაქციები, რომელთა საშუალებით სხვადასხვა შენაერთების ნახშირბადი ჩაერთვება ცილებში, ლიპიდებში, ნახშირწყლებში, ნუკლეინის მჟავებში და სხვა ნივთიერებებში. ტარაღანის ლიფსიტებზე ჩატარებულ ცდებში 5 საათის შემდეგ წყალში რადიაქტიური Na_2CO_3-ის დამატებიდან ნიშანდებული ^{14}C აღმოჩენილ იქნა ჯერ გლიკოგენში, მოგვიანებით კი კუნთების ლიპიდებსა და ცილებში. ნახშირმჟავა გამოიყენება ავრეთვე ჰეტეროტროფული ბაქტერიების ბიოსინთეზის პროცესში, როგორც საწყისი სუბსტრატი.

გამოდის რა, როგორც ორგანული ნაერთების შექმნისათვის მასში ნახშირბადის ატომების დონატორი, ნახშირორჟანგი ერთდროულად მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ცვლის პროცესების რეგულაციაზე. ასე მაგალითად, წყალში CO_2-ის 60 მგ/ლ-მდე მომატებისას ციმორის რაციონის სიდიდე იზრდება, ხაზური ზრდა მკვეთრად ნელდება, ხოლო სხეულის მასა იზრდება ქსოვილების პროგრესირებული გაუწყლოების ხარჯზე. ტარაღანის ლიფსიტების ზრდის ტემპი წყალში ბიკარბონატების 510მგ/ლ კონცენტრაციის დროს 29%-ით იზრდებოდა კონტროლთან შედარებით, მაგრამ ეცემოდა 10%-ით, როცა მისი შემცველობა გაიზარდა 1022 მგ/ლ-მდე. ლიფსიტების ბიკარბონატების 1%-იან სსნარში 20 წუთიანი ცურვის შემდეგაც კი მათი ზრდის ტემპი 10%-ით გაიზარდა და ამასთანავე გაიზარდა მოზართა მდგრადობა (Романенко, 1980).

წყალში CO_2-ის კონცენტრაციის გაზრდასთან ერთად, მატულობს მისი შემცველობა ორგანიზმის სხეულის სითხეებში. მა-

გალითად, კობრებში ეს დამოკიდებულება 0-2 მოლ/ლ CO_2 დიაპაზონში ატარებს ხაზურ ხასიათს (Романенко, 1983). ნახშირმჟავას კონცენტრაციის გაზრდა სისხლში იწვევს მის შესაბამის ძვრებს ქსოვილებში, რომელსაც თან ერთვის ესა თუ ის მეტაბოლიტური ეფექტები. ამგვარად, ადრე არსებული წარმოდგენების საწინააღმდეგოდ, ნახშირმჟავა ძალზე რთული ფაქტორია ცხოველების სიცოცხლეში.

გოგირდწყალბადი (H_2S). წყალსატევებში გოგირდწყალბადი წარმოიქმნება მხოლოდ ბიოგენური გზით სხვადასხვა ბაქტერიის მოქმედების შედეგად. წყლის მოსახლობისათვის ის მავნებელია როგორც არაპირდაპირ – ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირებით, რაც გამოწვეულია S^{2-}-ის დაჟანგვით S-ამდე, ასევე პირდაპირ. მრავალი ჰიდრობიონტისათვის ის სასიკვდილოა მცირე კონცენტრაციითაც კი. სუფთა წყალში მცხოვრები მრავალჯაგრიანები Nereis zonata, Phyelodoce tuberculata, კიბოები Daphnia longispina და მრავალი სხვა ორგანიზმი ვერ იტანს გოგირდწყალბადის კვალსაც კი. ხრწნად შლამში მცხოვრებნი მას მხოლოდ ეგუებიან. მრავალჯაგრიანი N.diversicolor-ს შეუძლია იცოცხლოს 6 დღეს H_2S-ის 8 მლ/ლ-მდე კონცენტრაციის პირობებში, ჭიას Capitella capitata – 8 დღეს 20,4 მლ/ლ-ის კონცენტრაციის პირობებში. ასაკთან ერთად H_2S-ის მომწამლავი გავლენის მიმართ გამძლეობა ჰიდრობიონტებში იზრდება. ასე მაგალითად, A.salina-ს ახალგაზრდა, შუახნის და ზრდასრული ფორმებისათვის H_2S-ის ლეტალური კონცენტრაცია შესაბამისად ტოლია 76, 88 და 109 მლ/ლ-ის (Воскресенский და Хайдаров, 1968). ამ გაზის დიდი რაოდენობით წარმოქმნამ და დაგროვებამ შეიძლება წყალსატევებში გამოიწვიოს გაგუდვა, რაც არაიშვიათად შემჩნეულია ზაფხულში კასპიისა და აზოვის ზღვებში შტილის დროს. საკმარისია ამ დროს ღელვის გამო წყლის ფენების აღრევა, რომ ჟანგბადმა დაჟანგოს H_2S და გაგუდვის მოვლენა შეწყდეს.

ზღვებში H_2S წარმოიქმნება თითქმის მთლიანად ჰეტეროტროფული მაღესულფირებელი ბაქტერიებისაგან, სულფატების გო-

ვირდის აღდგენის გზით. ეს ბაქტერიები ბინადრობენ რა ანაერობულ პირობებში იყენებენ სულფატებს წყალბადის აქცეპტორად მეტაბოლიტური დაჟანგვისას. H_2S-ის რაოდენობა, რომელიც იქმნება მადესულფირებელი ბაქტერიების (ძირითადად Desulfovibrio) მოქმედების შედეგად, ზოგჯერ იმდენად დიდია, რომ იჟლინთება წყლის ფსკერული ფენები ათეულ და ასეულ მეტრზე. შავ ზღვაში გოგირდწყალბადისაგან თავისუფალია მხოლოდ ზედაპირული 150-250 მ-ის შრე, დანარჩენი წყლის სისქე შეიცავს ამ გაზს და თითქმის უსიცოცხლოა. მნიშვნელოვნად არის გავრცელებული გოგირდწყალბადით კასპიის ზღვისა და ნორვეგიის ფიორდების სიღრმეები, რომლებიც გამოყოფილი არიან ზღვისაგან მეტ-ნაკლებად მაღალი ბარიერებით, რომლებიც ხელს უშლიან წყლის გაცვლას. ასე მაგალითად, ბერინგის ახლოს მიოფიორდში H_2S 60 მ-ის სიღრმიდან გვხვდება.

მადესულფირებელი ბაქტერიების განვითარებას ხელს უწყობს ჟანგბადის შემცველობის შემცირება, ღრმულების არსებობა, სადაც შესუსტებულია წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია და მნიშვნელოვანი რაოდენობით სულფატების შემცველობა. იმის გამო, რომ ეს უკანასკნელნი მტკნარ წყლებში მცირე რაოდენობითაა, მადესულფირებელი ბაქტერიების საშუალებით მათში H_2S-ის წარმოქმნა ძალზე იშვიათად შეიმჩნევა და ძირითადად დაკავშირებულია სულფატის შემცველი შენაკადებით წყალსატევების დაჭუჭყიანებასთან. მტკნარ წყალსატევებში გოგირდწყალბადს გამოყოფენ ლპობის ბაქტერიები, რამდენადაც ფსკერზე თავს იყრის დიდი რაოდენობით ხრწნადი ცილოვანი ნივთიერებები. გოგირდწყალბადის მნიშვნელოვანი რაოდენობა (787 მგ/ლ) შენიშნულია წყალსატევების ფსკერზე მათი სტაგნაციის დროს.

წყლის განთავისუფლება H_2S-გან ხდება დაჟანგვის ხარჯზე, რომელიც მიმდინარეობს როგორც აბიოგენურად, ასევე ბიოგენურად. ბაქტერიების ცხოველქმედების შედეგად, ძირითადად კი გოგირდის ბაქტერიების მოქმედების შედეგად. როგორც ი.ი.სოროკინის გამოკვლევებმა აჩვენა, წყლის ზედა ფენებში, სადაც დიდი რაოდენობითაა ჟანგბადი, გოგირდწყალბადის დაჟანგვა

(სულფატამდე და თიოსულფატამდე) ხდება აბიოგენურად. გოგირდწყალბადის ზონის ზედა საზღვარზე ბიოლოგიური გზით იჟანგება S^{2-}-ის დაახლოებით მესამედი, უფრო ღრმად გოგირდის ბაქტერიების მოქმედება ითრგუნება. გოგირდის ბაქტერიებთან ერთად H_2S-ს ჟანგავენ ფოტოსინთეზის უნარის მქონე მეწამული და ზოგიერთი მწვანე ბაქტერიები, რომლებიც გოგირდწყალბადს იყენებენ წყალბადის დონატორად.

მეთანი (CH_4). გოგირდწყალბადის მსგავსად მეთანი ჰიდრობიონტების უმეტესობისათვის შხამია. წარმოიქმნება უჯრედისის მიკრობული და სხვა ორგანული ნივთიერებების ხრწნისას. ჩვეულებრივ, მისი მოცულობა არის ყველა იმ გაზის დაახლოებით 30-50%, რომლებსაც გამოყოფენ ფსკერული დანალექები. მეთანის წარმოქმნის სიჩქარე დამოკიდებულია უმთავრესად გახრწნილი სუბსტრატის რაოდენობაზე და ტემპერატურაზე. ატომური ელექტროსადგურების გამაცივებელ წყალსატევებში გამოიყოფა 200-300 მლ CH_4 l/m^2-ზე, დღეღამის მანძილზე. მდ. საარის დაჭუჭყიანებულ უბნებში მეთანის დღე-ღამური სინთეზი წყლის სისქეში აღწევს 1,5 მკმოლ/ლ-ს, უფრო სუფთა უბნებში – -0,2-0,5 მკმოლ/ლს. (Zaiss, 1979). ტროპიკული ზღვების თხელწყლიან უბნებში შლამიანი გრუნტიდან დღე-ღამეში გამოიყოფა 30-40 მკმოლ/m^2, მსხვილ დისპერსიულისაგან – დაახლოებით 10-ჯერ ნაკლები. განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით გამოიყოფა მეთანი ორგანული ნივთიერებებით მდიდარი ტბორებისა და ტბების გრუნტებიდან.

წყალსატევებში წარმოქმნილი მეთანის ნაწილი ხვდება (გადადის) ატმოსფეროში, ნაწილი იჟანგება მიკროაეროფილური ბაქტერიებით (Pseudomonas და სხვა) H_2CO_3-მდე. მეთანდამჟანგველი ბაქტერიების რაოდენობა წყლის სისქეში ჩვეულებრივად იზომება ათეულობითა და ასეულობით 1 მლ-ში, გრუნტში კი ასეულ ათასობით lგ-ში. მათ შეუძლიათ გამოიყენონ CH_4 მცირე კონცენტრაციითაც (0,05მკ მოლ/ლ-მდე), ხელს უშლიან რა მის დაგროვებას წყლის სისქეში. შავი კიჩიერის ეუტროფულ ტბაში ჟანგბადის გავრცელების ქვედა ზღვარზე მეთანის დაჟანგვის ინტენსივობამ მიაღწია თითქმის 0,46 მლ/ლ წყალს

დღე-ღამეში: დაბალი ტემპერატურები არ ალიმიტირებენ მეთანდამჟანგავი ბაქტერიების მოქმედებას. (Горленко, 1977).

მინერალური მარილების იონები წყალში არსებული ყველა მინერალური მარილის ჯამური კონცენტრაციის გათვალისწინებით ალნიშნავენ მისი სიმლაშის ხარისხს. უფრო ხშირად მტკნარი წყლების მარილიანობას გამოხატავენ მილიეკვივალენტებში, ზღვების წყლებისას – გრამებში 1კგ-ზე ან პრომილებში (‰). ჰიდრობიონტების ცხოვრებაში მინერალური იონების მნიშვნელობა ძალზე მრავალმხრივია. მათი ერთი ნაწილი, რომელმაც მიიღო **ბიოგენების** სახელწოდება სჭირდება მცენარეებისათვის ბიოსინთეზის პროცესების განხორციელებისათვის. ისეთ ბიოგენებს, რომლებიც ალიმიტირებენ ჰიდროფიტების ზრდასა და განვითარებას, პირველ რიგში მიეკუთვნება იონები, რომლებიც შეიცავენ აზოტს, ფოსფორს, კაჟს, რკინას. მინერალური იონების სხვა მნიშვნელობა დაკავშირებულია ჰიდრობიონტების მარილშემცველობაზე (მათში გარეთა საფარველის გზით დიფუზია). იონების ჯამური კონცენტრაცია განსაზღვრავს წყლის ორგანიზმების გარეთა არის ტონურობას და მათი ოსმორეგულატორული მუშაობის პირობებს. დაბოლოს, წყლის მარილიანობის გაზრდით იზრდება მისი სიმკვრივე და სიბლანტე, რაც არსებითად აისახება ჰიდრობიონტების ცურვაზე და მათი მოძრაობის პირობებზე.

არანაკლები მნიშვნელობა აქვს წყლის ორგანიზმებისათვის კალციუმისა და მაგნიუმის იონების კონცენტრაციას, რომელთა ჯამური შემადგენლობა განსაზღვრავს წყლის განსაკუთრებულ თვისებას – **სიხისტეს**. წყლის საკმარისი სიხისტე იმ ჰიდრობიონტების არსებობის აუცილებელი პირობაა, რომლებსაც უვითარდებათ კიროვანი ჩონჩხი (მოლუსკები, კოკოლიტოფორიდები, მარჯნები და სხვ.)

გარკვეულია, რომ იონების ფიზიოლოგიური მოქმედების სპეციფიკა უპირატესად განისაზღვრება არა ანიონებით, არამედ კათიონებით. ზოგიერთ იონს, რომლებიც ერთსა და იმავე ფუნქციაზე საწინააღმდეგო გავლენას ახდენენ, ეწოდება ანტაგონისტები.

მათი მოქმედება შეიძლება იყოს პოლარული, როცა ერთი იონი მოქმედებს მეორის საწინააღმდეგოდ და ისინი ანეიტრალებენ ერთმანეთს (მაგალითად, Ca^{2+} ამკვრივებს უჯრედის გარსს, Na^{+} – ზრდის მის გამტარებლობას). მეორე შემთხვევაში, აპოლარული ანტაგონიზმის დროს, ორივე იონების მოქმედება თანმხვედრია (მაგალითად, Ca^{2+} და K^{+}), მაგრამ ერთმანეთის თანდასწრებით არ გამოვლინდება.

მარილიანობის მიხედვით ყველა ბუნებრივი წყალი, ვენეციური სისტემის თანახმად, რომელიც 1958 წელს იქნა მიღებული, იყოფა შემდეგი კლასიფიკაციით: **მტკნარი** (0,5‰-მდე), **მიქსოჰალინური** ანუ **მომლაშო** (0,5-30‰), **ეუჰალინური** ანუ **ზღვები** (30-40‰) და **ჰიპერჰალინური** ანუ **გადამლაშებული, ზემლაშე** (40‰), **მიქსოჰალინური** წყლები თავის მხრივ იყოფა: **ოლიგოჰალინური** (0,5‰), **მეზოჰალინური** (5-18‰) და **პოლიჰალინური** (18-30‰). **მტკნარ** წყლებს განეკუთვნება მდინარეები და ტბების უმეტესობა, **ეუჰალინურს** – მსოფლიო ოკეანე. **მიქსოჰალინურსა და ჰიპერჰალინურს – ზოგიერთი ტბები და მსოფლიო ოკეანის** ცალკეული მონაკვეთები.

სახეობები, რომლებიც იტანენ მარილიანობის დიდ ფარგლებში ცვალებადობას, **ევრიჰალინური** ფორმებია, ხოლო მარილიანობის ვიწრო ფარგლებთან შეგუებულ ფორმებს **სტენოჰალინური** ფორმები ჰქვია. ტიპური ევრიჰალინური ფორმებია მაგალითად: კიბოები – Chydorus sphaericus, წამწამიანი ჭია – Macrostoma hystris და ინფუზორია – Pleuronema chrysalis, რომლებსაც შეუძლიათ იცოცხლონ მომლაშო, მტკნარსა და ზღვის წყალში. **ევრიჰილინურობის** საფუძველში ძევს ორგანიზმების უნარი, ან სტაბილიზაცია გაუკეთონ შინაგანი არის **ტონურობას** (ჰომოისმოტურობა), ან იარსებონ მისი ცვალებადობის პირობებში (პოიკილოოსმოტურობა). ჰომოიოსმოტური ორგანიზმების (ოსმორეგულატორების) შინაგანი არის ტონურობა მაღალია (მტკნარი წყლის ორგანიზმები) ან დაბალია (ზღვის ორგანიზმებში), ვიდრე გარემომცველ წყალში. პირველ შემთხვევაში ფიზიკურ-ქიმიური

წყალბადიონთა კონცენტრაციის გავლენა ორგანიზმებზე შეიმჩნევა ფერმენტაციული პროცესების სიჩქარეზე ზემოქმედებაში, მემბრანულ სატრანსპორტო სისტემების მუშაობასა და თვით მემბრანების მდგომარეობაზე ზემოქმედებით. ჰიდრობიონტებს შორის არჩევენ **სტენოიონურ** ფორმებს, რომლებიც ბინადრობენ pH-ის 5-6 ერთეულში და **ევრიიონურ** ფორმებს, რომლებიც ამ ფაქტორის ცვალებადობის მეტ ფარგლებს უძლებენ. ევრიიონური ფორმებიდან შეიძლება დავასახელოთ ორფრთიანი მწერების ლარვები – Chironomus-ები, რომლებიც უძლებენ pH-ის ცვალებადობას 2-დან 10-დე. ასევე კიბოები-Cyclops languidus და Chydorus ovalis, ციბრუტელა ჭია Anuraea cochlearis და სხვ.

სტენოიონური ფორმები, რომლებიც მჟავე არეს არიან შეგუებული, იწოდებიან აციდოფილურ ფორმებად, ტუტე რეაქციასთან შეგუებული ფორმები – ალკალოფილურ ფორმებად. პირველებს განეკუთვნება შოლტიანები Cartesia obtusa და Astasia, ციბრუტელა Elosa worallii და სფაგნური ჭაობების სხვა მკვიდრნი, რომლებიც ბინადრობენ pH 3,8-ის პირობებში და არ გვხვდებიან ნეიტრალურსა და ტუტე წყლებში. ალკალოფილური ჰიდრობიონტების ნიმუშია მოლუსკები კიროვანი ჩონჩხით (ნიჟარით), რომლებიც ბინადრობენ წყლებში, სადაც pH>7. მტკნარი წყლების ბენთოსური ფორმები, რომლებიც ბინადრობენ შემჟავებულ გარემოში შესამჩნევად ადვილად უძლებენ pH-ის შემცირებას, ვიდრე გაზრდას.

ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალის (Eh) სიდიდე ჩვეულებრივ იზომება მილივოლტებში ან rH სიდიდეებში (მოლეკულური წყალბადის წნევის სიდიდის ლოგარითმი, აღებული შებრუნებული ნიშნით). უმეტეს წილად გრუნტების Eh დამოკიდებულია ისეთი წონასწორული სისტემების მდგომარეობაზე, როგორიცაა $Fe^{3+} + \rightleftarrows Fe^{2+}$; $Mn^{3+} + \rightleftarrows Mn^{2+} +$; $S^{2+} \rightleftarrows S^{0}$

Eh სიდიდეზე გავლენას ახდენენ როგორც შეფარდებითი, ასევე აბსოლუტური რაოდენობა Fe-ის, Mn-ის, S-ისა და სხვა ელემენტების მოძრავი ფორმები ცვალებადი ვალენტობით. ზღვისა და

მტკნარი წყალსატევების წყალს, რომელიც შეიცავს ჟანგბადის მნიშვნელოვან რაოდენობას, აქვს დადებითი Eh 300-35 mv-ის რიგისა, ე.ი. წარმოადგენს შემჟავებულ გარემოს, და rH სიდიდე მასში შეიძლება დავიდეს 35-40-მდე. წყლის ფსკერის ფენებში, სადაც ჟანგბადის შემცველობა მკვეთრად ეცემა, Eh იღებს შებრუნებულ ნიშანს, rh ეცემა 25-12-მდე, ხოლო H_2S-ის თანაპოვნიერებისას უფრო დაბალია.

რედოქსიპოტენციალის სიდიდე განაპირობებს ჰიდრობიონტების ქცევის მკვეთრ ცვლილებას. მაგალითად, Chironomus dorsalis-ის ღარვები rh-ის დაცემით უარყოფით მაჩვენებლებამდე იცვლიან ფოტოტაქსისის ნიშანს უარყოფითიდან დადებითზე და ამოტივტივდებიან წყლის ზედაპირზე. გოგირდის ბაქტერიები განსაკუთრებით ინტენსიურად ჟანგავენ H_2S-ს, როცა Eh 60 მვ-ზე მეტია; თუ Eh 60მვ-ზე ნაკლებია, H_2S-ის დაჟანგვის ინტენსივობა ეცემა დამჟანგავების უქონლობის გამო (Ю.И.Сорокин, 1968).

<u>გახსნილი ორგანული ნივთიერებები</u>. ორგანული ნივთიერება, რომელიც წყალშია გახსნილი, წარმოდგენილია წყლის ჰუმუსით, რომელიც შედგება ძნელად დაშლადი ჰუმუსის მჟავებისაგან. გაცილებით ნაკლები რაოდენობით გვხვდება სხვადასხვა შაქრები, ამინომჟავები, ვიტამინები და სხვა ორგანული ნივთიერებების მოძრავი ფრაქციები, რომელთა უმეტესობა გამოიყოფა წყალში ჰიდრობიონტების ცხოველქმედების შედეგად. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ჯამური კონცენტრაცია მსოფლიო ოკეანის წყლებში ჩვეულებრივ მერყეობს 0,5-დან 6 მგC/ლ-მდე (Скопинцев, 1966). მიღებულია, რომ წყალში არსებული მთელი ორგანული ნივთიერებიდან 90-98% მოდის გახსნილ ნივთიერებებზე და მხოლოდ 2-10% ცოცხალი ორგანიზმებისა და დეტრიტის სახით დანარჩენზე (შეფარდებით 1:5). სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ზღვისა და ოკეანის წყალში გახსნილია ათეულ და ასეულჯერ მეტი ორგანული ნივთიერება, ვიდრე ის არის წარმოდგენილი ცოცხალ ორგანიზმებში. დაახლოებით ასეთივე სურათი შეინიშნება მტკნარ წყლებში. წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების შემცველო-

ბის საზომად გამოიყენება მისი ჟანგვადობა – ჟანგბადის რაოდენობა, რომელიც მიდის პერმანგანატით ორგანიკის დაჟანგვაზე (პერმანგანატული დაჟანგვა) ან ბიქრომატით (ბიქრომატული დაჟანგვა). პირველ შემთხვევაში მდგრადი ნივთიერებების მნიშვნელოვნად დაუჟანგავობიდან გამომდინარე ჟანგვითი სიდიდეები მიიღებიან შესამჩნევად მცირენი, ვიდრე მეორე შემთხვევაში, თუმცა ბიქრომატი წყალში არცთუ ყველა ორგანიკას ჟანგავს. პერმანგანატული და ბიქრომატული ჟანგვადობის სიდიდეთა განსხვავების მიხედვით შეიძლება გარკვეულად რაღაც ხარისხით ვიმსჯელოთ წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერების თვისებაზე (ხარისხზე).

ქიმიური მდგრადობის გამო წყალში გახსნილი ორგანიკის ძირითად მასას ჰიდრობიონტების უმრავლესობა საკვებად ვერ იყენებს, გამონაკლისია ბაქტერიები და სოკოები. ჰუმინური ნივთიერებების მიკრობული დაშლის სიჩქარე შეიძლება მკვეთრად გაიზარდოს სინათლეზე მიმდინარე ფოტოლიზური რეაქციის შედეგად. განსაკუთრებით ძლიერად ულტრაიისფერი მოქმედებით, რომელიც სულ რამდენიმე წუთს გრძელდება (Strome, Millea, 1978).

ძალიან ბევრი ჰიდრობიონტი იყენებს წყალში გახსნილ შაქრებს, ვიტამინებს, ამინომჟავებს და სხვა ადვილად ასათვისებელ ნივთიერებებს. მცენარეებისათვის ზოგჯერ არსებითი მნიშვნელობა აქვს წყალში ტუტე ფოსფატაზას არსებობას (მაგალითად ციანობაქტერიების მიერ გამოყოფილს), რომელსაც მონოფოსფორული ეთერებისაგან (წყალმცენარეების ეგზომეტა-ბოლიტები) ფოსფორის გამოთავისუფლების უნარი აქვს. წყალში გახსნილი ატფ, რომელსაც გამოიყოფენ მკვდარი წყალმცენარეები, ბაქტერიების მეტაბოლიზმის მნიშვნელოვანი კომპონენტია (Riemann, 1979). გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ტროფიკული როლი იზრდება მათი აგრეგაციისადმი ტენდენციის გამო. მაგალითად, ზღვის წყლის ფრაქციებში, რომლებიც შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებებს $M_n10^{-4}.10^{5}$, შემჩნეულია აგრეგატები შედარებით მუდმივი კონფიგურაციით, 2-4 მკმ-ის ზომის. ფრაქციებში M_n10^{3}-10^{4} შემჩნეულია ნაწილაკები 0,01 მკმ-ის ზომისა (Машустина, 1975).

ჰიდრობიონტები სხვადასხვა სახის ქემორეცეპტორების საშუალებით ეფექტურად შეიგრძნობს გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს. ამ გზით უმარტივესები პოულობენ თავისი სახეობის ინდივიდებს, აწარმოებენ საკვების აპრობაციას. მრავალუჯრედიანი ცხოველები ქემორეცეფციის საშუალებით აგნებენ (ცნობენ) საკვებსა და სხვა ობიექტებს რამდენიმე სანტიმეტრიდან მრავალი მეტრის მანძილზე. ბრმა თევზები Hydorhynchus notatus ამავე საშუალებით კარგად არჩევენ სხვადასხვა წყალმცენარის (რქაფოთოლა, ვალისნერია) და თევზების სუნს. რეცეპტორების საშუალებით თევზები იკვლევენ გზას ტოფობის ადგილებისაკენ. ერთ-ერთი ცდის დროს ორაგულებმა Oncorhynchus risutsch, რომელთაც დახშული ჰქონდათ ნესტოები, ვერ გაარჩიეს მდინარეები და ერთნაირად მიდიოდნენ ტოფობის ადგილებისაკენ, იმ დროს, როცა ინტაქტური თევზები ყოველთვის ასხვავებდნენ და არ ცდებოდნენ. კვირჩხლები და მრავალი სხვა თევზი ამჩნევენ თავისი სახეობის ინდივიდებს მხოლოდ ქემორეცეპტორების საშუალებით და ქმნიან ე.წ. დამცველ ჯოგებს (ქარავნებს), აღიქვამენ რა მტაცებელთა სუნს. ჰიდრობიონტების მიერ ქიმიზმის აღქმის დიდ უნარზე მეტყველებს კარჩხანებისა და გველთევზების ყნოსვის შესწავლის ცდები. პირველნი ასხვავებენ ნიტრობენზოლის კონცენტრაციას 1გ 100 $კმ^3$ წყალზე და მეორენი ალკოჰოლს კონცენტრაციას 1გ 6000 $კმ^3$. ბრეტის ცდებში ორაგულები ასხვავებდნენ პოლიპეპტიდებს ამინომჟავებისაგან $1:8\cdot10^8$ კონცენტრაციის დროს და მთლიანად წყვეტდნენ მიგრაციას იმ მდინარეში, სადაც შეიტანებოდა ეს ნივთიერებები. ბრეტი მიუთითებს, რომ პოლიპეპტიდებს ზღვის ძუძუმწოვრების სუნი აქვთ და ამიტომ აშინებენ ორაგულებს.

შეწონილი ნივთიერებები. პირობითად მათ ორ ჯგუფად ყოფენ: წყალში შერეული (ამღვრეული) გრუნტი, რომელიც შეიცავს მცირე რაოდენობით ორგანულ ნივთიერებებს და დეტრიტი, რომელიც ამ მხრივ მდიდარია ორგანიკით. გრუნტი იხსნება წყალში ეროზიის დროს, რასაც წყლის მექანიკური ზემოქმე-

დება განაპირობებს, ეს განსაკუთრებით ძლიერი პროცესია მდინარეებში, წყალსატევებში, მცირე ტბებსა და ტბორებში. დეტრიტი შედგება მინერალური და ორგანული ნაწილაკებისაგან, რომლებიც კომპლექსურად ერთიანდებიან, ორგანული აპკის წყალობით, რომელიც თავის მხრივ ბაქტერიებით სახლდება. დეტრიტის ფორმირებაში მონაწილეობას იღებს შეწონილი მინერალური მასალა, მკვდარი ორგანიზმები, მისი ნაწილები და ასევე წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. ამასთან ერთად დეტრიტის ნაწილაკები – გამოირჩევა მიკროორგანიზმების დიდი კონცენტრაციათა და ბიოლოგიური აქტიურობით. ზომის მიხედვით დეტრიტებს ყოფენ: ულტრა-, მიკრო-, მეზო- და მაკროდეტრიტებად. დეტრიტის ნაწილაკების ყველაზე უმცირესი ზომა – 0,1 მკ. მსოფლიო ოკეანეში შეწონილი დეტრიტის რაოდენობა უტოლდება დაახლოებით 10^{11} ტონას. მის წილად მოდის წყალში არსებული მთელი ორგანული ნივთიერებების 8-10%. წყალში შეწონილი დეტრიტის ხარჯზე მრავალი სახის ციბრუტელები, კიბოსნაირები, მოლუსკები, კანქლიანები და სხვა ცხოველები იკვებებიან.

წყალში დიდი რაოდენობით შეწონილმა მასალამ შეიძლება ფოტოსინთეზის პირობები გააუარესოს. არასახარბიელო მოქმედებას ახდენს ის ცხოველებზეც, რადგან დალექვისას მარხავს ორგანიზმებს, რომლებიც გრუნტზე ცხოვრობენ და არღვევს ჰიდრობიონტი-ფილტრატორების კვებას. მაგალითად, მოლუსკი Margaritiana margaritifera გაქრა ვალდარის ზეგანის მდინარეებში, სადაც 40-50 წლის წინ ბინადრობდა, იმის გამო რომ წყალი აიმღვრა ქვიშიანი ფერდობების ჩამოშლის შედეგად. ძალზე მღვრიე მდ. რიონის ფსკერის ფაუნა კავკასიის სხვა გამჭვირვალე მდინარეებისაგან განსხვავებით სახეობათა რიცხვით 2-3 ჯერ მცირეა, ხოლო რაოდენობრივად 200-250-ჯერ. (Жадин, 1940). უკიდურესად ღარიბია ცოცხალი ორგანიზმებით ამუდარია, სირ-დარია და მრავალი სხვა მდინარე, რომლებიც დაბალი გამჭვირვალობით (სიმკვრივით) გამოირჩევიან.

მრავალ წყალსატევში ინტენსიურად მიმდინარეობს შეწონილი ორგანული ნივთიერებების ვერტიკალური ცირკულაცია, რაც განპირობებულია სიღრმიდან ზედაპირზე ამომავალი ჰაერის ბუშტუკების ნაკადით. ზღვის წყლებში ჰაერის ბუშტუკებს ადსორბციის შედეგად შეუძლიათ და ზედაპირზე ამოიტანონ ორგანული აზოტისა და ნახშირბადის დაახლოებით ნახევარი და ჩართონ ის წყლის ზედაპირის ქაფის შემადგენლობაში. მასში სწრაფად წარმოიქმნება ორგანული ნივთიერების მსხვილი (>1მმ) აგრეგატები, რომელთა ძირითადი მასა სიღრმეში ეშვება. ატლანტიკაში, შეწონილი ორგანული ნივთიერებების ჰაერის ბუშტუკების საშუალებით გადატანა ბერმუდის კუნძულებთან აღწევდა 0,4 მკგ-ს, თავთხელის (მეჩეჩის) თავზე 0,8-ს, ხოლო ნარაგანსეტის ყურეში -4 მკგ-ს C/მ^2. c. (Wallace, Duce, 1978).

II.7. ფიზიკურ-ქიმიური მოვლენები წყალსატევებში

ჰიდრობიონტთა არსებობა უმეტესწილად განისაზღვრება ფიზიკურ-ქიმიური მოვლენების თავისებურებებით, რომელიც აღმოცენდება ჰიდროსფეროზე კოსმოსური ფაქტორების ზემოქმედებით ან სხვა მიზეზებით. ეკოლოგიური თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანია წყლის მიერ შექმნილი წნევა, ჰიდროდინამიკა, ტემპერატურისა და განათების პირობები, აკუსტიკური ეფექტები, მაიონიზირებელი რადიაციის დონის მერყეობა, ელექტრული და მაგნიტური ველების ცვალებადობა. ისინი უშუალო გავლენას ახდენენ ჰიდრობიონტთა მეტაბოლიზმზე, განსაზღვრავენ მათ ორიენტაციას დროსა და სივრცეში.

II.8. წყლის წნევა და ჰიდროდინამიკა

ჰიდრობიონტთათვის წნევას უფრო მეტი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ვიდრე აერობიონტთათვის, ვინაიდან ბარული კონ-

ტრასტები ჰიდროსფეროში უფრო მკვეთრად და ძლიერადაა გამოსატული, ვიდრე ხმელეთზე.

წყლის წნევა. რაც უფრო ღრმად ჩავყვინთავთ წყალში, მით უფრო მაღლა იწევს წყლის წნევა და მსოფლიო ოკეანის ბუნებრივ შრეებში იგი შეიძლება აღემატებოდეს 10^8 H/მ^2. ჰიდრობიონტებს, რომლებსაც შესწევთ უნარი, იარსებონ წნევის ცვლილების ფართო დიაპაზონში, ევრიბატულებს (bathus-სიღრმე) უწოდებენ. ისინი, რომლებიც ვერ იტანენ ასეთ ფართო დიაპაზონს, სტენობატულის სახელითაა ცნობილი. მრავალ ჰიდრობიოტში წყალში წნევის აწევა იწვევს დადებით ფოტოტაქსისს, დაწევა კი — უარყოფითს.

ჰიდროსტატიკური წნევა მოქმედებს ჰიდრობიონტთა არა მარტო განაწილებაზე წყალში, არამედ მათ მეტაბოლიზმზე და სხვადასხვა ბიოლოგიური სტრუქტურების მდგომარეობაზე. წნევის მოქმედება ძლიერდება წყალში ტემპერატურის დაწევისას. იგი მაქსიმალურად იმატებს ზღვის სიღრმეებში, სადაც წყალი უფრო ცივია.

ჰიდრობიონტები ჰიდროსტატიკურ წნევას შეიგრძნობენ გაზის სპეციალური კამერებით (თევზების საცურაო ბუშტები, სხვადასხვა მედუზიის ლანჩებში ციტოპლაზმაში გაზისებური ჩანართები, ჰაერმატარებელი ღრუები, თავფეხიანთა და მუცელფეხიანთა ნიჟარები და სხვა). კამერებში გაზის წნევის ცვლილება აღიქმება რეცეპტორებით, რაც ორგანიზმებს ეხმარება სიღრმეში მათი მდებარეობის განსასაზღვრად და საშუალებას აძლევს, აქტიურად გააკონტროლოს იგი.

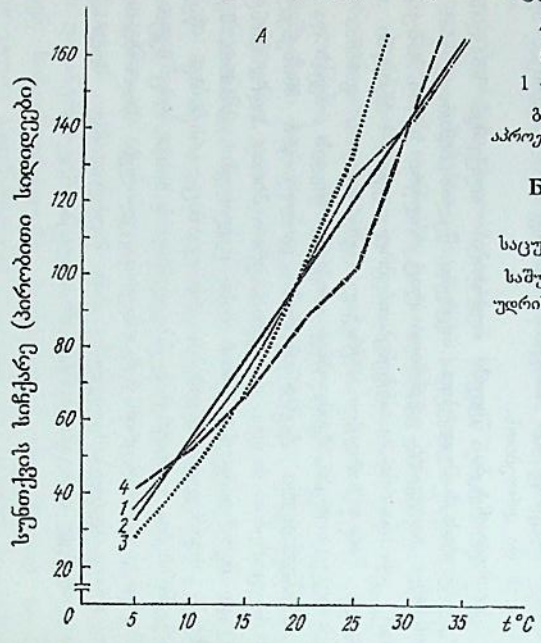
ჰიდროდინამიკა. ჰიდროდინამიკის ძირითად ელემენტებს მიეკუთვნება: დინება, ღელვა და წყლის არევა. მდინარეებში დინება დაკავშირებულია კალაპოტის დაქანებასთან, დიდ ტბაში და ზღვებში იგი გამოწვეულია სხვა მიზეზებით. ამ მიზნით განასხვავებენ გრადიენტულ-გრავიტაციულ, ფრიქციულ, მოქცევის და ინერციულ დინებებს. უპირველესად მათ შორის გამოყოფენ: სიმკვრივისეულებს, რომლებიც წარმოიქმნებიან სიმკვრივის ველთა გადანაწილების შედეგად (გაცხელების ხარისხი

და წყლის სიმლაშე); ბაროგრადიენტულებს, რომლებიც განპირობებულნი არიან ატმოსფერული წნევის ველების გადანაწილებით და ჩამდინარეებს, რაც გამოწვეულია სახმელეთო ნაპირებიდან ჩამდინარე წყლებით, ნალექების მოსვლით, აორთქლებით და სხვა მიზეზებით; ფრიქციული დინებები განისაზღვრება ჰაერის მასებისა და წყლის ზედაპირის ხახუნით; მოქცევის დინებები განპირობებულია მზისა და მთვარის მიზიდულობის ძალების ქმედებით; ინერციულს მიეკუთვნებიან დინებები, რომლებიც შეინიშნებიან ყველა აღმგზნები ფაქტორის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ. მოძრაობის ტრაექტორიის მიხედვით განასხვავებენ დინებებს: სწორხაზოვანს, მრუდხაზოვანს, ციკლონურს და ანტიციკლონურს. განლაგების მიხედვით განასხვავებენ დინებებს: ზედაპირულს, სიღრმისეულს, ფსკერულს, ნაპირულს და სხვა. ფიზიკურ-ქიმიურ თავისებურებებზე დამოკიდებულების მიხედვით — თბილს, ცივს, მტკნარს, მლაშეს. მდგრადობის ხარისხის მიხედვით — მუდმივს, პერიოდულს და დროებითს.

ჰიდრობიონტები წყლის მოძრაობას აღიქვამენ სხვადასხვა რეცეპტორის საშუალებით. თევზები წყლის მიმართულებას და სიჩქარეს აღიქვამენ გვერდითი ლატერალური ხაზის საშუალებით. კიბოსნაირნი — ანტენებით, მოლუსკები — წყალში ამოსული წამონაზარდებით. მრავალ უხერხემლოს გააჩნია ვიბრორეცეპტორები, რომლებიც აღიქვამენ წყლის რხევას და ა.შ.

ტემპერატურა. ტემპერატურის ეკოლოგიური მნიშვნელობა განსაკუთრებით დიდია, რადგანაც, ერთი მხრივ ჰიდრობიონტები მეტად მგრძნობიარენი არიან მისი ცვლილების მიმართ, მეორე მხრივ თერმული პირობები, რომლებშიც არსებობენ წყლის ორგანიზმები, უკიდურესად სხვადასხვა სახისაა. რაც მეტია და სწორია ტემპერატურის პერიოდული ცვლილება ჰიდრობიონტთა ბუნებრივ ადგილსამყოფელში, მით მაღალია მათი მდგრადობა გამაცივებელ და გამათბობელ მოძრაობებთან.

სურ. 2. ტემპერატურის გავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმყოფელობაზე.



А – კიბოსნაირების გაზთაცვლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე (გალკოვსკაია, სუშჩენია, 1983):

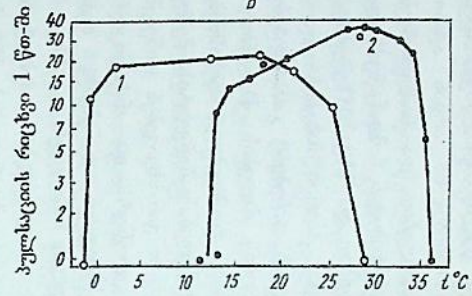
1 - ექსპერიმენტული მონაცემები (ცხოველები ორი დღე გადიოდნენ აკლიმატიზაციას ტემპერატურის მიმართ):

აპროქსიმაცია: 2 - პირდაპირი, 3 - კროგის მრუდი (სუშჩენიას შესწორებებით), 4 - არენიუსის განტოლებით.

Б – არეალის ჩრდილოეთის (1) და სამხრეთის (2) უბნებიდან მედუზა ***Aurelia aurita***

საცურაო მოძრაობათა რიცხვი (ოდუმის მიხედვით, 1975).

საშუალო ტემპერატურა ჩრდილოეთის უბანზე (გალიფაქსი) ზდრის 14°C, ხოლო სამხრეთის უბანზე (დორტუგასი) 29°C.



ტემპერატურას დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა ენიჭება, როგორც ფაქტორს, რომელსაც გავლენა აქვს სხვადასხვა პროცესის, კერძოდ სუნთქვის, ზრდის და განვითარების სიჩქარეზე. ტემპერატურის აწევას გარკვეულ ზღვრამდე, ჩვეულებრივ, ახლავს ყველა პროცესის დაჩქარება. ხანდახან იგი საკმაოდ დამაკმაყოფილებლად აღიწერება ვანტ-ჰოფის განტოლებით:

$$lgk_2=lgk_1+(t_2-t_1)/10 \times lgQ_{10},$$

ან არენიუსის განტოლებით

$$lgk_2=lgk_1+m(T_2-T_1)/2(T_2T_1) \times lge,$$

სადაც k_1 და k_2 პროცესების სიჩქარეა t_1 და t_2 °C/-ზე ან T_1 და T_2 °K/-ზე. Q_{10} და μ კოეფიციენტებია. ჩვეულებრივ სიდიდე Q_{10} (აჩქარება, რომელიც გამოწვეულია ტემპერატურის 10°C-მდე აწევით) შესამჩნევად მცირდება, თუ ტემპერატურა უახლოვდება ოპტიმალურს, და ასევე არაერთნაირია სხვადასხვა პროცესებისათვის.

შესაძლებელია, რომ Q_{10} კონსტანტური იყოს მეტაბოლიზმის აჩქარების დროს, ტემპერატურის გაზრდისას, მაგრამ განსხვავებულია ცხოველების ონტოგენეტიკური ზრდისა და განვითარების დროს, რადგან ტემპერატურის დაწევისას იგი იზრდება (ვინბერგი, 1983).

ბიოქიმიური საშუალებების ფართო ნაკრები ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად ტემპერატურის მერყეობის პირობებში სხვადასხვა ქცევითი და ანატომიური ადაპტაციების შესაბამისად ჰიდრობიონტებს საშუალებას აძლევს, მნიშვნელოვანწილად განახორციელონ მათთვის ჩვეული ნივთიერებათა ცვლის დონე, დამოუკიდებლად იმისა, ბინადრობენ ისინი თბილ თუ ცივ წყლებში.

ზოგ შემთხვევაში, ტემპერატურის დაწევით, ნივთიერებათა ცვლის დონე იკლებს, მაგრამ ეს კლება ამ შემთხვევაში არაა დამოკიდებული ფიზიკურ-ქიმიურ ძვრებზე, არამედ აქ ვხვდებით ბიოლოგიურ კანონზომიერებას, მაგალითად, როგორც ზოგიერთ სჩელეთის ცხოველს თუ მცენარეს, ასევე წყლის ცხოველებსაც და მცენარეებსაც ახასიათებთ ანაბიოზი, რომლის დროსაც ნივთიერებათა ცვლის პროცესები შენელებულია, რითაც ისინი თავს იცავენ გამოფიტვისაგან.

სინათლე. სინათლეს განსაკუთრებული ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ფოტოსინთეზის უნარის მქონე მცენარეებისათვის. მისი უკმარისობის გამო მცენარეები საერთოდ არ არიან ოკეანის სიღრმისეული წყლების მრავალკილომეტრიან სიზრქეში. იშვიათად მცენარეები ზარალდებიან ჭარბი განათებულობისაგან და ამის გამო ისინი არ იმყოფებიან წყლის ზედაპირულ შრეში, ვინაიდან განათება მათთვის ხდება მეტისმეტი. ცხოველების უმეტესობას სინათლე სჭირდებათ არის გამოცნობისთვის და მოძრაობაში ორიენტაციისთვის. ხშირად მას ენიჭება სასიგნალო მნიშვნელობა, რომელიც განსაზღვრავს ჰიდრობიონტთა ქცევის მრავალ მხარეს. რიგ შემთხვევაში აღმოჩენილია სინათლის უშუალო ზემოქმედება ცხოველებზე როგორც ფაქტორისა, რომელიც გავლენას ახდენს სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ბიოქიმიურ პროცესებზე, კერძოდ კი, ზოგიერთი ვიტამინის გამომუშავებაზე.

მრავალ ჰიდრობიონტთან მკაფიოდაა გამოხატული ფოტოტროპიზმი, ამასთან პლანქტონურ ფორმებს ხშირად იგი დადებითი აქვთ, ბენთოსურ ფორმებს (სიღრმისეულებს) – კი უარყოფითი. ფოტონეგატიურ ბენთოსურ ორგანიზმთა ჭარბი რიცხვის ჭუპრები სინათლემოყვარულნი არიან, რის გამოც, პირველ ხანებში, ისინი იმყოფებიან წყლის სიზრქეში და იქ პოულობენ მათთვის საჭირო საკვებს. ასაკთან ერთად ჭუპრები ფოტონეგატიურები ხდებიან და ეშვებიან წყლის სიღრმეში, სადაც სინათლის სხივი ვერ აღწევს და გადადიან ბენთოსური ცხოვრების ნირზე. ჰიდრობიონტები, ორიენტირებენ რა სინათლეზე, ზღვებსა და ოკეანეებში აწარმოებენ დღეღამურ მიგრაციებს. ღამე ისინი ამოდიან წყლის ზედაპირზე, ხოლო განათების დაწყებასთან ერთად, ეშვებიან სიღრმეებში, 100-200 მეტრით. ამასთან დაკავშირებით, ჰიდრობიონტებს კარგად აქვს განვითარებული ფოტორეცეპტორები. ზღვის მრავალ ფორმას უნარი შესწევს ნათებისა, ანდა ლუმინესცენციისა. 700 და მეტი მეტრის სიღრმეზე ლუმინესცენციის უნარი შესწევს ჰიდრობიონტთა უმრავლესობას, დაწყებული უმარტივესებიდან, დამთავრებული თევზებით. ბიოლუმი-

ნესცენცია სორციელდება, ლუციფერინის ჟანგბადით დაჟანგვის შედეგად, ფერმენტ ლუციფერაზას თანაობისას.

II.9. სინათლის აღქმა ჰიდრობიონტების მიერ

წყლის ორგანიზმებს ბევრად ნაკლებად აქვთ განვითარებული ფოტორეცეფციის უნარი, ვიდრე ხმელეთისას. ეს დაკავშირებულია წყალში სინათლის სწრაფ ქრობასთან. ამიტომაც ჰიდრობიონტები გამოირჩევიან სიბეცით (ახლომხედველობით). უმრავლესი თევზების მკვეთრი მხედველობის უახლოესი ზღვარი ძევს 0,1მ-დან 5მ-მდე ფარგლებში. მიუხედავად ამისა, მათი თვალები შეიძლება ფოკუსირდეს უსასრულობამდე. მეორე მხრივ, ახლომხედველობა კარგია, ვინაიდან ისინი სწრაფად გამოიცნობენ მათთვის საჭირო მომცრო ობიექტებს. 6 კმ-ზე მეტ სიღრმეში მხედველობის მქონე ჰიდრობიონტები თითქმის არაა აღმოჩენილი.

II.10. სინათლის პირობები წყალში

ტბებსა და წყალსაცავებში, რომელთა გამჭვირვალობა 1-2 მეტრია, 1 მეტრის სიღრმეზე მიწოდებული ენერგიის რაოდენობა მთელი რადიაციის 5-10%-ს არ აღემატება. 2 მეტრზე უფრო მეტ სიღრმეში რჩება მხოლოდ მეათედი ნაწილი, ანუ 0,015-0,04 ჯო/სმ^{2}წთ. დიდ და სუფთა ტბებში, ან ზღვებში, რომელთა გამჭვირვალობა 10-20 მეტრია, მზის რადიაცია 10 მეტრზე მეტ სიღრმეს აღწევს, უფრო ღრმად კი ის 0,4 ჯო/სმ^{2}წთ-ის ტოლია. ასე, რიგითულად მცირდება რადიაციის გავლენა სიღრმეში ყოველი 10 მეტრის მომატებისას.

ჩვეულებრივ, სეკის დისკო ქრება მხედველობის არიდან იმ სიღრმეზე, სადამდეც მზის საერთო რადიაცია, რომელიც ეცემა წყლის ზედაპირზე, 5% აღწევს (ჰატჩინსონი, 1969წ). სეკის დისკოს სიკაშკაშე არაა დამოკიდებული ამინდის პირობებთან და დღეღამურ დროსთან, თუნდაც მცირე, მინიმალურ განათებაზეც კი.

მზის განათების თანდათანობით შესუსტებასთან ერთად, წყალსატევის სიღრმეში გადაადგილების შესაბამისად, არჩევენ სამ ზონას: ზედა ზონა, სადაც განათება საკმაოდ კარგია ფოტოსინთეზის საწარმოებლად და ეწოდება ეუფოტური, შემდეგ არის დაბინდული ანუ დისფოტური ზონა, და უფრო ღრმად-აფოტური, სადაც დღის სინათლე პრაქტიკულად ვერ აღწევს.

II.11. ბგერა, ელექტროობა და მაგნიტიზმი

ზემოთ ნახსენები ფაქტორებისაგან განსხვავებით, ბგერა, ელექტროობა და მაგნეტიზმი ჰიდრობიონტთა სიცოცხლეში ძირითადი სასიგნალო საშუალებებია (ურთიერთობისათვის, ორიენტაციისთვის და არის შეფასებისთვის). ბგერის აღქმის უნარი წყლის ცხოველებს შედარებით უფრო განვითარებული აქვთ, ვიდრე ხმელეთისებს. თუ წყალში სინათლე მალე ქრება, ვიდრე ხმელეთზე, ბგერა პირიქით, სწრაფად და შორს ვრცელდება წყალში, ვიდრე ხმელეთზე. ზოგიერთ ჰიდრობიონტს შეუძლია აღიქვას ინფრაბგერითი რხევები, რისი წყალობითაც შეუძლიათ „შეიგრძნონ" ბგერები, რომელნიც გამოწვეულია ტალღების და ჰაერის ხახუნით (813 ჰც). ამის შედეგად, მაგალითად, მედუზებს შეუძლიათ შეიგრძნონ მოახლოებული შტორმი და ტალღებისგან დაღუპვის თავიდან აცილების მიზნით, უფრო ღრმად შედიან ზღვაში. ჰიდრობიონტებზე უარყოფითად მოქმედებს ხმაურიანი არე. თუ ეს ხმაური გამოწვეულია ადამიანის ზემოქმედებით (გემების და ნავების ძრავების გრუხუნი, წყალქვეშა ბურღვა, სეისმოდაზვერვები და სხვა), ჰიდრობიონტების უმეტესობა ასეთ ადგილებს განერიდება.

ცხადია, რომ ჰიდრობიონტთა ცხოვრებაში მეტად მნიშვნელოვან როლს უნდა თამაშობდეს ელექტრული და მაგნიტური ველები, მაგრამ, სამწუხაროდ, დღესდღეობით ეს ფენომენი ნაკლებადაა შესწავლილი. ელექტრული ველები წარმოიშობიან წყლის მასების გადაადგილების, არევის შედეგად დედამიწის გეომაგნიტურ ველში, სადაც ეს მასები კონტაქტში შედიან სხვადასხვა ტემპერატურის, სიმლაშის და ყანგბადის შემცველ მასებთან. ელე-

ქტრული ველები გენერირდებიან ჰიდრობიონტებითაც. პროტასოვის (1977) ცდებმა აჩვენა, ზოგიერთი თევზის ელექტრორეცეპტორები გამოირჩევიან ფანტასტიკური მგრძნობელობით და ელექტრული ველის დაძაბულობის ცვლილებას აღიქვამენ 10 ვოლტის ფარგლებში. ასეთი მაღალი მგრძნობელობის უმრავლეს ჰიდრობიონტებს უნარი შესწევთ, მიიღონ უმდიდრესი ინფორმაცია: კერძოდ განასხვაონ თავისიანები და მტრები, დინების სიჩქარე და მიმართულება, ტემპერატურული, მარილიანობის, გაზური და სხვა გრადიენტები, მზის აქტივობის ცვლილება, ჟამთა სვლა, ასევე მიიღონ სიგნალები, რომლებიც წინ უსწრებენ ბუნების ანომალიურ მოვლენებს. ასეთ თვისებებს, სამწუხაროდ, აკვარიუმებში ვერ ვხვდებით, ვინაიდან თევზები მოწყვეტილი არიან ზღვებთან და ტბებთან უშუალო კონტაქტს და მათი ქცევა კარგავს მათსავე ინდიკატორულ მნიშვნელობას. ასე ვთქვათ, სიგნალები, რომლებიც მოწმობენ მიწისძვრის მოახლოებას, არ აღიქმებიან ელექტრორეცეპტორებით. ამჟამად ასეთი რეცეპტორები აღმოაჩნდა დაახლოებით თევზის 300 სახეობას.

ელექტრორეცეფცია ცნობილია მრავალ უხერხემლოში, მათ რიცხვში უმარტივესებშიც. ზოგიერთი მათგანი, მაგალითად პარამეცია და ამება, წყალში სუსტი დენის გატარებისას მიემართებიან კათოდისაკენ, სხვები – ქროზოტომასი და პოლიტომა – ანოდისაკენ. სპიროსტომუმო მიემართება ვერტიკალურად, ე.ი. ელექტრული დენის ძალური ხაზების პერპენდიკულარულად.

წყლის ცხოველებში მაგნიტური ველის რეცეპტორები ჯერ-ჯერობით არაა აღმოჩენილი, თუმცა არაა გამორიცხული მაგნიტური ველების სასიგნალო როლი ცხოველთა სიცოცხლეში.

არსებობს მრავალი მონაცემი იმის შესახებ, რომ დაძაბულობის რეცეფციას და დედამიწის მაგნიტური ველის მიმართულებას არსებითი ადგილი უჭირავს თევზების მიერ მიგრაციის დროს გზის შერჩევისას. მაგნიტურ ველში ორიენტირების უნარი შესწევთ წყალმცენარე ვოლვოქსს (volvox), მოლუსკ Nassartius-ს და სხვა ორგანიზმებს.

III თავი

წყალსატევები და მათი ბინადარნი

დედამიწის წყლის გარსი წარმოდგენილია მსოფლიო ოკეანით, მიწისქვეშა წყლებით და კონტინენტური წყალსატევებით, რომლებშიც შესაბამისად კონცენტრირებულია დაახლოებით 1370,60 და 0,23 მილ.კმ^3 წყალი. მზის ენერგიის გავლენით მიმდინარეობს განუწყვეტელი წყალბრუნვა. ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანის ზედაპირიდან ორთქლდება და ატმოსფეროში გადაადგილდება საშუალოდ 453 ათასი კმ^3 წყალი, ხმელეთიდან 72 ათასი კმ^3. წყლის იგივე რაოდენობა (საშუალოდ 525 ათასი კმ^3) ჩამოდის დედამიწაზე ნალექების სახით, თუმცა, ოკეანის წილად უფრო ნაკლები მოდის, ვიდრე ხმელეთზე (შესაბამისად 411 და 114 ათასი კმ^3). ამასთან დაკავშირებით, წყლის ბალანსის აღმოცენებული დეფიციტი, მსოფლიო ოკეანეში, შეივსება მდინარეთა ჩანადენებით, რომელიც წელიწადში საშუალოდ 42 ათას კმ^3-ს შეადგენს.

სახეობათა რიცხოვნობით ჰიდროსფეროს ბინადარნი (დაახლოებით 250 ათასი) შესამჩნევად ჩამორჩება ხმელეთისას, ვინაიდან ამ უკანასკნელში უფრო მდიდრადაა წარმოდგენილი ფაუნა, მწერების სახით. სულ სხვა სურათი გვექნება, თუ შევადარებთ ამ ორ სფეროს მსხვილი ტაქსონების მიხედვით. ზენკევიჩის (1956) გაანგარიშებით, ცხოველთა კლასების საერთო რიცხვიდან, რომელიც 63-ის ტოლია, ჰიდროსფეროში გვხვდება 57 წარმომადგენელი, მხოლოდ წყალში ბინადარნი – 54, ხმელეთზე – 9. ცხოველების 12-ტიპიდან ყველა წარმომადგენელია ჰიდროსფეროში, ხმელეთზე – 8 მცენარეთა 33 კლასიდან 18 – ჰიდროფიტია, 15 – კი ხმელეთისა. ეს მონაცემები ერთ-ერთი

დამამტკიცებელი საბუთია იმისა, რომ სიცოცხლე ჩაისახა არა ხმელეთზე, არამედ წყალში.

წყლის ბინადართა ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა ის, რომ იქ ზომაზე უფრო მეტადაა წარმოდგენილი ზოომასა, ვიდრე ფიტომასა, ხმელეთზე კი ყველაფერი პირიქითაა. ეს აიხსნება იმით, რომ წყალში საყრდენის არქონის გამო მცენარეები წარმოდგენილია უმეტესად მიკროსკოპული წყალმცენარეებით, ისინი მასის ერთეულზე გათვლით, ფოტოსინთეზურად უფრო პროდუქტულები არიან, ვიდრე ხმელეთის მაკროფიტები, რომელთაც ჩვეულებრივ, არ გააჩნიათ ქლოროფილი ფესვებსა და ვარჯში (ღეროში).

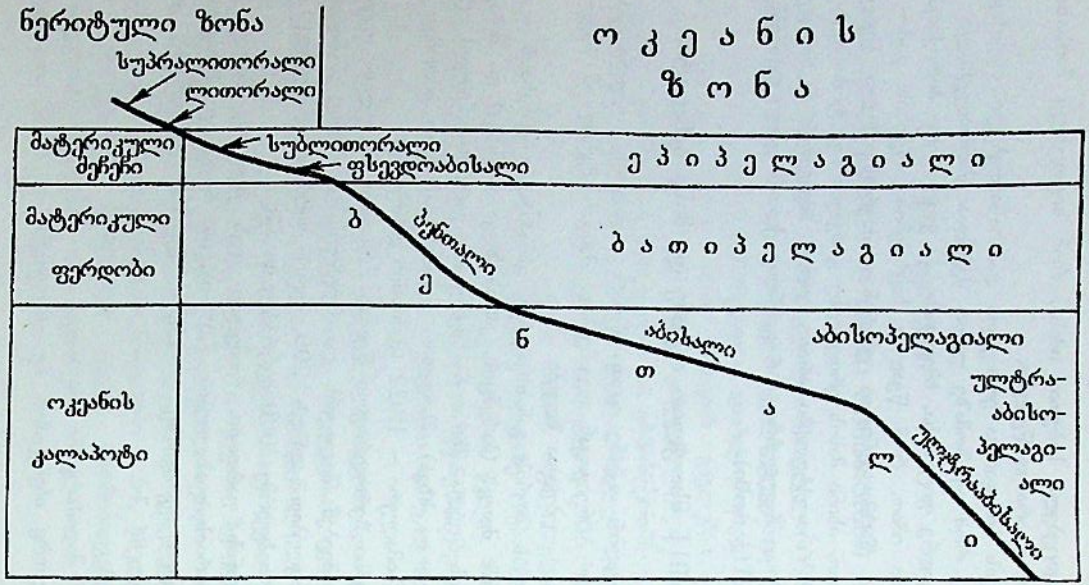
III.1. მსოფლიო ოკეანე და მისი ბინადარნი

მსოფლიო ოკეანე იყოფა წყნარ, ინდოეთის, ატლანტიკის და ჩრდილო ყინულოვან ოკეანეებად. მათგან მეტად ან ნაკლებად გამოცალკევებულია ზღვები.

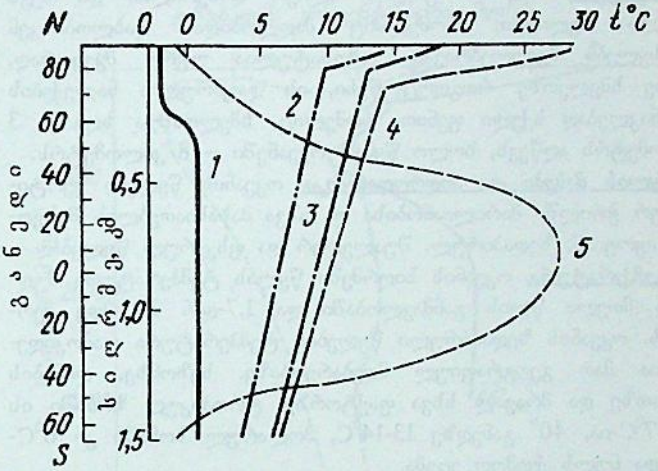
ზღვებს შორის განასხვავებენ: განაპირა, ოკეანესთან ფართო კავშირში მყოფს (ბარენცის, კარის ზღვა და სხვა) და შინაგანს, თითქმის ყველა მხრიდან ხმელეთით გარშემორტყმულს (შავი, წითელი და სხვა). მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმეა 3710 მ., მაქსიმალური – 11022 (მარიანის ღრმული).

თავისი პერიფერიული წყლის ნაწილით, მსოფლიო ოკეანეში განასხვავებენ შელფურს და მეჩეჩურს, რომელიც თანდათანობითი კლებით აღწევს 200 მეტრ სიღრმემდე, შემდეგ არის მკვეთრი სიღრმე 3000 მეტრამდე და ა.შ.

ოკეანის ფართობი, რომელიც ძევს შელფზე, მთელი მისი აკვატორიის დაახლოებით 7,6%-ია, ის, რომელიც იმყოფება მატერიკულ ფერდობზე – 15,3%, და მის კალაპოტზე კი – 77,1%.



სურ. 3. მსოფლიო ოკეანის ბენთალისა და პელაგიალის ეკოლოგიური ზონები.



სურ. 4. მსოფლიო ოკეანის განსხვავებული რაიონების სხვადასხვა სიღრმეებისა და ზედაპირების წყლის საშუალო წლიური ტემპერატურა (**Raymont, 1963**):

1 – პოლარული, 2 – ზომიერი,
3 – სუბტროპიკული, 4 – ტროპიკული,
5 – სხვადასხვა განედებში ზედაპირზე საშუალო ტემპერატურა.

სიცოცხლის პირობები. აბიოტური გარემოს მრავალრიცხოვანი ფაქტორებიდან მსოფლიო ბინადართათვის მეტად მნიშვნელოვანია გრუნტის სასიათი და წყლის მასების თავისებური მოძრაობა, ტემპერატურა, განათება, მარილიანობა გაზური რეჟიმი.

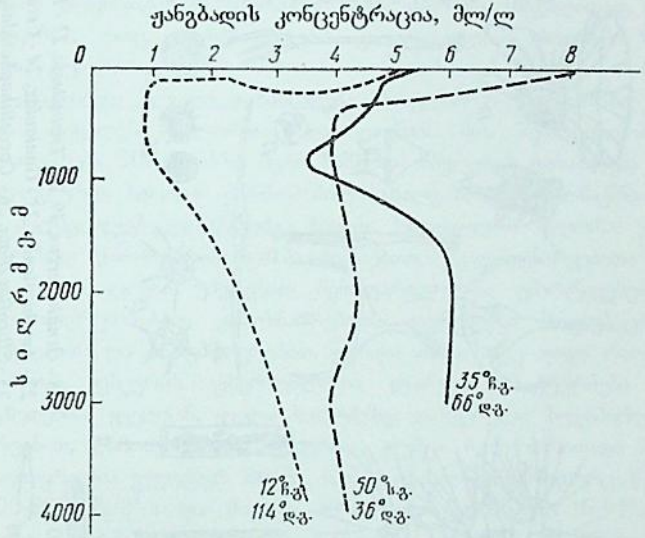
გრუნტები. ოკეანის ფსკერი ძლიერ დასერილია და აქვს რთული რელიეფი, რომელშიც მაღლობიდან დაბლობისკენ გადასვლები ჩვეულებრივად გამოხატულია უფრო მკვეთრად, ვიდრე ხმელეთზე. როგორც წესი, ის დაფარულია ნალექების მეტ-ნაკლებად სქელი ფენით, რომელიც, ხმელთაშუა ზღვაში 3 კილომეტრს აღწევს, ხოლო წყნარ ოკეანეში – 8 კილომეტრს.

წყლის მასები და ჰიდროდინამიკა. ოკეანის წყლები ვერტიკალურ ჭრილში მარილიანობისა და სხვა მახასიათებლის მიხედვით იყოფიან: ზედაპირულ, შუალედურ და ფსკერულ წყლებად.

ტემპერატურა. ოკეანის სიღრმეში წყლის ტემპერატურა მუდმივია მთელი წლის განმავლობაში და 1,7-დან 2^0C-მდე მერყეობს. ოკეანის ზედაპირული წყლების ტემპერატურა დამოკიდებულია მათ გეოგრაფიულ მდებარეობაზე, სეზონზე, დინების სასიათზე და მრავალ სხვა ფაქტორზე. ტროპიკულ ზონაში ის 26-27^0C-ია, 40^0 განედზე 13-14^0C, პოლარულ ზონაში კი 0^0C-მდე და ნულს ქვემოთ ეცემა.

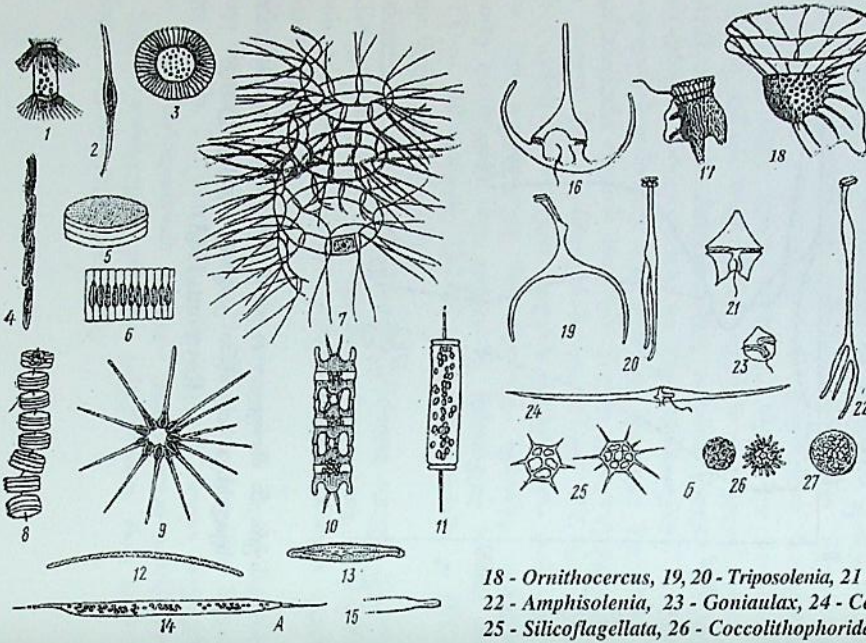
სინათლე. ოკეანის წყლის განათება სწრაფად იკლებს წყლის ზედაპირიდან სიღრმის მიმართულებით. ჩვეულებრივ, 100-200 მეტრის სიღრმეში მცენარეთა არსებობისთვის განათება უკვე აღარაა საკმარისი.

მარილიანობა. ოკეანის წყლებში მარილიანობა ძალიან მდგრადია და ჩვეულებრივ მერყეობს 34-35%-ის ფარგლებში. ზედაპირულ ფენაში, 2-3%-ის ფარგლებში მერყეობს, ხოლო ზოგჯერ უფრო მეტია; მარილიანობის მომატება უმეტესწილად გამოწვეულია წყლის აორთქლებით ან მისი გამტკნარებით, რაც დამოკიდებულია ატმოსფერულ ნალექებზე.



სურ. 5. მსოფლიო ოკეანის ზოგიერთი რაიონის სხვადასხვა სიღრმეში ჟანგბადის კონცენტრაცია (**Raymont, 1963**)

სურ. 6. ზღვის ფიტოპლაქტონური ორგანიზმები (ოდუმის მიხედვით, 1975). A–დიატომურები; B–დინოფლაგელიატები და სხვა:



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

ჟანგბადი. ოკეანის ზედაპირული შრის წყლები განიცდიან ინტენსიურ აერაციას ატმოსფეროსთან კონტაქტის წყალობით და მცენარეების ფოტოსინთეზური აქტივობის გამო. წყლის ბუნებრივ ფენებში, რიგ შინაგან ზღვებში ზოგჯერ შეინიშნება ჟანგბადის დეფიციტი ან საერთოდ მისი გაქრობა (მაგალითად, შავ ზღვაში), როცა ვერტიკალური გადაადგილების პროცესი შესუსტებულია.

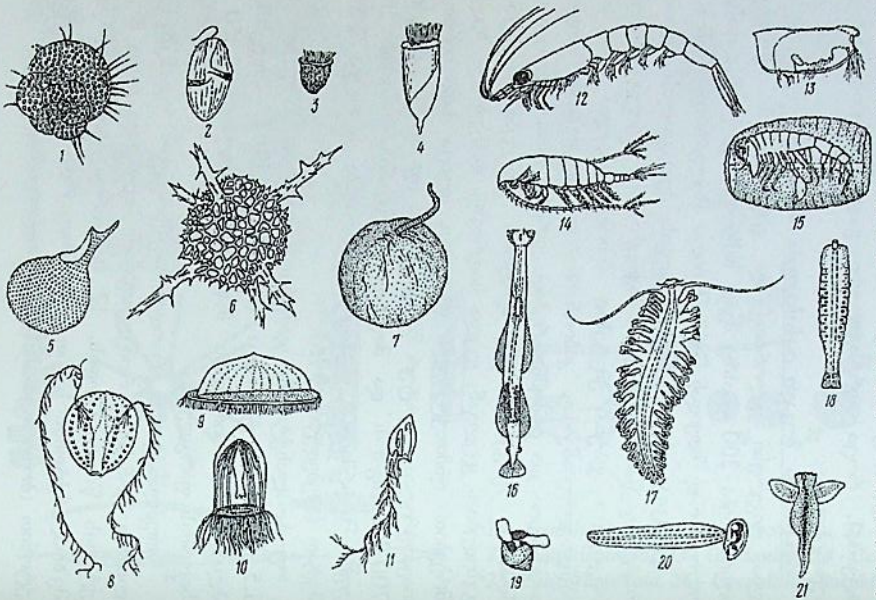
ბინადართა ზოგადი დახასიათება. მსოფლიო ოკეანე დასახლებულია უძველესი ფლორითა და ფაუნით. მის შემადგენლობაში აღირიცხება 200 ათასზე მეტი სახეობა. ხმელეთის დასახლება გეოლოგიურად ზღვიდან წარმოშობილი ახალგაზრდა წარმონაქმნია.

პელაგიალის დასახლება. ზღვის პელაგიალის ფლორა უპირატესად წარმოდგენილია ბაქტერიებით, წყალმცენარეებითა და სოკოებით. ფაუნა უმეტესად შემოფარგლულია უმარტივესებით, ნაწლავღრუიანებით, კიბოსნაირებით, თავფეხიანი მოლუსკებით, თევზებითა და ძუძუმწოვრებით. გარდა ამისა, აქვე დიდი რაოდენობითაა ფსკერის უხერხემლოთა ლარვები. ბაქტერიები კი გვხვდებიან ყველგან, ყველა სიღრმეზე, დაწყებული ზედაპირული შრეებით, დამთავრებული ფსკერით, თუმცა მათი ძირითადი მასა თავმოყრილია ეუფოტურ შრეში, სადაც იგი აღწევს, როგორც წესი, 700-800 მგ/მ^3-ს და მთელი პლანქტონის ბიომასის 16-91%-ია. უფრო სიღრმეში ბაქტერიების რაოდენობა მცირდება 2-5%-ით და მეტად (ლებედევა, 1976).

ფოტოპლანქტონის ჯამური რაოდენობა მსოფლიო ოკეანეში 1,5 მილიარდ ტონამდეა (ბოგოროვი, 1967). ზღვების ფიტოპლანქტონის ძირითადი მასა თავმოყრილია 100-150 მეტრის სიღრმის ფარგლებში.

ზოოპლანქტონის რაოდენობა მსოფლიო ოკეანეში 21,5 მილიარდ ტონამდეა, რომელთაგან 9 მილიარდი ტონა მაკროპლანქტონის წილად მოდის, 12 მილიარდი ტონა წარმოდგენილია მეზოპლანქტონის სახით და 1 მილიარდი ტონა კი მიკროპლანქტონით (ბოგოროვი, 1967).

სურ. 7. ზღვის ჰოლოპლაქტონის წარმომადგენლები
(ოდუმის მიხედვით, 1975).



უმარტივესები:

1 - Globigerina,
2 - Gymnodinium,
3 - Stenosomella,
4 - Favella,
5, 6 - Protocystis,
7 - Noctiluca.

ნაწლავღრუიანები:

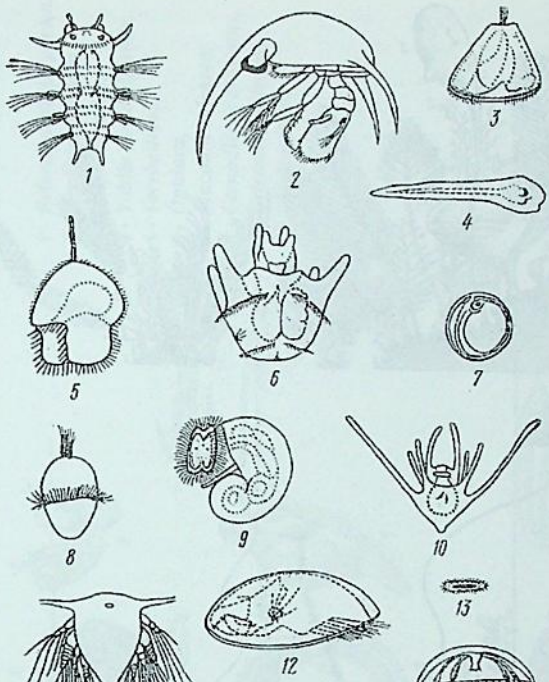
8 - Pleurboachia,
9 - Velella,
10 - Aglanta,
11 - Diphyes.

კიბოსნაირები:

12 - Euphausia,
13 - Conchlecia,
14 - Calanus,
15 - Phronemia.

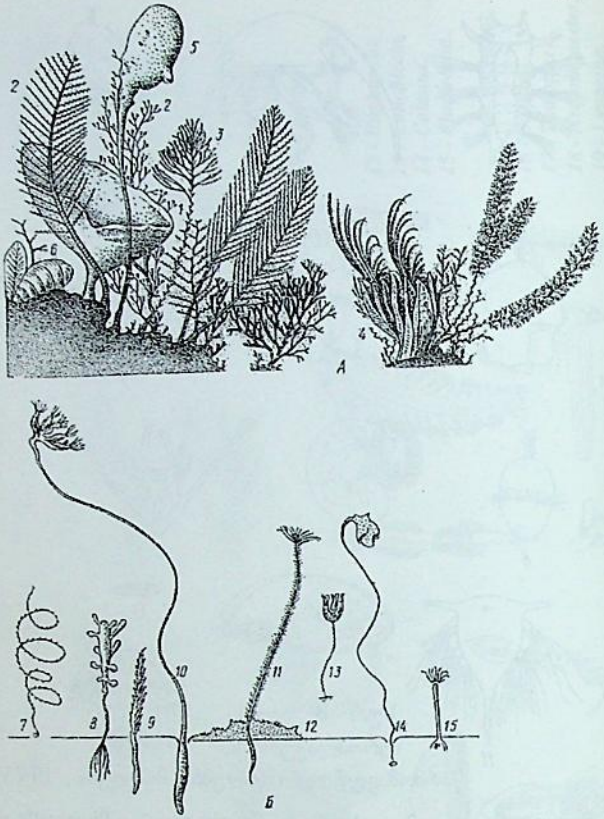
სხვა ჯგუფები:

16 - Sagitta,
17 - Tomopteris,
18 - Nectonemertes,
19 - Limacina,
20 - Clione,
21 - Oicopleura.



სურ. 8. ზღვის მეროპლაქტონის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975).

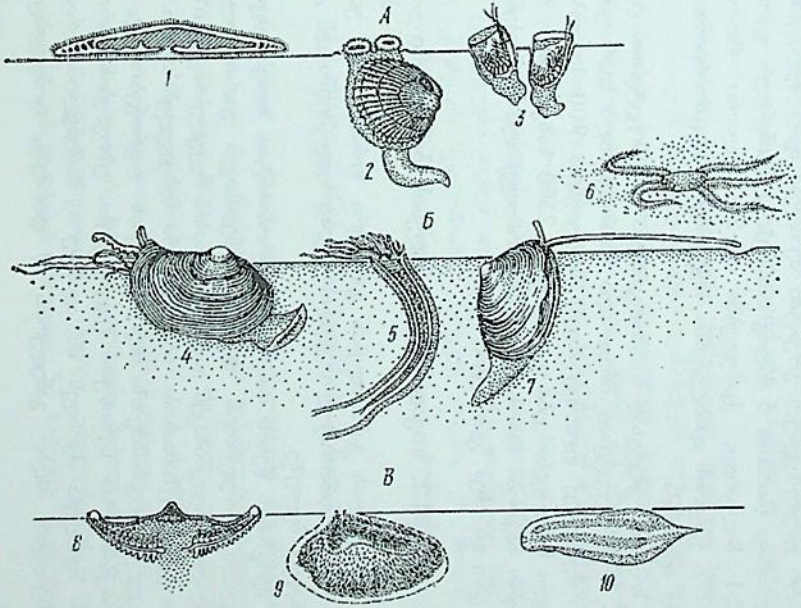
1 - ჭია ***Platunereis*** ლარვა, 2 - კიბორჩხალა ***Emerita zoe,*** 3 - ***Plumatella repens***-ის ლარვა, 4 - ***Tunicata, urochorda*** ლარვა, 5 - ნემერტინის თავისუფლად მცურავი ლარვა, 6 - ზღვის ზღარბის თავისუფლად მცურავი ლარვა ***Pluteus,*** 7 - თევზის ქვირითის მარცვალი, 8 - ***Trochophora,*** 9 - მოლუსკ ***Velumger***-ის ლარვა, 10 - ზღვის ვარსკვლავას თავისუფლად მცურავი ლარვა ***Pluteus,*** 11 - ***Nauplios*** კიბოსნაირთა წარმომადგენელი, ჯაჭვით მცურავი ცხოველი, 12 - ციპრისული ლარვა, რომელიც ნაუპლიუსის განვითარების შემდეგი სტადიაა კიბოსნაირებში, კერძოდ ულვაშფეხიანებში, 13 - ***Platnula, planus,*** ორშრიანი პელაგიური ლარვა, ნაწლავღრუიანებიდან, 14 - ჰიდროიდების მედუზოიდური სტადია.



სურ. 9. ზღვის ფსკერის ბინადარნი (სავილოვის მიხედვით, 1961). ფხვიერ (А) და მყარ (В) გრუნტებზე სესტონით მკვებავი მიმაგრებული ფორმები.

1 - ღრუბელა, 2 - ჰიდროიდი, 3 - ხავსები, 4 - *Balanus evermani*, 5 - *Balteria ovifera*, 6 - *Mytilus edulis*, 7 - *Radiceps verrilii*, 8 - *Chondrocladia gigantea*, 9 - *Povanaria*, 10 - *Umbelluta*, 11 - *Potamilla simbiotica*, 12 - *Cryptospongia enigmatica*, 13 - *Crinoidea*, 14 - *Culeolus*, 15 - *Kinetoskias*.

სურ. 10. ზღვის ფსკერის ბინადარნი (სავილოვის მიხედვით, 1961).
A – სესტონით მკვებავი მოძრავი ფორმები; **B** – დეტრიტის შემგროვებელი ფორმები:



1 - Echinarachnius parma,
2 - Cardium ciliatum,
3 - Ampheliscidae,
4 - Yoldia thracialformis,
5 - Terebellidae,
6 - Ophiura,
7 - Macoma calcarea,
8 - Ctenodiscus crispatus,
9 - Brisaster latifrons,
10 - Malpadiidae

ბენთალის დასახლება. ფსკერის ფლორა, ძირითადად შედგება ბაქტერიებისაგან, სოკოებისაგან, წყალმცენარეებისა და ზოგიერთი ყვავილოვანი მცენარისაგან. ფაუნაში ძირითადად ჭარბობს უმარტივესები, ჭიები, უმაღლესი კიბოსნაირები, მუცელფეხიანები და ორსაგდულიანი მოლუსკები, კანქლიანები.

ბაქტერიობენთოსი გვხვდება ყველა სიღრმეზე, თუმცა წყალმარჩხ ადგილებში ის საკმარისად მდიდარია. წყლის ფსკერის დანალექის ზედაპირულ ფენებში ბაქტერიების რიცხვი 1 მილილიტრ დაუმუშავებულ გრუნტში შეიძლება იყოს შელფებზე 1-9 მილიარდი (ბიომასა 5 მილიგრამამდე), კონტინენტურ ფერდობზე 0,2-1 მილიარდი, ქვაბულებში 10-50 მილიონი (სოროკინი, 1977). ფსკერის დანალექებში ბაქტერიების რიცხობრიობა სწრაფად მცირდება.

სოკოები უმეტესად წარმოდგენილია ფიკომიცეტებით, რომელთა შორის უმეტესად მრავლადაა წარმოდგენილი საპროფიტული ფორმები. ბუქ წყალმცენარეებს მიეკუთვნება 900 სახეობა. წითელი წყალმცენარეები დაახლოებით 2500 სახეობამდეა. ბევრად უფრო ნაკლები ნაირსახეობითაა წარმოდგენილი ფიტობენთოსში მწვანე და სხვა წყალმცენარეები.

III.2. სხვადასხვა განედების ბინადარნი

სიცოცხლის განაწილების განედური ზონალურობა უდიდესი ხარისხით გამოხატულია წყლის ზედაპირულ შრეში და კონტინენტურ შელფზე.

ბერგმანის წესის თანახმად ჰიდრობიონტთა ზომები მცირდება მაღალი განედებიდან დაბალი განედისაკენ გადაადგილებისას. მაღალი განედებისაკენ გადაადგილებისას ჩვეულებრივად იზრდება ცხოველთა ცხიმიანობა. ბიოლოგიური შეხედულებისამებრ, ტროპიკული ორგანიზმების მიერ ცხიმების დაგროვებას იქ, სადაც თითქმის არაა სეზონური ცვლილებები, ცხოვრების პირობებში, არ შეიძლება ჰქონდეს ის ადაპტური მნიშვნელობა, როგორიც ექნებოდათ მაღალ განედურთა იმ ფორმებს, რომელთაც კვება

შეიძლება გამოერიცხოთ დიდი დროით. ამიტომაც სამარაგო საკვები ნივთიერებების საჭიროება უფრო მეტია.

დაბალ განედებში მკვეთრად იზრდება ბენთოსურ ცხოველთა რიცხვი პელაგიური ჭუპრებით, რომელთა შორისაც ყველაზე მეტ მნიშვნელობას იძენენ ისინი, რომლებიც არსებობენ ხანგრძლივი დროით. თანდათანობით გამოვლინდებიან და მრავალრიცხოვანი ხდებიან მრავალწლიანი მწერიჭამია ცხოველები, კერძოდ თევზები, რამდენადაც იქმნება პირობები საკვები ბაზის წლიური გამოყენებისათვის. დაბალ განედებში, როგორც წესი, ჭარბობენ სახეობები სიცოცხლის მოკლე ციკლით და მაღალი ნაყოფიერებით.

სხვადასხვა სიღრმის ბინადარნი. რამდენადაც მივიწევთ სიღრმისაკენ, ბენთალის და პელაგიალის დასახლება არსებითად იცვლება, ვინაიდან ჰიდრობიონტთა სიცოცხლის მრავალი პირობა იცვლება. მკვეთრად იცვლება ასევე ფიტო და ზოობენთოსი. ასევე სწრაფად მცირდება ფსკერის უხერხემლოების სახეობის რიცხობრიობა და ბიომასა.

კვებითი რესურსების ნაკლებობასთან დაკავშირებით ღრმა წყლის ცხოველები იძენენ ადაპტაციის უნარს, რომელიც მიმართულია ენერგიის ეკონომიაზე. პირველ რიგში, ეს მიიღწევა ნეიტრალური ტივტივით, როცა ენერგია არ იხარჯება გრავიტაციის დასაძლევად.

III.3. შემტკნარებული ზღვების ბინადარნი

მრავალი შიდა და ნაპირა ზღვების მარილიანობა შესამჩნევადაა დაწეული, ამასთან დაკავშირებით იცვლება დასახლების ხასიათიც. ასეთ ზღვებში შეინიშნება წყალქვეშა ფლორისა და ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის შემცირება იმ სიძლიერით, რა მნიშვნელობის ხარისხითაც არის შემტკნარებული წყალი. მაგალითად, ჩრდილოეთის ზღვაში, რომლის მარილიანობაა 35%, აღირიცხება ნაწლავრუანების, ჭიების, მოლუსკების, ფეხსახსრიანების, კანეკლიანების მხოლოდ 52 სახეობა. მაკროფიტე-

ბის ფლორა, ფაუნასთან შედარებით, წყლის შემტკნარების მიხედვით, არც ისე ძლიერად ღარიბდება. ასე რომ, თეთრ ზღვაში ცხოველთა სახეობების რიცხობრივი რაოდენობა დაკლებულია 50%-ით, მაკროფიტებისა – 24%-ით, შავ ზღვაში შესაბამისად შემცირებულია 75 და 50%-ით, ბალტიის ზღვაში კი 95 და 80%-ით (ზენკეჩევი, 1956). ეს მონაცემები საკმაოდ ძველია და თუ გავითვალისწინებთ ამ უკანასკნელი 40 წლის განმავლობაში ანთროპოგენული ფაქტორების გავლენას შავ და ბალტიის ზღვებში, სურათი შეიძლება უფრო მძიმე იყოს. რაც შეეხება მაკროფიტებს, მარილიანობის შემცირებისაგან თავის დასაცავად მათ გააჩნიათ მდგრადი უჯრედული გარსი, რომელიც მექანიკურად ეწინააღმდეგება ოსმოსური წნევით ორგანიზმში წყლის შეღწევას.

III.4. კონტინენტური წყლები და მათი ბინადარნი

კონტინენტური წყალსატევები, რომლებიც განლაგებულნი არიან ხმელეთის ჩაღრმავებებში, შეიძლება იყოს ბუნებრივიც და ხელოვნურიც. პირველი ძირითადად წარმოდგენილია მდინარეებით, ტბებით და ჭაობებით, მეორე – არხებით, წყალსატევებით და გუბეებით. დიდი უმრავლესობა კონტინენტური წყლებისა მტკნარია, იშვიათად მომლაშო ან მლაშე (ზოგიერთი ჩაუმდინარი ტბები). წყლის მცენარეთა 33 კლასიდან მტკნარ წყლებში წარმოდგენილია 13, ცხოველთა 63 კლასიდან – 19. განსაკუთრებულად მტკნარ წყლებში ბინადრობენ მცენარეთა სამი და ცხოველთა ორი კლასის წარმომადგენლები. მცენარეებიდან მტკნარი წყლებისთვის უმეტესად დამახასიათებელია: სოკოები, ლურჯმწვანეები, კაჟოვანები, მწვანე წყალმცენარეები და ასევე ყვავილოვნები; ცხოველებიდან კი უმარტივესები, მუცელფეხიანები, ციბრუტელები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, მწერების ლარვები, თევზები და სხვა.

მდინარეები. მდინარეები ის წყალსატევებია, რომელთა წყლის მასა გადაადგილდება სათავიდან შესართავისაკენ, ზღვის დონიდან

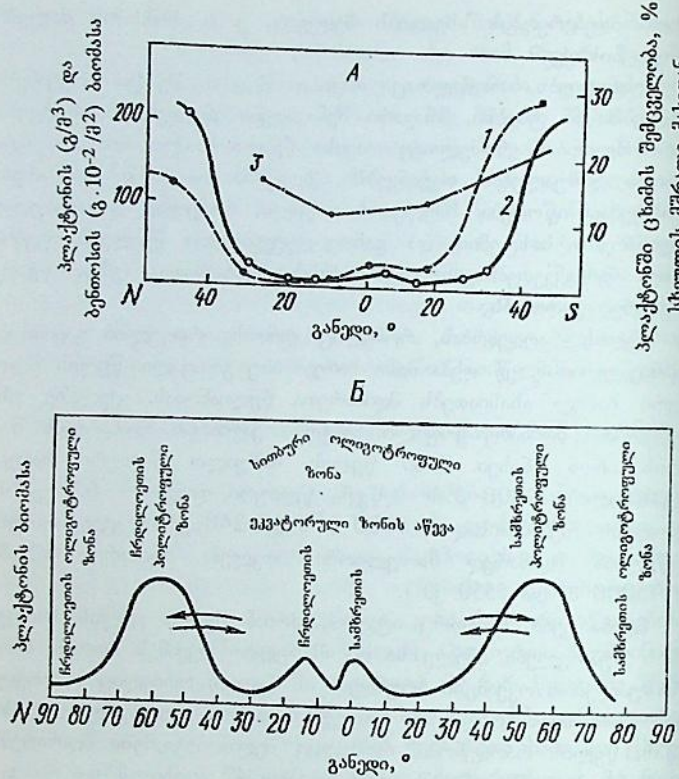
მათი მდებარეობის სხვაობის შედეგად, ე. ი. სიმძიმის ძალების გავლენის ქვეშ.

მდინარეებს, რომელთაც თავისი წყალი შეაქვთ ოკეანეში, ზღვებში ან ტბებში, მთავარი შენაკადები ეწოდება. მდინარეების ერთობლიობას, რომელთაც თავისი წყალი ჩააქვთ მთავარი მდინარის საშუალებით ოკეანეებში, ზღვებში და ა. შ. მდინარეთა სისტემად იწოდება. ხმელეთის ნაწილი, რომელიც დაკავებულია მდინარეთა სისტემით და გამოცალკევებულია წყალგამყოფებით სხვა მონაკვეთებისგან, წარმოქმნის მდინარეთა აუზს, წყალშემკრებ ფართობს.

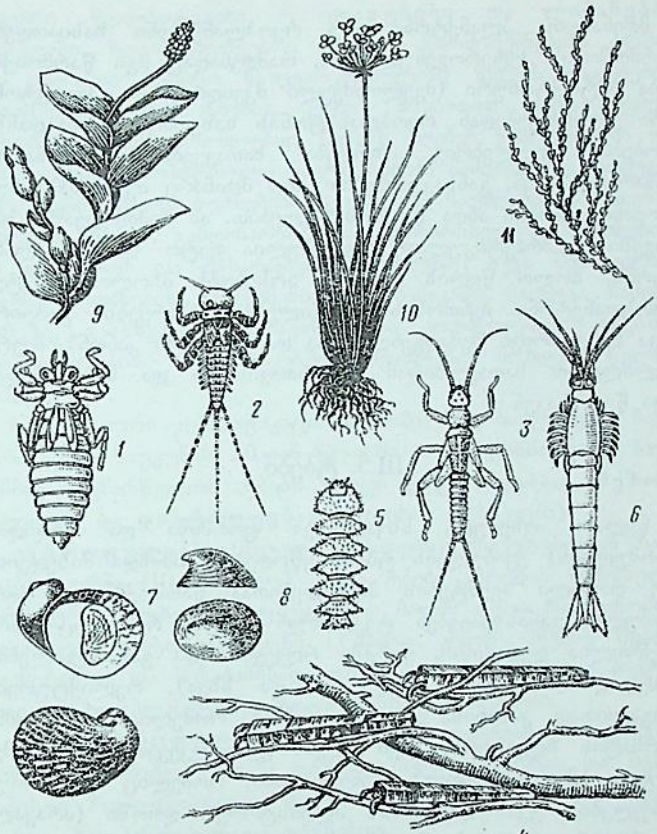
წყლის რაოდენობას, რომელიც დროის ერთეულში გაედინება განივკვეთიდან, ეწოდება მისი ხარჯი ანუ გასავალი. წყლის წლიური ხარჯი ახასიათებს მდინარეთა წყლიანობას. ყველაზე უხვწყლიანი მდინარე ყოფილი საბჭოთა კავშირის მდინარეებს შორის არის ენისეი. მისი წყლის საშუალო წლიური ხარჯი (გასავალი) 19800 $მ^3$-ს აღწევს, წლიური დინება – 625 $კმ^3$-ს, ვოლგისა შესაბამისად – 7700 $მ^3$-ს და 240 $კმ^3$-ს, ყველაზე უხვწყლიან მდინარედ მსოფლიოში ითვლება მდინარე ამაზონი (175000 $მ^3$ და 5550 $კმ^3$).

მდინარეები, როგორც იტყვიან, არიან წყლის ცვლის პროცესის შუამავლები ხმელეთსა და მსოფლიო ოკეანეს შორის. მათი საშუალებით ოკეანეში ბრუნდება ის წყალი, რომელიც აორთქლდა მათი ზედაპირიდან და ნალექების სახით დაუბრუნდა დედამიწას. წყლის რაოდენობა, რომელიც შედის ოკეანეში მდინარეთა საშუალებით, წელიწადში დაახლოებით 42 ათასი $კმ^3$-ია.

<u>მდინარეთა ბინადარნი</u>. მდინარე ხასიათდება მნიშვნელოვანი სახეობრივი ნაირგვარობით, რომელიც დაკავშირებულია მათ დიდ ბიოტურ დანაწევრებასთან. ცალკეული ეკოლოგიური დაჯგუფებიდან მნიშვნელოვანი სიუხვით წარმოდგენილია პლანქტონი, ბენთოსი და ნექტონი. სუსტადაა წარმოდგენილი პერიფიტონი, ნეისტონი, პლეისტონი კი წყლის ტურბულენტური მოძრაობის გამო არ არსებობს.



სურ. 11. ბენთოსის (А,1), პლაქტონის (А,2 და **Б**) და პლაქტონის ცხიმიანობის (А,3) ბიომასის ცვლილება დაბალი განედებიდან მაღლისაკენ გადაადგილებით. А,1 – ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); А,2 – ბოგოროვის მიხედვით (1960); А,3 – ბოგოროვისა და ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); **Б** – ზენკევიჩის მიხედვით (1956).



სურ. 12. მდინარის წყლებში ბინადარი ცხოველები და მცენარეები (ჟადინის და გერდის მიხედვით, 1961):

1 - ჭრიჭინას ლარვა *Gomphus*, 2 - მედღეურას ლარვა *Heptagenia*, 3 - *Nemura*-ს ლარვა, 4 - *Brachycentrus*-ის ლარვა, 5 - *Blephalocerus*-ის ლარვა, 6 - მიზიდა ულსკის, 7 - მდინარის ბოლობეჭედა, 8 - მდინარის ჯაში, 9 - *Potamogeton* გამჭოლფოთლიანი, 10 - *Butomus*-სუსაკი, 11 - ხავსი ფონტინალისი.

მდინარეთა პლანქტონი ანუ რეოპლანქტონი ხასიათდება წარმოშობის ჰეტეროგენულობით, რამდენადაც იგი წარმოიქმნება ავტოქტონური (ძველთაძველი მკვიდრი) და პლოქტონური ელემენტებიდან. რეოპლანქტონის სახეობრივი სხვადასხვაობები ჩვეულებრივ იზრდება სათავეებიდან მდინარის შესართავისაკენ, განსაკუთრებით, თუ მდინარე იკვებება ყინულოვანი, ჭაობის ანდა წყაროს წყლებით. ამ შემთხვევაში, სათავეში ის პრაქტიკულად მოკლებულია ფიტო- და ზოოპლანქტონს, ხოლო წყლის სისქეში არსებობს მხოლოდ ბაქტერიოპლანქტონი. ბენთოსის განაწილება მდინარეებში გამოირჩევა სახეობრივი შემადგენლობისა და ბიომასის კანონზომიერი ცვლილებით სათავეებიდან შესართავისაკენ და ნაპირებიდან შუა წელისაკენ.

III.5. ტბები

წყლით ავსებულ, სხვადასხვა ფორმისა და სიდიდის (ღრმულებს) ქვაბულებს ტბები ეწოდებათ. იმისდა მიხედვით, თუ რომელი აგენტების მოქმედებითაა წარმოქმნილი მათი ქვაბული, განასხვავებენ ტექტონურ ტბებს, რომელიც წარმოქმნილია დედამიწის ქერქში რღვევისა და გადაადგილების შედეგად (ბაიკალის, ტელეცკის და სხვა), რელიქტურებს (მაგალითად, კასპიისა და აზოვის ზღვა რომელიც წარმოიქმნა სარმატის ზღვისაგან, შავი ზღვის განცალკევებისას ან ხმელეთის აწევის შემდეგ), ყინულოვანი, რომელიც წარმოიშვა ყინულების უკან დახევისას პლეისტონურ დროში (მრავალრიცხოვანი ტბები სკანდინავიის, კარელიისა და სხვა), კარსტული ანდა ჩავარდნილი, ნაცრისა, ვულკანური, და სხვა. მუდმივი გამყინვარების ზონისათვის დამახასიათებელია თერმოკარსტული ტბები, რომელიც წარმოიქმნება ყინულის დნობის შედეგად. მდინარეთა გავაკებაზე მრავლადაა ჭალის ტბები, რომლებიც სხვადასხვა დროს გამოეყვნენ ძირითადი მდინარის კალაპოტს. ზღვის სანაპიროებთან გვხვდება ტბის-

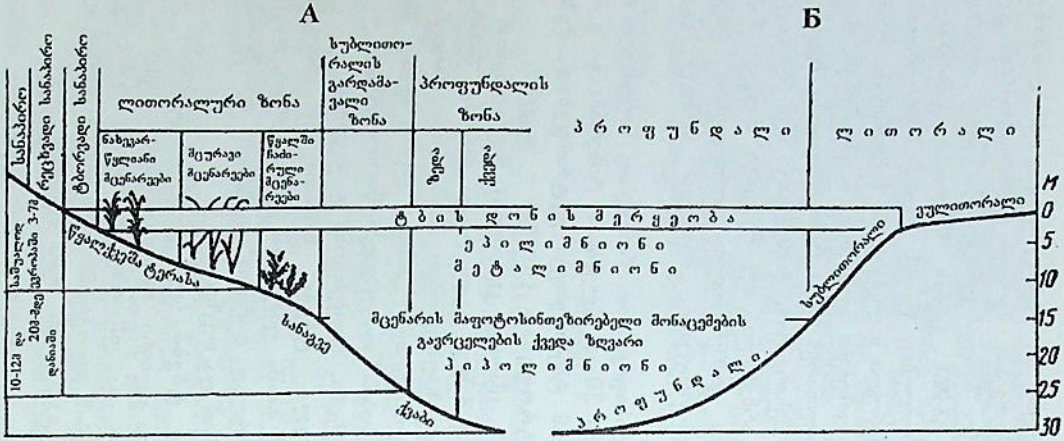
მაგვარი წყალსატევები — **ლაგუნები** და **ლიმანები**. პირველნი, ზღვის ყურეებია, მეორენი წარმოიქმნებიან ქვიშიანი ისარათი (ვიწრო ნახევარკუნძულის) წყლის დაგუბების შედეგად. წყლიო ტბების კვების ხასიათით განასხვავებენ: ჩაუდინარ ტბებს, რომლებიც წყალს იღებენ წყაროებიდან და ძირითადად ატმოსფერული ნალექებიდან; ჩამდინარეს, რომელსაც კვების იგივე თვისებები აქვს, რაც ჩაუმდინარეს, მაგრამ დინების მქონეა; გამდინარეს ანდა მდინარისეულს, შედინებით და გადინებით და შესართავის, რომელსაც აქვს შენაკადები, მაგრამ ჩადინების არმქონენი. თუ შენაკადი მაღლაა ჩამდინარეზე, განსხვავება კომპენსირდება აორთქლებით. ტბებში, განსაკუთრებით შესართავებში, შეიძლება მოხდეს წყლის გამლაშება.

ბიოლოგიური კლასიფიკაციით, რომელსაც საფუძველი ჩაუყარა ჩვენი საუკუნის 20-იან წლებში ა. ტინემანმა და ე. ნაუმანმა, მტკნარწყლიან ტბებს ყოფენ **ევტროფებად**, **მეზო-**, **ოლიგო-** და **დისტროფებად** (trophos — საკვები).

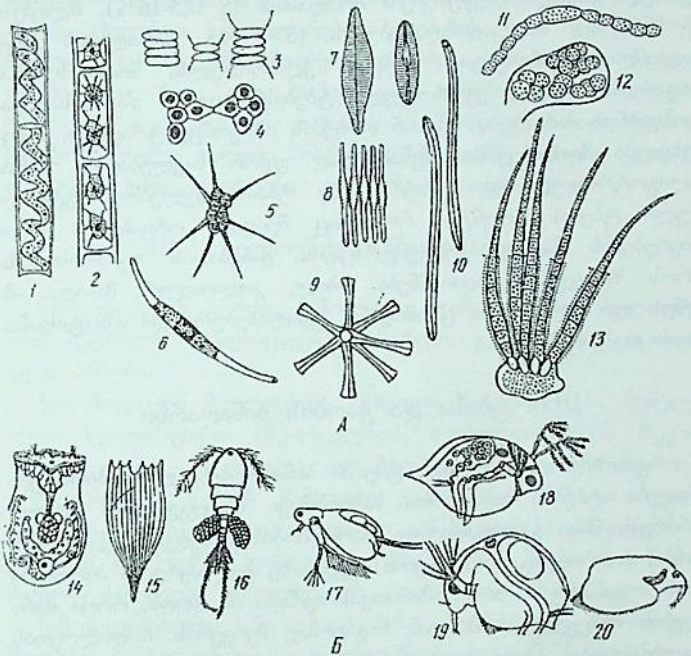
ევტროფულებს (მაღალ კვებითებს) მიეკუთვნებიან ნაკლებად ღრმა (10-15 მ-მდე) ვაკის ტბები გარედან შემოსული ბიოგენების სიუხვით. ზაფხულობით მათში დიდი რაოდენობით ვითარდება ფიტოპლანქტონი (კერძოდ, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები) და შესაბამისად, უხვადაა წარმოდგენილი ბაქტერიო და ზოოპლანქტონი, ზოობენთოსი და თევზები.

ოლიგოტროფული ტბები ხასიათდებიან ბიოგენების სიმწირით, ამიტომ მათში ფიტოპლანქტონი ცოტაა და შესაბამისად რაოდენობრივად ღარიბია ბაქტერიო და ზოოპლანქონით, ზოობენთოსით და თევზებით.

დისტროფული ტბები (არასაკმარისად კვებითი) არაღრმა წყალსატევებია ძლიერი ჰუმიფიცირებული წყლით, სწრაფად დაჭაობებული და ფსკერზე ტორფიანი დანალექებით. დისტროფული ტბების პლანქტონი და ბენთოსი ძალიან ღარიბია, სწორედ ასეთ ტბებში არ არიან თევზები.



სურ. 13. ტბების ბენთალის და პელაგიალის ეკოლოგიური ზონები.
А – ზერნოვის (1949); Б – Ruthner (1962).



სურ. 14. ტბისა და გუბურების პლაქტონის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975).
А – ფიტოპლაქტონი; **Б** – ზოოპლაქტონი.

1 - *Spirogura*, 2 - *Zygnema*, 3 - *Scenedesmus*, 4 - *Coelastrus*, 5 - *Richtriella*, 6 - *Closterium*, 7 - *Navicula*, 8 - *Fragilaria*, 9 - *Asterionella*, 10 - *Nitzschia*, 11 - *Anabaena*, 12 - *Microcystis*, 13 - *Glocothrichia*, 14 - *Asplanchna*, 15 - *Notolca*, 16 - *Macrocyclops*, 17 - *Diaphanosoma*, 18 - *Daphnia*, 19 - *Bosmina*, 20 - *Acantholeberis*.

ტბების დიდი უმრავლესობა მიეკუთვნება მტკნარს (S<0,05%), მცირედი ნაწილი მიეკუთვნება მომლაშოს (S=0,5-16%), მლაშეს (S=16-47%) ან გადამლაშებულს (S>47%). მარილების შემადგენლობის მიხედვით არჩევენ ქლორიდულს, სოდიანს და გოგირდიან ტბებს. ევტროფული ტბების წყალში აზოტისა და ფოსფორის მარილები შედიან თითქმის იმ კონცენტრაციით, რაც გვხვდება მდინარეებში, შესამჩნევად უფრო ნაკლებადაა ისინი ოლიგოტროფულ და დისტროფულ ტბათა წყლებში. ევტროფული ტბების გრუნტი, რომელიც შეიცავს ორგანული ნივთიერებების მაღალ კონცენტრაციას, ჟანგბადის უკმარისობის დროს ზოგჯერ გარდაიქმნება რბილ, კოლოიდურ მასად, ამ დროს იგი მდიდრდება ცხიმოვანი, ცვილისებური და აზოტოვანი ნივთიერებებით.

III.6. ტბისა და ჭაობის ბინადარნი

ორგანიზმებს, რომლებიც ტბებში ბინადრობენ, ლიმნობიონტები ეწოდება. ტბების ბინადართა სახეობრივი შემადგენლობა ძლიერ ვარირებს მისი გეოგრაფიული წარმოშობის მიხედვით (ქვაბულის წყობა, ჰიდროლოგიური რეჟიმი). ყველაზე ხელსაყრელი პირობები ტბის მობინადრეთა არსებობისათვის იქმნება იმ დროს, როცა მარილების შემცველობა 0,1-დან 1 გ/ლ-მდე მერყეობს. ჩრდილოეთის წყალსატევების სიცოცხლე კნინდება მარილების უკმარისობისაგან, ხოლო სამხრეთისა – წყალში მისი სიუხვისაგან. ზოოპლანქტონი ყველაზე ჭარბადაა შუა ზაფხულში, როცა ინტენსიურად ვითარდება წყალმცენარეები, ხოლო შემდეგ, დაწყებული შუა ზაფხულიდან, მისი ბიომასა და რიცხოვნება ჩვეულებრივ კლებულობს.

ჭაობები თხელწყლიანი გროვაა, რომელიც ნაწილობრივ ან მთლიანად დაფარულია მცენარეებით. ჭაობი გარდამავალია, წყალსა და ხმელეთს შუა, თუმცა საზღვარი მათ შორის, ე. ი. დაჭაობებულ წყალსა და დაჭაობებულ ხმელეთს შორის, ძნელად გასატარებელია. ჭაობის ბინადართა რაოდენობა მწირია, როგორც სახეობრივი შემადგენლობით, ისე რაოდენობრივად. უარყოფითი

მნიშვნელობა აქვს წყალში ჰუმინური ნივთიერებების სიუხვეს, ჟანგბადის დაბალ კონცენტრაციას, მომატებულ მჟავიანობას, რასაც ვხვდებით განსაკუთრებით ჭაობების ზედა ფენებში. უმრავლეს შემთხვევაში ჭაობები ღარიბია ბიოგენებით, პირველ რიგში ისევ ზედა არე, რამდენადაც ატმოსფერული ნალექები, რომლებიც მათ კვებავენ, თითქმის არ შეიცავენ მარილებს. ბიოგენების შესვლა წყლის სისქეში გრუნტიდან კავდება ტორფის იმ დანალექებით, რომლებიც ფსკერზე იმყოფება.

III.7. ხელოვნური წყალსატევები

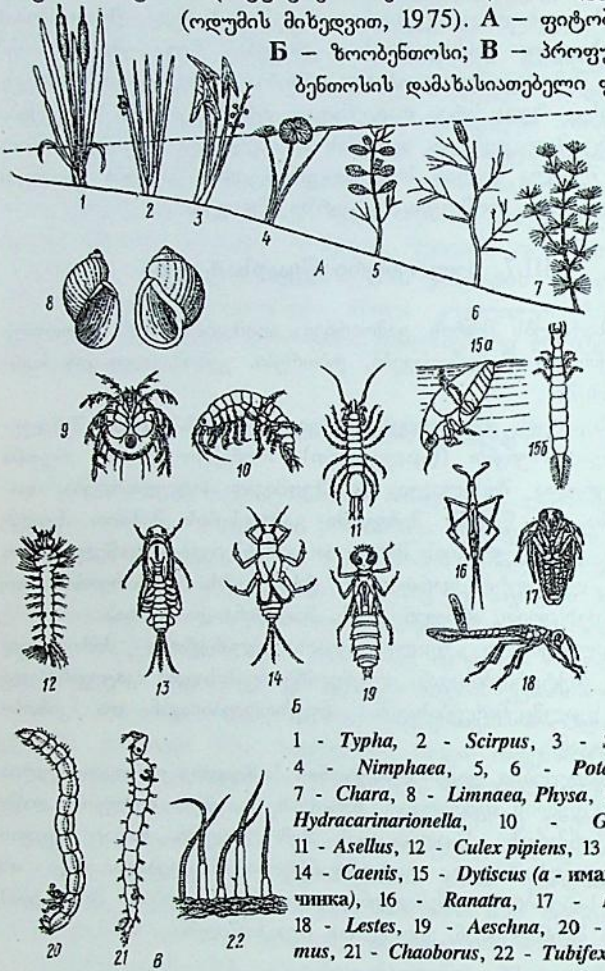
წყალსატევებს შორის, გამოირჩევა ადამიანის მიერ ხელოვნურად შექმნილი წყალსაცავები, ტბორები, გემთსავალი და სარწყავი არხები.

წყალსაცავებს მიეკუთვნება მსხვილი წყალსატევები შენელებული წყალბრუნვით (წყალცვლით), რომელთა დონის რეჟიმი ხელოვნურადაა შეცვლილი და მუდმივად რეგულირდება, დაგროვებისა და წყლის შემდგომი გამოყენების მიზნით. წყალსაცავებს კონფიგურაციის მიხედვით განასხვავებენ: გაწელილს — ველისას და უფრო ფართოს — ტბისებურს. მდებარეობის სიმაღლის მიხედვით, არჩევენ ვაკის, მთისწინა და მთისას.

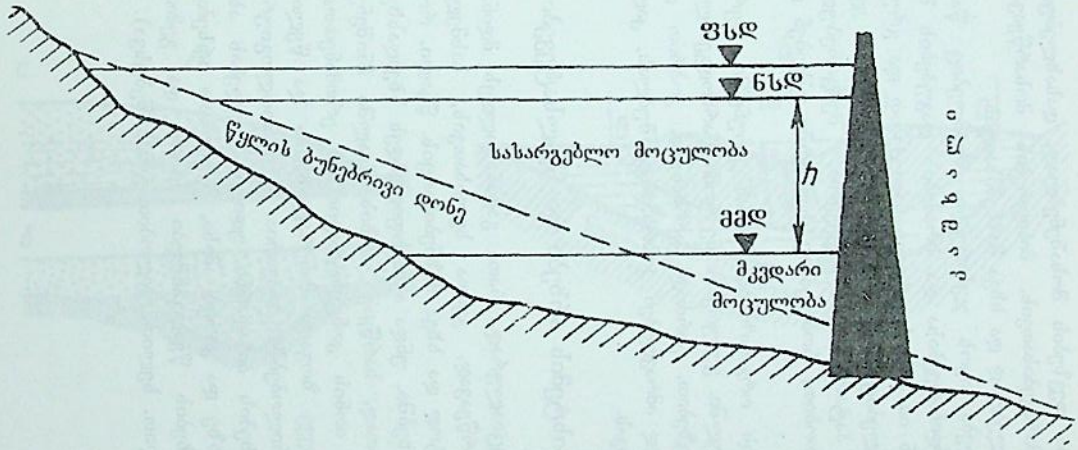
ჩამოყალიბებული წყალსაცავების პლანქტონი ძირითადად შედგება ბაქტერიებისაგან, ლურჯ-მწვანეებისაგან, კაჟოვანი და მწვანე წყალმცენარეებისაგან, ინფუზორიებისაგან და კიბოსნაირებისაგან.

წყალსატევებში ფიტოპლანქტონის სიმდიდრე დამოკიდებულია შემავალი წყლის შემღვრევის ხარისხზე და მისი შემდგომი დაწმენდის სიჩქარეზე. წყალსაცავის ზემო წელში, სადაც წყლის სიმღვრიე შესამჩნევია, ფიტოპლანქტონი ნაკლებადაა, და ის თავისი სახეობრივი შემადგენლობით (კაჟოვანების მომატება) ახლოსაა მდინარესთან, ვიდრე მის შუა ნაწილში.

სურ. 15. ტბისა და გუბურების ბენთოსის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975). **А** – ფიტობენთოსი; **Б** – ზოობენთოსი; **В** – პროფუნდალის ბენთოსის დამახასიათებელი ფორმები:



1 - *Typha*, 2 - *Scirpus*, 3 - *Sagittaria*, 4 - *Nimphaea*, 5, 6 - *Potamogeton*, 7 - *Chara*, 8 - *Limnaea, Physa*, 9 - *Aste-Hydracarinarionella*, 10 - *Gammarus*, 11 - *Asellus*, 12 - *Culex pipiens*, 13 - *Cloëon*, 14 - *Caenis*, 15 - *Dytiscus* (*а* - имаго, *б* - личинка), 16 - *Ranatra*, 17 - *Notonecta*, 18 - *Lestes*, 19 - *Aeschna*, 20 - *Chironomus*, 21 - *Chaoborus*, 22 - *Tubifex*.



სურ. 16. წყალსაცავის წყლის მოცულობები და დონეები:
ფსდ – ფორსირებული საყრდენი დონე
მმდ – მკვდარი მოცულობის დონე
ნსდ – ნორმალური დონე
(ავაქიანის და შარაპოვის მიხედვით, 1977).

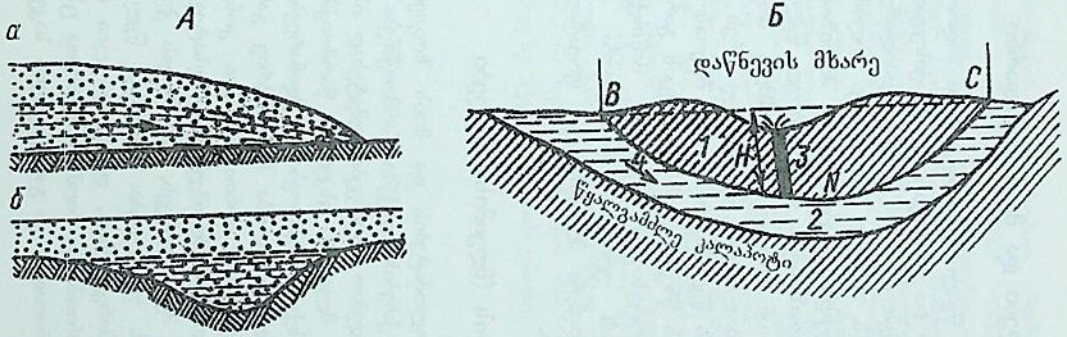
გუბურები კეთდება თევზების მოსაშენებლად, დასახლებული პუნქტების წყალმომარაგებისათვის, მინდვრების მოსარწყავად, საქონლის დასარწყულებლად და სხვა მიზნებისათვის.

გუბურები შეიძლება იყოს ჯებირული, რომლებიც წარმოიქმნება პატარა მდინარეებისა და ხრამების დაგუბების შედეგად და იკვებებიან იმ ატმოსფერული ნალექებით და გრუნტის წყლებით, რომლებიც ჩაედინებიან მასში. გუბურები ყველა შემთხვევაში პატარა წყალსატევებია, შემცირებული წყლის სარკის ფართობით, რომლებსაც ზამთარში უშვებენ და აცარიელებენ მას.

ზამთარში ფსკერის ორგანიზმები ჩადიან გრუნტში უფრო ღრმად, ვიდრე ზაფხულში. გუბურების ნექტონი წარმოდგენილია მცირერიცხოვანი თევზებით, კერძოდ კარჩხანათი, კობრით და ჭანარით; ხელოვნურად ამრავლებენ კობრს, სქელშუბლას, კალმახს და ზოგიერთ სხვას.

III.8. სარწყავი სისტემის არხები და წყალსატევები

მათ აშენებენ სპეციალურად, რათა გადანაწილდეს მდინარეთა დინება მოსარწყავად, გემთა სვლისათვის, სასმელი წყლის სატრანსპორტოდ და სხვა მიზნებისათვის. წყალი, რომელიც მიედინება არხებში, უნდა აკმაყოფილებდეს სხვადასხვა მოთხოვნებს. მაგალითად, სარწყავი არხის წყალში მნიშვნელოვანია ზოგიერთი იონის კონცენტრაცია და ერთმანეთთან მათი შეფარდება, ასევე ზოგადი მინერალიზაცია და წყლის სიხისტე. წყალგაყვანილობებში მთავარია მისი ბიოლოგიური სრულფასოვნება. არხების ბინადარნი უდიდეს გავლენას ახდენენ წყლის ხარისხზე და გარდა ამისა, შეუძლიათ არსებითად შეცვალონ არხების წყალგამშვები უნარი და გემთა სვლის ხარისხი (ისლით, სელით, ჭილობით გემის შებუსვა).



სურ. 17. წყალქვეშა წყლები. გრუნტის წყლების განლაგების სქემა (**А**) და არტეზიული აუზის აგებულების სქემა (**Б**):

а - გრუნტის ნაკადი, **б** - გრუნტის აუზი; 1 - წყალგამტარი ქანები, 2 - დაწნევით წყალშემცველი ფენა, 3 - ჭაბურღილი, 4 - ნაკადის მიმართულება, **В - С** - წყალგამძლე სახურავის ქვედა ზედაპირი, **Н** - დაწნევის სიმაღლე (დავიდოვის და სხვ. მიხედვით, 1973).

III.9. მიწისქვეშა წყლები და მათი ბინადარნი

გრუნტებში, თხიერ ფაზაში, წყალი წარმოდგენილია ჰიდროსკოპულ, აპკისებურ, კაპილარულ და გრავიტაციულ (თავისუფალი) მდგომარეობაში. თავისუფალი წყალი ავსებს მსხვილ კაპილარებსა და სხვა ქანების სიცარიელეებს. ამრიგად სხვადასხვა სიღრმეზე ფორმირდება წყალშემცველი ფენები. ყოველი ასეთი ჰორიზონტი ეფინება წყალგამძლე შრედ. ჰორიზონტის გრავიტაციულ წყლებს, რომლებიც განლაგებულნი არიან პირველ წყალგამძლე შრეში, ეწოდებათ გრუნტის წყლები, ხოლო ორ წყალგამძლე შრეს შორის — შრეთაშორისი. გრუნტის წყლები, რომლებიც შრეთაშორისაა მოქცეული, შეიძლება იყოს წნევის ქვეშ და წნევის გარეშე. საერთოდ, ასეთი წყლები არტეზიული წყლებია. მიწისქვეშა წყლებიდან ჰიდრობიონტთათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს გრუნტის წყლებს. მათ მიეკუთვნება მღვიმისეული, ფრეატიული და ინტერსტიციალური წყლები.

III.10. გამოქვაბულის (მღვიმის) წყლები

კირქვების, თაბაშირის, დოლომიტების და მთის ზოგიერთი სხვა ქანის გახსნის შედეგად ქანების სისქეში წარმოიქმნება სიცარიელეები, რომელთაც ეწოდებათ მღვიმეები. უმეტესად ისინი ივსებიან წყლით; ზოგჯერ, მღვიმის ფსკერზე წარმოიქმნება ტბორები და ტბებიც კი, მიწისქვეშა წყაროები და მდინარეები.

მიწისქვეშა წყლების მარილშემცველობა ჩვეულებრივ განსხვავდება კალციუმისა და მაგნიუმის იონთა მაღალი კონცენტრაციით ანუ სიხისტით. ქუთაისის მღვიმეების წყალსატევებში კალციუმის შემცველობა 211 მგ/ლ აღწევს, სარატოვის ჭებში, მაგალითად, იგი 616 მგ/ლ-ს უტოლდება. მღვიმეთა წყლების ბინადართა შემადგენლობა, უპირველესად, დამოკიდებულია მათი განათების სარისხზე. რიცხობრიობა და ბიომასა მღვიმეთა ცხოველებისა უმნიშვნელოა და ძირითადად ეს გამოწვეულია საკვების

რაოდენობის უკმარისობით, რომელიც შემოდის ზედაპირიდან. შესამჩნევ სიუხვეს აღწევენ ბაქტერიები, რომელთა ბიომასა, მაგალითად, კავკასიის ზოგიერთ მღვიმეში შეადგენს გრუნტის საერთო მასის 10-20%-ს. რამდენადაც მღვიმის ტემპერატურა მუდმივია, მათ ბინადართა ცხოვრებაში პერიოდულობა არ აღინიშნება. მთელი წლის განმავლობაში ისინი მრავლდებიან მუდმივი ინტენსივობით. მოლუსკების ნიჟარებზე არ აღინიშნება წლიური რგოლების არსებობა, რაც მიწისზედა ფორმებისათვის დამახასიათებელია. სინათლის არარსებობის გამო გამოქვაბულების მობინადრენი მოკლებულნი არიან მკვეთრ შეფერილობას. ისინი, როგორც წესი, მხოლოდ მოთეთრო ან მოყვითალო ფერებისანი არიან. ტროგლობიონტთა (გამოქვაბულის ბინადართა) დიდ უმრავლესობას თვალები რედუცირებული (გამარტივებული) აქვთ, ძლიერ განვითარებული აქვთ შეხებისა და ყნოსვის ორგანოები, გამოირჩევიან გრძელი კიდურებით. ტროგლობიონტთა მოძრაობა ნელია, ვინაიდან მათ რეცეპტორებს მხოლოდ მოკლე მანძილზე აქვთ შეცნობის უნარი.

IV თავი

ჰიდრობიონტთა სასიცოცხლო ფორმები

სასიცოცხლო ფორმები კონვერგენტულად აღმოცენებული ორგანიზმების ერთობლიობაა, რომელთაც გააჩნიათ მსგავსი შეგუების უნარი, რაც მათ საშუალებას აძლევს, იარსებონ და დამაგრდნენ განსაზღვრულ ბიოტოპებში. პელაგიალში სასიცოცხლო ფორმები წარმოდგენილია პლანქტონით და ნექტონით, მაგარ სუბსტრატზე კი ბენთოსით და პერიფიტონით, პელაგიალის და ბენთალის საკონტაქტო ზონაში პელაგობენთოსით, წყლის ზედაპირულ შრეში ისინი ნეისტონით და პლეისტონითაა წარმოდგენილი.

სასიცოცხლო ფორმის საზღვრებში განასხვავებენ ორგანიზმთა ერთობლიობას, რომლებიც გამოირჩევიან სპეციფიკური ნიშან-თვისებებით, რაც დამოკიდებულია ჰიდრობიონტთა თავისებურებასა და არსებობის პირობებზე. მაგალითად, პლანქტონი შეიძლება დავყოთ: წყალსატევთა ტიპების (ზღვის, მტკნარი წყლის, მდინარის, ტბის და სხვა), გეოგრაფიული მდგომარეობის (ტროპიკული, ბოლეარული, მაღალმთიანი და ა.შ.), ეკოლოგიურ ზონების (ზედაპირული, ღრმა წყლის, ნერიტიული, ლითორალური და სხვა), წლის სეზონის (გაზაფხულის, ზაფხულის, შემოდგომის, ზამთრის), წყლის ხარისხის (აციდოალკაფილური, სიცივე- და სითბომოყვარულები და სხვა), ბიოტოპთან დაკავშირების ხარისხის (ჭეშმარიტი, დროებითი, შემთხვევითი, ფაკულტატური) და ტაქსონომიური შემადგენლობის მიხედვით (ზოო- და ფიტოპლანქტონი, ბაქტერიოპლანქტონი, იქთიოპლანქტონი, კიბოსებრთა პლანქტონი და ა.შ. ზომითი ნიშან-თვისებებით (ნანო-, მიკრო-, მაკროპლანქტონი და სხვა). მეტი ან ნაკლები მსგავსებით ხასიათდება ბენთოსისა და ჰიდრობიონტთა სხვა სასიცოცხლო ფორმების კლასიფიკაცია.

IV.1. პლანქტონი და ნექტონი

პლანქტონურ ორგანიზმებს (ნექტონისაგან განსხვავებით) მიეკუთვნებიან ჰიდრობიონტები, რომელთაც არ შესწევთ აქტიური გადაადგილებისა უნარი, თუმცა მათი მოძრაობა არ ეწინააღმდეგება წყლის დინებებს.

ზომითი ნიშნებით განასხვავებენ მეგალო-, მაკრო-, მეზო-, მიკრო-, ნანო-, და პიკოპლანქტონს, რომელთაც შესაბამისად მიეკუთვნებიან ისეთი ორგანიზმები, რომლებიც მსხვილია 5 სმ-ზე, 5 მმ-ზე, 0,5 მმ-ზე, 50 მკმ-ზე და წვრილია 5 მკმ-ზე.

ზომითი ნიშნებით განასხვავებენ მეგალო-, მაკრო-, მეზო-, მიკრო-, ნანო- და პიკოპლანქტონს, რომელთაც შესაბამისად მიეკუთვნებიან ისეთი ორგანიზმები, რომლებიც მსხვილია 5სმ, 5მმ, 0,5მმ, 50მკმ, 5 მკმ-ზე და წვრილია 5 მკმ-ზე.

თავისებური სასიცოცხლო ფორმაა კრიოპლანქტონი, რომელიც მიეკუთვნება ტალის (თოვლის წყლის – ფშატულას) ბინადარს. დღისით კრიოპლანქტონის ორგანიზმები ეწევიან აქტიურ ცხოვრებას, ღამით კი ყინულს მიეყინებიან. პლანქტონისა და ნექტონის პელაგიური ცხოვრების წესი, პირველ რიგში, განპირობებულია ცურვით და ახასიათებთ ადაპტაციის უნარი, რის გამოც ნელდება მათი წყალში ჩაძირვა, ვინაიდან მათი სიმკვრივე ჩვეულებრივ რამდენიმეჯერ აღემატება წყლის სიმკვრივეს (1 ერთეულს).

<u>ცურვადობა.</u> რაც მეტია სხეულთა ხვედრითი ზედაპირი, მით უფრო ნელა იძირებიან ისინი წყალში, ვინაიდან გაზრდილ ზედაპირზე ჩაძირვისას მეტია ხახუნი. სხეულის ზომის შემცირებისას ხვედრითი ზედაპირი იზრდება, რის შედეგად ორგანიზმთა სანგრძლივი ლივლივი წყლის სისქეში შემსუბუქებულია. გარდა ამისა, ორგანიზმთა ხვედრითი ზედაპირი შეიძლება გაიზარდოს მათი შემჭიდროებით, სხეულის ძლიერი დანაწევრებით, როცა წარმოიქმნება სხვადასხვა სახის წანაზარდები, ეკლები და მრავალი სხვა დანამატი.

წყლის სიმკვრივე შესამჩნევად მაღლა იწევს, თუ მასში დაბლა ეცემა ტემპერატურა და იზრდება წნევა და მარილიანობა. ამის გამო ორგანიზმთა ტივტივის პირობები შესამჩნევად იცვლება. აღნიშნულის შესაბამისად, პლანქტონის სიმჭიდროვე ისე იცვლება, რომ იგი წყლის სიმკვრივეს უახლოვდება. როგორც წესი, მტკნარი წყლის პლანქტონური ორგანიზმების სიმკვრივე არ აღემატება 1,01-1,02 გ/სმ^3-ს, ზღვებისა კი – 1,03-1,06 გ/სმ^3-ს, და ამიტომ მათი ცურვადობა ახლოა ნეიტრალურთან. ნარჩენი მასის დაკლება შეიძლება მიღწეულ იქნეს ძვლოვანი ქსოვილის რაოდენობრივი შემცირებით, ასევე ცილის შემცირებით ქსოვილებში, მძიმე მარილების შეცვლით უფრო მსუბუქი მარილებით, დიდი რაოდენობის ცხიმის დაგროვებით, უფრო მკვრივი ცხიმის შეცვლა ნაკლებად მკვრივით, ღრუების წარმოქმნით, რომლებიც ივსება ჰაერით. ცილის რაოდენობის 5%-მდე კლება აღინიშნება ზოგიერთ ღრმა წყლის თევზებში მთლიანი სხეულის მასიდან, ნაცვლად ჩვეულებრივი 20-25%-ისა. მრავალ უხერხემლოსა და წყალმცენარეში აღინიშნება მძიმე მეტალთა იონების შეცვლა, უფრო მსუბუქით. მაგალითად, ნაცვლად Mg^{2+}-ის, Ca^{2-}-ისა და SO_4^{2+}-ისა– მათ სხეულში გროვდება Na^+ და NH_4^+.

ჰიდრობიონტებში სიმჭიდროვის დაკლების ყველაზე მიღებული ხერხია ცხიმის დაგროვება. ცხიმი, სახამებლის ნაცვლად, როგორც დამატებითი საკვები ნივთიერება უგროვდება პლანქტონისებში, კაჟოვანებსა და მწვანე წყალმცენარეებში. ხშირად ცხიმის დაგროვებას თან ახლავს მისი შედგენილობის დამახასიათებელი ცვლილებები. მაგალითად, ზვიგენ Centrophorus-ში ცხიმის 90% სკვალენიათაა წარმოდგენილი.

ტივტივის მომატების ეფექტური საშუალებაა ციტოპლაზმაში გაზური ჩანართები ან სპეციალური საჰაერო ღრუები. გაზური ვაკუოლები აქვს მრავალ პლანქტონურ წყალმცენარეს, საცურაო ბუშტები ზოგიერთ ფსკერზე მიმაგრებულ ჰიდროფიტს (შუქ წყალმცენარეებს), რაც მათ ეხმარება ვერტიკალური მდგომარეობის შენარჩუნებაში.

ნარჩენი მასის შემცირების ყველაზე გავრცელებული ხერხია სხეულში წყლის შემცველობის მომატება. წყლის შემცველობის ასეთი ძლიერი მომატების შემთხვევაში ორგანიზმის ნარჩენი მასა უახლოვდება 0-ს და ამიტომ მისი ჰასიური ფლოტირების უნარი განუსაზღვრელია. ზოგიერთ შემთხვევაში ორგანიზმთა სიმჭიდროვე იკლებს მათ მიერ გარემომცველ არეში დიდი რაოდენობით ლორწოს წარმოქმნით, თუმცა მისი წარმოშობის ბიოლოგიური მნიშვნელობა გაცილებით დიდია.

აქტიური მოძრაობა, ჩვეულებრივ, გამოვლინდება ცურვის ფორმით, უფრო იშვიათად შეინიშნება სტუნვა და ცოცვა. ზოგიერთი პელაგიური ცხოველი წყლიდან ამოსტომის გზით ახერხებს გარკვეულ მანძილზე გაფრენას. ცურვა ხორციელდება შოლტებითა და საცეცებით, სხეულის მოხრით, კიდურების ნიჩბისებურად მოქნევით და რეაქტიული ხერხით. შოლტებით და საცეცებით მოძრაობა დამახასიათებელია მიკროსკოპული ორგანიზმებისათვის (50-200მკმ). სხეულის მოხრის ხერხით მოძრაობა დამახასიათებელია უფრო მსხვილი ცხოველებისათვის, კერძოდ თევზებისათვის და ძუძუმწოვრებისათვის. როგორც სწრაფმა ფოტოგადაღებებმა გვიჩვენა, ყველაზე სწრაფი გადაადგილება შეიძლება მოხდეს ჰორიზონტალურ სიბრტყეში და თანაც სხეულის უკანა ნაწილის მორიგეობითი მიხვრა-მოხვრის შედეგად. მაგალითად, თევზი მახვილა ავითარებს 130 კილომეტრს საათში. მეტად ეფექტურია ცურვითი გადაადგილებისათვის ასევე რეაქტიული მოძრაობა, რაც ხდება შოლტოსნებში და ინფუზორიებში. მაგალითად, მათი სხეული, რომელიც მოგვაგონებს ზარის ფორმას, წყლით შევსების შემდეგ იწყებს სწრაფ შეკუმშვას და მკვეთრი ფორმით გამოანთხევს აღნიშნულ წყალს, რის შედეგადაც ორგანიზმი სწრაფად გადაადგილდება.

სწრაფი მოძრაობის უზრუნველსაყოფად ჰიდრობიონტებს ჩამოუყალიბდათ სხეულის ადვილად წყალშემოვლებადი ფორმა „საჭე“, რომელიც უზრუნველყოფს სხეულის მოძრაობის

მართვას ჰორიზონტალურ და ვერტიკალურ სიბრტყეებში თევზებს სიღრმის საჭეებად ემსახურებათ ფარფლები და კუდი. გარდა სხეულის ფორმის სიგლუვისა, ორგანიზმების სწრაფი გადაადგილებისათვის კიდევ საჭიროა ლორწოს გამოყოფა, რომელიც ამცირებს წყალში ხახუნს, კერძოდ, თევზებში, თავფეხიანებში. ასევე განსაკუთრებულია კანის საფარველის აგებულება ცხოველებში. მაგალითად, დადგენილია, რომ წყლის ხახუნით გამოწვეული წინააღმდეგობა დელფინისათვის 10-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე ზუსტად ისეთივე ფორმის და ზომის ხელოვნური მოდელისათვის. აქვე უნდა ითქვას, რომ ასეთივე დელფინის სხეულის კანის ჰიდროფობული თვისება აუმჯობესებს ცურვის სიჩქარეს, წყლის ზღვარსა და კანს შორის ნაკლები შეჭიდულობის გამო.

მრავალი ნექტონური ფორმისათვის, კერძოდ კი თევზებისათვის, დამახასიათებელია თანდაყოლილი რეორეაქცია, რომელიც გამოხატულია დინების საწინააღმდეგოდ მოძრაობაში, რაც უზრუნველყოფს ცხოველების ყოფნას მათი ადგილსამყოფელის ფარგლებში.

მოცურავე ცხოველებს, როგორც წესი, გააჩნიათ უარყოფითი და დადებითი ტივტივი — სამარჯვებით, ისინი ეწინააღმდეგებიან ჩაძირვას, ან წყლიდან მათ ამოგდებას. ამასთან დაკავშირებით, ცხოველების სხეულებს, რომელთაც გააჩნიათ უარყოფითი ტივტივი, როგორც წესი, მათი სხეულის ზემოთა მხარი ქვედასთან შედარებით უფრო გამობერილია. აქედან გამომდინარე, ასეთი ცხოველების ცურვის დროს წარმოიქმნება ამწევი ძალა და ამის საფუძველზე ნეიტრალდება ნარჩენი მასის ძალები. იმ ცხოველებს, რომელთა სხეულიც გამობერილია ქვევიდან, მოძრაობისას წარმოექმნებათ ჩამძირავი ძალა, რომელიც ანეიტრალებს ზევით მიმართულ ჰიდროსტატიკურ ძალებს (ალეევი, 1963). ამრიგად, ნექტონები თითქმის არ ხარჯავენ ენერგიას ცურვისათვის. საინტერესოა ის ფაქტი, რომ სელაპს მუცლის მხარე არა აქვს გამობერილი, ვინაიდან სხეულის ასეთი აგებულება ხელს შეუშლიდა ყინულზე ან

ნაპირზე მის წოლას, ამიტომ სელაპები ცურავენ ზურგზე, მუცლით ზემოთ ამოტრიალებული. გამობერილი ზურგის მხარე მათ უქმნის ისეთ პირობებს, რომელიც სჭირდებათ წყალში ჩაღრმავებისათვის. ფრენის უნარი გააჩნია მრავალ თავფეხიან მოლუსკს და თევზს. მაგალითად, კალმარს (სიგრძით 30-40 სმ), რომელიც გაურბის მტერს, შეუძლია გადაფრინდეს 50 მეტრის მანძილზე 50 კმ/სთ-ს სიჩქარით. ასეთივე თვისებით გამოირჩევიან მფრინავი თევზები, რომლებიც 10 წამის განმავლობაში ჰაერში ფარავენ 100 მეტრს.

პელაგიურ ორგანიზმებს შორის ცოცვა შეიმჩნევა წვრილ ფორმებში. მაგალითად, დიატომური წყალმცენარეების გადაადგილება ხდება მოძრავი ციტოპლაზმის კონტაქტით წყლის შემხებ ზედაპირთან. ორგანიზმთა პასიური მოძრაობა წყალში და, საერთოდ, წყალში გადაადგილება გარეგანი ძალების ზემოქმედებით გამოხატულია უფრო შესამჩნევად, ვიდრე ეს ხმელეთზეა. ყოველივე აღნიშნული თვით ჰიდრობიონტთა ბიოტოპის წყლის მასის გადაადგილების შედეგია.

ზოგიერთ შემთხვევაში, ნაკლებად მოძრავი ფორმები იყენებენ უფრო „ბუნებრივი ტრანსპორტის“ სხვადასხვა სახეს, რომლის დროსაც, ისინი გადაადგილდებიან თვით საჭირო სამარშრუტო ხაზების აქტიური გადაადგილების დახმარებით. ძალიან დიდია თავისი მასშტაბებით ჰიდრობიონტთა გადატანა წყლის დინებით ოკეანეში. ზღვის დინებებს, რომლებიც გადაჭიმულნი არიან დიდ მანძილზე და აქვთ დიდი სიჩქარე, უნარი შესწევთ, გადაიტანონ მცენარეები და ცხოველები ათასეულ კილომეტრზე. გარდა ჰორიზონტალური გადაადგილებისა, ჰიდრობიონტებს გააჩნიათ ვერტიკალური მოძრაობის უნარიც, რაც გამოწვეულია სიღრმისეული წყლების ზედაპირულ შრეებში ამოსვლით და, პირიქით, ზედაპირული წყლების სიღრმისკენ გადაადგილებით. წყლის დინებებით ჰიდრობიონტთა ვერტიკალური გადაადგილების უმთავრესი მოძრაობა შეიმჩნევა ზომიერი და პოლარისპირეთის წყლებში, წყლის მასების დივერგენციის და კონვერგენციის ზონებში, წყლის

დინებების განუწყვეტელ ზემოქმედებას საკუთარ თავზე განიცდის მდინარეთა პლანქტონი და ნექტონი.

პლანქტონური ორგანიზმები შეიძლება გადაადგილდნენ საჰაერო დინებითაც. მაგალითად, როცა წყალსატევები ან მათი ზოგიერთი ძონაკვეთი ამოშრება, ამ დროს ქარს შეუძლია, ამომშრალი წყალსატევის გრუნტიდან, მტვერთან ერთად, აიტაცოს მოსვენების სტადიაში მყოფი პლანქტონი, და ამის გამო ის ჰაერის მასების საშუალებით სხვა წყალსატევებში გადაადგილდება. მტკნარი წყლისა თუ ზღვის პლანქტონის მრავალი წარმომადგენელი, ჩაეყინება რა ყინულში, შეიძლება გადაადგილდეს შორ მანძილზე. ასევე, გადაადგილებისათვის მოხერხებულ სუბსტრატად გამოდგება გემის ფსკერი და სხვა მოცურავე საგნები, რომლებზეც დროებით ემაგრებიან პლანქტონური ორგანიზმები.

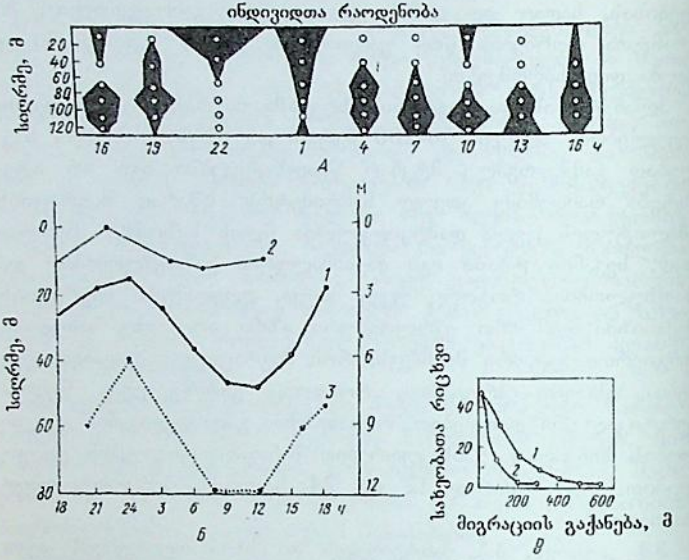
მიგრაციები. პლანქტონისა და ნექტონის მრავალი წარმომადგენლის პოპულაციებს მიგრაცია საშუალებას აძლევს, მიზანმიმართულად გამოიყენოს სასიცოცხლო რესურსები, მათი დროსა და სივრცეში მდგომარეობისა და თვით ორგანიზმის მოთხოვნილებების ცვლილებების შესაბამისად.

ვერტიკალური მიგრაცია. მიგრაციებს შორის უპირატესი მნიშვნელობა აქვს დღეღამურს, სეზონურს და ასაკობრივს (ონტოგენეტიკურს). მიგრანტები გადაადგილდებიან სხვადასხვა ფაქტორის კონტროლით, რომელთაგან უმთავრესია განათება და ტემპერატურა. დღეღამური მიგრაციები დამახასიათებელია ფიტო- და ზოოპლანქტონების მრავალი წარმომადგენლისათვის, რომლებიც განსხვავდებიან თავიანთი გამოვლინების მრავალსახეობით. კერძოდ, დროის, ამპლიტუდის, მიმართულების, სიჩქარის და სხვა თავისებურებებით. განსაკუთრებით რთულია ზოოპლანქტონის დღეღამური მიგრაცია. მათი უმრავლესობა დღეღამური პერიოდის ბნელ ნაწილში თავს იყრის წყლის ზედაპირზე, სოლო დღისით კი გადაინაცვლებს წყლის უფრო ღრმა შრეებისაკენ. არქტიკის და ანტარქტიკის ზღვებში პოლარული დღეების დროს ჰიდრობიონტთა დღეღამური მიგრაცია

საერთოდ არ არსებობს. დაბალი განედებისკენ გადაადგილებისას, სადაც დღე-ღამის ცვლა უფრო გამოკვეთილია, მიგრანტთა ფორმების წრე ფართოვდება, თვით მიგრაციები კი ხდება დიდ სიღრმეებში.

პლანქტონის და ნექტონის ზღვებში მიგრაციის განივკვეთი რვეულებრივ აღწევს 50-200 მეტრს და მეტსაც, ხოლო ნაკლებად გამჭვირვალე მტკნარ წყალსატევებში იგი არ აღემატება რამდენიმე ათეულ სანტიმეტრს. ხშირად მიგრაციის ამპლიტუდის ცვლა დამოკიდებულია წლის სეზონზე. მაგალითად, სევანის ტბაში იგი მაქსიმალურია გაზაფხულობით და ზაფხულობით. როგორც უკვე ითქვა, დღეღამური მიგრაციის მექანიზმი და მისი ეკოლოგიური აზრი არც ისე ნათელია. ზოგიერთი ავტორი მიიჩნევს, რომ მიგრაციული გადაადგილებები პასიური პროცესია, რომელიც გამოწვეულია წყლის ვერტიკალური დინებებით, ორგანიზმთა გადაადგილების ცვლილების სიჩქარით, განსაკუთრებით შინაგანი ტალღების ცვლილებით, რაც ხშირად 12 და 24 საათიანი პერიოდულობით ხასიათდება.

მ.მ. კოჟოვს, ბ.პ. მანტეიფელს და სხვა მკვლევრებს აქვთ მოსაზრება დღეღამური ვერტიკალური მიგრაციის დამცავ-მკვებავი მნიშვნელობის შესახებ. სიბნელის დროს, დღეღამური ცვლის პლანქტონური ცხოველური ფიტოფაგები იკვებებიან წყლის ზედა შრეებში, სადაც შეინიშნება უმეტესად წყალმცენარეთა მაღალი კონცენტრაცია, ხოლო დღენათელზე ისინი ეშვებიან წყლის სიღრმეში და მიუწვდომელი ხდებიან ზოოპლანქტოფაგ-თევზებისათვის, პირველ რიგში „თვალხილულთათვის“. სეზონური და ასაკობრივი ვერტიკალური მიგრაციები, შესაბამისად დაკავშირებულია სხვადასხვა ჰიდროლოგიური მაჩვენებლის სეზონურ და თვით ორგანიზმების მდგომარეობის ცვლილებებთან.



სურ. 18. ზოოპლაქტონის დღეღამური ვერტიკალური მიგრაციები. **А** - ***Calanus finmarchicus***-ის მდედრები (**Raimont**-ის მიხედვით, 1963): ფიგურების სიგანე გამოხატავს ინდივიდთა რიცხობრიობას; **Б** - ***Euchacta acuta*** (1), ***Calanus finmarchicus*** (2) და ***Podon polylhemoides*** (3 - სკალა მარჯვნივ); **В** - ***Calanoida***-ს სახეობის განაწილება მიგრაციის მიმართულებით და განშლით:

1 - სახეობათა რიცხვი პირდაპირი მიგრაციებით,
2 - სახეობათა რიცხვი ინვერტირებული მიგრაციებით (რუდიაკოვის მიხედვით, 1977, ცვლილებებით).

მაგალითად, შავ ზღვაში ზედაპირულ შრეებში 0-50 მეტრამდე ცივი წყლის მოყვარულები ზაფხულში არ გვხვდება, სამაგიეროდ, ზამთარში, სივრცეში, ისინი დიდი რაოდენობითაა წარმოდგენილი.

ჰორიზონტალური მიგრაციები. ჰორიზონტალური მიმართულებით მასობრივ აქტიურ გადაადგილებას ახორციელებენ, უმეტესად ნექტონის წარმომადგენლები, განსაკუთრებით თევზები და ძუძუმწოვრები. მიგრაციებს, რომლებიც მიმართულია ღია ზღვებიდან მისი ნაპირებისაკენ და მდინარეებისკენ, უწოდებენ ანადრომულს, ხოლო საპირისპიროდ – კატადრომულს (ana – ზევით, kata – ქვევით, dromcion – გაქცევა). ზღვიდან მდინარეებში ქვირითის დასაყრელად მიდის მრავალი თევზი (ზუთხისებრნი, ორაგულისებრნი და სხვა), პერიოდულად ნაპირებს მოადგება ოკეანის ქაშაყი, ვირთევზა. მდინარეებიდან ზღვებში ქვირითის დასაყრელად მოცურავენ გველთევზები. თავისი ბიოლოგიური დანიშნულებით გამოყოფენ მიგრაციებს კვებისთვის, ტოფობისთვის და გამოზამთრებისათვის, ზოგჯერ ისინი კომბინირდებიან ერთმანეთთან. მაგალითად, გაზაფხულზე შავი ზღვიდან აზოვის ზღვაში კვებისათვის გადიან ქაფშიების უზარმაზარი გუნდები, ხოლო შემოდგომაზე უკან ბრუნდებიან, საზამთროდ უფრო თბილ წყლებში. ნექტონების ჰორიზონტალურმა მიგრაციამ შეიძლება მიაღწიოს ძალიან დიდ განფენილობებს. შორ მანძილზე მიგრირებს კეტა, ღუსკანა, ჩრდილოეთის ორაგული, ზუთხი. ჩრდილო ევროპის მდინარეებიდან სარგასის ზღვაში 7-8 ათასი კილომეტრის სიშორიდან მოცურავენ გველთევზები, სადაც ისინი ქვირითის დაყრის შემდეგ იღუპებიან. მიცურავენ რა ასეთ შორ გზებზე და მანძილზე, ცხოველები მიგრაციის დროს ავლენენ განსაცვიფრებელ ნავიგაციურ თვისებებს. მაგალითად, თევზები შეუცდომლად მიდიან ტოფობისთვის ერთი და იმავე ადგილისაკენ, არჩევენ ყველა მდინარიდან და შენაკადიდან ადგილს, სადაც გაჩნდნენ ამ ქვეყნად.

IV.2. ბენთოსი და პერიფიტონი

ბენთოსური ორგანიზმები ბინადრობენ გრუნტის ზედაპირზე და მის სისქეში, შესაბამისად, ფსკერის ბინადართ ყოფენ ეპი- და ენდობენთოსად. ასეთივე პრინციპით ფსკერის ცხოველებში ზომის მიხედვით განასხვავებენ ეპი- და ინფაუნის წარმომადგენლებს, მიკრო-, მეიო/მეზო-, და მაკრობენთოსებს. პირველს მიაკუთვნებენ ორგანიზმებს, რომელთა ზომა ნაკლებია 0,1 მილიმეტრზე, უკანასკნელის ზომა კი 2 მილიმეტრამდეა. ბენთოსის ყველაზე მასიური წარმომადგენელია ბაქტერიები, აქტინომიცეტები, წყალმცენარეები და სოკოები, უმარტივესები (განსაკუთრებით თავფეხიანები და ინფუზორიები), ღრუბელები, მარჯნები, რგოლოვანი ჭიები, კიბოსნაირები, მწერთა ჭუპრები, მოლუსკები და კანეკლიანები. პერიფიტონს (შემონაზარდებს) ჩვეულებრივ მიაკუთვნებენ ყველა ორგანიზმს. პერიფიტონული ორგანიზმები ბინადრობენ წყლით დაფარულ სხვადასხვა ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ზედაპირებზე, გემების ფსკერზე და სხვა ობიექტებზე. თავისუფალ ზედაპირებს უპირველესად ითვისებენ ბაქტერიები, სოკოები და წყალმცენარეები, შემდეგ ლარვები და უხერხემლოთა ზრდასრული ფორმები. შემონაზარდების მაქსიმუმი შეინიშნება განსაზღვრულ სიღრმეზე, სადაც განათების პირობები და სხვა აბიოტური ფაქტორები მეტად ხელსაყრელია პერიფიტონის განვითარებისათვის (კონსტანტინოვი, 1977). ძალიან დამახასიათებელია ბენთოსის ორგანიზმებისათვის და პერიფიტონისთვის პლანქტონური ცხოვრების წესზე დროებითი გადასვლის შეგუებულობა. ეს კი უზრუნველყოფს ნაკლებად მოძრავი ფორმებისათვის შესამჩნევი გადაადგილების შესაძლებლობას, რაც ბიოტოპების შეცვლას იწვევს.

<u>მყარ სუბსტრატზე დამაგრება</u>. ბენთოსისა და პერიფიტონის ორგანიზმებისათვის არსებითია კავშირი ამა თუ იმ ბიოტოპთან სხვადასხვა ძალის გადასვლების საწინააღმდეგოდ (წყლის მოძრაობა, გრავიტაციული ძალები და სხვა). გადაადგილების წი-

ნააღმდეგობის გაწევა (დაპირისპირება) მიიღწევა სიმკვრივის გაზრდით, სუბსტრატზე მიმაგრებით, მასში ჩაღრმავებით, სხვადასხვა ღუზის განვითარებით და ზოგიერთი სხვა საშუალებით. ფესვებისა და რიზოიდებით მიმაგრება, უპირველესად, დამახასიათებელია მრავალი წყალმცენარისათვის. ფესვისმაგვარი წამონაზარდებით აგრეთვე ემაგრებიან: მრავალი ჰიდროიდი, მინისებური ღრუბელი, მხარფეხიანები, ზღვის ლილიები. ზოგიერთი ფორმისათვის ფიქსაცია მიიღწევა სხეულის გამკვრივებით, ყოველნაირი წანაზარდის წარქმნით, რომლებიც აძლიერებენ გრუნტზე ორგანიზმთა შეჭიდულობას, ასევე გრუნტზე დამაგრებული ან მასზე თავისუფლად მდებარე პატარა სახლების აშენებით და ზოგიერთი სხვა საშუალებებით.

ზოგ შემთხვევაში ფსკერის ორგანიზმებს არ შესწევთ გრუნტზე მიმაგრების უნარი, ვინაიდან მათ არა აქვთ საკმარისად მყარი კონსისტენცია. ამიტომ ბენთონტებისთვის, რომლებიც ბინადრობენ ნახევრად თხიერ გრუნტზე, არსებობს სხვადასხვა შეგუებულობა, რითაც ისინი თავიდან იცილებენ მასში ჩაძირვას. ასეთ შეგუებულობას მიეკუთვნება ორგანიზმების სიმკვრივის დაწევა (კერძოდ, ნიჟარის გათხელება მოლუსკებსა და მხარფეხიანებში), „აისბერგული ადაპტაცია“, როცა სხეულის ნაწილი ჩაძირულია გრუნტის უფრო მკვრივ შრემდე, „თხილამურული ადაპტაცია“, ამ დროს ხდება სხეულის გამკვრივება და მისი ზომების შემცირება.

IV.3. შეწონარებულებით დაფენისაგან (წაყრისაგან) დაცვა

ყველა ორგანიზმს, რომელიც კი მიმაგრებულია გრუნტზე, ემუქრება საშიშროება, ჩაიმარხოს ნალექების შრეში, რაც წარმოიქმნება წყალში შეწონარებული მინერალების და სხვა ნაწილაკების განუწყვეტელი დალექვით. ამიტომ ყველა ბენთონტს, კონვერგენტულად დამცავი საშუალების სახით, გამოუმუშავდებათ გრუნტიდან ამოწეული შესაბამისი ფორმის სხეული, რომელიც ზრდის პროცესში გაწელილია ზევითკენ. ფსკერზე მიმა-

გრებულ ორგანიზმებს, უმთავრესად, გააჩნიათ კონუსის ფორმა, ძაბრისმაგვარი, სოკოსმაგვარი, ყოველ შემთხვევაში, ძირითადად, ყველა ფორმისთვის სხეულის ქვედა ნაწილი წვრილია. ასეთი ფორმა დამახასიათებელია მრავალი ღრუბელასათვის, მარტოხელა მარჯნისათვის, რიგი მოლუსკებისათვის, მხარფეხიანებისათვის, ზღვის ლილიებისათვის.

მაღალი ჰიდროდინამიკური აქტიურობის წყალსატევებში გრუნტის ენერგიული ამღვრევის პროცესები და შეწონარებული ნაწილაკების სეგმენტაცია შეიძლება გახდეს ფსკერზე მიმაგრებული ორგანიზმების არსებობის გამომრიცხველი ფაქტორი.

მოძრაობა. მოძრაობის ხარისხის მიხედვით, ბენთოსურ და პერიფიტონურ ორგანიზმებს შორის გამოყოფენ შემდეგ ფორმებს: მოხეტიალეს ან ვაგილურს (კიბორჩხალები, რვაფეხები, ზღვის ვარსკვლავები და სხვა), სედენტალურს, რომლებიც წვანან გრუნტზე, არაუმნიშვნელო გადაადგილებისათვის (მრავალი მოლუსკი,ზღვის ზღარბები) და მიმაგრებულები, ანუ სესილურნი (ღრუბელები, ხავსები, მარჯნები). საერთოდ, ბენთალის და პერიფიტალის ბინადართ აქვთ ბევრად უფრო სუსტად გამოხატული აქტიური მოძრაობის უნარი, ვიდრე პელაგიურ ორგანიზმებს. იმავდროულად, ისინი ნაკლები ხარისხით არიან ადაპტირებული პასიურ გადაადგილებებთან.

ხოხვა. ხოხვა ხდება ამებოიდური მოძრაობის საშუალებით. (ფესვფეხიანები), სხეულის პერისტალტიკური შეკუმშვით, (ჭიები), კიდურებით (რიგი მწერების ჭუპრები) და წამწამებით (ინფუზორიები, სხვადასხვა ჭია, მოლუსკები და სხვა). ხშირად იგი ხორციელდება მიმაგრების ადგილისკენ სხეულის გადაწევით და შემდგომ მისი წინ გადატანით მოძრაობის მიმართულებით. მაგალითად, რვაფეხა მიეწებება საცეცებით ამა თუ იმ სუბსტრატს და ამის შემდეგ თავის სხეულს გადაწევს მიმაგრების ადგილისკენ, რის შემდეგ საცეცები კვლავ გაიტყორცნებიან წინ და მიეძაგრებიან სუბსტრატის ახალ ადგილს. სხეულის გადაწევის ხარჯზე გადაადგილდებიან წურბელები, კანეკლიანები და ზოგიერთი სხვა უხერხემლო. ხტომის საშუალებით გადა-

ადგილების უნარი შესწევს ზოგიერთ მუცელფეხიანს. აღნიშნული უნარი მათ შველის მტრისგან განსარიდებლად. ცოცვა დამახასიათებელია მრავალი მწერისთვის, რომლებიც ჩაეჭიდებიან რა თათებით, შეუძლიათ გადაადგილდნენ სრულიად გლუვ ზედაპირზეც.

ბენთოსის უმრავლესი წარმომადგენლისათვის დამახასიათებელია „ჰომინგის“ მოვლენა, რაც ძირითადად გამოიხატება მუდმივ საცხოვრებელ ადგილზე დაბრუნებაში. ტოვებენ რა თავის თავშესაფარს კვებითი თუ სხვა მიზნებისათვის, ცხოველები ყოველთვის ბრუნდებიან უკან „სახლში“, ვინაიდან ხელმძღვანელობენ გრძნობის სხვადასხვა ორგანოთი. მაგალითად, დამთავრება თუ არა მიქცევა, მოლუსკები იმავე საათს იწყებენ უკან, საწყის ადგილზე დაბრუნებას, იმავე გზით, ან აღწერენ 1,5 მეტრი დიამეტრის ჩაკეტილ წრეს (Thomas, 1973).

მიგრაციები. ბენთონთა რეგულარული მასობრივი გადაადგილება მიმდინარეობს ფსკერზე, გრუნტისა და წყლის სისქეში აწევის გზით, სადაც ისინი მიიტაცებიან სხვადასხვა დინებით. მნიშვნელოვან ჰორიზონტალურ მიგრაციებს გრუნტზე, უმეტესად, მსხვილი კიბოსნაირები ახდენენ. ზღვის ღია ნაწილებიდან ნაპირებისკენ საკვებად მიგრირებს მრავალი კრევეტი, კიბორჩხალა, ასთაკვა, ლანგუსტი. შემოდგომით კამჩატკის კიბორჩხალა 200კმ-ის მანძილზე გადაადგილდება ნაპირებიდან ღია ზღვისკენ, ხოლო გაზაფხულზე, საზამთრო ადგილებიდან კვლავ უბრუნდება სანაპირო წყლებს.

მდინარეთა და წყაროების დინების მიმართულებით მიგრირებს მრავალი კიბოსნაირი და მწერის ჭუპრი. ამისათვის ისინი ცურავენ სისქეში დინების მიმართულებით. გარკვეული მანძილის შემდეგ ეშვებიან ძირს, ახალ ადგილზე. როგორც წესი, წყლის სისქეში მათი აწევა ხდება ღამით, როცა ნაკლებადაა მათი დალუპვის საშიშროება.

ვერტიკალური მიგრაციები გრუნტის სისქეში ატარებენ დღეღამურ ან სეზონურ ხასიათს. დღეღამური გადაადგილებები, ჩვეულებრივ, დაკავშირებულია თავდაცვასთან, გავრცელებასთან,

კვებასთან, ჟანგბადის მოპოვებასთან. ინფაუნის მკაფიოდ გამოხატული ვერტიკალური მიგრაცია ზღვის ქვეშიან ლითორალზე შეინიშნება მისი მიქცევის და მოქცევის ცვლილებასთან დაკავშირებით.

IV.4. პელაგობენთოსი, ნეისტონი და პლეისტონი

ჰიდრობიონტთა მნიშვნელოვანი ნაწილი შეეგუა მყარი და გაზისებური ფაზებისაგან წყლის გამყოფ საზღვართან არსებობას. ფსკერთან, წყლის სიზრქის კონტაქტის ზონაში, ბინადრობენ პელაგობენთოსის წარმომადგენლები, რომლებიც ხან ცურავენ, ხან გრუნტზე გადაადგილდებიან, ანდა მასში ჩაეფლობიან. წყლის ზედაპირის შრე ნეისტონისთვის და პლეისტონისთვის არის ბიოტოპი. არსებითი განსხვავება ამ ორი სიცოცხლის ფორმის წარმომადგენლებს შორის ისაა, რომ ნეისტონტები არიან მცირე, მიკროსკოპული ფორმები, რომლებიც ბინადრობენ წყლის მფარავი აპკის ზედაპირზე (ეპინეისტონი) ან უშუალოდ აპკის ქვეშ (ჰიპონეისტონი). პლეისტონტები მსხვილი ან საშუალო ზომის ორგანიზმებია, რომელთა სხეულის ნაწილი ჩაყვინთულია (ჩაყურსულია) წყალში, და ნაწილი კი ამოშვერილია მის ზედაპირს ზემოთ.

პელაგობენთოსი. პელაგობენთოსის წარმომადგენლები, ზომისა და მოძრაობის მიხედვით მიეკუთვნება ნექტო- ან პლანქტობენთოსს. ნექტობენთოსის წარმომადგენლებია უპირატესად კიბორჩხალები და თევზები. პლანქტობენთოსის ტიპურ წარმომადგენლებს მიეკუთვნებიან: სოჭოები, ციბრუტელები და ლურჯმწვანე წყალმცენარეები. წყლის სისქეში და გრუნტში მორიგეობით ბინადრობენ პლანქტონტები და ბენთონტები, რომელთაც უმუშავდებათ სპეციფიკური ადაპტაციის უნარი. რაც უზრუნველყოფს გრუნტში შეღწევის უნარს ან შეწონარებულ მდგომარეობაში არსებობას. მიუხედავად ამისა, ორივე შემთხვევაში, ისინი ეწევიან აქტიური ცხოვრების წესს, რომელსაც თან ახლავს ინდივიდთა ნორმალურად ზრდა და განვითარება. მაგალი-

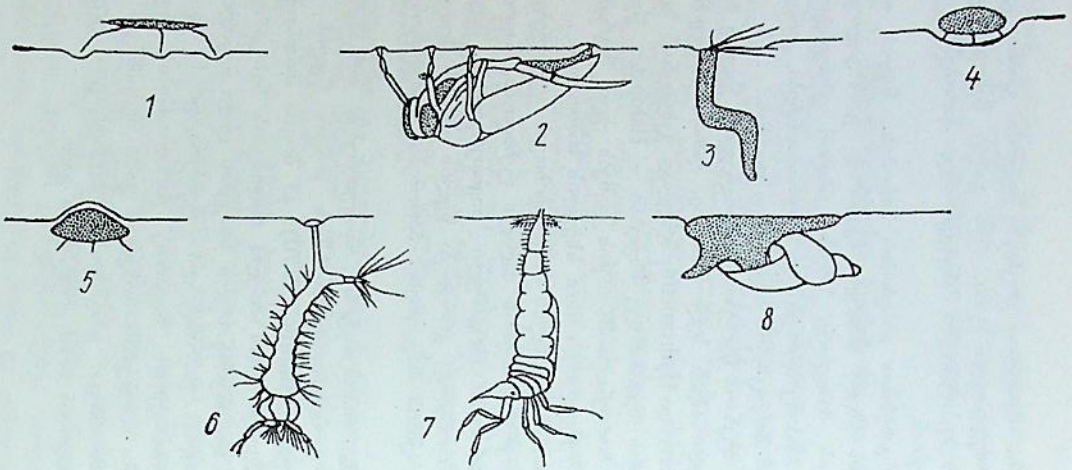
თად, ყველა თევზს, რომელიც გრუნტში ეფლობა, გააჩნია გველისმაგვარი, წაგრძელებული ტანი, რის გამოც მისთვის გაადვილებულია მყარ სუბსტრატში ჩანერგვა. ასეთ პირობებში ისინი აქტიურად იკვებებიან.

ნეისტონი. ორგანიზმთა არსებობის პირობები, წყლის დაჭიმულობის გარსის ზედა მხარეს მკვეთრად განსხვავებულია, ვიდრე ზედაპირის მიმდებარე შრეში. ამიტომ ეპინეისტონები აერობიონტებია, ჰიპონეისტონები კი ჰიდრობიონტები. ორივენი, არსებითად ქმნიან სიცოცხლის სხვადასხვა ფორმას.

ეპინეისტონი. მტკნარი წყლების წყალსატევების წყლის ზედაპირზე გადაჭიმული აპკის ზედა მხარეზე, დარბიან ბაღლინჯოწყალმზომები Gerris და Hydrometra. მრავლად გვხვდებიან ზღვის და ოკეანის წყლის ზედაპირზეც მსგავსნი – Halobates. წყლის გარსი იზნიქება მორბენალი მწერების ფეხებს ქვეშ, მაგრამ არ სკდება, რაც უზრუნველყოფს მათი სხეულის სიმშრალეს.

ეპინეისტონების სიცოცხლის პირობებისთვის აუცილებელია მზის მაღალი ენერგია, ჰაერის მაღალი ტენიანობა, საყრდენი ზედაპირის მოძრაობა. ორგანული ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია, რომელიც გროვდება წყლის გარსის ზედა და ქვედა მხარეზე, ქმნის საუკეთესო პირობებს ეპინეისტონების კვებისათვის.

ჰიპონეისტონი. ჰიპონეისტონს მიაკუთვნებენ ორგანიზმთა ერთობლიობას, რომლებითაც 5 სმ-ის სისქის წყლის შრე არის დასახლებული (Зайцев, 1970). ამ შრეში შთაინთქმება წყალში შემოღწეული მზის მთელი რადიაციის ნახევარი და ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივების დიდი ნაწილი. ამ შრეში მკვეთრადაა გამოხატული ტემპერატურის დაცემა წყლისა და ატმოსფეროს ზღვარზე. მარილიანობის რეჟიმი აორთქლებისა და ნალექების მოსვლის გამო შესამჩნევი ლაბილურობით გამოირჩევა, ჟანგბადის კონცენტრაცია უცვლელად მაღალია ჰაერთან მისი კონტაქტის გამო.



სურ. 19. ნეისტონის წარმომადგენლები:

1 - *Hydrometra*, 2 - *Notonecta*, 3 - *Stratiomis*-ის მატლი, 4 - *Cyrinus*, 5 - *Hydrophilidae*, 6 - *Culex*-ის მატლი, 7 - *Ditiscus*-ის მატლი, 8 - *Limnea*.

წყლის ზედაპირული აპკი, მისი დრეკადობის წყალობით, თავისებური საყრდენია ნეისტონური ორგანიზმებისათვის, რომელთა ნაწილი ამ აპკს წყლის მხრიდან ჩამოეკიდება, ნაწილი კი ასევე ეყრდნობა ქვევიდან. დასველებისა და დაუსველებლობის მოვლენები იწვევენ სხვადასხვა ზოოლოგიურ შედეგებს ჰიპონეისტონტების ცხოვრებაში, რომლებიც კონტაქტში არიან აპკთან. რაც მეტია გარსის დაჭიმულობა, მით უფრო ღარიბია რაოდენობრივად ჰიპონეისტონი. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, წყლის ზედაპირული ფენისთვის დამახასიათებელია ორგანული ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია. ერთი მხრივ წყლის ზედაპირზე გროვდება სხვადასხვა მკვდარი აერობიონტი, განსაკუთრებით მწერები, ასევე მტვერი, რომელიც შეიცავს ორგანულ ნივთიერებებს, შეტანილს ხმელეთიდან. მეორე მხრივ, წყლის სიღრმიდან ზედაპირისკენ ამოტივტივდებიან დახოცილ ჰიდრობიონტთა ნარჩენები, რომლებიც ქმნიან ე.წ. „ლეშთა ანტიწვიმას". საბოლოოდ, ორგანიკის კონცენტრაციის ასაწევად წყლის ზედაპირულ შრეში არსებით როლს თამაშობენ სიღრმიდან ზევით ამომავალი გაზის ბუშტუკები და ქაფი. როგორც მრავალ ავტორთა გამოკვლევების შედეგებმა გვიჩვენეს, გაზის ბუშტები, რომლებიც გამოწვეულია წყლის ღელვის, ფოტოსინთეზის, ლპობისა და სხვა მიზეზებისგან, ადსორბირებენ ორგანულ ნივთიერებას და ახდენენ მათ ტრანსპორტირებას ზედაპირმიმდებარე შრის ჰორიზონტამდე. ორგანული ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაცია, წყლის ზედაპირთან მიმდებარე შრეში, ჰიპონეისტალის მობინადრეთათვის, კერძოდ, ბაქტერიონეისტონისათვის, ქმნის განვითარების ხელსაყრელ პირობებს. მაგალითად, შავ ზღვაში უჯრედთა რაოდენობის მიხედვით იგი, ბაქტერიოპლანქტონთან შედარებით 250-ჯერ უფრო მაღალია, ხოლო წყნარი ოკეანის სუბტროპიკულ მხარეში 220-ჯერ. ბაქტერიონეისტონის დღეღამური პროდუქცია წყლის ტევადობის ერთეულში 1-2 რიგის სიდიდით მაღალია, ვიდრე ბაქტერიოპლანქტონისა, რომელიც მოიპოვება წყალსატევთა იმავე მონაკვეთებში (ციბანი, 1977). ჰიპონეისტონის არსებობის აბიოტური

და ბიოტური პირობების თავისებურებათა სპეციფიკურობა განაპირობებს მის წარმომადგენლებში შესაბამის ადაპტაციებს, რაც გამოიხატება დადებითი ფოტოტროპიზმში, პიგმენტაციაში, განვითარებაში, რომელიც იცავს ორგანიზმებს ულტრაიისფერი სხივების მომაკვდინებელი ზემოქმედებისაგან.

პიგმენტაცია. პიგმენტაცია დამახასიათებელია ბაქტერიების დიდი უმრავლესობისათვის, კერძოდ, ჰიპონეისტონებისათვის. პირველ რიგში იმ ფორმებისთვის, რომლებიც რეზისტენტულები არიან ულტრაიისფერი სხივების მიმართ. ექსპერიმენტების პირობებში ულტრაიისფერი გამოსხივების მიმართ უდიდესი მდგრადობა აღმოაჩნდათ მიკროორგანიზმებს, რომელთაც ჰქონდათ ყვითელი პიგმენტი. სწორედ პიგმენტის ასეთ ფერადაა შეღებილი ნეისტონური ბაქტერიების მრავალი კოლონია (Цибан, 1970).

ჰიპონეისტონის შემადგენლობაში შედიან: ბაქტერიები, უმარტივესები, კიბოსნაირები, მოლუსკები, მწერები, მოზარდი თევზები და სხვა ჯგუფის მრავალი წარმომადგენელი. ჰიპონეისტონისთვის უკიდურესად დამახასიათებელია მასში ახალგაზრდა ჰიდრობიონტთა და კვერცხების არსებობა, კერძოდ, თევზებისა, რომელთათვისაც თბილი და კარგად აერირებული წყლის ზედაპირული შრე თავისებურ „ინკუბატორის როლს" ასრულებს.

განასხვავებენ ევი- და მეროჰიპონეისტონების ფორმებს (Зайцев, 1970). პირველნი, მთელი ცხოვრების მანძილზე, დაკავშირებული არიან წყლის ზედაპირულ შრესთან, მეორენი კი მხოლოდ განვითარების ზოგიერთი სტადიის დროს. მრავალი ცხოველი ჰიპონეისტონში იმყოფება მხოლოდ სიბნელის დროს, დღისით კი ისინი ისევ გადაადგილდებიან სიღრმისაკენ.

პლეისტონი. პლეისტონის წარმომადგენელთა უმრავლესობისათვის დამახასიათებელია ადაპტაციის გაორებულობა, ვინაიდან სხეულის ერთი ნაწილი იმყოფება წყალში, მეორე ნაწილი კი ჰაერში. პლეისტონურ მცენარეებში. მაგალითად, სუნთქვა მიმდინარეობს როგორც ატმოსფეროდან შთანთქმული ჟანგბადის ხარჯზე, ასევე წყალში გახსნილისაც. აღსანიშნავია, რომ ბაგეები წარმოიქმნებიან მხოლოდ ფოთლის ფირფიტის ზედა მხარეს,

რომელიც კონტაქტში იმყოფება ატმოსფეროსთან, თანაც, ვითარდებიან ძალიან დიდი რაოდენობით (ათჯერ უფრო მეტი რაოდენობით, ვიდრე იგი შეიძლება ჰქონდეთ სმელეთის მცენარის ფოთლებს). ბაგეების წყლით „დატბორვას" თავიდან აცილებს ფოთოლს მისი ფირფიტის შესაბამისი მოღუნულობა და ასევე ცვილის ფენა (ნაღები), რომელიც უზრუნველყოფს მის სიმშრალეს. პლეისტონური ცხოველებიდან ატმოსფერული ჰაერის სუნთქვა შეუძლიათ სიფონოფორ-დისკონანტებს. პლეისტონტების უმრავლესობა მოძრაობისთვის იყენებს ქარს. თევზები Histophorus და Mola, გადადიან რა ცხოვრების პლეისტონურ ნირზე, ჰაერზე გამოაჩენენ თავის ძლიერ განვითარებულ ფარფლს, რომლის მეშვეობითაც იყენებენ ქარის დინების ძალას, რათა გადაადგილდნენ საჭირო მიმართულებით. ფიტოპლეისტონი უდიდეს მრავალფეროვნებას იჩენს მცირე ზომის დამდგარ წყალსატევებში, მაგალითად, გუბურებში და მომცრო ტბებში. თითქმის განსაკუთრებულად ზოოპლეისტონი გვხვდება ზღვებსა და ოკეანეებში, სადაც ჩართულია ათეულობით სხვადასხვა ფორმა, უმთავრესად სიფონოფორები და მუცელფეხიანი მოლუსკები (Савилов, 1969).

V თავი

ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედების ეკოლოგიური საფუძვლები

ჰიდრობიონტთა კვება. ბიოსფერული თვალსაზრისით კვება არის ერთი იმ ძირითად პროცესთაგანი, რომელთა წყალობით ხორციელდება ორგანულ ნივთიერებათა წრებრუნვა დედამიწაზე.

ჰიდრობიონტთა კვება შეიძლება იყოს ავტოტროფული, ჰეტეროტროფული და მიქსოტროფული. ჰეტეროტროფულებს შორის ასხვავებენ ფაგოტროფებს, რომლებიც იკვებებიან ცოცხალი ორგანიზმებით, ან ორგანული ნივთიერებების ნაწილაკებით და საპროფიტებს (ოსმოფიტებს). მათთვის ძირითადი საკვებია ორგანული ნივთიერებების გახრწნის პროდუქტები და სხვა ორგანიზმების მეტაბოლიტები, რომელთაც ისინი ოსმოსურად შთანთქავენ. საპროფიტულობა უმეტესად დამახასიათებელია სოკოებისთვის და ჰეტეროტროფული ბაქტერიებისათვის. ზოგადად, შეიძლება ითქვას, რომ ოსმოსური კვება მეტ-ნაკლებად დამახასიათებელია თითქმის ყველა ჰიდრობიონტისთვის.

ავტოტროფული კვება რეალიზდება ფოტოსინთეზისა და ფოტოტროფიის ფორმით. ფოტოტროფებს მიეკუთვნება ფოტომასინთეზირებელი მცენარეები და ბაქტერიები, ფოტომარედუცირებელი მიკროორგანიზმები (CO_2-ის აღდგენა CO_2-ის გამოყოფის გარეშე) და ბაქტერიები, რომლებიც სინათლის ენერგიის სარჯზე აღადგენენ სხვადასხვა ორგანულ ნივთიერებას.

ავტოტროფულ ბაქტერიებს შორის განასხვავებენ ქემოლითო-, ფოტოლითო-, და ქემოორგანოავტოტროფებს. ყველანი სხეულის შესაქმნელად ენერგიის წყაროდ იყენებენ ნახშირბადს, მაგრამ განსხვავდებიან ენერგიის მოპოვების ხერხით.

ჰეტეროტროფული ბაქტერიებიდან განასხვავებენ ქემოლითო-, ქემოორგანო- და ფიტოორგანოჰეტეროტროფებს, (სულფატ-აღმდგენლები, ზოგიერთი მეთანწარმომქმნელი ბაქტერიები და სხვა) რომლებიც კონსტრუქციული ცვლისთვის ძირითადად იყენებენ ნახშირბადის შემცველ ორგანულ ნაერთებს. ქემოლითოჰეტეროტროფებისთვის ენერგია მოიპოვება H_2 და $S_2O_3^{2-}$-ის დაჟანგვის ხარჯზე, შესაბამისად SO_4^{2-}-ისა და O_2-ის აღდგენით. ქემოორგანოჰეტეროტროფები ენერგიას მოიპოვებენ (აერობული მიკროორგანიზმები, ანაერობული დენიტრიფიკატორები და ზოგიერთი უფერო გოგირდბაქტერიები) სხვადასხვა ორგანული ნივთიერების დაჟანგვით, ფოტოორგანოჰეტეროტროფები (არაგოგირდოვანი ძოწისეული ბაქტერიები) იყენებენ სინათლის ენერგიას.

ჰიდრობიონტთა საკვები. ჰეტეროტროფულ ჰიდრობიონტთა საკვებად ძირითადად გამოიყენება ცოცხალი ან მკვდარი ორგანიზმები და ასევე მათი ცხოველმოქმედებისა და დაშლის პროდუქტები. საკვები, პირველ რიგში, უნდა იყოს სრულფასოვანი ქიმიური შედგენილობით, ე.ი. უნდა შეიცავდეს ყველა ელემენტს და შეუცვლელ ნაერთებს, რომლებსაც საჭიროებს ორგანიზმი. ყველა საჭირო ქიმიური კომპონენტების შემცველობა საკვებ ობიექტში კიდევ არ ხდის მას სრულფასოვან საკვებად, საჭიროა, რომ ორგანიზმს შეეძლოს მისი მონელება შესაბამისი ფერმენტებით და შეთვისება.

წყალსატევებში ტროფიკული მდგომარეობის შეფასებისათვის იყენებენ ისეთ ცნებებს, როგორიცაა: საკვები რესურსები, საკვები ბაზა, კვებითობა და საკვებით უზრუნველყოფა. წყალსატევის კვებითი რესურსები არის ორგანიზმებისა და მათი დაშლის პროდუქტების და სხვა ორგანული ნივთიერებების ერთობლიობა. საკვებ ბაზას უწოდებენ საკვები კომპონენტების ერთობლიობას, რომლებიც გამოიყენებიან სხვადასხვა ხარისხით ამა თუ იმ ჰიდრობიონტთა ჯგუფების მიერ. წყალსატევთა კვებითობას ორ წყალსატევს შორის შეიძლება ჰქონდეს არსებითი განსხვავება სხვადასხვა მიზეზის გამო (გრუნტში სხვადასხვა სიღრმეზე ორ-

განიზომთა ჩაფლობა, მათი სხვადასხვა დაქუცმაცებულობა და სხვა). საერთოდ კვებითობა ფასდება საკვები კომპონენტების რაოდენობით, რომელსაც მომხმარებელი გამოიყენებს. საკვებით უზრუნველყოფა გულისხმობს საკვების რაოდენობას, რომელსაც იყენებს სახეობის პოპულაცია მოცემულ წყალსატევში კვებითი მოთხოვნილების სრული დაკმაყოფილებისათვის.

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი მაჩვენებელი, რომლებიც ახასიათებენ წყალსატევთა ტროფიკულ პოტენციალს, გამომდინარეობს საკვები მარაგის სტატისტიკური სიდიდეების შეფასებიდან, მათი კლების ან შევსების ანგარიშის გარეშე.

ჰიდროსფეროს კვებითი რესურსები. ჰიდრობიონტთათვის საკვებად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ცოცხალი ორგანიზმები და ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც გახსნილია წყალში და იმყოფებიან შეწონარებულ მდგომარეობაში გრუნტის ზედაპირზე და წყლის სისქეში. გახსნილ ორგანულ ნივთიერებათა კონცენტრაცია მსოფლიო ოკეანეში მერყეობს 1,5-3მგC/ლიტრის ფარგლებში, საერთო რაოდენობა შეადგენს $2\text{-}4.10^{12}$ ტონა C-ს. ისინი წარმოდგენილი არიან დაახლოებით 75% იოლად შესათვისებელი კომპონენტებით და 25% კი ძნელად გახრწნადი შენაერთებით (წყლის ჰუმუსი). გახსნილ ორგანულ ნივთიერებათა ფონდი უწინარეს ყოვლისა განუწყვეტლივ ივსება სხვადასხვა ჰიდრობიონტის მიერ წყალში მათი სიცოცხლისდროინდელი ორგანული ნივთიერების გამოყოფის ხარჯზე, განსაკუთრებით კი წყალმცენარეების მიერ. ზოგიერთი მონაცემების მიხედვით (Хайлов, 1971, Henrigues et all, 1981), ფიტოპლანქტონი წყალში გამოყოფს 30-40-მდე უჯრედების მიერ სინთეზირებულ ორგანულ ნივთიერებებს (საშუალოდ დაახლოებით 15%). კიდევ უფრო დიდი ხარისხით მდიდრდება იგი გახსნილი ორგანული ნივთიერებებით დაღუპულ წყალმცენარეთა გახრწნის შედეგად და სხვა ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედებისა და დაშლის ხარჯზე. დაახლოებით 6.10^8 ტონა გახსნილი ორგანული ნივთიერება შედის ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეში მდინარეთა ჩანადენებიდან.

შედარებით მცირეა მკვდარი ორგანული ნივთიერებების რაოდენობა, რომელიც შეწონარებულია წყალში. ოკეანის წყალში მისი რაოდენობა საშუალოდ 0,03-0,05 მგ/ლ-ია, რაც მთელი ჰიდროსფეროს მოცულობაზე გადაანგარიშებით დაახლოებით 40-70 მილიარდი ტონაა. ეს ნივთიერება მნიშვნელოვანწილად წარმოდგენილია კარგად შესათვისებელი მასალით და ამიტომაც თამაშობს მნიშვნელოვან როლს ჰიდრობიონტთა კვებაში.

უნდა აღინიშნოს, რომ შეწონარებულ ორგანულ ნივთიერებაში გვულისხმობთ დეტრიტს, რომელშიც არაცოცხალ კომპონენტებთან ერთად დიდი რაოდენობით შედის ბაქტერიები და რომლებიც შესანიშნავი საკვებია ნებისმიერი ცხოველისათვის. მაგალითად, ზღვის დეტრიტში ბაქტერიების შემცველობა ორგანულ ნახშირბადზე გადაანგარიშებით აღწევს საშუალოდ 4-5%-ს. უზარმაზარი რაოდენობა ორგანული ნივთიერებისა, რომელიც ნაკლებად ექვემდებარება შეფასებას, მოქცეულია წყალსატევთა გრუნტში. ყოველწლიურად, მსოფლიო ოკეანის ფსკერის დანალექებზე მოდის დაახლოებით 3.10^9 ტ.C შეწონარებული ნივთიერება.

ცოცხალი ორგანული ნივთიერება (თუმცა იგი ბევრად უფრო ნაკლებია, ვიდრე არაცოცხალი) წამყვან როლს თამაშობს ჰიდრობიონტთა კვებაში. ძირითადად იგი წარმოდგენილია პლანქტონის, ბენთოსის და ნექტონის ორგანიზმებით. ბოგოროვის (1974) შეფასებით, ფიტოპლანქტონის ჯამური რაოდენობა მსოფლიო ოკეანეში 1,5 მლრდ ტონის ტოლია, ბაქტერიოპლანქტონისა – 70 მლრდ ტონის, ზოოპლანქტონი – 22,5 მლრდ ტონისა, ფიტო- და ზოობენთოსი კი შესაბამისად 0,2 და 1,0 მლრდ ტონისა, ნექტონი ასევე 1 მლრდ ტონისა. განსაკუთრებით დიდია მიკროსკოპული წყალმცენარეებისა და ბაქტერიებისა როლი, რომელთაც გააჩნიათ გამრავლების განსაკუთრებით მაღალი ტემპები და ბიომასის კვლავწარმოების უნარი. წყალმცენარეების წლიური მოსავალი მსოფლიო ოკეანეში აღწევს დაახლოებით 600 მლრდ ტონას, იმ დროს, როცა ზოოპლანქ-

ტონის, ზოობენთოსის და ნექტონის პროდუქცია შესაბამისად 53, 3 და 0.2 მლრ-ის ტოლია (ბოგოროვი, 1974).

ამრიგად, წყალმცენარეთა მნიშვნელობა მსოფლიო ოკეანეში, როგორც ჰეტეროტროფულ ჰიდრობიონტთა კვების წყაროსი, დაახლოებით 10-ჯერ მეტია, ვიდრე მთელი დანარჩენი ორგანიზმების ჯგუფებისა, თუ არ ჩავთვლით ბაქტერიებს. ამ უკანასკნელების როლი არაა სათანადოდ შესწავლილი, მაგრამ მას უეჭველად დიდი მნიშვნელობა უნდა მივანიჭოთ.

საკვები ბაზა. ჰიდრობიონტთა საკვების შედგენილობა სხვადასხვანაირია და დამოკიდებულია ორგანიზმის უნარზე, თუ რა სახის საკვები ნივთიერების სინთეზი შეუძლია და როგორია შთანთქმული ნივთიერებების მოპოვებისა და მონელების ხარისხი.

გახსნილი ორგანული ნივთიერება ძირითადად გამოიყენება ბაქტერიების საკვებად. მას ასევე იყენებენ საკვებად სოკოები და წყალმცენარეები. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წყალმცენარეების მიერ გახსნილი ორგანული ნივთიერებების გამოყენება მაშინ, როცა არ ხდება ფოტოსინთეზი. ბაქტერიები ყოველწლიურად იყენებენ მილიარდობით გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს და ასეთი სახით ფართოდ ებმებიან ტროფოდინამიკურ პროცესებში. წყალმცენარეების მიერ ნახშირწყლისა და ცილოვანი შენაერთების დღეღამური შთანთქმა, რომელიც დამახასიათებელია ოკეანის წყლისთვის, უჯრედთა მშრალი მასის 0,2-10%-ს აღწევს.

გახსნილი ორგანული ნივთიერებების შთანთქმის მეტ-ნაკლები უნარი აღინიშნება უხერხემლოთა ყველა კლასის წარმომადგენლებში, მრავალ თევზსა და ამფიბიაში, განსაკუთრებით განვითარების ადრეულ სტადიებში. ბაქტერიებით მეტ-ნაკლებად იკვებებიან ცხოველთა ყველა ტიპის წარმომადგენლები, თუმცა უდიდესი მნიშვნელობა ბაქტერიებს აქვთ გრუნტისმჭამელი ფორმების და სესტოფაგების კვებაში. ძალიან დიდ როლს თამაშობენ ბაქტერიები კიბოსმაგვართა და მოლუსკების კვებაში, რომლებიც საკვებს პოულობენ წყლის ფილტრაციის გზით. რადიონახშირბადოვანი მეთოდის მონაცემებით (სოროკინი, 1972), ღრუ-

ბელების, ხამანწკების და ასციდიების მიერ ბაქტერიების დღეღამური მოიხმარება სხეულის ორგანული ნივთიერებებიდან აღწევს 2-5%-ს (ე.ი. ნედლი ბიომასის 50%-მდე).

მრავალი კიბოსნაირის, კანეკლიანების, მოლუსკების, თევზების და კუთათვის ფიტობენთოსი წამოადგენს საკვებს, თანაც უპირატესად მოიხმარებიან წყალმცენარეები იმ დროს, როცა უმაღლესი მცენარეები ნაკლებად გამოიყენება. ჰიდრობიონტთა საკვებ ბაზაში უდიდესი მნიშვნელობა პლანქტონური ცხოველებიდან აქვთ უმარტივესებს, ციბრუტელებს, სხვა უმაღლეს კიბოსნაირებს, თევზთა ლიფსიტებს და სხვა ნექტონებს. საკვები ბენთოფაუნის ძირითად კომპონენტებს მიეკუთვნებიან: ორსაგდულიანი და მუცელფეხიანი მოლუსკები, ზოგიერთი უმაღლესი კიბოსნაირები, ჭიისებრნი და მწერთა ჭუპრები.

საკვებით უზრუნველყოფა და ნაკვებობა. საკვების მომხმარებელთა ქცევა ყალიბდება ადაპტაციის საფუძველზე, რომელიც მიმართულია თავისი მსხვერპლის დაპატრონებისკენ და ამავე დროს მტაცებლებისაგან თავის დაცვისაკენ. იქმნება თავისებური სამწევრიანი სისტემა **ტრიოტროფები**, რომელშიც ურთიერთობები ურთიერთდაკავშირებულია და ურთიერთგანპირობებული (Мантейфель, 1961). თუ ცოცხალი ორგანიზმების მომხმარებლებს ევოლუციის პროცესში გამოუმუშავდათ ყოვლისშემძლე ადაპტაციები ნადავლის დაუფლებისათვის, მაშინ იმ ორგანიზმებს, რომლებიც გამოიყენებიან საკვებად, უჩნდებოდათ და ეხვეწებოდათ შეგუების ხერხები ამოჭმის შესამცირებლად. კერძოდ, მას მიეკუთვნება **შენიღბვა, თავშეფარება, კონსტიტუციური თავდაცვა.**

შენიღბვა მიიღწევა გარე არის შეფერილობასთან მსგავსების შეძენით, სხეულის მდებარეობაზე და ფორმაზე დეზინფორმაციით, მიმიკრიით, გამჭვირვალობის განვითარებით და ზოგიერთი სხვა ხერხით.

თავშეფარება ხორციელდება სუბსტრატში ჩაფლობით, თავშესაფარის მიზნით ცარიელი ნიჟარების გამოყენებით, პატარა სახლების აშენებით, სხვა ორგანიზმების დაცვის ქვეშ ბინადრო-

ბით. თავშეფარების ყველაზე გავრცელებული ხერხი არის გრუნტში ჩამარხვა, თანაც მისი სიღრმე დამოკიდებულია მტრის მაძიებლურ უნარზე.

კონსტრუქციური დაცვა უზრუნველყოფილია სხეულის დიდი ზომებით, საფარის შეიარაღებით და სიმაგრით, ქსოვილთა საჭმელად უვარგისობით და მოძრაობის სიჩქარით. როგორც წესი, მსხვილი დიატომური წყალმცენარეები ნაკლებად ამოიჭმებიან კიბოებით, ვიდრე წვრილები.

თევზებს სიდიდე ხშირად იცავს მტაცებლებისაგან, მსხვილი მოლუსკები ნაკლებად მოიხმარებიან თევზების მიერ, ვიდრე წვრილები. მკვეთრი სპეციფიკური სუნის გამო ცხოველთა დიდი უმრავლესობა საკვებად არ იყენებს ღრუბელებს.

საკვების მოპოვების ხერხები. წყლის ცხოველთა კვება უმეტესად მიდის ეგზოგენურად და მეტად იშვიათად კი ენდოგენურად, როცა საკვები არ შემოდის გარედან. ენდოგენური კვება ტიპური ფორმით ხდება საკუთარი სხეულის ნივთიერებათა გამოყენების ხარჯზე. გარეგანი კვების არსებობის დროს ჰიდრობიონტები აგროვებენ დიდი რაოდენობით სარეზერვო ნივთიერებებს, პირველ რიგში კი ცხიმს, როგორც სხეულის ენერგოტევად, სტაბილურ და ნეიტრალურ კომპონენტს. ჰიდრობიონტების ეგზოგენური კვება ძირითადად ატარებს ჰოლოზოიდურ ხასიათს, მაგრამ, როგორც უკვე აღინიშნა, ჰიდრობიონტთა უმრავლესობას უნარი შესწევს, დაიკმაყოფილოს თავისი კვებითი მოთხოვნილებები გახსნილ ნივთიერებათა ოსმოსური შთანთქმის ხარჯზე.

გახსნილ ორგანულ ნივთიერებათა გამოყენების ეფექტურობის ასამაღლებლად, ჰიდრობიონტებს გამოუმუშავდათ მთელი რიგი სპეციფიკური ადაპტაციები, დაწყებული სტრუქტურულიდან, დამთავრებული ბიოქიმიურით. ამასთანავე, გამოყენებული ორგანული ნივთიერებების რაოდენობა დამოკიდებულია ჰიდრობიონტთა კანისმიერი საჭმლის მონელების უნარის განვითარებაზე, სხეულის პულსაციაზე წყლის ასარევად, სხეულის ნაკვეთების ფორმირებაზე პერორალური საჭმლის მონელებისთვის.

გალაზოინური კვებისას საკვები მოიპოვება მსხვილი ობიექტების დიფერენცირებული თუ არადიფერენცირებული მიტაცებით. საკვების არადიფერენცირებული მოტაცება გრუნტზე და სხვა მაგარ სუბსტრატებზე შეინიშნება იმ ცხოველებში, რომლებიც ყლაპავენ გრუნტს, აგროვებენ დეტრიტს ფსკერზე ან ფხეკენ წყალმცენარეულ და ბაქტერიულ წანაზარდებს (საფარს) მაგარ სუბსტრატებზე. მიტაცების ასეთი სახე წყლის სისქეში გამოვლინდება შეტივნარებული საკვების ფილტრაციის და სედიმენტაციის ფორმით. ფილტრაცია შედგება წყლის ნაკადის გაშვებით გამწურავ მოწყობილობაში და მასში ჩარჩენილი საკვები მასალის შემდგომი მონელებით. სედიმენტაცია მიიღწევა ამა თუ იმ ზედაპირზე შეწონარებული ნაწილაკების დასალექი პირობების შექმნით. ძალიან ხშირად ფილტრაცია და სედიმენტაცია კომბინირებულია. საკვები ობიექტების დიფერენცირებული წატაცება გამოვლინდება ძოვისა და ნადირობის ფორმით. ძოვა შეიმჩნევა მსხვილი წყალმცენარეებითა და ნაკლებად მოძრავი ცხოველებით კვებისას, ხოლო ნადირობა მსხვილ მოძრავ ნადავლზე, რომელიც სანდახან თავისი ზომებით არ ჩამორჩება მტაცებელს.

გრუნტის ყლაპვა და დეტრიტის მოგროვება. გრუნტით კვების უნარი, მასში არსებული მკვდარი ორგანული ნივთიერების გამოყენებით, ასევე ბაქტერიების თუ სხვა წვრილი ორგანიზმების შეთვისება დამახასიათებელია ბენთოსის ძალიან ბევრი წარმომადგენლისათვის.

გრუნტის ზედაპირზე მრავალი ცხოველი აგროვებს დეტრიტს, რომლებიც ეწევიან როგორც მოძრავი, ასევე უძრავი ცხოვრების წესს. საცეცების, ხორთუმების თუ წამწამების საშუალებით ორგანიზმები იტაცებენ გრუნტის ზედაპირზე დეტრიტის ნაწილაკებს და გადააქვთ იგი პირის ხვრელისაკენ. ასევე იკვებებიან, მაგალითად, ორსაგდულიანი მოლუსკები, ზღვის ვარსკვლავები, ძიდიები, მუცელფეხიანი მოლუსკები და სხვა.

ფილტრაცია. ფილტრაცია შეიძლება იყოს პასიურიც და აქტიურიც. პირველ შემთხვევაში ცხოველები ფილტრავენ საკვებს, რომელიც მათ მიეწოდებათ ბუნებრივი დინებით.

ზღვებში პასიური ფილტრაცია ფართოდაა განვითარებული ფსკერის ფორმებისათვის, რომლებიც ბინადრობენ დინების მოქცევა-მიქცევის ზონაში.

აქტიურ ფილტრატებს მიეკუთვნებიან ცხოველები, რომლებიც თვითონვე უშვებენ წყალს ფილტრაციული აპარატით. თევზებს შორის ასეთებია: ატლანტის ქაშაყი, კასპიის სქელშუბლა, ჭაფალა, ცქიმურა, თეთრულა და მრავალი სხვა, რომლებიც საკვებს ლაყუჩების საშუალებით ფილტრავენ. უდაბლესი ქორდიანებიდან სრულყოფილი მაფილტრირებელი აპარატი აქვთ აპენდიკულარიებს. მრავალრიცხოვანია კიბოსნაირებს შორის აქტიური ფილტრატორები. რამდენადაც გრუნტის ზედაპირულ შრეში ორგანული ნივთიერებების დიდი რაოდენობაა, კერძოდ ბაქტერიები, იმდენად ლექის ამღვრევა ქმნის დამატებით საშუალებებს ფილტრატორების კვებისათვის. ორსაგდულიან მოლუსკებში ფილტრაცია აღწევს უმაღლეს სრულყოფას, როცა იგი კომბინაციაშია სედიმენტაციასთან. წყალი, როცა იგი გადადის მანტიის ღრუში, თითქმის მთლიანად თავისუფლდება მასში შეწონარებული მასალისაგან, ძირითადად ლაყუჩების ზედაპირზე და სხეულის სხვა ნაწილებზე მისი დალექვის წყალობით.

ჰიდრობიონტთა ფილტრაციული კვების გავრცელებას მოწმობს ის ფაქტიც, რომ წყლის 250 ათასი ცხოველის სახეობიდან იგი შეინიშნება 40 ათასში. (Nikol, 1979).

სედიმენტაცია. შეწონარებული საკვების დალექვა დამახასიათებელია მრავალი უმარტივესისა და მწერისათვის. უმარტივესებიდან სედიმენტატორებს მიეკუთვნება მრავალი ინფუზორია და შოლტოსანი. დალექვაში ხელს უწყობს ციტოპლაზმის წებოვნება, რომელთაც ეხებიან წყალში შეწონარებული ნაწილაკები. მარტოოდენ საკვები მასალის სედიმეტაციის ხარჯზე ცხოვრობენ ღრუბელები.

ძოვა. მცენარეული საკვების ძოვა ძირითადად შეინიშნება ზოგიერთ მოლუსკებში, კანქლიანებში, თევზებსა და კუებში. მწერებს შორის ხოჭოები სიამოვნებით ჭამენ ისეთ ყვავილოვან მცენარეებს, როგორიცაა: ვალისნერია, რქაფოთოლა და სხვა.

ფსკერის ხავსებსა და წყლის მაკროფიტებზე ბალახობს (ძოვს) თეთრი ამური. ძოვა, მიმაგრებული ან ნაკლებად მოძრავი ცხოველების ამოჭმის ხარჯზე, ჩვეულებრივია რიგი მოლუსკებისათვის, კანეკლიანებისთვის, კიბოსნაირებისთვის ჭიებისათვის და თევზებისათვის. ძალიან ბევრი თევზი ძოვს ორსაგდულიანი მოლუსკების გროვებზე და სხვა ნაკლებად მოძრავ ცხოველებზე.

ნადირობა. ნადირობა ხორციელდება მსხვერპლზე აქტიური გამოდევნებით ან დადარაჯებით, რომლის მიხედვითაც მტაცებლებს შორის განასხვავებენ **მონადირეებს** და **ჩასაფრებულებს**. მონადირეთა წარმომადგენლებია: კაშალოტები, ზვიგენები, კალმარები, მტაცებელი კიბოსნაირები, მრავალი მწერის ჭუპრები. ნადავლს უსაფრდებიან: მრავალი მიმაგრებული ნაწლავღრუიანი, გრუნტში ჩაფლული თევზები, კლდეებზე მჯდომარე რვაფეხები. ზოგიერთი ჩასაფრებული თავისკენ მიიტყუებს ხოლმე ნადავლს. ვეშაპი გორბაჩი ხშირად ამოხტება წყლიდან და მერე მთელი ტანით ეცემა მსხვერპლს. ამ დროს იგი აბრუებს წვრილ თევზებს და შემდეგ ჭამს. ზვიგენი ლისიცა აბრუებს თევზს წყლის ზედაპირზე კუდის ცემით.

მრავალი თევზი ნადავლს კლავს ელექტრული დენის განმუხტვით. სკაროსის — Torpedo — თავის ნაწილში განლაგებულია ორი ელექტრული ორგანო, რომლებიც წარმოქმნიან 220 ვოლტამდე ძაბვის ბატარეას და რომელსაც შეუძლია განიმუხტოს 150-ჯერ წამში, მეოთხედი წუთის განმავლობაში. ამის შემდეგ ელექტროენერგია გამოილევა და თევზს სჭირდება დასვენება მის აღსადგენად. ელექტრულ გველთევზებს — Electrophorus electricus შეუძლიათ წარმოქმნან 300 ვოლტამდე ძაბვის ტოლი განმუხტვები.

კვების სპექტრები და საკვების ელექტიურობა. კვების სპექტრში იგულისხმება საკვების კომპონენტური შედგენილობა, რომელიც, ერთი მხრივ, ხასიათდება მოხმარებული საკვების განსაზღვრული ასორტიმენტით, ხოლო მეორე მხრივ კი იმ პროპორციით, რომლითაც ისინი რაოდენობრივად არიან წარ-

მოდგენილი. ცხოველთა კვების სპექტრი ერთობ ცვალებადია და განისაზღვრება მზარდი ორგანიზმების კვებითი მოთხოვნილებებით და დროსა და სივრცეში საკვები ბაზის ვარიაბილურობით. შესაბამისად ამისა არჩევენ კვებითი სპექტრების ასაკობრივ, ლოკალურ, სეზონურ და სხვა ცვლილებებს.

ყველა შემთხვევაში ცხოველები ავლენენ კვებით ელექტიურობას ანუ ამორჩევითობას საკვები ობიექტების მიმართ, რომლებიც წარმოდგენილია საკვებში სხვა პროპორციებით საკვებ ბაზასთან შედარებით. ერთი მხრივ, ელექტიურობა განისაზღვრება საკვები ობიექტების კვებითი ღირებულებით, ხოლო მეორე მხრივ კი მათი მისაწვდომობის ხარისხით და მომხმარებლის კვებითი აქტიურობით.

კვების სპექტრები. მოხმარებული საკვების მიხედვით ჰიდრობიონტებს შორის განასხვავებენ ევრიფაგებს (პოლიფაგებს), რომლებიც ცხოვრობენ საკვების მცირე ასორტიმენტის არეზე. სტენოფაგიის დროს კვება უფრო სპეციალიზებულია და ამიტომ უფრო ეკონომიურიცაა საკვების შეთვისებისათვის და ენერგიის მოსაპოვებლად.

საკვების მნიშვნელობასთან დაკავშირებით ჰიდრობიონტთა შორის განასხვავებენ: გრუნტიჭამიებს, დეტრიტოფაგებს, ზოოფაგებს და ფიტოზოოფაგებს. მნიშვნელობის მიხედვით, განასხვავებენ: ძირითად საკვებს, ძირითადს, რომლითაც უმეტესად სავსეა ნაწლავი, მეორეხარისხოვანს, რომელიც გვხვდება მუდმივად, მაგრამ მცირე რაოდენობით და შემთხვევითს, რომლითაც იკვებებიან იშვიათად და მცირე რაოდენობით.

კვებითი სპექტრი ონტოგენეზში მუდმივი არ არის. თეთრი სქელშუბლას ლიფსიტები პირველ პერიოდში ცხოვრობენ ზოოპლანქტონის ხარჯზე, შემდეგ კი გადადიან ფიტოპლანქტონზე, რომლითაც ზრდასრული თევზებიც იკვებებიან.

კვებით სპექტრში ერთობ არსებითია ლოკალური განსხვავებები. ტბებში თეთრი სქელშუბლების ნაწლავის შიგთავსში გამოვლენილია ძირითადად ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ხოლო მდინარეებში დიატომური და მწვანე წყალმცენარეები.

საკვები ბაზის მდგომარეობის მერყეობასთან და საკვების მოპოვების პირობებთანაა დაკავშირებული კვებითი სპექტრების დღეღამური და სეზონური ცვლილებები.

თევზი თავდიდა ძირითადად ღამით იკვებება აქტიურად წყლის ზედაპირზე, ხოლო დღისით ის ეწევა ნაკლებად მოძრავ ფსკერულ კვებას (Никольский, 1974). კვების ხასიათში დღეღამური ცვლილებები ძირითადად დაკავშირებულია საკვები ორგანიზმების გადაადგილებასთან და ასევე მათი აღმოჩენისა და დაჭერობის პირობების შეცვლასთან. კვებითი სპექტრების სეზონური ცვლილებები ძირითადად განისაზღვრება საკვები ბაზის შეცვლით, ზოოპლანქტონის სხვადასხვა ჯგუფის პერიოდულობით და სხვა.

კვებითი ელექტიურობა. ამორჩევითობა კვებაში კარგად შეინიშნება ჰიდრობიონტებში, დაწყებული უმარტივესებიდან და დამთავრებული ძუძუმწოვრებით, ამასთან ერთად იგი ახასიათებთ ცხოველთა იმ წარმომადგენლებს, რომლებიც იტაცებენ საკვებ ობიექტებს, როგორც დიფერენცირებულს, ასევე არადიფერენცირებულს. უმარტივესთა შორის ელექტიურობა ყველაზე კარგადაა შესწავლილი ინფუზორიებში. სედიმენტაციის დროს ისინი იყენებენ საკვების სელექციის სამ ფორმას: თავისი ოპტიმალური შემადგენლობით ადგილის შერჩევა, ფაგოციტოზის დროს უვარგისი ნაწილაკების გაღარჩევა საკვებიდან და ამ უკანასკნელების განდევნა ციტოპლაზმიდან საჭმლის მონელების აქტის დამთავრებამდე.

ღრუბელებში ჩვეულებრივ ფორები გარშემორტყმული არიან უჯრედებით, რომელთაც შესწევთ უნარი, შეამცირონ და ჩაკეტონ ხვრელი, როცა წყლის დინებას მოაქვს არასასურველი ნივთიერებები. ნაწლავღრუიანებს შესწევთ უნარი, მათი საცეცების შეხებით გაარჩიონ საკვების გემო. ჭიებში, რომლებიც იკვებებიან გრუნტით, კვებითი ამორჩევითობა გამოვლინდება ზედაპირული ფენებიდან მის მიტაცებაში, სადაც ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია მაღალია.

მოლუსკების კვებითი ელექტიურობა უპირველესად გამოვლინდება კვებითი ხერხის შერჩევაში, რომელიც უზრუნველყოფს

უდიდეს ტროფიკულ ეფექტს. მაღალია ასევე კვებითი ელექტიურობა უმაღლეს კიბოებში.

ამრიგად, კვებითი ელექტიურობა ერთ შემთხვევაში უზრუნველყოფილია ცხოველთა მიერ სხვადასხვა ობიექტის დიფერენცირებული მიტაცების და შეფასების უნარით, ხოლო მეორე შემთხვევაში დროისა და ადგილის შერჩევით, რომლის დროსაც საჭირო საკვების მოხმარების საშუალება საჭმლის არადიფერენცირებული მიტაცებისას აღმოჩნდება უდიდესი.

ყველა შემთხვევაში, ტროფიკული ელექტიურობა ადაპტაციური ხასიათისაა, რომელიც მიმართულია შესაბამისი საჭირო ხარისხის და რაოდენობის საკვებით ორგანიზმთა უზრუნველყოფის ოპტიმიზაციისკენ.

კვების ამორჩევითობის რაოდენობრივი შეფასება. წარმოდგენა კვებითი ელექტიურობის ხარისხზე შეიძლება მივიღოთ მოცემული ობიექტის შეფარდებითი მნიშვნელობის შედარებით გამოსაკვლევი ცხოველის საკვებსა და მის საკვებ ბაზასთან. 1940 წელს შორიგინმა ელექტიურობის მაჩვენებლის სახით შესთავაზა **ამორჩევის ინდექსი** (I), როგორც ნაწლავის შიგთავსის (a) მასის კომპონენტთა შესაბამისი მნიშვნელის და საკვები ბაზის თანაფარდობა (b); I=a:b, სადაც a და b პროცენტებშია გამოსატული.

შემოთავაზებული ამორჩევის ინდექსი თვალსაჩინოდ გვიჩვენებს მხოლოდ, თუ როგორი პროპორციით აიღება კვების კომპონენტები, მათი უპირატესობის ხარისხის ზუსტი ზომით ასახვის გარეშე. ამორჩევის ინდექსი არ შეიძლება განვიხილოთ საკვების ხელმისაწვდომობის აღრიცხვით, როგორც მტკიცე მახასიათებელი საკვების უპირატესობის მისანიჭებლად, მოცემული საკვები ობიექტის რომელიღაც მომხმარებლისათვის. მაგალითად, ლურჯმწვანეების წყალში წილობრივ შემადგენლობასთან დაკავშირებით მათი ამორჩევის ინდექსი თეთრი სქელშუბლათი დადებითია, ეს მაშინ, როცა ეს წყალმცენარეები წყალში ნაკლებად გვხვდებიან და უარყოფითია, როცა ისინი ბევრია. ასეთივე კანონზომიერება

ვლინდება ევგლენასებრთა და სხვა წყალმცენარეებთან დაკავშირებით (Константинов, Вечканов, 1981).

მომხმარებელთა აქტიურობასთან დაკავშირებით მათი საკვები შესაძლებელია შედგებოდეს სასურველი ან არასასურველი ობიექტებისაგან, თუნდაც საკვებად ვარგისისაგან, ვინაიდან მათი მისაწვდომობის ხარისხი ძალზე დიდია. ამ მხარის დამახასიათებლად ორგანიზმთა კვებით ქცევებში ა.შორიგინმა (1952) შემოგვთავაზა განსაკუთრებული მახასიათებელი, კვებითი აქტიურობის ხარისხი.

ძალიან მაღალი ან დაბალი კვებითი აქტიურობის დროს შეიმჩნევა მონოფაგია – მხოლოდ ერთი სახეობით კვება, როცა მომხმარებელი ან ძალიან აქტიურია სასურველი საკვების გამოძებნაში, ანდა, პირიქით, უკიდურესად პასიურია და იკვებება ნაკლებად ღირებული, მაგრამ იოლად მოსაპოვებელი საკვებით.

კვების ინტენსიურობა და საკვების შეთვისება. ჰიდრობიონტთა ინტენსიურ კვებაში, ჩვეულებრივ, იგულისხმება საკვების რაოდენობა (მასა), რომელიც მოიხმარება დროის ერთეულში მომხმარებლის მასასთან შეფარდებით. საკვების მოხმარების საზომად მიღებულია დღეღამური რაციონის სიდიდე, საკვების რაოდენობა, რომელსაც ჭამს ცხოველი მთელი დღე-ღამის განმავლობაში. ჰიდრობიონტთა კვების ინტენსიურობაზე წარმოდგენას გვაძლევს ნაკვებობა, რომელიც ხასიათდება შევსების ინდექსით. ეს ინდექსი არის საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში არსებული საკვები მასის შეფარდება მთელი ორგანიზმის მასასთან. საჭიროა, ყურადღება მიექცეს კვებითი ინტენსიურობის უფრო ღრმა მახასიათებლების აუცილებლობას და ამ მიზნებისათვის მაჩვენებლების გამოყენებას, რომლებითაც აისხნება მოვლენის არსებითობა, სხვადასხვა ასპექტებში (Константинов, 1974). თუ კვების ინტენსიურობას შევაფასებთ მოხმარებული საკვების რაოდენობით, მაშინ შეიძლება ამ ცნების მნიშვნელობა დამახინჯდეს. მაგალითად, ცხოველები, რომლებიც იყენებენ ნაკლებად ყუათიან საკვებს, მაგრამ ყლაპავენ მას დიდი რაოდენობით, უნდა ითვლებოდნენ უფრო ინტენსიურ მკვებავებად, ვიდრე ისინი, რომლებიც იკვებებიან

უფრო ყუათიანი საკვებით, მაგრამ ჭამენ ნაკლებს. შეიძლება ჩაითვალოს, რომ თეთრი სქელშუბლების კვების ინტენსიურობა ასაკთან ერთად იზრდება, თუმცაღა ამ თევზის ლიფსიტები, რომლებიც იკვებებიან ზოოპლანქტონით, გამოიყენებენ შედარებით ნაკლებ საკვებს, ვიდრე ზრდასრულები, რომლებიც ფიტოპლანქტონს 30-40% ოდენობით ითვისებენ. კვების ინტენსივობის უფრო ზუსტი დახასიათება შესაძლებელია მივიღოთ, თუ გავითვალისწინებთ არა მთლიანად ათვისებული საკვების მასას, არამედ მასში შემავალ ყუათიან ნივთიერებებს, ანდა მის ენერგოტევადობას. ამ მხრივ ყურადღებას იმსახურებს სოროკინის მიერ (1966) შემოთავაზებული ინდექსი, რომელიც არის დღე-ღამეში ასიმილირებული ნახშირბადის პროცენტული შეფარდება მის მთლიან შემცველობასთან. ორგანიზმში იგი შედარებით იოლად დგინდება, თუ ცხოველების კვების შესწავლისას გამოვიყენებთ რადიაქტიურ ^{14}C. შეთვისებადობა და ზრდაზე მისი გამოყენების ეფექტურობა განისაზღვრება, ერთი მხრივ, ცხოველთა ფიზიოლოგიური თავისებურებებით, ხოლო მეორე მხრივ საკვების ხარისხით და გარემო არის ფიზიკურ-ქიმიური პარამეტრებით.

საკვების მოხმარების ინტენსიურობა. ყველა ორგანიზმისათვის მეტაბოლიზმის სიჩქარე თავად წარმოადგენს ამა თუ იმ პირობებში არსებობის გენეტიკური პროგრამის რეალიზაციის რეზულტატს. ამასთან დაკავშირებით ასიმილაციის ინტენსივობა შეიძლება მერყეობდეს უკიდურესად დაბალი სიდიდეებიდან რაღაც ზღვრულამდე, რომელსაც იგი შეუძლებელია აღემატებოდეს, უზრუნველყოფის რა პირობებიც არ უნდა შეიქმნას კვებაში, თვით რაციონის მომატებისაც კი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასიმილაციის ინტენსივობის მაჩვენებლად გვევლინება ორგანიზმის მიერ დროის ერთეულში შეთვისებული ორგანული ნივთიერების რაოდენობის შეფარდება სხეულში მათ შემცველობასთან. ეს თანაფარდობა შეიძლება გამოიხატოს ინდექსით, რომელიც წარმოადგენს დღე-ღამეში ნახშირბადის ასიმილირების პროცენტულ შეფარდებას ორგანიზმის ქსოვილებში მისი შემცველობის საერთო რაოდენობასთან. ასიმილაციის ინტენსიურობა, რომ-

ლისთვისაც დამახასიათებელია ორგანიზმში ორგანული ნივთიერების დაგროვება და მისი ბრუნვის სიჩქარე, წვრილ ინდივიდებში, როგორც წესი, ბევრად დიდია, ვიდრე ერთუჯრედიან წყალმცენარეებსა და უმარტივესებში, ხოლო ამ უკანასკნელებში უფრო მაღალია, ვიდრე მრავალუჯრედიანებში. რამდენადმე განსხვავდება მოზარდ თევზებში საკვების ასიმილაციის ინტენსივობაც.

მაქსიმალურად შესაძლებელი ასიმილაციის ინტენსივობა, რომელიც განპირობებულია გენეტიკურად, პრაქტიკულად არასოდეს არ რეალიზდება ბუნებრივ გარემოში, ვინაიდან სტატისტიკურად ნაკლებად სარწმუნოა ის სიტუაცია, რომელშიც ყველა ფაქტორი, რომელთაც შესწევთ უნარი, გავლენა მოახდინონ ორგანიზმის მეტაბოლიზმზე, სინქრონულად იყოს ოპტიმალური. ამ ასპექტში ინდექსის სიდიდე შეიძლება განვიხილოთ როგორც ინდიკატორული სიდიდე, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ორგანიზმისათვის ასიმილაციის პოტენციური შესაძლებლობის რეალიზაციის ხარისხი და ოპტიმალური არიდან მისი არის განსხვავების ხარისხი.

კვების რიტმები. ჰიდრობიონტთა უმრავლესობაში კვების ინტენსიობა დროში რეგულარულად იცვლება და გამოიხატება კვების ხელსაყრელი სიტუაციების წარმოშობის პერიოდულობაში, ანდა საკვების მოთხოვნილების კანონზომიერ მერყეობაში. კვების პირობების პერიოდულობა დაკავშირებულია მოქცევისა და მიქცევის, დღისა და ღამის, წლის სეზონურობის მონაცვლეობასთან.

დღეღამური რიტმულობა, რომელიც დაკავშირებულია დღისა და ღამის მონაცვლეობასთან, დამახასიათებელია მრავალი კიბოსნაირისთვის, მოლუსკებისთვის, კანქლიანებისათვის და თევზებისათვის. მაგალითად, შავი ზღვის კიბო Centropades krogeu-ს ნაწლავში, წყალმცენარეთა უჯრედების რიცხვი დღისით შესამჩნევად ნაკლები აქვს, ვიდრე ღამით (იანოვსკაია, 1956).

საათები	8	12	16	20	24	4
უჯრედთა რიცხვი ნაწლავებში	3,2	2,0	1,9	10.15	19,7	25,8

მოლუსკ Gibbuladivaricata-სათვის საკვების მოხმარების მაქსიმუმი შავ ზღვაში მოდის 22-24 საათისათვის. მკაფიო დღელამური რიტმი შავ ზღვაში დამახასიათებელია უმრავლესობა მცენარეჭამია აბფიპოდებსა და ზოგიერთ პლანქტოფაგ და ბენთოფაგ თევზებისათვის.

ზამთრის პერიოდში ტემპერატურის დაწევასთან დაკავშირებით უქვეითდებათ, ან საერთოდ მთლიანად წყვეტენ კვებას უმრავლესი კიბოსნაირები, თევზები და სხვა ცხოველები, რომლებიც სუქების შემდეგ მიგრირებენ საზამთრო ადგილებისაკენ. კიბოების ნაწლავის ავსების ინდექსი შავ ზღვაში მაქსიმუმს აღწევს ივლისში, როდესაც პერიდინეების რიცხობრიობა, რომლითაც ის იკვებება, ყველაზე დიდია.

თევზების უმრავლესობა საერთოდ წყვეტს კვებას, როცა მათ უდგებათ ტოფობის დრო. ასეთებია, მაგალითად, შორეული აღმოსავლეთის ორაგულები. დედალი რვაფეხები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში იოლად გადიან უსაკვებოდ, როცა ისინი იცავენ კვერცხსადებს. ძალიან ბევრი კიბოსნაირი დროის განსაზღვრულ პერიოდში კანის გამოცვლის მერე ვერ იკვებება, რადგანაც მათ ჯერ უნდა გაუმაგრდეთ გარეთა საფარი და პირის ორგანოები.

VI თავი

წყლისა და მარილების ცვლა ჰიდრობიონტებში

ჰიდრობიონტთა საფარი ნახევრად შეღწევადია, იგი სიმლაშის ჰომეოსტაზის შესანარჩუნებლად ქმნის რთულ პრობლემას, რომელიც აუცილებელია საერთო მეტაბოლიზმის სტაბილიზაციისთვის. ჰიდრობიონტები ეწინააღმდეგებიან ოსმოსური და მარილიანობის გრადიენტების გამაწონასწორებელ ფიზიკურ-ქიმიურ ძალებს, ამავე დროს უნდა შეეძლოთ ჰაერის პირობებში გამოშრობისაგან თავის დაცვა. წყლის ორგანიზმები გამოიმუშავებენ ისეთ ადაპტაციურ უნარს, რომელიც მიმართულია საჭირო გრადიენტების აქტიურად შენარჩუნებისაკენ, საფარის გამტარუნარიანობის შემცირების ხარჯზე. ენერგეტიკული თვალსაზრისით, ეს უკანასკნელი უფრო ეკონომიურია და გამოიყენება შეზღუდული არეალის ფარგლებში, ვინაიდან არისგან იზოლაცია აუარესებს ნივთიერებათა ცვლის პროცესებს (O_2-ის შთანთქმა, CO_2-ის, NH_4^+-ის გამოყოფა და სხვა).

წყლისა და მარილიანობის ცვლის რეგულაციის პროცესებში აქტიურად მონაწილეობს გამომყოფი სისტემა, უჯრედთა მემბრანების სატრანსპორტო სისტემები, მორფოლოგიური და ქცევითი ცვლილებები და სხვა. ტენისგან გამოშრობის დამცავი მექანიზმი ჰიდრობიონტებს იცავს გაუწყლოებისაგან. ასეთი მოვლენები შეინიშნება, მაგალითად, მოქცევა-მიქცევის ზონაში ამომშრალ წყალსატევებში პერიოდულად ხმელეთზე გამოსვლისას. რიგი ადაპტაციებისა უზრუნველყოფს წყლის ორგანიზმების დაცვას ოსმოსური გაუწყლოებისა და გაწყლოვანებისაგან, რომლებიც ქმნიან უჯრედების მექანიკური დაზიანების საშიშ-

როებას. ამასთან დაკავშირებით სხეულის უჯრედებში წყდება კონცენტრაციების რეგულირებისა და ცალკეულ იონთა შეფარდების ამოცანები. ადაპტაციის სრულყოფით, წყლისა და მარილიანობის ცვლის სტაბილიზაციის უზრუნველყოფით განისაზღვრება ჰიდრობიონტთა ევრიჰალინურობის ხარისხი, მათი უნარი, იარსებონ სხვადასხვა სიმლაშის წყლებში და გადარჩნენ ოსმოსურად არამდგრად არეში.

VI.1. გამოშრობისაგან თავდაცვა და გამომშრალ მდგომარეობაში გადარჩენა

ჰიდრობიონტთა უმრავლესობა, განსაკუთრებით სანაპიროს ბინადარნი, წყლის დონის მკვეთრი დაცემისას შეიძლება დარჩნენ უწყლოდ და აღმოჩნდნენ დეჰიდრატაციის საფრთხეში. მისგან თავდაცვა, ერთი მხრივ, მიიღწევა იმით, რომ ისინი თავს არიდებენ პირობებს, რომლებიც გამოშრობით ემუქრებათ და, მეორე მხრივ კი, იმით, რომ ამცირებენ ტენის გაცემას. თუ აღინიშნება გამოშრობა და დიდხანსაც გრძელდება, როგორც ეს ხშირად შეინიშნება დროებით წყალსატევთა მობინადრეებში, მაშინ რიგ ორგანიზმებს უმუშავდებათ ანაბიოზურ, არახელსაყრელ პირობებთან შეგუების უნარი, რომელსაც თან ახლავს წყლის თითქმის სრული დაკარგვა.

VI.2. გამოშრობისაგან თავის არიდება

გამოშრობისაგან თავის დაცვას მრავალი ჰიდრობიონტი ახერხებს დროულად წასვლით იმ ადგილებიდან, რომელთაც გამოშრობა ემუქრებათ. თუ წყლის დონე მეტისმეტად ჩქარა ეცემა და მრავალი ჰიდრობიონტი ვერ ასწრებს გაცლას, მაშინ ისინი ცდილობენ, გაჰყვნენ უკან დახეულ წყალს, და ხშირად მათი ძალისხმევა წარმატებულიცაა, განსაკუთრებით ღრუბლიანი ამინდის დროს. ცხოველები, რომლებიც აღმოჩნდებიან ტენიან ნაპირზე, გამოშრობისგან თავდასაცავად იყ-

ენებენ სხვადასხვა საშუალებას. უწყლოდ დარჩენილ მტკნარი წყლის ცხოველებში განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული გრუნტში ჩაფლობა. მაგალითად, თევზებს, ხლაკუნებს, აფრიკულ ქერცლიანებს და ზოგიერთ სხვას შეუძლიათ ჩაეფლონ 1 მეტრამდე სიღრმეში. გრუნტში ჩაფლობის ეფექტურობაზე მეტყველებს ის ფაქტიც, რომ მოლუსკები, რომლებიც ჩაეფლობიან მასში, ხანგრძლივად ინარჩუნებენ სიცოცხლისუნარიანობას წყალსატევის ამოშრობიდან 1 წლის მანძილზე. უწყლობასთან წინააღმდეგობის გაწევის უნარი დამოკიდებულია გრუნტის გამოშრობის სიჩქარეზე. ჰაერის ტემპერატურის აწევით და ტენიანობის დაწევით გრუნტის გამოშრობისაგან თავდაცვის ეფექტურობა მცირდება.

VI.3. ტენიანობის შემცირებასთან ადაპტაცია

უწყლოდ დარჩენილ ჰიდრობიონტთა სიცოცხლის ხანგრძლივობა მნიშვნელოვანწილად განისაზღვრება სხეულში ტენის შენარჩუნებისთვის ადაპტაციის მექანიზმების სრულყოფით და აორთქლების შედეგად დანაკარგების მინიმუმამდე დაყვანით. უპირველეს ყოვლისა, ეს მიიღწევა მორფოლოგიური ცვლილებებით, კერძოდ, გარეგანი საფარის გამკვრივებით. პრაქტიკულად აორთქლებას გამორიცხავს, ან მკვეთრად ანელებს მოლუსკების ნიჟარები, მწერების კუტიკულა, კიბოსნაირების ჯავშანი, ზოგიერთი ჭიის, კანქლიანების და სხვა ცხოველების მკვრივი საფარი. გამოშრობისგან თავის არიდების მიზნით უმარტივესები წარმოქმნიან მკვრივ ცისტებს და მრავალი დღის, თვის და წლის განმავლობაშიც კი ინარჩუნებენ სიცოცხლეს.

მოლუსკებს შორის გამოშრობისადმი მაღალი მდგრადობით გამოირჩევიან წინალაყუჩიანი მუცელფეხიანები, რომელთაც აქვთ სახურავი, რის გამოც მათში წყლის დანაკარგი მინიმუმამდე მცირდება.

გამოშრობის პირობებში წყლის დაკარგვის ტემპი ჩვეულებრივად თანდათანობით მცირდება. ლითორალური მოლუსკი Nerita ჰაერში ყოფნის პირველ დღეებში დღე-ღამეში კარგავს 4-დან 10%-მდე რბილი ქსოვილების მასას, რის შედეგადაც დანაკარგები 1,9%-დან და 0,6%-მდე მცირდება.

VI.4. გამოშრობისას გადარჩენა

დეჰიდრატაციის ხარისხი, რომელსაც უძლებს სხვადასხვა ჰიდრობიონტი, ვარირებს ძალიან ფართო საზღვრებში და, როგორც წესი, კორელირებს ორგანიზმების უწყლოდ ყოფნის დროსთან.

ორგანიზმების უჯრედებში წყალი თავისუფალი და ბმული (დაკავშირებული) სახითაა (ჰიდრატული გარსის წყალი), ამასთან ბმული წყლის რაოდენობა კორელირებს ცილის შემცველობასთან და მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ჰიდრობიონტთა გადარჩენას დეჰიდრატაციის დროს. პროგრესული გაუწყლოების პირობებში ბმული წყალი შეიძლება შეიცვალოს ისეთი ნაერთებით, რომლებიც იცავენ უჯრედულ სისტემებს დაზიანებისაგან, რითაც იზრდება ცხოველთა გადარჩენის პროცენტი. მაგალითად, ტრეჰალოზის თანყოფნა აფერხებს შაქრებისა და ცილების ზოგიერთ რეაქციას, რომლებიც ჩვეულებრივად მიმდინარეობენ დეჰიდრატაციის დროს და უჯრედებში იწვევენ შეუქცევად ცვლილებებს. ზოგიერთ ჰიდრობიონტს გამოუმუშავდა ანაბიოზურ მდგომარეობაში გადასვლის უნარი, როცა შეუძლებელია საჭირო რაოდენობის წყლის შენარჩუნება. მრავალ უმარტივესს შეუძლია გამომშრალ მდგომარეობაში ყოფნა ერთი კვირის, თვის და წლის განმავლობაში (ციბრუტელა, მრავალი ჭია, მწერების ჭუპრები და სხვა).

ცისტებისა და ჰიდრობიონტთა სხვა მდგრადი სტადიების დროს (კიბოსნაირთა და ციბრუტელათა კვერცხები, ხავსების სტატობლასტები, ღრუბელების ჰემულები და სხვა), ისინი შეიძლება, იმყოფებოდნენ გამომშრალ მდგომარეობაში თვეებისა და წლების განმავლობაში. ისინი შეიძლება, გრუნტზე არსებულ

მტვერთან ერთად, ქარისა და წყალში მცურავ ფრინველთა ფეხებზე მიმაგრების საშუალებით განუსაზღვრელად დიდ მანძილზე გადაადგილდნენ. არსებობს გავრცელების სხვა საშუალებებიც ამ გზით ისინი აღწევენ სხვა წყალსატევებამდეც კი.

VI.5. ოსმოსური გაუწყლოებისა და გაწყლიანებისაგან თავდაცვა

ოსმოსური გრადიენტების არსებობა ჰიდრობიონტთა ქსოვილებსა და გარემომცველ წყალს შორის ქმნის ორგანიზმთა სხეულების გაუწყლოების ან მათი გაწყლოვანების საშიშროებას. რაც უფრო მკვეთრია ოსმოსური გრადიენტები, მით უფრო მეტია ეს საშიშროება. ორივე შემთხვევაში იქმნება უჯრედთა მექანიკური დაზიანებისა და მათში სხვადასხვა ქიმიური კომპონენტის კონცენტრაციის ცვლილების საფრთხე, ირღვევა მეტაბოლიზმი. უარყოფითი ეფექტები თავიდან აიცილება სხვადასხვა გზით. ზღვის ერთუჯრედიან ორგანიზმებში შეინიშნება გარემომცველ გარემოსთან იზოოსმოტია და, აქედან გამომდინარე, მათი სითხის ბალანსი არაა დამოკიდებული წყლის მარილიანობაზე. მსგავსი სახით ზღვის მრავალუჯრედიან ცხოველებში შეიძლება აცილებული იყოს ოსმოსური ჰიდრატაცია.

მარილიანობასთან მიმართებით მრავალუჯრედიანი ორგანიზმები თავიანთი შინაგანი არით იყოფიან ორ ჯგუფად: **ოსმოკონფორმატორები (ოსმოკონფორმერები)** და **ოსმორეგულატორები**. პირველთა შინაგანი არის ტონურობა (ლიმფა, ჰემოლიმფა, ცელომური სითხე, სისხლი და სხვა) დაახლოებით იგივეა, რაც გარემომცველ არეში, ე. ი. ისინი პოიკილოოსმოტური ორგანიზმებია. ოსმოკონფორმატორებისგან განსხვავებით, ოსმორეგულატორებს მარილიანობის განსაზღვრულ ფარგლებში უნარი შესწევთ, აკონტროლონ შინაგანი არის ტონურობა, ე. ი. ისინი მიეკუთვნებიან ჰომოოსმოტურ ორგანიზმებს. ოსმოკონ-

ფორმატორებსა და ოსმორეგულატორებს შორის საშუალო მდგომარეობა უჭირავთ ჰიდრობიონტებს, რომლებიც აკონტროლებენ შინაგანი არის ტონურობას წყლის მარილიანობის ძალიან ვიწრო ფარგლებში.

ზღვის ბინადართა დიდი უმრავლესობა ოსმოკონფორმატორია, ხოლო ყველა მტკნარი წყლისა – ოსმორეგულატორი. მტკნარი წყლის ოსმორეგულატორების ქსოვილთა შინაგანი არის ტონურობა ყოველთვის მაღალია, ვიდრე გარემომცველი არისა და ისინი ახორციელებენ ჰიპერტონულ რეგულაციას; ზღვის ჰომოოსმოტური ორგანიზმების ტონურობა უფრო დაბალია, ვიდრე გარემომცველ არეში და ისინი ახორციელებენ ჰიპერტონულ რეგულაციას. ზღვის ჰომოოსმოტური ორგანიზმების ტონურობა უფრო დაბალია, ვიდრე გარემომცველი არისა და მათთვის დამახასიათებელია ჰიპოოსმოსური ოსმორეგულაცია. ტონურობის რეგულირების როგორი ძლიერი მექანიზმიც არ უნდა გააჩნდეთ ჰიდრობიონტებს, ისინი ყოველთვის მიიღტვიან, რათა თავი დააღწიონ ექსტრემალურ ოსმოსურ ზემოქმედებას. იგი მიიღწევა ოსმოსურად ხელსაყრელი არის შერჩევით და ნაწილობრივ ოსმოიზოლაციით, რომელიც ამცირებს ტონური გრადიენტების გათანაბრების ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების ინტენსივობას, რაც მიმდინარეობს თავისთავად.

VI.6. ოსმოიზოლაციისა და ოსმოსური გარემოს შერჩევა

ჰიდრობიონტების მიერ ოსმოსურად ხელსაყრელი გარემოს შერჩევა პირველ რიგში განისაზღვრება დამახასიათებელი მარილიანობის მქონე ადგილსამყოფელთან მათი ურთიერთობით. მტკნარი წყლის ფორმები თავს არიდებენ მლაშე და ზღვის წყალს, მლაშე წყლის ბინადარნი არ ცხოვრობენ მტკნარ და ზღვის წყალსატევებში, ხოლო ზღვისა კი პირიქით, მლაშე და მტკნარ წყლებში. ამ მიზეზით, მაგალითად, რადიოლარიები, თავფეხიანები, სიფონოფორები და ზღვის ზღარბები ვერ აღწევენ ხმელთაშუა ზღვიდან (35%) შავ ზღვამდე (17%), ხოლო შავი

ზღვის მრავალი ძობინადრე არანაკლებად გვხვდება მლაშე აზოვის ზღვაში. შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილის შესამჩნევ დამლაშებასთან დაკავშირებით, უკანასკნელ დროს აქ გამოჩნდა მრავალი წყალმცენარე, რომლებიც ოკეანის პლანქტონისათვის არის დამახასიათებელი. აზოვის ზღვის სიმლაშის მომატებას თან ახლავს მასში შავი ზღვიდან სხვადასხვა ფორმის შეღწევა.

მრავალი ლითორალული ფორმა გადადის სუბლითორალულში, მაშინ, როდესაც სანაპიროს წყლები ინტენსიურად მტკნარდება.

სხეულის გაწყლოვანების აუცილებლობის შენარჩუნება იოლდება გარეგანი საფარების გამტარობის შემცირებით, რაც განსაკუთრებით დამახასიათებელია ნაკლებად სტაბილურ ოსმოსურ პირობებში მცხოვრებ ჰიდრობიონტთათვის.

ოსმოსურ თავდაცვას ეხმარება თევზებისა და მრავალი სხვა ორგანიზმის სხეულის ზედაპირზე ლორწოს წარმოქმნა. ორსაგდულიანი მოლუსკების არახელსაყრელ მლაშე არეში ოსმოიზოლაცია განპირობებულია ნიჟარების შეკუმშვით. ოსმოიზოლაციის მაღალი ხარისხი დამახასიათებელია ჰიდრობიონტთა ჩანასახებისათვის, რომლებიც გადარჩებიან ანიზოტონურ არეში (ზღვის ან მტკნარ წყალში) მკვრივი გარეგანი გარსის წარმოქმნის შედეგად.

VI.7. უჯრედშიგა იზოოსმოსურობა და ოსმოკონფორმაცია

ერთუჯრედიანებსა და მრავალუჯრედიანებში, რომელთაც არა აქვთ შიგა არე, ასევე ზოგიერთი უფრო მაღალორგანიზებული ცხოველის ციტოპლაზმაში ოსმოსური წნევა წონასწორდება, თუ ის გააჩნია გარემომცველ წყალს და ტონური გრადიენტების უქონლობა იცავს ორგანიზმებს ოსმოსური გაუწყლოების ან გაწყლოვანების საფრთხისგან. ციტოპლაზმის ტონურობა რეგულირდება ორი მექანიზმით, რომელთა მუშაობაც გარეგანი ოსმოსური პირობების ვარირების დროს მკაც-

რად კოორდინირდება: ერთ-ერთი მექანიზმი არის ორგანული ოსმოლიტების ციტოპლაზმის კონცენტრაციის ცვლილება, მეორე კი მასში არსებული არაორგანული იონების მოდულაცია. არაორგანული იონების კონცენტრაციის მერყეობა შესაძლებელია მხოლოდ განსაზღვრულ ფარგლებში, ვინაიდან იგი ძლიერ ზეგავლენას ახდენს უჯრედშიგა პროცესებზე. ორგანული ოსმოლიტები (ამინომჟავები და მათი წარმოებულები, შარდოვანა და მეთილამინები, მაღალმოლეკულური სპირტები და სხვა), რომლებიც არ ურთიერთქმედებენ სუბსტრატებთან და კოფერმენტებთან, ინახავენ უჯრედშიგა არეს მაკრომოლეკულათა ყველა სტრუქტურისა და ფუნქციისათვის გამოსადეგად. გარკვეულია, რომ წყლის სიმლაშისა და ცალკეული იონების კონცენტრაციის გაზრდა უხერხემლოებში ააქტიურებს გლუტამატდეჰიდროგენაზას, რომელიც განაპირობებს თავისუფალი ამონიაკისა და 2-ოქსოგლუტარის მჟავას წარმოქმნას (Романенко и др., 1983). წყლის მარილიანობის მომატებისას 5-დან 35%-მდე მიდიების ციტოპლაზმის ტონურობა აზოტის ცვლის პროდუქტების ხარჯზე იზრდება 75%-ით, ხოლო თვით პროდუქტების კონცენტრაცია 5-6-ჯერ, მაშინ, როცა ელექტროლიტების კონცენტრაცია მხოლოდ 1,1-1,2-ჯერ იზრდება.

ციტოპლაზმის ტონურობის რეგულაციასთან ერთად, მისი ორგანული მოლეკულებით გაჯერების ხარჯზე, ანდა ამ უკანასკნელის კონცენტრაციის დაწევით, იზოოსმოსის უზრუნველყოფას სერიოზული მნიშვნელობა აქვს. აღინიშნება უჯრედული გარსის გავლით იონთა აქტიური გადაადგილება. სორბციისა და იონთა გამოყოფის უნარი, ოსმოსური გრადიენტის საწინააღმდეგოდ, დამახასიათებელია ყველა უჯრედისათვის. იონთა აქტიური გადაადგილება რეგულირდება სპეციალური ფერმენტებით ატფ-ის ენერგიის დახარჯვაზე. ამასთან დაკავშირებით იმ ორგანულ მოლეკულათა, კონცენტრაციის ცვლილება რომლებიც არ გადიან უჯრედის კედელში და არ იხარჯებიან ტონურობის რეგულაციის

პროცესში, იზოსმოტიის მხარდაჭერის უფრო ეკონომიკური ხერხია.

გარემოს სიმლაშის მკვეთრი ცვლილების დროს, იზოსმოტურობის უზრუნველყოფის მექანიზმები არაა უცებ შეთავსებადი, გარკვეულ დროს ოსმოსური წონასწორობა ირღვევა და უჯრედთა წყლის ბალანსი დესტაბილიზირდება. გარემოს ჰიპერტონიის პირობებში უჯრედები რამდენადმე მცირდებიან მოცულობაში, პირუკუ შემთხვევაში კი იბერებიან, რის შედეგადაც, იზოსმოსურობის აღდგენის მიხედვით, უბრუნდებიან საწყის მდგომარეობას. უჯრედის ზომის ნორმალიზაციის ასეთ პროცესს ჰიდრობიონტთა მოცულობის (მასის) რეგულაციას უწოდებენ.

უჯრედშიგა იზოსმოტური რეგულაცია კარგადაა გამოხატული არა მხოლოდ ევრიჰალინურ ორგანიზმებში, რომელთაც შინაგანი არე არ გააჩნიათ (ღრუბელები, ნაწლავღრუიანები, ზოგიერთი ბრტყელი ჭია), არამედ უფრო მაღალორგანიზებულ ცხოველებშიც (მრავალი ჭია, მოლუსკები, კანეკლიანები, კიბოსმაგვარები).

VI.8. ოსმორეგულაცია

გარემო არეზე დამოკიდებულებით, მტკნარი წყლის ყველა ორგანიზმი ჰიპერტონულია და ამიტომაც შეეგუენ ისინი ოსმოსური გაწყლოვანებისაგან თავდაცვას. იგი მიიღწევა ოსმოიზოლაციის მიმართ ადაპტაციით, ასევე შინაგანი არის ტონურობის დაწევითა და დიდი რაოდენობით ჰიპოტონიული შარდის გამოყოფით. მარილიანობის ბალანსის დეფიციტის წარმოშობა იფარება გარედან იონთა აქტიური სორბციით, რომელიც სრულდება ოსმოსური გრადიენტის საწინააღმდეგოდ, რისთვისაც მოიხმარება ენერგია. როგორც წესი, ეს დანახარჯი არ აღემატება მტკნარი წყლის ცხოველების მიერ დახარჯული საერთო ენერგიის 1-2%-ს ზოგიერთ მოლუსკში კი ეს მაჩვენებლები 10-12%-ს აღწევს.

მტკნარი წყლების თევზებს შორის ძვლოვანებს, ხრტილოვანებთან შედარებით, გააჩნიათ სისხლის უფრო ნაკლები ტონურობა (Δt შესაბამისად 0,5-0,6 და 0,9-1,1^{0}C) და ამიტომ შარდის გამოყოფის ინტენსიურობა მათთვის შესამჩნევად დაბალია (შესაბამისად 50-100 და დაახლოებით 200 მკლ/გ დღე-ღამეში). სისხლის ტონურობა მტკნარი წყლის ძვლიან თევზებში განპირობებულია არაორგანული ნივთიერებების არსებობით, ხოლო ხრტილოვანებში არაორგანული და ორგანული ნივთიერებების თანაბარი რაოდენობის შემცველობით. უხერხემლოებში იონთა დანაკარგის კომპენსაცია უზრუნველყოფილია მათი სორბციით ოსმოსური გრადიენტის საწინააღმდეგოდ.

ზღვის ჰომოოსმოტური ორგანიზმები, რომლებიც ბინადრობენ მლაშე წყალში, ახორციელებენ ჰიპოტონიკურ რეგულაციას, ზოგჯერ იზოტონიკურ ან მსუბუქად ჰიპერტონიკურს. როცა წყალში Δt ტოლია 1,5-2^{0}C-ისა, ზღვის ძვლოვან თევზებში სისხლის Δt ჩვეულებრივ ძევს 0,7-1,8^0 C-ის ფარგლებში. წყლის სიმლაშის ცვლილებასთან ერთად სისხლის ოსმოსური წნევაც განიცდის ზოგიერთ ძვრას ისეთი მიმართულებით, რაც აადვილებს ოსმორეგულატორული მექანიზმების მოქმედებას.

სისხლის ტონურობა შეიძლება ადაპტაციის მიზნით შეიცვალოს არა მხოლოდ წყლის მარილიანობის მერყეობასთან კავშირში, არამედ როგორც საშუალება, გაყინვისაგან თავდასაცავად.

შედარებით სუსტად იცვლება ტონურობა გამსვლელ თევზებში, რომლებიც მონაცვლეობით ცხოვრობენ ხან მლაშე და ხანაც ზღვის წყალში. მაგალითად, გველთევზების სისხლის Δt ზღვის წყალში ტოლია 0,69-0,75^{0}C-ის, ხოლო მტკნარ წყალში იგი მცირდება 0,61-0,62^{0}C-მდე. ორაგულთა სისხლი ზღვაში მათი ყოფნისას იყინება 0,76^{0}C-ის დროს, ხოლო მტკნარ წყალში 0,67^{0}C-ზე. თევზები და კიბოსნაირები იმყოფებიან ჰიპერტონულ არეში, განიცდიან ოსმოსურ დეგრადაციას. წყლის დანაკარგს რომ

გაუკეთდეს კომპენსირება, ისინი მას ყლაპავენ ზომაზე მეტად და მკვეთრად ამცირებენ შარდის გამოყოფას. მაგალითად, გველთევზები ზღვაში ყოფნის დროს დღეღამურად 1კგ სხეულის წონაზე გამოყოფენ 2-4 მლ შარდს (მტკნარ წყალში – 60-150 მლ), ღორჯოები – 3-23 მლ-ს, ზღვის ეშმაკა – 18 მლ-ს.

VI.9. მარილიანობის ცვლა

უჯრედული ჰომეოსტაზის ერთი უმთავრესი პირობაა არა მხოლოდ მარილების კონცენტრაციის მუდმივობა, არამედ იონთა განსაზღვრული თანაფარდობაც, თანაც იმისგან განსხვავებული, რომელიც არსებობს გარემომცველ არეში. ცალკეული იონების თანაფარდობის მუდმივობა დამახასიათებელია ყველა ჰიდრობიონტის უჯრედებისათვის და უფრო მკაცრად რეგულირდება, ვიდრე მათი სხეულების საერთო მარილიანობა. ჰიდრობიონტების მიერ სხვადასხვა იონის საჭირო კონცენტრაციის შენარჩუნება ძირითადად მიიღწევა იონთა რეგულაციის გზით, რომელიც გამოიხატება შინაგანი არის კონტროლით მარილის შედგენილობაზე. ოსმოსურისაგან განსხვავებით, იონური რეგულაცია უნდა ხდებოდეს განუწყვეტლივ, ვინაიდან ბუნებრივ პირობებში ჰიდრობიონტთათვის იზოტონია საკმაოდ ჩვეულებრივია, იგი პრაქტიკულად არასოდეს არ შეინიშნება. საფარის გამტარობის მიხედვით, გარემო არეში განუწყვეტლივ ხდება ორგანიზმში პასიური მარილცვლა, რაც იწვევს განაწილების დარღვევას. ამიტომ იონთა პასიურ ცვლას, რომელიც არღვევს ჰომეოსტაზს, ორგანიზმები პასუხობს აქტიური ტრანსპორტით, რითაც უზრუნველიყოფა თანაფარდობის სტაბილურობა და კონცენტრაცია.

VI.10. პასიური მარილცვლა

იონთა კონცენტრაციის გათანაბრების ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობენ ორგანიზმის საფარის

ორივე მხარეს, მით უფრო ინტენსიურია, რაც უფრო ძლიერად განსხვავდება ორგანიზმის იონური შემადგენლობა იმისგან, რომელიც არსებობს გარემომცველ არეში და მით უფრო სუსტია, რაც ნაკლებადგამტარია იონთათვის სხეულის საფარი. როგორც წესი, ზღვის ორგანიზმები გარემომცველ წყალთან შედარებით 2-3-ჯერ მდიდარია კალიუმით, მაგრამ ღარიბია ნატრიუმით, მაგნიუმითა და სულფატებით. ასევეა იონთა შემცველობა სხვადასხვა ორგანიზმში, რომლებიც ცხოვრობენ ერთსა და იმავე მარილიან წყალში (არეში). მაგალითად, ამერიკული ასთაკვის ღრუს სითხეში კალიუმი 2,3-ჯერ უფრო დიდია, ვიდრე მაგნიუმი, ხოლო ზღვის კურდღელში პირიქით, მაგნიუმია 2,5-ჯერ უფრო დიდი, ვიდრე კალიუმი. იმავე ასთაკვაში კალციუმი 1,5-ჯერ დიდია, ვიდრე კალიუმი, ხოლო ვირთევზაში კალციუმი 2,5-ჯერ უფრო მცირეა, ვიდრე კალიუმი. არის (წყლის) მკვეთრი გამლაშების შემთხვევაში, ოსმოსური წონასწორობა მიიღწევა არა იმდენად იონთა შესვლით ორგანიზმში, რამდენადაც წყლის გარეთ გამოდინებით, რითაც ცხოველთა მასა მცირდება. ტემპერატურის მომატებით იონთა მიგრაციის სიჩქარე უჯრედული მემბრანების გავლით იზრდება და მაშასადამე, ასეთ პირობებში, ჰიდრობიონტთა პასიური მარილცვლა შესამჩნევად იზრდება. წყლის მრავალი ორგანიზმისთვის ამას აქვს დიდი ეკოლოგიური მნიშვნელობა, რადგანაც იგი გავლენას ახდენს მათ გადარჩენის უნარზე მაღალი და დაბალი მარილიანობის არეში. იგივე შეიმჩნევა სულ სხვა სახის მარილის შემადგენლობის არეებში, ვიდრე ისეთში, რომელიც დამახასიათებელია მოცემულ ჰიდრობიონტთათვის.

VI.11. აქტიური მარილცვლა

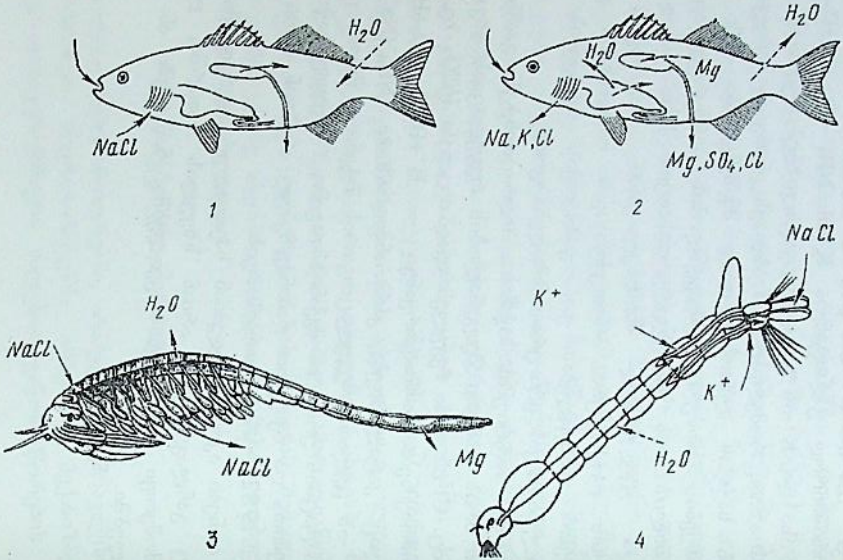
არა მხოლოდ ჰომოოსმოსურებში, არამედ დიდ უმრავლესობა პოიკილოოსმოსურ ჰიდრობიონტებში არსებობს მექანიზმები, რომლებიც, ფიზიკურ-ქიმიური ძალებით გაწონასწორების მი-

უხედავად, იცავენ სხეულთა სითხეებში მარილთა რაოდენობის შემცველობას განსაზღვრულ დონეზე, უზრუნველყოფენ ცალკეული იონების კონცენტრაციის სტაბილურობას და მათ თანაფარდობას. ჰიდრობიონტთა უმრავლესობისათვის განსაკუთრებით დამახასიათებელია ე.წ. „ნატრიუმის საქაჩი“, Na^+, K^+-АТФ-ზა, რომელიც უზრუნველყოფს Na^+-ის აქტიურ ტრანსპორტს უჯრედიდან უჯრედგარე სივრცეში. Na^+-ის გადატანის საპირისპიროდ გადაიტანება K^+-ის NH_4^+-ის ან H^+-ის იონი. Na^+-ისა და K^+-ის გადატანა კატალიზდება ფერმენტ Na^+K^+ - АТФ-აზით, რომელსაც თან ახლავს ენერგიის ხარჯვა. ნატრიუმის საქაჩის მუშაობას დიდი მნიშვნელობა აქვს სხეულის სითხეების იონური შემადგენლობის ოსმორეგულაციისა და სტაბილიზაციის უზრუნველყოფისათვის. NH_4^+-ისა და Na^+-ის ცვლა უკიდურესად მნიშვნელოვანია, როგორც აზოტური ცვლის ტოქსიკური პროდუქტისაგან ორგანიზმის გათავისუფლების საშუალება, ე.ი. გამოყოფის ფუნქციის განხორციელებისათვის ერთ-ერთი მისაღები ფორმა.

გარდა ნატრიუმის საქაჩისა, ჰიდრობიონტებს გააჩნიათ შინაგანი არის იონური შედგენილობის რეგულაციის სხვა მექანიზმებიც. Cl-ის იონი ჩვეულებრივად იცვლება HCO_3^--ზე, ამ დროს წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი – $H^+ + HCO_3 = CO_2 + H_2O$, რომელიც კატალიზდება კარბოანჰიდრაზათი. NH_4^+(Na^+ და H^+) Na^+-ის ცვლათა რეგულაცია არის მტკნარი წყლის ცხოველთა ადაპტაციის ერთი იმ მექანიზმთაგანი, რომელიც საჭიროა ამონიუმთია და მჟავებით დაბინძურებულ არესთან (Виноградов и др., 1982) ურთიერთობისათვის.

იონები აკუმულირდებიან სპეციალურ უჯრედებში, რომლებიც განლაგებულნი არიან სხეულის საფარში, ლაყუჩებში, გამომყოფი სადინარების კედლებში, ნაწლავში ან სხვა ადგილებში.

სურ. 20. ფეხსახსრიანებსა და ძვლოვან თევზებში თვითრეგულაციის პროცესში წყლისა და იონების მოძრაობის ძირითადი გზები (პროცერუსა და ბრაუნუს მიხედვით, 1967). უწყვეტი ისრებით ნაჩვენებია აქტიური და წყვეტილით — პასიური მოძრაობა:



1 - მტკნარი წყლის თევზები,

2 - ზღვის ძვლოვანი თევზები,

3 - კიბორჩხალა ***Artemia salina***,

4 - კოღო ***Aedes***-ის მატლი

თუ უჯრედის საქაჩები არხების სანათურებში გამოყოფენ იონებს, მათში სითხე ხდება ჰიპერტონიული და წყალი განუწყვეტლად შედის უჯრედიდან არხებში და ამ უკანასკნელებიდან კი გადის გარეთ. როცა უჯრედული საქაჩები მუშაობენ შებრუნებული მიმართულებით და გამოაქვთ იონები არხებიდან, მათში სითხე ხდება ჰიპოტონიური, წყალი იწყებს უჯრედში შესვლას და დანაკლისი შეივსება გარედან შემონადენით. ამრიგად, იონების აქტიური გადატანა მჭიდროდაა დაკავშირებული წყლის ტრანსპორტთან.

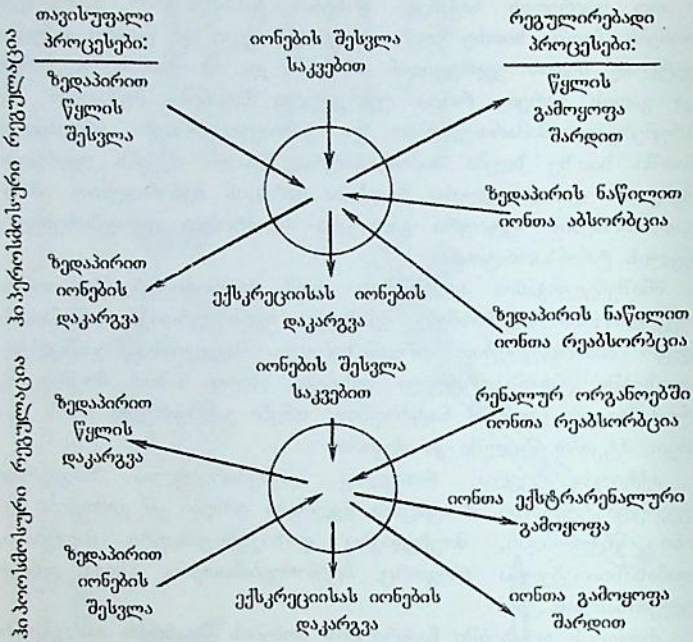
მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ჰიდრობიონტებში იონთა რეგულაციის მექანიზმები შეიძლება იყოს ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულებით ორგანიზებული. მაგალითად, გამსვლელ თევზებში ტრანსპორტული სისტემა ისეთი სახით მოქმედებს, რომ ზღვის წყალში ნატრიუმის იონები გადაქაჩული იყოს გარეთ, მტკნარ წყალში კი შიგნით.

აქტიური ცვლა, რომელიც დაკავშირებულია ზოგიერთი უჯრედის უნარზე, მიიტაცოს წყლიდან იონები ან გამოყოს ისინი სხეულიდან, მიუხედავად ფიზიკურ-ქიმიური ძალებისა, დამახასიათებელია როგორც მცენარეებისათვის, ასევე ცხოველებისათვის.

ძვლოვან თევზებში ნატრიუმის იონების შთანთქმა და გაცემა ხორციელდება ლაყუჩებში არსებული ქლორიდული (კეის-ვილმერული) უჯრედებით.

ცნობილია, რომ თევზებში სტრესის დროს ქლორიდული უჯრედების მოქმედება რამდენიმე ხნით ირღვევა და ამ დროს ნატრიუმის იონების გამოყოფისა და შესვლის ბალანსი ირღვევა.

სხეულის ზედაპირის უჯრედებით სხვადასხვა იონის აქტიური შთანთქმა, არსებით როლს ასრულებს ცხოველთა მინერალურ კვებაში.



სურ. 21. წყლის უხერხემლოებში ოსმოსური რეგულაციის განმაპირობებელი ძირითადი პროცესების მიმართულება (კარანდეევის მიხედვით, 1966).

VI.12. წყლის მარილიანობის ეკოლოგიური მნიშვნელობა

მტკნარი და ზღვის წყლები იონთა სხვადასხვაგვარი თანაფარდობით მკვეთრად განსხვავდებიან. ამიტომ ზღვის წყლის მნიშვნელოვნად გამტკნარება, როგორც მტკნარის გამლაშება, ერთდროულად ცვლის ჰიდრობიონტთა არსებობის ოსმოსურ და მარილიანობის პირობებს, გარდაქმნის ოსმოსური და იონური რეგულაციის მექანიზმების მუშაობას. როგორც აჩვენა ვ.ვ.ხლებოვიჩმა (1974), მ.კნუდსენის დებულება ზღვის ჰიდროქიმიის საფუძვლად აღიარებულ იონთა თანაფარდობის მუდმივობაზე ვარგისია მხოლოდ 5-8%-იან მარილიანობაზე ზევით, ხოლო მის ქვევით არსებითად იზრდება ორვალენტიანი კათიონების შეფარდებითი შემცველობა. როგორც ჩანს, იონთა თანაფარდობაში შესამჩნევი დარღვევა აღინიშნება წყლებშიც, რომელთა მარილიანობა 42-45%-ზე მეტია. ამ დროს წარმოიშობა მისი განსაზღვრის სიძნელეები ქლორის შემცველობის მიხედვით (ქლორის კოეფიციენტით). ამრიგად, მარილიანობის ცვლილება 5-8%-დან 42-45%-ის ფარგლებში მოქმედებს მხოლოდ როგორც ოსმოსური ფაქტორი. დიდი მერყეობა განაპირობებს რაპიკული ფაქტორის ჩართვას, რომელიც ასრულებს წყლის მარილიანობის შემცველობის ცვლილების ეკოლოგიურ როლს. წყლის მარილიანობის შედგენილობისა და მისი მერყეობა-მდგრადობის შესაბამისად, ჰიდრობიონტებს შორის შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი სახის ფორმები: სტენოგალინური, სტენორაპიკული და ევრიჰალინური. რაპიკული ფაქტორების ერთდროული მოქმედება არსებით გავლენას ახდენს ინდივიდთა სიცოცხლეზე, ჰიდრობიონტთა განსახლების საზღვრებზე და სხვადასხვა ხარისხის მარილიანობის წყლის ბინადართა თავისებურებებზე.

VI.13. ჰიდრობიონტთა მდგრადობა მარილიანობის მიმართ

ჰიდრობიონტთა უნარი – აიტანონ მარილიანობის შესამჩნევი ცვლილება, დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და მათ შორის

სახეობრივ კუთვნილებაზე. დადგენილია, რომ ერთი სახეობის ინდივიდები, რომლებიც ბინადრობენ ცვალებადმარილიან წყალსატევებში, უფრო ადაპტირებული არიან, ვიდრე ორგანიზმები, რომლებიც ცხოვრობენ სტაბილური მარილიანობის პირობებში.

მარილიანობის ცვლილებასთან ტოლერანტობა ჩვეულებრივ ასაკთან ერთად იზრდება. განსაკუთრებით ონტოგენეზის სხვადასხვა სტადიაზე, რაც იწვევს მათში ადაპტაციის მრავალი მახასიათებლის გამომუშავებას.

ჰიდრობიონტთა მდგრადობა მარილიანობის ცვლილებასთან მიმართებით ჩვეულებრივად იზრდება ამ ფაქტორის ცვლილების სიჩქარის შემცირებით. ჰიდრობიონტთა ნაკლები ტოლერანტობა მარილიანობის მკვეთრ ცვლილებასთან არის დაკავშირებული, როცა სხეულის საფარი იძენს სხვადასხვა გამტარობის უნარს, და როდესაც, მაგალითად, წყლის იონების არის მარილიანობა მკვეთრად იკლებს. წყალი სწრაფად მიემართება ორგანიზმში, რითაც იგი იწვევს მის ძლიერ, ზოგჯერ შეუქცევად, გაბერვას. თუ არის ტონურობა თანდათან იკლებს, მაშინ იონთა ნაწილი ორგანიზმიდან გარეთ დიფუნდირებს. ამის მეოხებით ოსმოსური გრადიენტი ვერ აღწევს ძალიან მაღალ სიდიდეს და შესაბამისად ორგანიზმები ვერ განიცდიან მკვეთრად გამოხატულ გაწყლოვანებას. ცნობილია ასევე ორგანიზმების თანდათანობით შეგუება (აკლიმატიზაცია) მარილიანობის ახალ რეჟიმთან. აკლიმატიზაციის პროცესს გააჩნია ცვალებადი ხასიათი, იგი გრძელდება 1-2 კვირას, მისი მექანიზმი დაკავშირებულია უჯრედთა ბიოსინთეზური მოქმედების ცვლილებებთან. საფეხურებრივი აკლიმატიზაციის გზით შეიძლება ფენოტიპური ადაპტაციის ზღვრამდე მიღწევა (Хлебович, 1981). მარილიანობის რეჟიმის თანდათანობითი ცვლილებების პრინციპის გათვალისწინება ძალიან მნიშვნელოვანია აკლიმატიზაციის პროცესში, ჰიდრობიონტთა გადაყვანისას სხვა მარილიანობის მქონე წყალსატევებში.

შემჩნეულია, რომ ჰიდრობიონტთა დიდი უმრავლესობის ევრიჰალინურობა შემოსაზღვრულია 5-8%-იანი ბარიერით, რომელმაც

„კრიტიკული მარილიანობის“ სახელწოდება მიიღო. მარილიანობის ბარიერის არსებობით აიხსნება მტკნარი წყლისა და ზღვის წყლის ფაუნის ერთმანეთში შეურევლობა. ათასწლეულების განმავლობაში მდინარეებს თავიანთი ბინადარნი შეჰყავთ წყალში, თუმცა არ ყოფილა დაფიქსირებული, რომ მათგან ზღვის ფორმები ჩამოყალიბებულიყოს, ანდა პირიქით, ზღვიდან მდინარეებში მოხვედრილთაგან აღმოცენებულიყოს მტკნარი წყლის ფორმები.

ცხოველებთან შედარებით, წყლის მცენარეები, განსაკუთრებით მაკროფიტები, უფრო მდგრადნი არიან მარილიანობის ცვლილებების მიმართ, რამდენადაც მათ გააჩნიათ მყარი უჯრედული გარსი. ჰიპოტონიურ არეში მათი მექანიკური წნევა აწონასწორებს ოსმოსურს და ეწინააღმდეგება ჭარბი რაოდენობით წყლის შესვლას. ერთსა და იმავე მცენარეებს, რომლებიც ბინადრობენ არათანაბარი მარილიანობის პირობებში, გააჩნიათ სხვადასხვა ტონურობა, თუმცა მათი ჰიპერტონიის ხარისხი, არესთან დამოკიდებულებაში, რჩება მსგავსი.

VI.14. ჰიდრობიონტთა მდგრადობა წყლის მარილიანობის ცვლილების მიმართ

ჯერ კიდევ გასული საუკუნის ბოლოს ცნობილმა მკვლევარმა ჟ.ლებმა დაადგინა, რომ წყლის ორგანიზმები შეიძლება სწრაფად დაიღუპონ ოსმოსურად ხელსაყრელ არეში, თუ მისი მარილების შედგენილობა არაა დაბალანსებული ცალკეული იონების თანაფარდობის მიხედვით. ეს განსაკუთრებით შეეხება ერთ და ორ ვალენტიან კათიონებს. მაგალითად, NaCl-ის სუფთა ხსნარში balanus-ის ჭუპრები წყვეტენ მოძრაობას, ილექებიან ფსკერზე და იხოცებიან, ხოლო თუ წყალს დავუმატებთ Ca^{2+}-ისა და Mg^{2+}-ის იონების განსაზღვრულ რაოდენობას, ცხოველთა სიცოცხლე ნორმალურად წარიმართება. აღნიშნულ ეფექტს ჟ. ლებმა იონ-ანტაგონისტთა თავდაცვითი მოქმედება უწოდა, ხოლო ხსნარებს, რომლებიც დაბალანსებულია

მარილების შემადგენლობით, „ეკვილიბრირებულები“. შემდგომში დადგინდა, რომ მარილთა ფიზიოლოგიური მოქმედების სპეციფიკა უპირატესად განისაზღვრება არა ანიონებით, არამედ კათიონებით. მათი ანტაგონისტური მოქმედება შეიძლება იყოს პოლარული, როდესაც ერთი კათიონი მოქმედებს მეორის საპირისპირო მიმართულებით და ისინი მთლიანად ანეიტრალებენ ერთიმანეთს (მაგალითად, Ca^{2+} ამკვრივებს უჯრედულ გარსს, Na^{+} ზრდის მათ გამტარებლობას). აპოლარული ანტაგონიზმის დროს კათიონების მოქმედება მსგავსია (მაგალითად, Ca^{2+} და K^{+}), მაგრამ მათი თანაარსებობის რაიმე სპეციფიკური დამოკიდებულებები არ ვლინდება.

ჟელების აზრით, ჰიდრობიონტთათვის განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ეგრეთ წოდებულ „იონურ კოეფიციენტს“, რომელიც არის Na^{+}-ისა და K+-ის ჯამის ფარდობა Ca^{2+}-ისა და Mg^{2+}-ის ჯამთან. ბუნებრივი წყლების მარილიანობის შემცირებით იონური კოეფიციენტი კლებულობს და, როგორც ასეთი, კალციუმის შეფარდებითი მნიშვნელობა იზრდება (კარბონატების როლის მომატება), ხოლო ნატრიუმისა — ხდება ნაკლები (ქლორიდების როლის შემცირება). იონური კოეფიციენტის ცვლილებისადმი განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან ზღვის ორგანიზმები, ვინაიდან ისინი ცხოვრობენ რაპიკული ფაქტორის შუქმიევობის პირობებში და სუსტად არიან ადაპტირებული მის ცვლილებებთან.

შავ ზღვაში მდინარეთა ჩანადენით შედის დიდი რაოდენობით K^{+} და Ca^{2+}, და მათი შემცველობა იქ უფრო დიდია, ვიდრე ოკეანის წყალში.

მცენარეებს შორის ცნობილია კალციფობური ფორმები, რომლებიც ვერ იტანენ $CaCO_3$-ის კონცენტრაციის მომატებას 0,02-0,03%-ზე მაღლა (ისლი, სფაგნუმი, დესმიდური წყალმცენარეები) და კალციფილურები (სპიროგირა, კლადოფორა, ხარასებურები, ელოდეა), რომლებიც ბინადრობენ ხისტ წყლებში. კალციუმის მიმართ მაღალი მგრძნობელობა დამახასიათებელია ცხოველების უმრავლესობისთვის.

VI.15. სხვადასხვა მარილიანობის წყლის ბინადარნი

ზღვის, დამლაშებული, მომლაშო და მტკნარი წყლების ბინადარნი გამოირჩევიან მკვეთრი თავისებურებებით. გენეტიკურ საწყისად მიჩნეულია ზღვისა და მტკნარი წყლის ფორმები, რომელთაგან მოგვიანებით წარმოიშვა დამლაშებული და მომლაშო წყლების ბინადარნი. მათში არაა არააენდემური ოჯახები და რაზმები, იმ დროს, როცა სრულმარილიანთა და მტკნარი წყლების ბინადართ შორის არსებობენ კიდევაც ენდემური კლასები და ტიპები.

ზღვისა და მტკნარი წყლების ფორმებისთვის გავრცელების უკიდურესი ზღვარი მერყეობს 7-8%-ის ფარგლებში. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ეს რაოდენობა ვრცელდება სხვადასხვა ზღვაზე: აზოვისა და შავი ზღვის, კასპიის, თეთრი, ბალტიის, ჩრდილოეთისა და სხვა, ასევე სხვადასხვა ფაუნისტიკური ჯგუფებისათვის, ე.ი. გააჩნია უნივერსალური მახასიათებელი. როგორც ვ.ვ. ხლებოვიჩის (1974) მიერ იყო ნაჩვენები, ეს დამოკიდებულია კრიტიკული მარილიანობის გავლენაზე და მრავალ სხვა ბიოლოგიურ პროცესზე. ასე რომ, ზღვის სახეობათა რიცხობრიობა მკვეთრად მცირდება მარილიანობის დაცემით 5-7%-ის ქვევით, ხოლო მტკნარი წყლების სახეობათა რიცხვი მისი მომატებით აღნიშნულ ფარგლებს ზევით. განსახილველ ინტერვალში ბინადართა სახეობრივი სხვადასხვაობა არცთუ დიდია და ძირითადად წარმოდგენილია სპეციფიკური მარილწყლოვანი ფორმებით. ეს მოვლენა, რომელმაც მიიღო სახელწოდება – „მომლაშო წყლების პარადოქსი“, ძალიან ნიშანდობლივია. მარილიანობის უკიდურეს პირობებში ხშირად მცირდება არა მხოლოდ ჰიდრობიონტების საბოლოო ზომა, არამედ ზრდის ტემპიც.

მტკნარ წყალში გადასვლისას არსებობის პირობების გაუარესებასთანაა დაკავშირებული ჰიდრობიონტთა ნაყოფიერების დაკლებაც.

VII თავი

ჰიდრობიონტთა სუნთქვა

ფართო მნიშვნელობით, სუნთქვა შეიძლება გავიგოთ, როგორც ბიოლოგიური ჟანგვა, რომლის დროსაც გამოთავისუფლდება ენერგია; ამასთან, დამჟანგველის სახით, ე.ი. ელექტრონების აქცეპტორად შეიძლება ჩაერთოს მოლეკულური ჟანგბადი (აერობული სუნთქვა), ან პროცესი წარიმართოს ჟანგბადის გარეშე (ანაერობული სუნთქვა, დუღილი). წყლის ეკოსისტემების ენერგეტიკაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება აერობულ პროცესებს, შედარებით ნაკლებ როლს ასრულებს ანაერობული სუნთქვა. ჰიდრობიონტებში იგი უფრო ხშირად გამოვლინდება „სულფატური“ ან „ნიტრატული“ სუნთქვის ფორმით, იმ დროს, როცა ელექტრონების აქცეპტორებად შესაბამისად ჟანგბადი, SO_4^{2-} და NO_3^--ია (სულფატრედუცირებისა და დენიტრიფიცირების ბაქტერიები). დუღილის დროს, დეჰიდრირების პროცესში ხდება ენერგიის გამოთავისუფლება, რომელსაც თან ახლავს რთული ორგანული მოლეკულების გახლეჩა უფრო მარტივებად. ენერგიის მოპოვების ასეთი ხერხის დროს (დუღილი), ჰიდრობიონტებისათვის უმეტესად დამახასიათებელია გლიკოლიზი, როცა ხდება ჰექსოზების დაშლა პიროყურძნის მჟავას ორ მოლეკულამდე. ამ პროცესში $НАД^+$-ის ორი მოლეკულა აღდგება $НАДН$-მდე, რომელთა უშუალო მონაწილეობით პიროყურძნის მჟავა აღდგება რძის მჟავად. ეს უკანასკნელი გლიკოლიზის საბოლოო პროდუქტს წარმოადგენს, გლიკოლიზის დროს ენერგეტიკული გამოსავალია АТФ-ის ორი მოლეკულა ჰექსოზის ერთ მოლეკულაზე,

ნაცვლად 38-ისა, რომელიც წარმოიქმნება ნახშირწყლების სრული წვის დროს.

წყალში აერობული სუნთქვა უფრო რთულად მიმდინარეობს, ვიდრე ხმელეთზე. ხმელეთის ცხოველების სასუნთქი გზების სველი ზედაპირი შეიცავს გაბნილ ჟანგბადს. წყალი, რომელიც გარს უვლის ჰიდრობიონტთა სასუნთქ სტრუქტურებს, გაჯერებულია ჟანგბადით. მათი სუნთქვის პირობები არა თუ ცუდია, არამედ უკეთესიც, იმასთან შედარებით, ვიდრე ეს ხმელეთის ფორმებშია, მაგრამ ხმელეთის ფორმებში უფრო ხშირად წყალში ჟანგბადის შემცველობა ბევრად დაბალია ნორმალურთან შედარებით და ამ შემთხვევაში ჰიდრობიონტთათვის რესპირატორული მდგომარეობა უკიდურესად არასასურველია. როცა ჟანგბადის კონცენტრაცია ეცემა ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედების შედეგად, მისი აღდგენა სწრაფად არ ხდება ამა თუ იმ წყალსატევებში მიმდინარე პროცესების ხარჯზე. აქედან გამომდინარე, გასაგებია ვ.ი.ვერნადსკის ხატოვანი გამოთქმა, რომ ჰიდროსფეროში არსებობისათვის ბრძოლა — ეს არის ბრძოლა ჟანგბადისთვის. აღსანიშნავია, რომ მეორეულად წყალში მცხოვრებ ცხოველთა უმრავლესობას, რომლებიც ადაპტირებულნი არიან ახალ არესთან, არ გამოუმუშავდებათ წყალში ჟანგბადის ჰაერიდან მოპოვების ეფექტური გზები.

წყალში რესპირატორული პირობების სირთულის გამო ჰიდრობიონტებს გამოუმუშავდათ ადაპტაციის მთელი რიგი მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური თავისებურებანი, რომლებიც უზრუნველყოფენ სუნთქვის ინტენსივობის საჭირო დონეს გაბნილი ჟანგბადის კონცენტრაციაზე დამოკიდებულებებით. ჟანგბადის უკიდურესი დეფიციტის პირობებში ჰიდრობიონტები მაქსიმალურად ამცირებენ თავიანთ აქტივობას და გარკვეული დროის განმავლობაში ინარჩუნებენ სიცოცხლისუნარიანობას, იმ ენერგიის ხარჯზე, რომელიც გამოთავისუფლდება ანაერობულად.

VII.1. გაზთა ცვლასთან ჰიდრობიონტთა ადაპტაცია

ჰიდრობიონტებში გაზთა ცვლის ეფექტურობა, როგორც წესი, მიიღწევა სასუნთქი ზედაპირის ფართობის გაზრდით, აგრეთვე, საფარის გათხელებითა და გაფაშარებით, რომლებითაც დიფუნდირდება აირები; ადაპტაციის შემდგომი წრე, რომელიც უზრუნველყოფს სუნთქვას, დაკავშირებულია სასუნთქი სტრუქტურების აერაციის გაძლიერებასთან, რაც ძირითადად მიიღწევა სხვადასხვა ქცევითი აქტით; მესამე ტიპს მიეკუთვნება ორგანიზმის შიგნით ნახშირორჟანგისა და ჟანგბადის ეფექტურ მიწოდებასთან ადაპტაციები.

VII.2. სასუნთქი ზედაპირების გაზთშეღწევადობისა და ფართობის გადიდება

ჰიდრობიონტებში გაზთაცვლა ხორციელდება ან სხეულის მთელი ზედაპირით, ან მისი ცალკეული უბნებით, რომლებიც გადაქცეული არიან სუნთქვის სპეციალურ ორგანოებად. კერძოდ ლაყუჩებად, ტრაქეებად, ფილტვებად და სხვა წარმონაქმნებად. ჰიდრობიონტებს, რომლებიც მოკლებული არიან სუნთქვის სპეციალურ ორგანოებს, ჩვეულებრივ დიდი ხვედრითი ზედაპირის მქონე სხეული აქვთ.

ხვედრითი ზედაპირის გაზრდის ერთი მეტად უბრალო ხერხთაგანი დამყარებულია ორგანიზმთა ზომის შემცირებაზე. მომცრო ზომა დამახასიათებელია უმარტივესთათვის, ციბრუტელებისათვის, ტკიპებისა და სხვა ორგანიზმებისათვის, რომელთაც არ გაუჩნიათ სუნთქვის სპეციალური ორგანოები.

იმ ტბების თევზთა ქვირითი, სადაც ჟანგბადის შემცველობა ნაკლებია, უფრო მომცრო ზომისაა, ვიდრე იმ ტბებისა, სადაც სუნთქვისათვის უფრო ხელსაყრელი პირობებია.

სხეულის ზედაპირის გაზრდა ხშირად მიიღწევა მისი გამკვრივებით, გადაჭიმვით, სხვადასხვა წანაზარდის ლაპოტების წარმოქმნით და ა. შ.

მნიშვნელოვან წილად ამასთან დაკავშირებულია, მაგალითად, მცენარის ჰეტეროფილია (ჰიდრომორფოზი), როცა წყალქვეშა ფოთლები დანაწევრებულია უფრო მეტად, ვიდრე მისი წყალზედა ფოთლები, რომლებიც სუნთქვისათვის ბევრად უფრო ხელსაყრელ პირობებში იმყოფებიან.

გაზების დიფუზიის სიჩქარე განისაზღვრება არა მხოლოდ სასუნთქი ზედაპირის სიდიდით, არამედ საფარის სისქითაც, რომელიც არსებითად განსაზღვრავს გაზთაცვლას. ამრიგად, სასუნთქი ზედაპირების საფარის გათხელება თავისთავად წარმოადგენს გაზთაცვლასთან ადაპტაციის ერთ-ერთ ძირითად სახეს. ძალიან თხელია საფარი ლაყუჩებზე, ფილტვებსა და სხვა სპეციალურ წარმონაქმნებში, რომლებიც ფუნქციონირებენ როგორც სუნთქვის ორგანოები. ჰიდრობიონტებს თუ სუნთქვის სპეციალური ორგანოები არა აქვთ, მაშინ მათ უთხელდებათ მთელი სხეულის საფარი.

VII.3. სასუნთქი ზედაპირის აერირება

კარგად აერირებულ წყალთან სასუნთქი ზედაპირების კონტაქტი, როგორც წესი, მიიღწევა ადგილსამყოფელის ამორჩევით, სადაც წყალი საკმარისად გავჯერებულია ჟანგბადით და სხეულის ახლოს ხდება მისი პერიოდული განახლება.

ეს განახლება შეიძლება უზრუნველყოს წყლის ბუნებრივმა დინებამ, მის სისქეში ორგანიზმთა გადაადგილებამ, ან სპეციალურმა სუნთქვითმა მოძრაობებმა. ორგანიზმისათვის გამდინარე წყალში ბინადრობა ყველაზე ეკონომიურია მის ირგვლივ წყლის განახლების გამო. ასეთი წესით სარგებლობს მდინარეთა მრავალი ბინადარი. წყლის განახლება, რომელიც ხდება თვით ორგანიზმის წინსვლითი მოძრაობის ხარჯზე, ხორციელდება კიბოსნაირებში, უმარტივესებში, ჭიებში, მწერთა ჭუპრებში და მრავალ სხვა ცხოველში. ამასთან ერთად მათ ეს მოძრაობები ემსახურებათ საკვების ფილტრაციაში.

რამდენადაც ცუდია რესპირატორული პირობები, მით უფრო ენერგიულია სუნთქვითი მოძრაობები. ჟანგბადის კონცენტრაციის დაცემისას 7,5-დან 2 მგ/ლ-მდე სუნთქვითი მოძრაობების რიცხვი „წინწკლებიანი კალმახისთვის“ წუთში 60-70-დან 140-150-მდე მატულობს.

ზოგჯერ ცხოველები უშუალოდ მცენარეთა მიერ გამოყოფილ ჟანგბადს იყენებენ. უმარტივესთა უმრავლესობიდან, ნაწლავღრუიანები, ჭიები, მოლუსკები სიმბიოტური წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილ ჟანგბადს იყენებენ.

თევზებში ხშირად გვხვდება წყალსა და ჰაერში სუნთქვის კომბინირება. მაგალითად, ელექტრული გველთევზა (Hypopomus) იტაცებს წყალში მყოფ ჰაერის ბუშტუკებს და სწრაფად გადაატარებს ის ლაყუჩებით. ამ გზით ისინი ახდენენ ორგანიზმის აერაციას. ჰაერი, რომელიც გამოდის გველთევზების ანუსიდან, შეიცავს ჟანგბადის 13%-ს. რაც უფრო სუსტადაა აერირებული წყალი და მეტია მისი ტემპერატურა, მით უფრო ხშირად ამოტივტივდებიან თევზები ჰაერის ჩასაყლაპად. მაგალითად, 5, 10, და 25 გველთევზის ამოტივტივების რიცხვი ერთი საათის განმავლობაში ტოლია საშუალოდ 0, 1, 2-3 და 19-ის. ისეთ წყალში, რომელშიც საერთოდ არ არის ჟანგბადი, გველთევზებს შეუძლიათ იცოცხლონ მრავალი თვის განმავლობაში.

ზოგიერთ ჰიდრობიონტს წყალსა და ჰაერში კომბინირებული სუნთქვა ეხმარება რესპირატორულობასთან დაკავშირებულ მუდმივად არახელსაყრელ არეში არსებობისთვის ადაპტაციაში, ხოლო ნაწილს იგი უზრუნველყოფს, საჭიროების მიხედვით საკვებად და განსახლებისათვის წყლის არიდან გამოვიდეს ჰაერისაში. ჰიდრობიონტთა უმრავლესობა, რომელთაც ახასიათებთ კომბინირებული სუნთქვა, ბინადრობენ ტროპიკულ და სუბტროპიკულ მხარეებში, სადაც ჰაერის მომატებული ტენიანობა უმსუბუქებთ უწყლოდ ყოფნის მდგომარეობას, სადაც ჟანგბადის შემცველობა ხშირად ნორმალურზე შესამჩნევად დაბალია.

VII.4. ნახშირორჟანგისა და ჟანგბადის ტრანსპორტი ორგანიზმში

მრავალუჯრედიანი ჰიდრობიონტების უჯრედებიდან ყველა არ იმყოფება გარეთა არესთან კონტაქტში და მათი მოთხოვნილება ჟანგბადზე უზრუნველიყოფა სპეციალური სისტემის საშუალებით მისი მიწოდების სიჩქარით. იგივე ითქმის O_2-ის გამოყოფაზეც. გაზთა ცვლა შეიძლება მოხდეს დიფუზიითაც. რაც საკმაოდ ძლიერდება მოძრაობისას. ჟანგბადის ტრანსპორტი შეიძლება მოხდეს სითხის ან სისხლში არსებული ქრომოპროტეინით (ჰემოგლობინი).

ჰიდრობიონტებში ამ ფუნქციას უმეტესად ჰემოგლობინი ასრულებს. იგი დამახასიათებელია ყველა ხერხემლიანისათვის, კანეკლიანთა უმრავლესობისათვის, კიბოსნაირებისათვის, ზოგიერთ მოლუსკისათვის, მრგვალი და ბრტყელი ჭიებისათვის და სხვა. მტკნარი წყლის ყველა უხერხემლოში ჰემოგლობინი გვხვდება მხოლოდ გახსნილი სახით, ხოლო ზღვისებრში — სისხლის სხეულაკებში. უხერხემლოთა ძირითადი მასა, რომელთაც გააჩნიათ ჰემოგლობინი, ბინადრობს მტკნარ წყლებში. ზღვაში ისინი იშვიათია, ამასთან, როგორც წესი, წარმოდგენილი არიან ფსკერის ცხოველებით.

ჰემოგლობინზე უფრო იშვიათად ჰიდრობიონტებში გვხდება სპილენძშემცველი პიგმენტი ჰემოციანინი. იგი აღმოჩენილია თავფეხიან, მუცელფეხიან მოლუსკებში, კიბოსნაირთა უმრავლესობაში. განსაკუთრებით უმაღლეს ხმალკუდებში და ამ დროს იგი ყოველთვის გახსნილია სისხლში. ოლგოხეტთა მთელი რიგისათვის დამახასიათებელია რკინაშემცველი მწვანე პიგმენტი ქლოროკრუორინი, ხოლო ზოგიერთ პრიაპულიდებსა და მხარფეხიანში გამოვლენილია იისფერი რკინაშემცველი პიგმენტი ჰემოერითრინი. ქლოროკრუორინი ყოველთვის გახსნილია პლაზმაში, ჰემოერითრინი კი უჯრედთა შემცველობაშია.

ჰიდრობიონტთა სუნთქვითი ადაპტაციები შეიძლება მიმართული იყოს არა მხოლოდ გაზების გადატანის დაჩქარების მიზნით, არამედ მათი შენელებისთვისაც. ჟანგბადის „ბიოლოგიური პარადოქსი“ ისაა, რომ ქსოვილთათვის ერთდროულად მიმდინარეობს ორი ტიპის ჟანგვა, ფერმენტული და თავისუფალრადიკალური. ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციები იწვევს თავისუფალი რადიკალების (მაგალითად OH^-), წყალბადის ზეჟანგისა და ლიპოჟანგების წარმოქმნას და ზოგიერთი ფერმენტის ინაქტივაციას. ჟანგბადის კონცენტრაციის მომატებით თავისუფალი რადიკალური დაჟანგვები ძლიერდება და სიცოცხლისათვის უფრო მეტად საშიში ხდება, საკმარისია გავიხსენოთ სხივური დაზიანების ეფექტი, რომელიც აინდუცირებს თავისუფალ-რადიკალურ დაჟანგვას. ორგანიზმების სხვადასხვა ანტიდამჟანგველები (ტოკოფეროლი, ლეციტინი, ადრენალინი და სხვა), იცავენ მაკრომოლეკულებს თავისუფალი რადიკალების ზემოქმედებისგან, მაგრამ იგი სულ უფრო და უფრო ძნელი ხდება ქსოვილებში ჟანგბადის კოცენტრაციის მომატებასთან ერთად. მიტოქონდრიის ციტოქრომული სისტემის ნორმალური მუშაობისთვის საკმარისია დაახლოებით 0,08 მგ/ლ ჟანგბადის კონცენტრაცია. ჟანგბადის გაზრდილი კონცენტრაცია, რომელიც ჯერ კიდევ არ აზიანებს უჯრედს, ჩვეულებრივად ტოლია დაახლოებით 1 მგ/ლ-ისა. ამიტომ ქსოვილებში რამდენადმე აუცილებელ რაოდენობაზე ზევით ჟანგბადის შესვლის შეზღუდვა მიეკუთვნება უმნიშვნელოვანეს შთანთქმითი ადაპტაციების რიცხვს.

თუ რეალურ სურათს გამოვსახავთ სქემატურად, ორგანიზმის შიგნით გაზების ტრანსპორტთან მიმართებით ყველა ადაპტაცია შეიძლება დავყოთ ფიზიოლოგიურად და ქიმიურად. პირველს მიეკუთვნებიან ისინი, რომლებიც სორციელდებიან უჯრედული და უფრო მაღალი ორგანიზებულობის დონეზე, ხოლო მეორეს ისინი, რომლებიც რეალიზდებიან მაკრომოლეკულების დონეზე.

VII.5. ფიზიოლოგიური ადაპტაციები

ფიზიოლოგიური ადაპტირება ძირითადად დაიყვანება სითხეთა ცირკულირების სიჩქარის რეგულირებამდე, მათი მოცულობისა და სხეულთა რიცხვის დინების მიხედვით, თუ ისინი შეიცავენ სუნთქვის პიგმენტებს. სისხლის დინების სიჩქარის გაზრდა, რომელიც იწვევს სუნთქვის პირობების გაუარესებას, კარგადაა შესწავლილი თევზებში. მაგალითად, გველთევზებში ტემპერატურის 10-დან 20°-მდე და 30°-მდე იზრდება გულის შეკუმშვათა რიტმი – 15-დან 35-მდე და 145 დარტყმამდე წუთში. ჭანარისთვის იმავე ტემპერატურაზე, რაც ზევით ვაჩვენეთ, დარტყმათა რიცხვი შესაბამისად წუთში არის 9, 33, 95 და 12, 25 და 70. გულის ცემათა რიცხვის გაზრდის ხარჯზე შეიძლება გაიზარდოს სისხლისდენის სიჩქარე. მაგალითად, კალმახებში ტემპერატურის მომატების დროს კომპენსაციური ეფექტი მიიღწევა გულისცემის გახშირების ხარჯზე (ტაქიკარდია), ჰიპოქსიის შემთხვევაში კი გულის დარტყმის რაოდენობის გაზრდის ხარჯზე, იმ დროს, როცა მისი შეკუმშვის სიხშირე მცირდება (ბრადიკარდია).

ჰემოგლობინის შემცველობის მიხედვით, მკვეთრად განსხვავდებიან სხვადასხვა ინტენსივობის გაზთაცვლის მქონე თევზები. მაგალითად, შავი ზღვის აქტიური პელაგიური ფორმების (სკუმბრია, სტავრიდა, შპროტი) სისხლი შეადგენს სხეულის მასის 1,5 – 2,5%-ს, ხოლო ჰემოგლობინის შემცველობა მასში მთელი სხეულის მასის 10-13 ან 0,20-0,25%-ია, ერითროციტების რიცხვი კი 3-4 მლნ/მლ-ში. ბუნებრივად ნაკლებად მოძრავ თევზებში, რომლებსაც ესაჭიროებათ ჟანგბადი (ღლავი, ზღვის ენა, და სხვა), სისხლი მთელი სხეულის მასის 0,9-1,3%-ია, ხოლო ჰემოგლობინის შემცველობა სხეულის მასის 3-6 ან 0,005-0,08%, ერითროციტების რიცხვი კი – 0,5-1,5 მლნ/მლ-ში. pH-ის 4,5-5-მდე შემცირებით ერით-

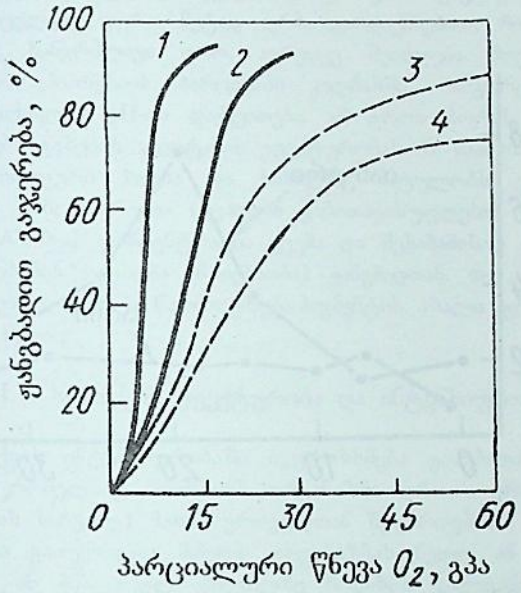
როციტების რიცხვი ერთწლიან კობრებში იზრდება 45%-ით, კარჩხანაში კი – 90%-ით.

VII.6. ბიოქიმიური ადაპტაციები

პიგმენტების სატრანსპორტო შესაძლებლობები, კერძოდ ჟანგბადის მიმართ, განისაზღვრება მათი თვისობით (ნათესაობით). ჰიპოქსიურ პირობებში მცხოვრებ ჰიდრობიონტებში ჟანგბადით პიგმენტის ნახევრად გაჯერების მაჩვენებელი (P_{50}) შესამჩნევად დაბალია.

ჟანგბადის გადატანისათვის დიდი ადაპტაციური მნიშვნელობა აქვს ბორის ეფექტს, რომელიც გამოიხატება დისოციაციის მრუდის გადაწევით CO_2 წნევის მომატებისას (pH-ის შემცირებისას). ამის მეოხებით, პიგმენტის ოქსიგენაციის მომენტში P_{50} დაბალია, (ჟანგბადის ათვისების გაადვილება), ხოლო მაღალია ქსოვილებში, სადაც გროვდება CO_2 (გაცემის გაადვილება). ბორის ეფექტის რაოდენობრივ საზომად გამოიყენება ბორის კოეფიციენტი.

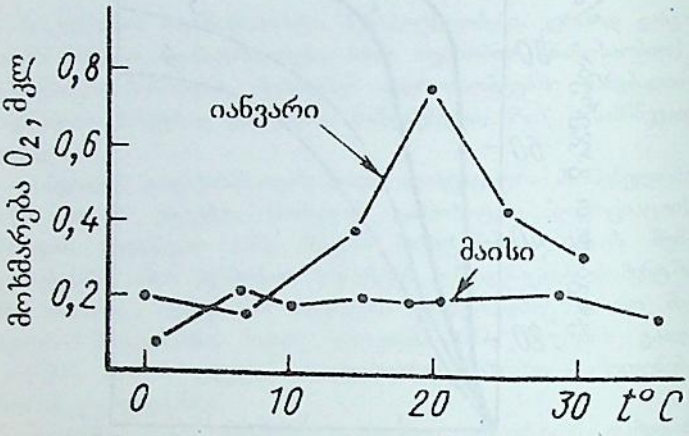
როგორც წესი, თევზებს, რომლებიც ცხოვრობენ დამდგარ წყალში, გააჩნიათ P_{50}-ის დაბალი მნიშვნელი. ბორის ეფექტი მათში დისოციაციის მრუდებს არ გადაწევს ფიზიოლოგიურ ფარგლებს მიღმა. თუმცა იმ თევზებში, რომელთაც აქვთ მაღალი P_{50}, P_{CO_2}-ის გაზრდამ 2-დან 13-მდე, შეიძლება მრუდები იმდენად გადაწიოს მარჯვნივ, რომ შეიძლება თევზები დაიხრჩონ თვით ჟანგბადის სიჭარბის გამოც. CO_2 ხელს უწყობს ქსოვილებისათვის ჟანგბადის გაცემას, იმავდროულად ხელს უშლის ლაყუჩებში ჰემოგლობინის ჟანგბადით გაჯერებას.



სურ. 22. ჰემოგლობინის დისოციაციის მრუდები (ბორისა და რუტის ეფექტები):

1,2 - ჭია ***Arenicola***-ში ბორის ეფექტი (შესაბამისად **pH** ტოლია 6,9 და 7,3),

3,4 - რვაფეხა ***Octopus***-ში რუტის ეფექტი (შესაბამისად **pH** ტოლია 7 და 7,4).



სურ. 23. მიმოცვლის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე (ხორაჩკა, სომეროს მიხედვით, 1977). მოლუსკების ***Litterina littorea*** ცვლის დონე ტემპერატურის ცვლილებისას (ახსნა იხილეთ ტექსტში).

ჰიდრობიონტები ფლობენ გაზების გადაადგილების რეგულაციისადმი ადაპტაციების განსაკუთრებით ფართო სპექტრს და მათ იყენებენ ერთდროულად. მაგალითად, მყისიერი რეაქციები ჰიპოქსიაზე იცვლება უფრო მეტად ღრმა გარდაქმნებით, რისთვისაც საჭიროა ხანგრძლივი დრო. აგრეთვე შეიძლება მოვიყვანოთ მაგალითი: ჰიპოქსიის პირობებში კალმახში, როგორც წესი, ხდება სისხლის pH-ის დაქვეითება. ამ დროს ბორის ეფექტი აძლიერებს გაზების გადატანის ეფექტურობას. 6 საათის შემდეგ pH ნორმალური ხდება და სისხლში მატულობს ერითროციტების კონცენტრაცია (დეპოდან გამოთავისუფლება). 6 დღის შემდეგ ATФ-ის კონცენტრაცია ეცემა და შესაბამისად იზრდება ჰემოგლობინის თვისობა (ნათესაობა) ჟანგბადთან. თუ ჰიპოქსია გრძელდება დიდხანს, წარმოიქმნება პიგმენტის ახალი ფრაქციები დაბალი P_{50}-ით.

VII.7. სუნთქვის ეფექტურობა და ინტენსიურობა

სუნთქვის ინტენსიურობაში იგულისხმება ჟანგბადის რაოდენობა, რომელსაც მოიხმარს ორგანიზმი დროის ერთეულში (სუნთქვის სიჩქარე) მასის ერთეულთან შეფარდებით. ეს უკანასკნელი გათვლილია მთელი ორგანიზმის ნედლ ან მშრალ წონაზე, ან მის ნედლ ქსოვილზე ჩონჩხის გარეგანი მასის გარეშე.

პირობითობის ცნობილი ხარისხით განასხვავებენ ცვლებს – ძირითადს, სტანდარტულს, რუტინულს, აქტიურსა და საერთოს (საშუალოს). ძირითადი ცვლა გულისხმობს მშიერი ორგანიზმების სრული მოსვენების დროს ენერგოხარჯვის დონეს აბიოტური არის პირობებში, რომელიც უახლოვდება ოპტიმალურს. სტანდარტულ ცვლას, რომელიც სიდიდით ახლოსაა ძირითადთან, ახასიათებს აქტიური მოძრაობა გათიშული ორგანიზმების ენერგოხარჯვით. არის რამდენიმე მკაცრად განსაზღვრული პირობა, კერძოდ ტემპერატურა. რუტინული ცვლით აღიქმება მისი დინების სიჩქარე ცხოველებში, რომელთა მდგომარეობა ნორმალური

თვითნებური აქტიურობით ხასიათდება. აქტიური ცვლის სიდიდედ მიღებულია ენერგოხარჯვები, რომლებიც დაკავშირებულია ცხოველთა მოძრაობითი აქტიურობის უზრუნველყოფასთან. ძირითადი და აქტიური ცვლის ეფექტურობაში იგულისხმება ორგანიზმთა უნარი, ამა თუ იმ სისრულით შეითვისოს ჟანგბადი წყლიდან, რომელიც გარს ეკვრის სასუნთქ ზედაპირებს.

VII.8. სხვადასხვა სახის ჰიდრობიონტებში გაზთა ცვლის ინტენსიურობა

სუნთქვის ინტენსიურობას განიხილავენ როგორც ჰიდრობიონტთა ერთ-ერთ ფუნქციას, სახეობათა თავისებურებების გათვალისწინების გარეშე. ამასთან დაკავშირებით გვთავაზობენ განტოლებებს, რომლებიც გამოხატავენ გაზთაცვლის დამოკიდებულებას სხეულის მასაზე სახეობათზედა ტაქსონებთან მიმართებაში თვით რაზმებამდე, კლასებამდე და ტიპებამდე. ამ განტოლებაში სუნთქვის სიხშირე (Q) გამოიხატება მასის ხარისხობრივი ფუნქციით (w): $Q=a\ w^k$ (1), სადაც a და k არის მუდმივები ტაქსონების ყველა წარმომადგენლისთვის.

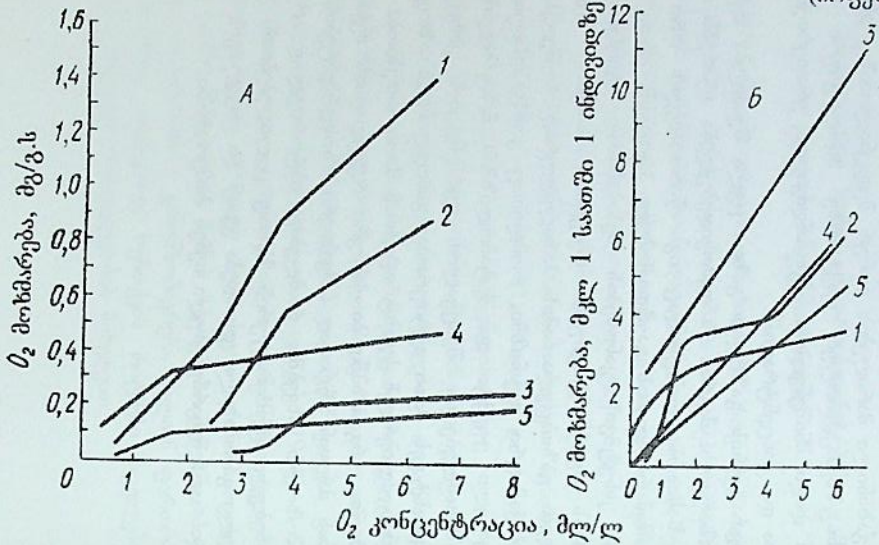
ჰიდრობიონტთა უმრავლესობაში შეინიშნება სუნთქვის ინტენსივობის ციკლური ცვლილებები, რომლებიც დაკავშირებულია დღისა და ღამის, მოქცევისა და მიქცევის მონაცვლეობასთან, წლის სეზონების ცვლასთან და ასევე თვით ორგანიზმში ზოგიერთი პროცესის პერიოდულობასთან (გამრავლება, განგური, მიგრაცია და სხვა). მაგალითად, ნ.ს.გაევსკის (1958) მონაცემებით, დღისით გაზთა ცვლის მატება დამახასიათებელია შავი ზღვის ლითორალის მრავალი ბენთოსური ფორმისათვის. უპირატესად ღამის ცხოვრების ნირის მქონე ცხოველებში, პირიქით, შეინიშნება საპირისპირო კანონზომიერება. ძალიან ფართოა წრე იმ ორგანიზმთა, რომელთა სუნთქვის რიტმები იცვლება მოქცევისა და მიქცევის მონაცვლეობის მიხედვით.

VII.9. გაზთა ცვლის ინტენსიურობის დამოკიდებულება გარეგან პირობებზე

ჰიდრობიონტების მიერ ჟანგბადის მოხმარებაზე უდიდეს გავლენას ახდენს ჟანგბადის კონცენტრაცია და ტემპერატურა. გარდა ამისა, გაზთა ცვლა დამოკიდებულია წყლის მარილიანობაზეც, გახსნილი მარილების იონურ შედგენილობაზე, pH-სა და ზოგიერთ სხვა აბიოტურ ფაქტორზე. ბიოლოგიური ფაქტორებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ინდივიდთა ურთიერთქმედების ხასიათსა და კონცენტრაციას.

ტემპერატურის გაზრდით გაზთა ცვლა შეიძლება შესამჩნევად გაიზარდოს, მაგრამ ეს დამოკიდებულება ატარებს ძალიან რთულ ხასიათს, რამდენადაც იგი წარმოადგენს ორი სხვადასხვა მიმართულების გაერთიანებულ პროცესს. ერთი მხრივ, ქიმიური კინეტიკის კანონების შესაბამისად, ტემპერატურის გაზრდისას ფერმენტაციური რეაქციის სიჩქარე იზრდება, ძლიერდება გაზთაცვლა. ამის პარალელურად მოქმედებას იწყებს ბიოქიმიური მექანიზმი, რომლითაც კომპენსირდება ტემპერატურული ეფექტი და მეტაბოლიზმის მასტაბილიზებელი დონე. შესაძლებელია შეიცვალოს ფერმენტების კონცენტრაცია, შესუსტდეს მათი აქტიურობა, გამოვლინდეს იზოფერმენტები და გაძლიერდეს სუბსტრატებთან მათი ნათესაობა.

ზოგიერთ ორგანიზმში ბიოქიმიური რეგულაციის მექანიზმები ერთვებიან ძალიან სწრაფად („მყისიერი იზოფერმენტების“ წარმოქმნა), ხოლო სხვებში, რომლებიც ისტორიულად არ არიან ადაპტირებული ტემპერატურის სწრაფ ცვლილებებთან, კომპენსატორული გამოძახილი ვლინდება გვიან და ყოველთვის არასაკმარისად, რათა შენარჩუნებული იქნეს ჰომეოსტაზი.



სურ. 24. ჰიდრობიონტთა გაზთაცვლის დამოკიდებულება წყალში ჟანგბადის კონცენტრაციისაგან: **А** - ***Metamysis kowalewskyi*** სიგრძით 2-4 მმ (1) და 10 მმ (2), ***Hypania invalida (3)*** (იოფეს მიხედვით, 1958), ***Chironomus plumosus (4)*** და ***Prodiamesa companata (5)*** (კონსტანტინოვის მიხედვით, 1958); **Б** - წურბელები ***Glossosiphonia complanata (1), Helobdella stagnalis (2), Pisciocola geometra (3), Herpobdella testacea (4), H. octoculata (5)*** (რაუმონტის მიხედვით, 1963).

საბოლოოდ, ტემპერატურაზე გაზთაცვლის დამოკიდებულება, სხვადასხვა სისტემატიკური მდგომარეობისა და ასაკის ჰიდრობიონტებში, განსხვავდება თავისი არაერთგვაროვანი ეკოლოგიით. მაგალითად, მეტაბოლიზმი ლითორალური მოლუსკებში, რომლებიც ცხოვრობენ ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილებების პირობებში, ნივთიერებათა ცვლა არაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე. სუნთქვის სიჩქარეზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს წყალში გახსნილი ჟანგბადის კონცენტრაცია. წყლის ოქსიგენიზაციის ხარისხზე გაზთაცვლის დამოკიდებულება განსაკუთრებით დამახასიათებელია იმ ჰიდრობიონტთათვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ სასუნთქი პიგმენტები. ცხოველები, რომლებიც შეიცავენ პიგმენტებს, ჩვეულებრივად არეგულირებენ სუნთქვის სიჩქარეს, მანამ, სანამ ჟანგბადის წნევა არ დაეცემა კრიტიკულ დონეზე რამდენადმე დაბლა. ჟანგბადის წნევის შემდგომ დაცემას თან ახლავს გაზთა ცვლის ინტენსიურობის კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი დაწევა.

როგორც წესი, ჰიდრობიონტები, რომლებიც ბინადრობენ ჰიპოქსიურ არეში, არეგულირებენ ჟანგბადის მოხმარებას მისი წნევის უფრო ფართო დიაპაზონში, ვიდრე ამას აკეთებენ ოქსიფილური ფორმები.

გაზთაცვლის ინტენსიურობის ცვლილება გაზრდილი თუ შემცირებული მარილიანობით პოიკილოოსმოსურ ცხოველებში ჩვეულებრივად შეიმჩნევა მხოლოდ მოკლევადიან ცდებში. თუ ცხოველები იმყოფებიან შეცვლილი მარილიანობის პირობებში რამდენიმე დღეს, მაშინ ისინი ადაპტირდებიან ახალ არესთან, და მათი გაზთაცვლა უბრუნდება ნორმას. აღსანიშნავია, რომ ნორმას უბრუნდება ასევე ზრდის ტემპიც, რომელიც მარილიანობის ცვლილების გამო საკმაოდ იყო დამუხრუჭებული.

აღმოჩენილია, რომ სუნთქვის სიჩქარე ინდივიდებში ხშირად არაერთგვაროვანია, — ეს როგორც თითოეულში, ასევე ჯგუფებშიც. ბოლო შემთხვევაში გაზთაცვლა ცხოველთა გუნდებში ჩვეულებრივად იკლებს, რაც, როგორც ჩანს, აიხსნება მოუწესრიგებელი მოძრაობის რაოდენობის შემცირებით. ასე რომ, ჟანგ-

ბადის მოხმარება შემაის და ვიმბას ცალკეულ ლიფსიტებში, ასევე კიბორჩხალებში 3-4-ჯერ მეტია, ვიდრე რამდენიმე ინდივიდისაგან შემდგარ ჯგუფებში. ამასთან, ჰიდრობიონტთა სუნთქვა შეიძლება მკვეთრად შემცირდეს, თუ მათი ჯგუფურად ყოფნისას წყალცვლა არასაკმარისია და წყალში მიმდინარეობს საკუთარი მეტაბოლიზმის პროდუქტების დაგროვება (ამონიაკი, ნახშირორჟანგი და სხვა).

VII.10. სუნთქვის ეფექტურობა

გაზთაცვლის ნორმალური დონე უზრუნველიყოფა ჟანგბადის გადაადგილებით გარემომცველი არიდან ორგანიზმის შიგნით. ამ პროცესის რეზულტატურობა შეიძლება მიღწეულ იქნეს წყლის მოცულობის გაზრდით, რომელიც გამოიყენება სუნთქვის დროს ჟანგბადის მოსაპოვებლად ან მისი დეზოქსიგენაციისას. გარემომცველი არის პირობებსა და მორფოლოგიურ თავისებურებებზე დამოკიდებულებით ჰიდრობიონტები უპირატესად იყენებენ ერთს ან ორივე გაზს ერთდროულად. წყლის დეზოქსოგენაციის ხარისხი, ჟანგბადის უტილიზაციის კოეფიციანტი (U_{10}) შეფასებულია, როგორც $_PO_2$ სხვაობის პროცენტული დამოკიდებულება შემომდინარე და გამდინარე წყალში ჟანგბადის წნევაზე სისტემის შესასვლელთან.

U_{10} ვარირებს ფართო საზღვრებში, რომელიც დამოკიდებულია არის პირობებზე და ცხოველთა ეკოლოგიურ-ფიზიოლოგიურ თავისებურებებზე.

მაღალი მოძრაობითი აქტიურობისას U_{10} ჩვეულებრივად კლებულობს სისხლის ჟანგბადით გაჯერების გამო, ჟანგბადთან ჰემოგლობინის თვისობა მცირდება. მაგალითად, კალმახებში, რომლებიც ცურავენ 0,50-სა და 100 სმ/წმ-ში, U_{10} ტოლია 36-ის, 32-ისა და 26%-ის. მსგავს გავლენას ახდენს ჟანგბადის უტილიზაციაზე წყლის ტემპერატურის მომატება.

VII.11. ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ ჰიდრობიონტების მდგრადობა და ამოწყვეტის მოვლენები

ჰიდრობიონტების მხოლოდ მცირე ჯგუფი მიეკუთვნება ბაქტერიებსა და უმარტივესებს, რომელთაც უნარი შესწევთ, მუდმივად იცხოვრონ უჟანგბადო არეში, ე.ი. ისინი ანაერობები არიან. მრავალუჯრედიან ცხოველთა დიდი უმრავლესობისათვის საჭიროა ჟანგბადის თანაობა, თუმცა ზოგიერთ მათგანს შეუძლია გადაიტანოს მისი ნაკლებობა და გადავიდეს ანოქსიბიოზურ მდგომარეობაში.

VII.12. ჰიდრობიონტთა ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ მდგრადობა

წყალში ჟანგბადის დაბალი კონცენტრაციისას ჰიდრობიონტთა გადარჩენის უნარი დამოკიდებულია ორგანიზმთა სახეობაზე, მათ მდგომარეობაზე და გარემომცველი არის პირობებზე. ჟანგბადის მინიმალური, ან ზღვრული კონცენტრაცია (Pm), რომელსაც იტანენ ჰიდრობიონტები, დამახასიათებელია იმ ორგანიზმებისთვის, რომლებიც ცხოვრობენ ისეთ ბუნებრივ წყლებში, რომელნიც სუსტადაა აერირებული. ამიტომ პელაგიური ფორმები ჩვეულებრივად ნაკლებად ტოლერანტულები არიან ჟანგბადის დაბალი კონცენტრაციის მიმართ, ვიდრე ბენთოსური, ხოლო ამ უკანასკნელთა შორის შლამის მაცხოვრებლები უფრო ამტანი ფორმებია, ვიდრე ქვიშაზე, თიხაზე ან ქვებზე მობინადრენი. მსგავსი მიზეზებიდან გამომდინარე, მდინარის ფორმები ჟანგბადის მიმართ უფრო მომთხოვნი ხდებიან, ვიდრე ტბისანი, ხოლო ცივი წყლის მაცხოვრებლები ოქსიფილურები არიან ძლიერ თბობადი წყალსატევების მობინადრეებთან შედარებით.

ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ მგრძნობელობა შეიძლება არსებითად შეიცვალოს განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე. ასე რომ, ორაგულის ლიფსიტებისთვის გამოჩეკიდან პირველ 40

დღეს, ჟანგბადის ზღვრული რაოდენობა ტოლია 1,5 მგ/ლ-ის, 50-ე დღისათვის იგი იზრდება 3-ამდე, ხოლო 107-ე დღისათვის ეს მაჩვენებელი ეცემა 1,3 მგ/ლ-ამდე. ჟანგბადის უკმარისობისადმი მდგრადობა სხვადასხვა სისტემატიკური ჯგუფის ცხოველებში მით მეტია, რამდენადაც ისინი ნაკლებ მოძრავნი არიან. გარეგანი ფაქტორებიდან, Pm სიდიდეზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენს ტემპერატურა. მისი მომატებით ცხოველებში ნივთიერებათა ცვლა იზრდება, მატულობს მათი მოთხოვნილება ჟანგბადზე და სხვ.

დროებითი ანოქსიის დროს ჰიდრობიონტთა უმრავლესობაში აერობული ცვლა მიმდინარეობს მობილიზებულ ჰემშემცველ პიგმენტებსა და სხვა დეპოებში ჟანგბადის მარაგის ხარჯზე. ჩვეულებრივად, ეს მარაგი არც ისე დიდხანს ყოფნის ცხოველებს, იგი საკმარისია რამდენიმე ათეული წუთის განმავლობაში. გაანგარიშებით, ენერგიის შემდგომი მოპოვება უზრუნველყოფილია ანაერობული გლიკოლიზისა და სხვა პროცესების ხარჯზე. ანოქსიის პირობებში ჰიდრობიონტთა გადარჩენა დამოკიდებულია მათ სახეობრივ კუთვნილებაზე, ფიზიოლოგიურ მდგომარეობასა და გარემო პირობებზე. იმ ფორმებს, რომელთაც გლიკოლიზის დროს ლაქტატი არ უგროვდებათ, უნარი შესწევთ, უჟანგბადობის დროს, უფრო დიდხანს იცოცხლონ, იმათთან შედარებით, რომლებიც აგროვებენ რძის მჟავას; აერობულ პირობებში გადასვლისას აღინიშნება „ექსტრასუნთქვა“, ანუ ჟანგბადის მოხმარების გაძლიერება დაგროვილი აღდგენილი ნივთიერებების დაჟანგვის გამო. პირველ ფორმებში „ექსტრასუნთქვა“ არ შეინიშნება, არ იქმნება დეფიციტი ჟანგბადზე და შედეგად ასეთი ორგანიზმები უმცირესი ენერგოდანახარჯებით, ჟანგბადის გარეშე რამდენიმე თვის განმავლობაში ცხოვრობენ. მაგალითად, კარჩხანის ერთწლიანები 3-8°C ტემპერატურის დროს ცხოვრობენ ანაერობულად ორ თვეზე მეტ ხანს. მსგავსი სურათია აღწერილი კობრის შესახებაც (ზამთრის პირობებში) და ზოგიერთი სხვა თევზის მიმართაც. ჟანგბადის უკმარისობისას ვერცხლისფერი კარჩხანი დაბალი ტემპერატურის პირობებში გამოყოფს CO_2-ს იმ

სიდიდის 1/3-ის რაოდენობით, რომელიც შეინიშნებოდა აერობულ პირობებში. წარმოქმნილი ლაქტატი გარდაიქმნება ეთანოლად, რომელიც ლაყუჩების საშუალებით ორგანიზმიდან წყალში გამოიყოფა (Jürs, 1982).

ცხოველები, რომლებიც აგროვებენ ანოქსიბიოზის დროს დაუჟანგველ პროდუქტებს, ნაკლებად მდგრადები არიან ჟანგბადის ნაკლებობის სანგრძლივობის მიმართ.

ანოქსიბიოზის უნარი უმეტესად დამახასიათებელია ფსკერის ფაუნის წარმომადგენლებისათვის, რომლებიც ბინადრობენ ჟანგბადის დაბალი კონცენტრაციის პირობებში. ანოქსიბიოზის დროს ცხოველები არ იკვებებიან, კარგავენ მოძრაობის უნარს, ჩერდება მათი ზრდა და განვითარება. ჟანგბადის ის კონცენტრაცია, რომლის დროს ჰიდრობიონტები გადადიან აქტიურიდან პასიურ მდგომარეობაში, დამოკიდებულია სახეობრივ თავისებურებებზე, ზომაზე და მრავალ სხვა ფაქტორებზე. როგორც წესი, ფორმები, რომლებიც ცხოვრობენ უფრო აერირებულ არეში, ანოქსიბიოზი უვითარდებათ უფრო ადრე, ვიდრე ჯერ კიდევ შეიმჩნევა ჟანგბადის თანაობა, ახალგაზრდა ორგანიზმები ჩვეულებრივად ჟანგბადის მიმართ გაცილებით მგრძნობიარენი არიან და ასევე აქტიურად ცხოვრობენ, ვიდრე ზრდასრულები.

VII.13. გაგუდვები

ბუნებრივ წყალსატევებში არცთუ იშვიათად შეინიშნება ასფიქსიისგან ჰიდრობიონტთა მასობრივი დაღუპვა. ეს შეიმჩნევა არა მხოლოდ ჟანგბადის დეფიციტისას, არამედ წყალში ჭარბი რაოდენობით ნახშირბადის დიოქსიდის, გოგირდწყალბადისა და მეთანის დაგროვების შედეგადაც. აღნიშნული გაზების შემცველობა ჩვეულებრივად ჟანგბადის კონცენტრაციის დაკლების პარალელურად იმატებს, რაც საკმაოდ სახიფათოა ორგანიზმებისათვის. მასობრივი ხოცვის დროს პირველ რიგში იღუპებიან ის ფორმები, რომლებიც ნაკლებად მდგრადებია ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ, შემდგომში იღუპებიან უფრო ამტანებიც, ხო-

ლო ბოლოს ყველაზე მდგრადებიც. ეს ხდება იმ შემთხვევაში, როდესაც სუნთქვის კატასტროფული გაუარესება იწყება განუსაზღვრელი დროით. მაღალი განედების წყალსატევებში ჩვეულებრივად მასობრივი ხოცვები წარმოიშობა ზამთარში, როცა ყინული ეწინააღმდეგება ჰაერიდან წყალში ჟანგბადის შეღწევას. ზაფხულის მასობრივი ხოცვები ჩვეულებრივად შეინიშნება დამდგარ წყალსატევებში, განსაკუთრებით წყალმცენარეების მასობრივად გამოჩენის დროს. დღისით ფოტოსინთეზის შედეგად ჟანგბადი ბევრია, ღამით კი მისი კონცენტრაცია მკვეთრად იწევს დაბლა და შესაძლებელია, წარმოიშვას მასობრივი დახოცვის მოვლენა.

ზაფხულის მასობრივი ხოცვა აღინიშნება არა მარტო ტბებსა და გუბურებში, არამედ ზღვებშიც კი, მაგალითად აზოვისა და ბალტიის ზღვებში.

აზოვის ზღვაში ჰიდრობიონტთა მასობრივი ამოწყვეტა ჩვეულებრივად შეინიშნება მაისიდან აგვისტოს ჩათვლით, წყნარი ამინდის პირობებში, როცა წყალსა და მის სიღრმეში არ ხდება წყლის ცირკულაცია, ჟანგბადის შემცველობა ერთ ლიტრში ეცემა მილიგრამის მეათედ ნაწილამდე, განსაკუთრებით ეს აღინიშნება ფსკერის სიახლოვეს. ჟანგბადის კონცენტრაციის დაკლება ფსკერთან გამოწვეულია წყალმცენარეების დიდი რაოდენობით დაღუპვითა და მათი გახრწნით. მასობრივი ხოცვის დროს ძირითადად იღუპებიან თევზები და სხვა ჰიდრობიონტები, კერძოდ მოლუსკები. განსაკუთრებით მწვავედ მიმდინარეობს მასობრივი ამოწყვეტის მოვლენა ზამთარში, არა მხოლოდ წყალსატევებში, არამედ მდინარეებშიც. ამის მაგალითია ზამთარში გრანდიოზული მასობრივი ამოწყვეტის მოვლენები მდინარე ობში და სხვა.

VIII თავი

ჰიდრობიონტთა ზრდა, განვითარება და ენერგეტიკა

სახეობათა არსებობის გენერალური სტრატეგია ორიენტირებულია ბიოსფეროში რაოდენობრივ განაწილებაზე. ეს არსებითად დამოკიდებულია ნივთიერებათა წრებრუნვაში მათი როლის გაძლიერებასა და დედამიწაზე ენერგიის ბიოლოგიურ ტრანსფორმაციაზე. ზრდისა და განვითარების პერიოდები, ჩვეულებრივ, ურთიერთშორის მეტ-ნაკლებად მკაფიოდ მონაცვლეობენ.

ორგანიზმები ონტოგენეზში განიცდიან სტრუქტურულ და ფუნქციურ გარდაქმნებს და აღწევენ რეპროდუქციულ მოწიფულობას. რაც უფრო ბევრი შთამომავლობა წარმოიქმნება მით უფრო მაღალი იქნება მათი გადარჩენის შანსი, მით უფრო წარმატებით მოხდება სახეობის სასიცოცხლო სტრატეგიის რეალიზაცია, ვინაიდან ასეთი ტენდენცია დამახასიათებელია ყველა სახეობისათვის, ეს მით უფრო მეტად აძლიერებს ბიოსფეროს მატერიალური და ენერგეტიკული რესურსებისათვის მათ კონკურენციას, აფართოებს სიცოცხლის სარესურსო ბაზას, ევოლუციურ პროცესში ინტენსიურს ხდის ნივთიერებათა ბიოლოგიურ წრებრუნვას და ბიოსფეროში ენერგიის ნაკადს.

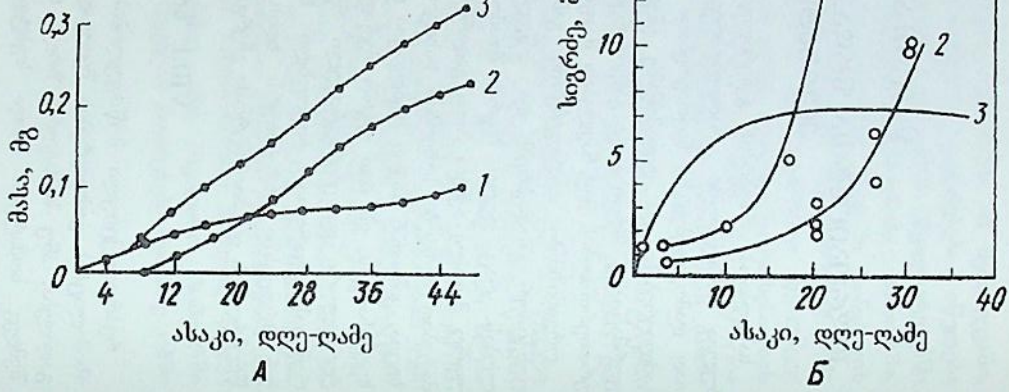
VIII.1. ზრდა

რეპროდუქციული მოწიფულობის დადგომამდე, ნივთიერებათა ასიმილაციის გაძლიერების შედეგად, შეინიშნება სხეულის მასის გადიდება, ანუ სომატური ზრდა. რეპროდუქციული მომწიფების შემდეგ სომატური ზრდა სუსტდება ანუ სრულიად წყდება,

სურ. 25. ცხოველთა ზრდა-განვითარების მახასიათებელი მრუდი.

А - მდედრები ***Daphnia pulex*** (ზაიკის მიხედვით, 1972).
1 - სომატური ზრდა-განვითარება, 2 - გენერაციული ზრდა-განვითარება, 3 - მოცემული დროისთვის ყველა დაგროვილი კვერცხისა და სხეულის მასის ჯამი.

Б - ნიჩაბფარფლიანები ***Beroe gracilis*** და ***Sagitta hispida***.
1 - ცალკე აღებული ინდივიდისთვის ***B. gracillis***,
2 - სამი ინდივიდისთვის აღებული საშუალო ***B. gracillis***,
3 - საგიტა ***S. hispida***-სთვის.



მაგრამ იწყება ახალი პროცესი გენერაციული ზრდა. ორგანიზმები, ანაბოლიზმისა და კატაბოლიზმის სიჩქარეზე დამოკიდებულებით, გენეტიკური შესაძლებლობის ფარგლებში ახორციელებენ ზრდის ამა თუ იმ ტიპს, თანაც იგი ყოველთვის ადაპტურია და ინტეგრაციულად ასახავს მემკვიდრეობითი პროგრამის რეალიზაციის ოპტიმალურ გზას არის კონკრეტულ პირობებში.

ზრდის ფორმები. ზრდის რაოდენობრივი დახასიათება ეფუძნება სხვადასხვა მაჩვენებელს. შესაბამისად განასხვავებენ ხაზობრივ ზრდას, მასის ზრდას, სხეულის ენერგოტევადობის გადიდებას, მისი სხვადასხვა კომპონენტის მასების (ცილების, ცხიმების, ნახშირწყლების, ორგანული ნივთიერებების, მშრალი მასის, ნაცრის ელემენტების) მომატებას. ხანგრძლივობის მიხედვით, განასხვავებენ უსასრულო ან ასიმპტომატურ ზრდას, რომელიც გრძელდება მთელი ცხოვრების მანძილზე და მთავრდება ორგანიზმის გარკვეულ ასაკამდე მიღწევისას. თუ ონტოგენეზში ინდივიდის ზომა მატულობს გეომეტრიული მსგავსების შენარჩუნებით, ლაპარაკობენ იზომეტრიულ ზრდაზე, ალომეტრიულის დროს კი ასაკთან ერთად იცვლება სხეულის პროპორციები. მკაცრი იზომეტრიული ზრდის დროს მოცულობა (W) პროპორციულად იმატებს სიგრძის კუბთან (L^3) ან სხვანაირ ხაზობრივ მაჩვენებელთან შედარებით, კერძოდ, $W=aL^3$, სადაც a არის პროპორციულობის კოეფიციენტი. ანიზომეტრიული ზრდის შემთხვევაში განტოლება ღებულობს შემდეგ სახეს: $W=aL_B$-ს, სადაც B=3-ს. თუ სიგანე ან სიმაღლე იმატებს ნელა, ვიდრე სიგრძე, მაშინ B<3, საპირისპირო შემთხვევაში – B>3.

ზრდას, როცა იცვლება ცალკეული ქსოვილების მასის თანაფარდობა, ეწოდება ჰეტეროგენული, საპირისპირო შემთხვევაში კი – ჰომოგენური. პერიოდული ზრდისას შეინიშნება პროცესის წყვეტილობა, რომელიც დაკავშირებულია ორგანიზმთა გარეგანი პირობებისა თუ ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ცვლილებასთან. მაგალითად, ორსაგდულიან მოლუსკთა უმრავლესობაში გამოყოფილია დღეღამური, მოქცევისა და ზრდის წლიური ციკლები, რომლებიც კარგად ვლინდება ნიჟარის

საზრდელი ხაზების სიხშირეში, მათ შორის ხაზების შემჭიდროებაში, ზრდის შენელებასა და სქესობრივი მომწიფების მომენტში (Antoine, 1980). მუდმივი ზრდა ხასიათდება უწყვეტობით (თვით სიკვდილამდეც კი), თუმცა მისი ინტენსივობა დამოკიდებულია ონტოგენეზის სტადიებზე და ჩვეულებრივად ნელდება სქესობრივი მომწიფების დადგომის შემდეგ.

ზრდის შეგუებულობა. ზრდის ჰეტეროგენულობის შეგუებითი მნიშვნელობა კარგად შეინიშნება ცხიმის დაგროვების მაგალითზე. ტროპიკებში, სადაც კვების პირობები მთელი წლის მანძილზე თანაბარია, ინდივიდთა ცხიმიანობა პოპულაციებში მერყეობს არცთუ ისე დიდ ფარგლებში. მაღალ განედებზე კვებისათვის ხელსაყრელი პერიოდების დროს, ინდივიდთა ზრდას თან ახლავს ცხიმის დიდი რაოდენობით წარმოქმნა, რაც ფართოდ გამოიყენება მოსვენების დროს, ეს კი აძლიერებს მათი გადარჩენის უნარს.

თევზების ზრდის ბიოლოგიური კანონზომიერების ანალიზისას გ. ვ. ნიკლსკი (1974) აღნიშნავს, რომ სწრაფი ზრდა ხელს უწყობს ადრეულ სქესობრივ მომწიფებას და მტაცებლის მიერ მათ ნაკლებ განადგურებას. ცხოვრების წინა პერიოდთან შედარებით, სხეულის მასის გაზრდის სწრაფი ტემპი სქესობრივად მომწიფებულ ინდივიდებში, უზრუნველყოფს პოპულაციის ნაყოფიერების უფრო ინტენსიურ ზრდას. სქესობრივი მოწიფულობის დადგომამდე ძირითადი ენერგეტიკული რესურსები, რომლებიც ორგანიზმშია, იხარჯება ზრდასა და ინდივიდის სიგრძეში მომატებაზე, შემდგომ კი სხეულის მასის მომატებასა და სარეზერვო ნივთიერებების დაგროვებაზე. აღნიშნული კანონზომიერებები დამახასიათებელია მრავალი უხერხემლოსათვის.

ჰიდრობიონტთა საბოლოო ზომა, სახე სპეციფიკურია და როგორც ყველა სახეობრივი ნიშან-თვისება, ადაპტურია. მცირე ზომები მათ უმსუბუქებთ თავშესაფარის გამონახვას, საშუალებას აძლევს, იარსებონ განსაზღვრულად, შეზღუდული საკვები რესურსების ხარჯზე, სწრაფად მიაღწიონ რეპროდუქციულ მო-

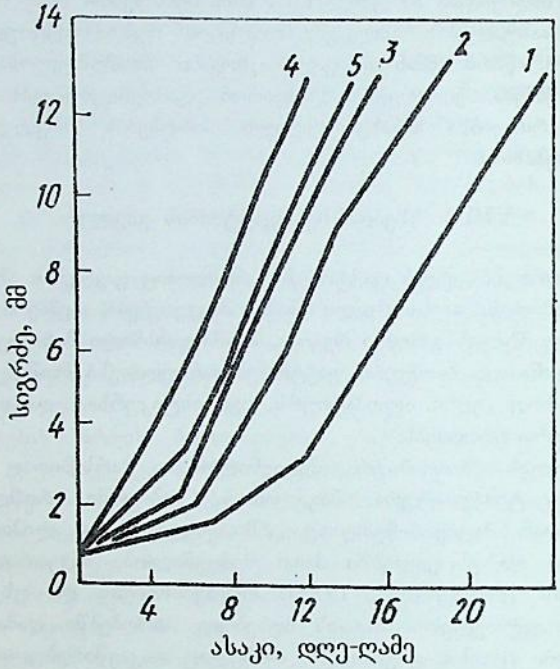
წიფულობას, შვან თაობათა დიდი რიცხვი და მანევრულად გამოიყენონ არის ცვალებადი პირობები. დიდი ზომები დაბლა სწევენ ინდივიდთა ამოჭმულობას, მათ შედარებით დიდ რაოდენობას საშუალებას აძლევენ, მიაღწიონ რეპროდუქციულობის ასაკამდე, წარმოქმნან მრავალრიცხოვანი შთამომავლობა, რითაც იქმნება ვითარება, შეამცირონ დამოკიდებულება არის კვლავწარმოებისა არახელსაყრელი პირობების მოკლევადიან ცვლილებასთან.

VIII.2. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა

ძირითად აბიოტურ ფაქტორებს, რომლებიც გავლენას ახდენენ ზრდის პოტენციალის რეალიზებაზე, მიეკუთვნება: ტემპერატურა, სინათლე, წყლის გაზური რეჟიმი, მასში გახსნილი მარილები და ჰიდროდინამიკა. ბიოტური ფაქტორებიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ტროფიკულს, ალოპატიურს, აგონისტიკურსა და იერარქიულ ურთიერთობებს.

სხეულის ბიოქიმიურ შედგენილობაზე არსებითად მოქმედებს ტემპერატურა. მაგალითად, კობრებში, რომლებიც იზრდებიან მაცივარ-წყალსაცავებში, ძლიერდება ლიპიდების სინთეზი და ქსოვილებში მათი შედგენილობა მკვეთრად მატულობს (Романенко, 1983). თევზებისათვის და უხერხემლოთა უმრავლესობისათვის ბუნებრივ პირობებში დამახასიათებელია ცხიმის დაგროვება, რომელიც დაკავშირებულია გამოზამთრებასთან, ანდა ცხოვრების სხვა პერიოდებთან, როცა კვება წყდება და ენერგეტიკა უზრუნველყოფილია მხოლოდ შინაგანი რეზერვის ხარჯზე.

მცენარის ცხოვრებაში სინათლე არის ზრდის ძირითადი ფაქტორი, ის არცთუ უცხოა და უმნიშვნელო ცხოველებისთვისაც. მაგალითად, ზრდა და განგური კიბორჩხალებში ითრგუნება დღეღამური განათებულობის დროს. პლანქტონის უმრავლესობა წყლის ზედაპირზე რჩება, რათა სინათლეზე აწარმოოს ვიტამინების სინთეზი.



სურ. 26. სხვადასხვა ტემპერატურის დროს ***Chironomus dorsalis*** მატლების საზობრივი ზრდა-განვითარება.
1 - 10^0, 2 - 15^0, 3 - 20^0, 4 - 25^0, 5 - 30^0C

ზრდის ძლიერ დეპრესორად ცხოველებში შეიძლება იყოს ჟანგბადის უკმარისობა, მცენარეებში კი მისი სიჭარბე. მცენარეებში ჟანგბადის კონცენტრაციის მომატება 3-4 მგ/ლ-ამდე თიშავს ფოტოსუნთქვას, რომელიც ძლიერდება არის აერობულობის ზრდით, და ამ დროს ფოტოსინთეზის პროდუქტულობა მკვეთრად ეცემა (Лархер, 1978). CO_2-ისა და HCO_3-ის მაღალ კონცენტრაციებს, რომლებიც მცენარეს ხელს უწყობენ ზრდაში, გარკვეულ დიაპაზონში იგივე მნიშვნელობა აქვს თვით ცხოველებისთვისაც. როგორც ვ. დ. რომანენკომ თავის თანაავტორებთან ერთად (1980) აჩვენა თევზებში, კარბოქსილირების რეაქციის სიჩქარე, გარემომცველი არედან CO_2-ის გამოყენებით, მატულობს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდის შესაბამისად, მატულობს გარკვეულ დონემდე, რომლის დროსაც ნახშირორჟანგის ჰეტეროტროფიული ფიქსაციის ხარჯზე ძლიერდება სხვადასხვა ნაერთების ბიოსინთეზი. კობრებში $^{14}C,NaH^{14}CO_3$ ღვიძლის ქსოვილის შემადგენლობაში უფრო ინტენსიურად ერთვებოდა, როცა CO_2-ის დონე აღწევდა 8-18 მგ/ლ. ე. ი. რამდენჯერმე აღემატებოდა წყალში მის ნორმალურ შემცველობას. მარილიანობის, წყალბადიონთა კონცენტრაციის, H_2S-ისა და სხვა ჰიდროქიმიური ფაქტორების ზრდაზე გავლენის შესახებ, ზემოთ უკვე გვქონდა საუბარი.

ზომიერი ზონის წყალსატევებში მკაფიოდ ვლინდება ზრდის სეზონურობა. ჰიდრობიონტები, ზაფხულობით ინტენსიური კვების გამო უფრო ინტენსიურადაც იზრდებიან. შემოდგომის მოახლოებისას მკვეთრად იზრდება ლიპიდების დაგროვება, რომლებიც შემდეგ ზამთრის შიმშილობის პერიოდში გამოიყენება. შემოდგომით ჰიდრობიონტებში ზრდის ტემპი მკვეთრად კლებულობს, ზამთარში კი, მათ უმრავლესობაში, საერთოდ წყდება. გაზაფხულის დადგომისას იგი თანდათან იწყებს განახლებას. ტროფიკული პირობების ზრდაზე დიდ გავლენას ახდენს საკვების რაოდენობა, მისი კონცენტრაცია, მისაწვდომობა, კალორიულობა და ბიოქიმიური შედგენილობა. კვების

პირობებთან დაკავშირებით იცვლება ჰიდრობიონტთა არა მხოლოდ ზრდის ტემპი, არამედ მათი სხეულის შედგენილობაც. მაგალითად, ნახშირწყლოვან საკვებზე გაზრდას თან ახლავს თევზების გასუქება, მკვეთრად ეცემა ცილის შემცველობა. უხერხემლოებისა და თევზების დამახასიათებელი თვისებაა ენერგოხარჯვისას ცილების ინტენსიური მოხმარება. ამიტომ საკვებში მათი წილის შემცირება მკვეთრად ამცირებს ჰიდრობიონტთა მეტაბოლიზმს, ბიოსინთეზურ პროცესებს. როცა საკვები არასაკმარისად აგრეგირებულია, მკვეთრად მცირდება ან სრულიად წყდება ზრდა ენერგეტიკულად ნაკლებეფექტურია. იგივე შეინიშნება საკვები ობიექტების ნაკლებად მისაწვდომობის შემთხვევაში, მათი ქცევისა და აგებულების განსაკუთრებულობის გამო. საინტერესოა მონაცემები იმის შესახებ, რომ შედარებით უფრო დაბალ ტემპერატურაზე ზოგიერთი ჰიდრობიონტის ზრდა აღწევს ოპტიმალურ დონეს, იმ შემთხვევაშიც, როცა არეში საკვების ნაკლები რაოდენობაა (Суханов, 1979).

VIII.3. განვითარება

ჰიდრობიონტთა განვითარება ეკოლოგიური თვალსაზრისით უდიდესი მნიშვნელობისაა და იგი გამოიხატება: ონტოგენეზში სტრუქტურისა და მათი ფუნქციების ცვალებადობის თავისებურებაში, სხვადასხვა ფაქტორის განსახილველი პროცესის სიჩქარეზე გავლენასა და სხვადასხვა სტადიაზე ორგანიზმთა გადარჩენისადმი ადაპტაციაში.

VIII.4. ფორმები

წყლის ცხოველების განვითარების თავისებურებათა შედარება ხმელეთის ცხოველებთან ხშირად შეუძლებელია, ვინაიდან ძნელია გადაწყვეტა იმისა, მიმდინარეობს ორგანიზმის ონტოგენეზი მეტამორფოზით, თუ მის გარეშე. როგორც თევზების

მაგალითით აჩვენა ვ.ვ.ვასნეცოვმა (1953), ყოველგვარი განვითარება ნასტომისებურია და მას თან ახლავს ერთბაშად მრავალი სისტემისა და ფუნქციის გარდაქმნა. მაგალითად, ნაფოტას სიგრძის გადიდებას 5-დან 5,7 მმ-ამდე ერთდროულად მოსდევს სხეულის სიგრძის, პირის აპარატის, ნაწლავის და ნერვული სისტემის შეცვლა.

მეტამორფოზი უფრო მკვეთრად გამოხატულია იმ ჰიდრობიონტებში, რომლებიც იზრდებიან უმეტესად სხვადასხვა არეში. მეტამორფოზის ეკოლოგიური სარგებლიანობა ძლიერდება იმ შემთხვევაში, როცა წყალსატევებში მოკლე დროით გამოჩნდება კვების წყაროები, რომლებიც მათი არასტაბილურობის გამო ზრდასრული ფორმებისათვის გამოუყენებელი რჩება (მაგალითად, არქტიკულ წყლებში ფიტოპლანქტონის მოკლევადიანი გამოჩენა).

ჰიდრობიონტთა ზოგიერთი რიგისათვის დამახასიათებელია განვითარების პერიოდულობა (წყვეტილობა). როგორც წესი, ის დაკავშირებულია არის ციკლურ ცვლილებებთან, როცა განვითარების ხელსაყრელი პირობები იცვლება არახელსაყრელით. მიქცევისას, აქტიური ცხოვრებიდან ითიშებიან მოლუსკები, კიბოსნაირები, ჭიები და ლითორალის სხვა მობინადრენი. დიაპაუზა (განვითარებაში შესვენება) დამახასიათებელია უდაბლეს კიბოსნაირთა მთელი რიგისა და სხვა ჰიდრობიონტთათვის, ჟანგბადის ტემპერატურისა და სხვა პირობების გაუარესებისას.

VIII.5. ხანგრძლივობა

ორგანიზმთა განვითარების დასრულება მჭიდროდაა დაკავშირებული მათ მიერ გარკვეული მასის მიღწევასთან, რომლის სიდიდე სახეობის სხვადასხვა ინდივიდისათვის სულაც არ არის მუდმივი და დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ტემპერატურის გაზრდით განვითარება მთავრდება მცირე დროში ნაკლები მასით. ინდივიდთა საბოლოო მასის შემცირება და ერთდროულად განვითარების ხანგრძლივობის მნიშვნელოვანი შემოკლება კარგად

შეინიშნება ზღვის მოლუსკებში, როცა დაკვირვებას ვაწარმოებთ მაღალი განედებიდან დაბალი განედებისაკენ გადაადგილებისას.

ჰიდრობიონტთა განვითარების ტემპი უმთავრესად განისაზღვრება ტროფიკული და რესპირატორული პირობებით. საკვების დეფიციტის დროს განვითარების ციკლები განუსაზღვრელად იწელება დროში. ანალოგიური სურათი შეიძლება წარმოიქმნეს ჰიპოქსიის დროსაც, მაგალითად, წყალსატევთა ზამთრისა და ზაფხულის სტაგნაციების დროს, როცა ფსკერთან ახლოს პრაქტიკულად ჟანგბადი აღარაა და იქ მობინადრე ცხოველები ანოქსიბიოზს განიცდიან.

VIII.6. ზრდისა და განვითარების ენერგეტიკა

ბიოსინთეზის პროცესებისთვის, რომლებიც უზრუნველყოფენ ზრდასა და განვითარებას, აუცილებელია ენერგეტიკული სარჯვა, რომლის საზომად წარმოგვიდგება გაზთაცვლის ინტენსივობა. ასიმილაციისა და დისიმილაციის სიდიდეების თანაფარდობა ახასიათებს ენერგიის ტრანსფორმაციის ეფექტურობას და ზრდისათვის მოხმარებული საკვების გამოყენების ხარისხს. ენტროპიის სიდიდე მისი ტრანსფორმაციის პროცესში, რომელიც ძლიერ ვარირებს ორგანიზმთა სახეობრივ თავისებურებებსა და მათი ცხოვრების პირობებზე დამოკიდებულებით, განსაზღვრავს მ.ქ.კ.-ის (მარგი ქმედების კოეფიციენტი) პროდუქციულობის პროცესებს. თუ ცნობილია რაციონი, საკვების შეთვისებადობა, ნამატი, აგრეთვე კატაბოლიზმის სიდიდე, შეიძლება საკმარისად ზუსტად ვიმსჯელოთ ინდივიდთა ენერგობალანსზე და მათი ზრდის ეკონომიკურობაზე. ეს ცოდნა კი აუცილებელია ბუნებრივი ეკოსისტემის რაციონალური გამოყენებისათვის და აკვაკულტურის მეცნიერული ორგანიზაციისთვის, აგრეთვე ამა თუ იმ ჰიდრობიონტის გაზრდისას ეკონომიურობის ბიოლოგიური შეფასებისთვის.

VIII.7. ენერგიის ტრანსფორმაციის ინტენსიურობა

თითოეული სახეობის ინდივიდთათვის ენერგიის წარმოქმნის ესა თუ ის ხვედრითი სიჩქარე ასახავს მათ ენერგეტიკულ თავისებურებებსა და ბიოლოგიური პოტენციის რეალიზაციის შესაძლებლობებს გარემომცველი არის კონკრეტულ პირობებში.

როგორც წესი, ენერგიის ტრანსფორმაციის ინტენსიურობა ინდივიდთა ზომის (მასის) გადიდებით მცირდება. იგი შეინიშნება როგორც ონტოგენეზში, ასევე სხვადასხვა სახეობის ზოგ წარმომადგენელში, რომლებიც განსხვავდებიან სხეულის მასით. ბაქტერიები, რომლებიც აორმაგებენ თავიანთ ბიომასას დღე-ღამეში, ამ დროის განმავლობაში ახდენენ ტრანსფორმირებას იმ ენერგიისას, რომელიც 2-3-ჯერ აღემატება სხეულში მის შემცველობას. ენერგიის დღეღამური ტრანსფორმაცია ციბრუტელებსა და წვრილ კიბოსნაირებში ჩვეულებრივად არ აღემატება სხეულში აკუმულირებული ენერგიის 50-100%-ს, უფრო მსხვილ კიბოებში იგი შეადგენს 15-20%-ს, ჭიებსა და მოლუსკებში 1-5%-ს, თევზებში კი, როგორც წესი, გამოიხატება პროცენტის მეათედი და მეასედი წილით. გ. ს. კარზინკინის (1952) მონაცემებით 32-დან 860 მგ-ამდე თევზთეთრას მოზარდი თაობის მასის ასიმილაციის ინტენსიურობა დღე-ღამეში 7-დან 3-ამდე და 1,8%-დე მცირდება.

VIII.8. ენერგიისა და საკვების გამოყენების ეფექტურობა

ზრდისათვის საკვების გამოყენების ეფექტურობის შეფასების ხერხი დამოკიდებულია კვლევის მიზნებზე. მეთევზეობაში წყლის უხერხემლოების ზრდისათვის საკვების გამოყენების ეფექტურობა ხშირად გამოიხატება კვებითი კოეფიციენტებით, რომელიც გულისხმობს ცხოველების მიერ მოხმარებული საკვების დამოკიდებულებას მათ მატებასან, დამოუკიდებლად იმისა, თუ რა ქიმიური შედგენილობისაა საკვები და მომხ-

მარებლის სხეული. რაც მეტია კვებითი კოეფიციენტი, მით უფრო ნაკლებად გამოიყენება ზრდისთვის საკვები. საკვები კოეფიციენტის სიდიდე მოცემულ ცხოველში ძალიან დიდადაა დამოკიდებული საკვების ხარისხზე. მაგალითად, როცა ქირონომიდის ჭუპრებს კვებავდნენ მაკროფიტების გამხმარი ფხვნილითა და მშრალი საფუარით, შესაბამისად იგი უტოლდებოდა 7-სა და 0,5-ს. თუ საფუარი ეძლეოდათ არა მშრალი, არამედ ნედლი სახით, კვებითი კოეფიციენტი 3-4-ჯერ გაიზრდება. მაშასადამე, ის მხოლოდ ნაკლები ხარისხით ახასიათებს ორგანიზმების ოვისებას და ნაკლებადაც გამოხატავს მოხმარებული ნივთიერებების ზრდისათვის გამოყენების ხარისხს. მაგალითად, გამხმარი საფუარები ნედლთან შედარებით რამდენადმე ცუდად გამოიყენება ზრდისთვის, რადგან პირველ შემთხვევაში კვებითი კოეფიციენტი 3-4-ჯერ დაბალია, ვიდრე მეორეში. რომ გამოვრიცხოთ საკვებში არსებული წყლის გავლენა მისი გამოყენების მაჩვენებლებზე, გამოითვლიან საკვების პროდუქტული მოქმედების კოეფიციენტს, ანუ შეჭმული საკვების რაოდენობის დამოკიდებულებას ორგანიზმის ნამატთან, თანაც ორივე სიდიდეს ანგარიშობენ მშრალ მასაზე (Кар—зинкин, 1952). ზოგჯერ ითვლიან საკვებთან ერთად მოხმარებული აზოტის დამოკიდებულებას ორგანიზმში მის დაგროვებასთან.

ზრდის პროცესში ნივთიერებათა ტრანსფორმაცია შეიძლება წარიმართოს ისეთი სახით, რომ თვით მაღალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის დროს, სამეურნეო თვალსაზრისით, იგი აღმოჩნდეს გამოუყენებელი. თუ, მაგალითად, შეთვისებადი ენერგია კონცენტრირებული იქნება ახალგაზრდა ორგანიზმებში მაღალკალორიული შეუთვისებადი ნივთიერებების ფორმით (ქიტინი და ა.შ.) ან სხვა უბრალო პროდუქტებით, მაშინ ნივთიერებათა გარდაქმნა სამეურნეო თვალსაზრისით არაეფექტურია. მეორე მხრივ, ორგანიზმები, რომლებიც გამოიყენებენ თუნდაც დაბალი მარგი ქმედების კოეფიციენტის მქონე, ნაკლებად მისაწვდომ, ძნელად მოსანელებელ ნივთიერებებს

(უჯრედისი, ჰუმუსი და ა.შ.) და რომლებიც მათ გარდაქმნიან ძვირფას სამეურნეო პროდუქტებად, პრაქტიკულად მეტად საინტერესოა.

საკვების გამოყენების ერთ-ერთი მახასიათებელია მისი შეთვისების ხარისხი (მონელება), ე. ი. ასიმილირებული და მონელებული ენერგიების დამოკიდებულება. მცენარეჭამია ფორმებში ეს მაჩვენებელი შესამჩნევად დაბალია, ვიდრე ხორციჭამიებში. მოხმარებული საკვების ასიმილაციის ხარისხი მის თვისებებთან, მომხმარებლის ფიზიოლოგიურ თავისებურებებთან და კლების პირობებთან დამოკიდებულებაში ძლიერ იცვლება.

VIII.9. ენერგიის ენთროპიზაცია

ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედებას, ისევე როგორც ყველა ორგანიზმისას, თან ახლავს ენერგიის განბნევა, რომლის ინტეგრალურ მახასიათებლად შეიძლება გამოვიყენოთ სუნთქვის პროცესში ჟანგბადის მოხმარების ინტენსივობა და სიჩქარე.

მოხმარებული ჟანგბადის ერთეულზე, ბიოლოგიური დაჟანგვის პროცესში, გამოიყოფა პრაქტიკულად ენერგიის ერთი და იგივე რაოდენობა. მაშასადამე, ვინაიდან ვიცით ორგანიზმების მიერ ჟანგბადის მოხმარების სიდიდე, შეიძლება საკმარისად ზუსტი წარმოდგენა შევიქმნათ მათ ენერგეტიკაზე. ნივთიერებათა დაჟანგვისას გამოყოფილი ენერგიის რაოდენობის (ჯოულებში) დამოკიდებულებამ მილიგრამებში მოხმარებული ჟანგბადის მასასთან მიიღო ოქსიენერგეტიკული (ოქსიკალორიული) კოეფიციენტის სახელწოდება. წყლის ორგანიზმებისთვის მისი საშუალო მაჩვენებელი ტოლია 14 ჯ/მგO_2-ისა. ცალკეული მონაცემები გადაიხრებიან ნაპოვნი საშუალო მნიშვნელიდან მხოლოდ მესამე ნიშანში. ამგვარად, სხვადასხვა პირობებში ჰიდრობიონტთა სუნთქვის გაზომვისას მათი ენერგეტიკა შეიძლება დავახასიათოთ ბალანსის ცალკეულ შესაკრებთა უშუალო აღრიცხვის გარეშე. ოქსიენერგეტიკული კოეფიციენტის სიდიდე

არ არის დამოკიდებული იმ პირობებზე, რომელშიც მიდის ანაერობული სუნთქვა.

გაზთაცვლის შესწავლა საშუალებას იძლევა, წარმოვიდგინოთ ენერგეტიკული დანახარჯების სიდიდე, არა მხოლოდ ჰიდრობიონტებში, არამედ იმაზეც, თუ როგორი ნივთიერებების სარჯზე მოიპოვება ენერგია, ე. ი. ვიმსჯელოთ საკვების ქიმიურ შედგენილობაზე. ასეთი დასკვნა შეიძლება მივიღოთ, თუ შევადარებთ ორგანიზმების მიერ მოხმარებულ O_2-ის რაოდენობას გამოყოფილ CO_2-ის რაოდენობასთან. როცა ენერგია მოიპოვება ნახშირწყლებით კვების სარჯზე, ორგანიზმი გამოყოფს იმდენ CO_2-ს, რამდენ O_2-საც მოიხმარს. ცილოვანი კვების დროს გამოყოფილი CO_2-ის დამოკიდებულება მოხმარებულ O_2-თან შეადგენს 0,77-0,82-ს, ხოლო ცხიმის მოხმარების შემთხვევაში კი 0,7-ს. დამოკიდებულებამ სუნთქვის პროცესის დროს გამოყოფილი CO_2-ის მოცულობისა მოხმარებული O_2-ის მოცულობასთან მიიღო სუნთქვითი კოეფიციენტის სახელწოდება. ზოგჯერ იგი აღემატება 1-ს, რაც ჩვეულებრივად განპირობებულია ნაწილობრივ ანაერობული წესით ენერგიის მოპოვებით, როცა ორგანიზმები განიცდიან ჟანგბადის უკმარისობას.

O_2-ის კონცენტრაცია მგ/ლ . .	11,46	8,8	5,4	1,36	1,13	0,81
სუნთქვის კოეფიციენტი . .	0,69	1,03	1,48	3,4	8,6	10,0

სრული ანაერობიოზის დროს სუნთქვის კოეფიციენტი უსასრულო სიდიდე ხდება. სუნთქვის კოეფიციენტის სიდიდეზე შეიძლება ასევე იმოქმედოს ტემპერატურამ და რომელიმე სხვა ფაქტორმაც. ინდივიდთა მეტაბოლიზმის თავისებურებების მნიშვნელოვან მახასიათებლად წარმოგვიდგება მოხმარებული ჟანგბადის დამოკიდებულება გამოყოფილ აზოტთან. როცა იგი ცოტაა (<24), მეტაბოლიზმი უპირატესად მიდის ცილის სარჯზე, თუკი დიდია, მაშინ ენერგოდანახარჯების წყაროდ ძირითადად წარმოდგება ლიპიდები. ჰიდრობიონტებისთვის უფრო დამახასიათებელია პირველი შემთხვევა.

VIII.10. ინდივიდთა ენერგობალანსი

ჰიდრობიონტთა ხანგრძლივი აქტიური არსებობა შესაძლებელია, თუ მათ მიერ მიღებული ენერგია უფრო დიდია, ვიდრე განბნეული, ე.ი. ენერგობალანსი დადებითია. ზოგჯერ ენერგიის გასავალი აღემატება მის შემოსავალს და მაშინ შეიმჩნევა სხეულის ენერგოტევადობის შემცირება. ინდივიდთა ენერგობალანსის დადებითი ნაწილი ყალიბდება ნივთიერებათა ენერგიიდან, რომელიც შედის პერორალურად (პირის ღრუდან) და სხვა გზებით, კერძოდ ოსმოსურით. ეს ენერგია აკუმულირდება თვით ინდივიდში (ნამატი) და იხარჯება გარეგანი (გადაადგილება, წყლის ნაკადის წარმოქმნა, სოროების ამოთხრა, პატარა ქოხების აშენება და სხვა) და შინაგანი სამუშაოების შესრულებაზე (საკვების მონელება, გამოყოფა, ოსმორეგულაცია, ნერვული იმპულსები და სხვა). ენერგობალანსი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი განტოლებით (Константинов, 1972):

$$Эр = Эа + Ээ + Эп + Эт + Эо + Эи + Эн_1 \quad (2),$$

სადაც მარცხენა ნაწილში ენერგიაა, რომელიც შედის ორგანიზმში (რაციონის ენერგია), მარჯვენაში კი: პოპულაციების სხეულში აკუმულირებული (Эа), ენტროპიზებული (Ээ), სასქესო პროდუქტებში შემავალი (Эп), მეტაბოლიტებში (Эт), განმარტოებულ სტრუქტურებში (Эо), პარაზიტების მიერ ამოღება (Эи), შეუთვისებელი (Эн).

განტოლების ყველა შესაკრებთა აღრიცხვა და შეფასება დაკავშირებულია შრომატევად გამოკვლევებთან. გათვლების რამდენადმე გამარტივების მიზნით გამოიყენება მარტივი ფორმულა (Винберг, 1956):

$$Р = П + Т + Н \quad (3),$$

სადაც განტოლების მარცხენა ნაწილი რაციონის ენერგიაა, მარჯვენა კი ნამატის ენერგია (П), სუნთქვაზე დანახარჯი (Т) და შეუთვისებელი (Н). ენერგოდანახარჯების სიდიდე ფასდება მოხმარებული ჟანგბადის რაოდენობით, ე. ი. ითვალისწინებს ორგანიზმის შინაგან და გარეგან სამუშაოებს. ამჟამად, საბალანსო

ტოლობის მარჯვენა მხარეს ჩვეულებრივად რთავენ გამოსაყოფი სასქესო პროდუქტების ენერგიას.

საბალანსო ტოლობა ზოგიერთ შემთხვევაში, რომელიც გამოისახება მოხერხებული საანგარიშო სქემით, საკმარისად მისაღებ ფორმებში, აღწერს ინდივიდთა ენერგობალანსს. ხშირად განტოლების მუხლები (2), რომელნიც არაა გათვალიწინებული საბალანსო ტოლობით (3), იმდენად მნიშვნელოვანია, რომ მათი იგნორირება ნამატის ანგარიშის მიზნით იწვევს დიდ უზუსტობას. მაგალითად, სრულიად უმნიშვნელოა გამოყოფილი მეტაბოლიტების ენერგია, კერძოდ, ამონიაკისა და ცილოვანი ცვლის დაუჟანგავი პროდუქტებისა, რომელთა წილად შეიძლება მოდიოდეს ენერგიის 10-15%-ზე მეტი (Бретт, Гроувс, 1983). საბალანსო ტოლობის უზუსტობა (3) ღრმავდება იმით, რომ რაციონში იგულისხმება საკვების ის რაოდენობა, რომელსაც ცხოველები იღებენ პერორალურად, მაგრამ არცთუ უმნიშვნელოა ჰიდრობიონტთა ენერგეტიკაში ოსმოსური კვებაც.

IX თავი

ჰიდრობიონტთა პოპულაციები და ჰიდრობიოცენოზები

IX.1. ჰიდრობიონტთა პოპულაციების სტრუქტურა და ფუნქციური თავისებურებები

პოპულაციები გულისხმობს ერთი სახეობის ინდივიდთა ჯგუფს, რომელსაც დაკავებული აქვს ამ სახეობის არეალის ნაწილი, თავისი განსაზღვრული სტრუქტურით, და რომელსაც გააჩნია გარემომცველი არის ცვლილებისას კვლავწარმოქმნისა და ადაპტაციური რეაქციების უნარი. ეს არის ღია თვითრეგულირებადი სისტემა, გარემოს ამა თუ იმ კონკრეტულ პირობებში სახეობის არსებობის ელემენტარული ფორმა. თუ ცხოვრების პირობები სახეობის არეალის ფარგლებში ერთგვაროვანია, ინდივიდები, რომლებიც ბინადრობენ მის ცალკეულ უბნებში, არ წარმოქმნიან მორფოფიზიოლოგიური და ეკოლოგიური ნიშან-თვისებებით ერთმანეთისაგან განსხვავებულ პოპულაციებს; როცა ცხოვრების პირობები განაწილებულია დისკრეტულად და მისი ფარგლები შედარებით სტაბილურია, სახეობა, როგორც წესი, იშლება ერთმანეთისაგან განსხვავებულ პოპულაციად. ბიოტოპური პირობების ნელი ცვლის დროს აღმოცენდება ე.წ. **სოლური** ცვალებადობა, რომლის დროსაც მეზობელ პოპულაციებს შორის განსხვავება უმნიშვნელოა, თუმცა განსხვავება კარგადაა გამოკვეთილი განაპირა მიდამოებში.

სახეობებს, რომლებიც წარმოდგენილია ერთმანეთისაგან კარგად განსხვავებული პოპულაციით, პოლიმორფულს პოლიტიპურს უწოდებენ. მონომორფულებისაგან განსხვავ

ისინი არ იშლებიან ცალკეულ ჯგუფებად. მონო და პოლიტიპია არის სახეობის შეგუება მეტ-ნაკლებად სხვადასხვაგვარ პირობებთან. რაც უფრო მეტადაა გამოხატული ბიოლოგიური პოლიმორფიზმი, რაც უფრო სხვადასხვაგვარია ინდივიდები, რომლებიც შედიან პოპულაციებში, მით უფრო იოლად ეგუებიან ისინი საცხოვრებელი პირობების ციკლურ და უეცარ ცვლილებებს. ამ მიზეზით ზომიერი განედების სახეობებს, რომლებიც ცხოვრობენ ლაბილურ, ბიოტურ და აბიოტურ პირობებში, გააჩნიათ უფრო რთული სტრუქტურა, ვიდრე ტროფიკულებს. სახეობები, რომლებიც ბინადრობენ ფართო აკვატორიაში, უფრო პოლიმორფულებია, ვიდრე ისეთები, რომელთაც ვიწრო არეალი აქვთ.

პოპულაციის ბიოლოგიური მნიშვნელობა სასიცოცხლო რესურსების უმეტესად რაციონალურად გამოყენებაა, პირველ რიგში ეს ეხება ენერგეტიკულ რესურსებს.

ზოგჯერ ჰიდრობიონტებს შორის გვხვდება ერთი სახეობის ერთობლიობა, რომელიც კვლავ არ წარმოიქმნება და მოცემულ ბიოტოპში გარედან შემოსული ახალი ინდივიდების ხარჯზე დიდი ხნის განმავლობაში არსებობს. ინდივიდთა ასეთი ერთობლიობები წარმოადგენენ ფსევდოპოპულაციებს.

ორგანიზმებისგან შეკრებილი პოპულაციები, როგორც ბიოლოგიური სისტემები, ხასიათდება ახალი თვისებებით, რომელიც არ გამომდინარეობენ უშუალოდ ცალკეულ თვისებათაგან. მათ მიეკუთვნება: პოპულაციის სიდიდე, მისი სიმჭიდროვე, დისპერსია (დაშლა), სქესობრივი და ასაკობრივი სტრუქტურა, ორგანიზმთაშორისი ურთიერთქმედება, შობადობა, ბიომასისა და რიცხობრიობის ზრდა, სიკვდილიანობა და ზოგიერთი სხვა მახასიათებელი, ცალკეული ორგანიზმისათვის მიუსადეგი.

პოპულაციის ჩამოთვლილი თვისებებიდან ადამიანისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მათ მიერ საკუთარი ბიომასის კვლავწარმოებას, ე.ი. ამა თუ იმ ორგანიზმის სახით (ფორმით) ორგანული ნივთიერების წარმოქმნას. ამ თვისებას ეწოდება პოპულაციის პროდუქტულობა, ხოლო მათ მიერ წარმოქმნილ

ორგანულ ნივთიერებას პროდუქცია. იმასთან დაკავშირებით, რომელ ორგანიზმებსა და ფორმებში გროვდება ორგანული ნივთიერება, პოპულაციის პროდუქციას შეიძლება ჰქონდეს ადამიანისთვის სრულიად სხვადასხვა პრაქტიკული მნიშვნელობა (მაგალითად, სასარგებლო, უსარგებლო ან მავნებელი ორგანიზმები). პროდუცირების ტემპი, ეფექტურობა და ენერგეტიკული თავისებურებები დამოკიდებულია პოპულაციის სპეციფიკასა და მათი არსებობის პირობებზე.

IX.2. პოპულაციის სტრუქტურა

პოპულაცია, მისი შემადგენელი ელემენტებისა (ორგანიზმების) და ბუნებაში (სივრცეში) მათი განაწილების მიხედვით არაჰომოგენურია. მისი წარმომქმნელი ინდივიდები განსხვავდებიან ასაკით, სქესით, სქესობრივი სიმწიფითა და სხვა ბიოლოგიური მაჩვენებლებით. თანაც სხვადასხვა მდგომარეობის ჯგუფების შეფარდებას აქტიურად ეგუებიან შესაბამისი ჰომეოსტატიკური მექანიზმებით, ამიტომ შეიძლება ვილაპარაკოთ პოპულაციის ასაკობრივ, სქესობრივ, გენერაციულ ან სხვა სტრუქტურაზე, მათ თვისებრივ შედგენილობასთან მიმართებაში. გარდა ამისა, პოპულაციის სტრუქტურა ხასიათდება მათი სიდიდით, სიმჭიდროვითა (კონცენტრაციით) და სივრცეში განთავსების თავისებურებებით (ქოროლოგიური სტრუქტურა).

პოპულაციის არსებობის ყოველი მომენტისათვის არაჩვეულებრივად დამახასიათებელი და ბიოლოგიურად მნიშვნელოვანია ერთი ასაკისა და სქესის ინდივიდთა მორფოფიზიოლოგიური სხვადასხვაობა.

IX.3. სიდიდე და სიმჭიდროვე

პოპულაციის სიდიდე განისაზღვრება რიცხვითა და საერთო მასით (ბიომასით), რომელსაც წარმოქმნიან ინდივიდები, მათ მიერ დაკავებულ სივრცეზე დამოუკიდებლად. ერთ შემთხვევაში

პოპულაციას გააჩნია უდიდესი რიცხობრიობა და შედარებით ნაკლები ბიომასა (ბაქტერიები, წყალმცენარეები, უმარტივესები), მეორეში – შეინიშნება სხვა სურათი (მსხვილი მოლუსკები, თევზები, ძუძუმწოვრები). პოპულაციის რიცხობრიობასა და ბიომასას შორის თანაფარდობა არის მათთვის ერთ-ერთი დამახასიათებელი ნიშან-თვისება.

მკვეთრად განსხვავებულია მოცემული სახეობის პოპულაციის სიდიდე ცალკეულ წყალსატევებში, ან მათ უბნებში. როგორც წესი, ჰიდრობიონტთა პოპულაციები, რომლებიც ბინადრობენ წყალსატევებში, ან მათ უბნებში დიდი აკვატორიით, მრავალრიცხოვანია, ვინაიდან მათ გააჩნიათ უფრო დიდი სასიცოცხლო რესურსები. პოპულაციის გაზრდით იცვლება მათი მრავალი თვისება, კერძოდ, არსებობს მდგრადობა და თავისი არეალის გაფართოების უნარი. რაც მეტია პოპულაციაში ინდივიდთა რიცხვი, მით უფრო მდიდარია მისი გენოფონდი და ფართოა თითოეული ფაქტორის დიაპაზონი, რომლის ფარგლებშიც შეიძლება იარსებოს ამა თუ იმ ინდივიდმა. ამიტომ არის მკვეთრი ცვლილებები, რომელთა გადატანა მცირე პოპულაციებისთვის ყოველთვის შესაძლებელია, დიდმა პოპულაციებმა კი შეიძლება იოლად აიტანოს ისინი, მათი ინდივიდების ნაწილი. რომლებიც აღმოჩნდება საკუთარი ეკოლოგიური ვალენტობის ფარგლებს გარეთ, იღუპებიან, ხოლო სხვები, ტოლერანტულობის სხვა პარამეტრებით გადარჩებიან, და პოპულაცია შენარჩუნდება. საყურადღებოა, რომ დაბალ განედებზე, სადაც არსებობისთვის პირობები სტაბილურია, პოპულაციები მცირერიცხოვანია, ვიდრე ზომიერ პოლარულ ზონებში. შესაძლებელია, რომ სწორედ ჰიდრობიონტთა პოპულაციები თავიანთი მცირერიცხოვნების წყალობით, რომლებიც ბინადრობენ ტროპიკულ ზღვებში, იოლად აღწევენ კონტინენტალურ წყალსატევებში, ვიდრე მაღალგანედური ფორმები. ეს უკანასკნელნი ადაპტირებული არიან დიდი პოპულაციებით არსებობასთან და ამიტომ არ შეუძლიათ, შეაღწიონ წყალსატევებში, სადაც არ არის შესაძლებლობა,

იყოლიონ ინდივიდთა საჭირო რაოდენობა მაღალი მოთხოვნილების დონეზე, რამეთუ მათი არესურსო ბაზა განსაზღვრულია (Численко, 1964).

პოპულაციის მდგომარეობის ერთობ დამახასიათებელი პარამეტრია მისი სიმჭიდროვე, რომელიც გულისხმობს ორგანიზმთა რაოდენობის დამოკიდებულებას მათ მიერ დაკავებული ორ ან სამ განზომილებიან სივრცის ერთეულთან. ორგანიზმთა რაოდენობა შეიძლება განისაზღვროს ინდივიდთა რიცხობრიობით, მათი ბიომასით, ანდა ენერგეტიკული ერთეულებით (მაგალითად, ჯოულებით). პოპულაციის სიმჭიდროვეზე უფრო სრულ წარმოდგენას იძლევა ყველა ჩამოთვლილი მაჩვენებლებით მისი დახასიათება. ინდივიდთა რიცხობრიობა ახასიათებს მათ საშუალოდ ურთიერთდაცილებას, ბიომასასა და ცოცხალი ნივთიერების კონცენტრაციას, ხოლო ენერგოტევადობა, რა თქმა უნდა, თერმოდინამიკურ თავისებურებებს.

პოპულაციის სიმჭიდროვე განისაზღვრება გამრავლების პოტენციალსა და არის ტევადობის რესურსულ შესაძლებლობებს შორის წონასწორობით. ეს უკანასკნელი კი თავის მხრივ განპირობებულია საჭირო რესურსების განახლების სიჩქარით, დროის ერთეულში მათი პრდუქციის სიდიდით. ეს პარამეტრი კონსტანტა არაა, კერძოდ, დიდად არის დამოკიდებული განახლებადი რესურსების ექსპლუატაციის ხარისხზე. მაგალითად, დაფნიას პროდუქცია, როგორც თევზების განახლებადი საკვები რესურსიაა, შეიძლება აღმოჩნდეს მინიმალური, ინდივიდების მიერ ზედმეტად ათვისების გამო. გასაგებია, რომ რესურსების განახლების სიჩქარეზე, გარდა ექსპლუატაციის ფორმებისა, გავლენას ახდენს რიგი სხვა ბიოტური და აბიოტური ფაქტორებისა.

პოპულაციის სიმჭიდროვე თავისთავად წარმოადგენს მისი არსებობის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პარამეტრს. სიმჭიდროვეზეა დამოკიდებული სუნთქვა, კვება, გამრავლება და პოპულაციის ცალკეულ ინდივიდთა მრავალი სხვა ფუნქცია.

სურ. 27. 1 მ³ ტბორის წყალში კობრის ლარვების, ლიფსიტების ერთწლიანი და ორწლიანების გამოყვანის ნორმები

პოპულაციის გადამეტებული სიმჭიდროვე მისი არსებობის პირობებს აუარესებს, რადგან ამცირებს ინდივიდთა საკვებითა და სიცოცხლისათვის საჭირო საშუალებებით უზრუნველყოფას.

პოპულაციაზე უარყოფითად მოქმედებს მისი არასაკმარისი სიმჭიდროვეც, რომელიც ართულებს საპირისპირო სქესის ინდივიდთა გამოძებნას, გამრავლების დროს წყალში სასქესო პროდუქტების საჭირო კონცენტრაციის შექმნას, პოპულაციის თავდაცვის თვისების გამომუშავებას და სხვა. ყოველი ცალკეული სახეობისთვის არსებობს პოპულაციის ოპტიმალური სიმჭიდროვე, რომელიც შეგუებულობით იცვლება იმასთან დაკავშირებით, თუ რა კონკრეტულ დამოკიდებულებაშია არე, ე.ი. ადაპტაციური ნიშან-თვისებები.

არსებობს რიგი მექანიზმებისა, რათა შენარჩუნებული იყოს პოპულაციის სიმჭიდროვის საჭირო დონე. მათ შორის უმთავრესია უკუკავშირის პრინციპით რიცხობრიობის თვითრეგულაცია სასიცოცხლო რესურსების, კერძოდ საკვებზე დამოკიდებულებით. როცა საკვები მცირდება, ინდივიდთა ზრდის ტემპიც იკლებს, იზრდება სიკვდილიანობა, სქესობრივი მოწიფულობა დგება გვიან, პოპულაციის შევსება მცირდება და ამრიგად სიმჭიდროვეც ეცემა. არსებობის პირობების გაუმჯობესებას თან ახლავს საპირისპირო ხასიათის ცვლილებები და პოპულაციის სიმჭიდროვე იზრდება განსაზღვრულ ფარგლამდე, რომლის გადამეტებასაც ხელახლა მივყავართ ინდივიდთა კონცენტრაციის შემცირებისაკენ.

პოპულაციის სიმჭიდროვის რეგულაციის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მექანიზმია მეტაბოლიტების გამოყოფა, რომლებიც მოქმედებენ ინდივიდთა ზრდასა და განვითარებაზე. თევზებში ნაჩვენებია, რომ სპეციფიკური ეგზომეტაბოლიტების თანაობისას, როცა მათი კონცენტრაცია კრიტიკულ ზღვარს აღწევს, ინდივიდთა უმეტესი ნაწილი ზრდას ანელებს, მცირე კი ინარჩუნებს, ან კიდევ უფრო აჩქარებს მას. ამის შედეგად ინდივიდთა საერთო ნაზარდი ნელდება და საწყისი ჯგუფი ერთზომიანი თევზებისა მკვეთრად დიფერენცირდება ზომითი შემადგენლობით.

IX.4. ქოროლოგიური სტრუქტურა

სივრცეში, რომელიც განფენილია პოპულაციებით, ინდივიდთა განაწილება შეიძლება იყოს უწესრიგო, ერთგვაროვანი და ლაქისებური. უწესრიგო, ან შემთხვევითი განაწილებისას ინდივიდის გამოვლენის ალბათობა ყოველ წერტილში ერთნაირია. განაწილების ასეთი ტიპი შედარებით იშვიათად გვხვდება, კერძოდ, როცა არე ერთგვაროვანია და ორგანიზმებს არა აქვთ აგრეგაციისა და დეზაგრეგაციის ტენდენცია. თუ არე ერთგვაროვანია, ინდივიდები ილტვიან, რომ დასახლდნენ ერთმანეთისგან მოშორებით, შეიმჩნევა თანაბარზომიერი განაწილება.

ჰიდრობიონტებისათვის უმეტესად დამახასიათებელია ლაქისებური განაწილება, რომელიც, თავის მხრივ, შეიძლება იყოს უწესრიგო-შექუჩებული, ერთგვარ-შექუჩებული და აგრეგატულ-შექუჩებული. პირველ შემთხვევაში, ინდივიდები შემთხვევით განლაგდებიან ლაქაში, მეორეში კი შესაბამის მანძილზე ერთმანეთისაგან, მესამეში – მხოლოდ ჯგუფებად. ლაქისებურ განაწილებას ადგილი აქვს, თუ არის, ინდივიდთა არსებობისათვის უფრო ხელსაყრელია პირობები და განლაგებულია მოზაიკურად, რაც ხშირად შეიმჩნევა წყალსატევებში, კერძოდ კი ბენთალში. ორგანიზმთა ლაქისებური განაწილების სასიათი ძირითადად განისაზღვრება ინდივიდთა შორის ურთიერთობებით.

IX.5. ასაკობრივი სტრუქტურა

პოპულაციის ასაკობრივი სტრუქტურა ციკლურად იცვლება, თუ ახალი თაობების წარმოქმნა (გენერაცია) ატარებს პერიოდულ ხასიათს, როგორც ეს შეინიშნება უმრავლეს შემთხვევაში. წყალმცენარეების უმრავლესობაში ახალი უჯრედები წარმოიქმნებიან უპირატესად დღისით, ამიტომ მათი პოპულაციები დღე-ღამის ამ მონაკვეთში შეიცავს უფრო მეტ

ახალგაზრდა ინდივიდს, ვიდრე ღამით. ისეთ პოპულაციებში, რომლებიც წარმოდგენილია სიცოცხლის გრძელი ციკლის მქონე ორგანიზმებით, შევსების პერიოდულობა განისაზღვრება მთვარის ფაზებით და მაშინ ასაკობრივი სტრუქტურა გადაეწყობა ხოლმე ყოველი 14 ან 28 დღით. ჰიდრობიონტთა პოპულაციებისათვის მეტად დამახასიათებელია ასაკობრივი სტრუქტურის სეზონური ცვლილება. მაგალითად, გაზაფხულზე წყალსატევებში გამოჩნდება ხოლმე უზარმაზარი რაოდენობით ცხოველთა ახალგაზრდა თაობები, ხოლო შემოდგომასა და ზამთარში მათში შეინიშნება უმეტესად უფროსი ასაკის ჯგუფები. ისეთ ფორმებში, რომლებიც წელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად მრავლდებიან, ასაკობრივი სტრუქტურა ძლიერადაა დამოკიდებული ცალკეული თაობების მოსავლიანობაზე. პოპულაციის არსებობის პირობების გაუმჯობესებაზე, როგორც წესი, რეაგირებენ ასაკობრივი სტრუქტურის ცვლილებით. ახალგაზრდა ინდივიდთა როლის აწევით, გაუარესებისას კი საპირისპირო ხაზით. ასაკობრივი სტრუქტურის ასეთი ცვლილება განპირობებულია არა მხოლოდ ახალგაზრდა თაობის კვლავწარმოქმნის ტემპის მატებით, არამედ ხელსაყრელ პირობებში მათი გადარჩენის უნარის გაზრდით.

პოპულაციის ასაკობრივი სტრუქტურისთვის დამახასიათებელი ცვლილებები შეინიშნება ეკვატორისკენ გადაადგილებისას. დაბალ განედებში ჭარბობენ პოპულაციები ინდივიდთა სიცოცხლის მოკლე ციკლითა და ასაკობრივი ჯგუფების მცირე რიცხვით, რაც საშუალებას აძლევს მათ, გაუძლონ მნიშვნელოვან სიკვდილიანობას ინტენსიური ამოჭმების პირობებში. არქტიკულ და ბორეალურ ზონებში პოპულაციები განსხვავდებიან უფრო სხვადასხვა ასაკობრივი სტრუქტურით, რომელიც უზრუნველყოფს კვლავწარმოქმნის მდგრადობას, გარემომცველი არის მკვეთრი ცვლილების პირობებში. ტროპიკული პოპულაციებისათვის საბოლოო მდგომარეობას არ აქვს არსებითი მნიშვნელობა,

რამეთუ აქ ინდივიდებს მთელი წლის განმავლობაში შეუძლიათ გამრავლება.

პოპულაციის ასაკობრივი სტრუქტურა უმეტესწილად განისაზღვრება სხვადასხვა ასაკის ინდივიდთა ამოჭმის ხარისხით. როგორც წესი, უფრო მეტად ნადგურდებიან წვრილი, ნაკლებად დაცული ინდივიდები, კერძოდ მოლუსკების, კიბოსნაირთა და თევზების ახალგაზრდა თაობები. ცოცხლადმშობ ჭიებში, მოლუსკებში, ზოგიერთ თევზსა და წყლის ძუძუმწოვრების უმრავლესობაში ახალგაზრდა სტადიები არცთუ ისე ძლიერ ნადგურდება, და ამ ცხოველების ასაკობრივი სტრუქტურა ნაკლებად განსხვავდება უფროს და უმცროს ჯგუფებში რიცხობრივად. სარეწაო ჰიდრობიონტების სტრუქტურა ხშირად განისაზღვრება ჭერის ხასიათით და ჩვეულებრივად განსხვავდება მსხვილი ზომის ინდივიდთა შედარებით დაბალი რიცხობრიობით, განსაკუთრებით ზედმეტად ჭერის პირობებში.

IX.6. სქესობრივი და გენერაციული სტრუქტურა

პოპულაციის სქესობრივი სტრუქტურა ხასიათდება მასში სხვადასხვა სქესის ინდივიდთა თანაფარდობით. მდედრების თანაფარდობის გაზრდით მატულობს პოპულაციის კვლავწარმოქმნის ტემპი, თუმცა მცირდება შევსების სიცოცხლემედეგობა, ამიტომ ზოგიერთ პოპულაციაში ხელსაყრელ პირობებში მკვეთრად ჭარბობს მდედრები თვით მამრების მთლიან გაქრობამდეც კი. ასე რომ, ზაფხულში ციბრუტელებისა და უდაბლეს კიბოსნაირთა უმრავლესობაში შეინიშნება სრული გაქრობა. როცა პირობები უარესდება, პოპულაციებში მამრთა შედარებითი რიცხობრიობა იმატებს და ამას მივყავართ შთამომავლობის სიცოცხლემედეგობის გაზრდამდე. მამრთა და მდედრთა თანაბარი წარმომადგენლობა უზრუნველყოფს დამაკმაყოფილებელ ტემპს, პოპულაციის შევსებისა და მისი სიცოცხლემედეგობის საკმარის დონეს და უკეთეს წილად პასუხობს მემკვიდრეობითი მასალის გადახალ-

ისებასა და გენოფონდის გამდიდრებას, რაც მკვეთრად ზრდის პოპულაციის გადარჩენის უნარს ცვალებადი არის პირობებში.

სქესობრივი სტრუქტურა შეიძლება დამოკიდებული იყოს მამრთა და მდედრთა შერჩევით განადგურებაზე, ხოლო სარეწაო თევზებში იგი დამოკიდებულია სქესის ელექტიურობაზე.

პოპულაციის გენერაციული სტრუქტურა განისაზღვრება იმ ინდივიდების თანაფარდობით, რომლებიც იმყოფებიან პრეფერტილურ, ფერტილურ და პოსტფერტილურ სტადიებში, ე.ი. ინდივიდთა რიცხვით, რომელიც მოიცავს ჯერ კიდევ გამრავლებისათვის უუნაროდ, გამრავლების უნარის მქონეთ ან გამრავლების უნარდაკარგულთ. თითოეული სტადიის ხანგრძლივობა ძლიერ ვარირებს სხვადასხვა სახეობის წარმომადგენლებში. მაგალითად, ცხოველთა უმრავლესობაში პრეფერტილური სტადია გრძელდება რამდენიმე წელს, ფერტილური კი რამდენიმე დღეს ან კვირას, ხოლო პოსტფერტილური მათ არ აქვთ, ვინაიდან მოხსენიებულ ჯგუფთა ორგანიზმები გამრავლების შემდეგ იღუპებიან. მოლუსკთა უმრავლესობაში, ჭიებში, თევზებსა და წყლის ბუსუსმწოვრებში ფერტილური სტადიის ხანგრძლივობა მაღალია, ვიდრე პრეფერტილურისა. პოპულაციის გენერაციულ და სქესობრივ სტრუქტურას აქვს შეგუებითობის მნიშვნელობა, რათა უზრუნველყოს გამრავლების აუცილებელი ეფექტურობა ცვალებადი არის პირობებში. ცხოვრების პირობების ცვლილების შესაბამისად, გენერაციული და სქესობრივი სტრუქტურა ადაპტაციურად გარდაიქმნება, რეალურად შექმნილი სიტუაციის მიხედვით შეიძენს რა ოპტიმალურ პარამეტრებს პოპულაციის კვლავწარმოსაქმნელად.

IX.7. ინდივიდთა სხვადასხვა ხარისხობრიობა

პოპულაციებში ინდივიდთა მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური სხვადასხვა ხარისხობრიობა არის ერთი იმ მნიშვნელოვან ადაპტაციათაგან, როცა უმეტესად ეფექტურად გამოიყენება პოტენციური სასიცოცხლო რესურსები. ჩ.დარვინის ფორმულა — „სიცოცხლის უდიდესი ჯამი უზრუნველყოფილია მისი სხვა-

დასხვაობის მაქსიმუმის დროს" – ვრცელდება არა მხოლოდ სახეობრივ სიმდიდრეზე, არამედ სახეობის შიგნითაც. ტერიტორიული, მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური, ეკოლოგიური და სახეობის სხვა დაჯგუფებების არსებობა ამდიდრებს მის კავშირს არესთან, ზრდის მისი სასიცოცხლო რესურსების უფრო ფართოდ გამოყენების საშუალებას. იგივე ეხება სახეობის ცალკეულ პოპულაციებს. მათი სხვადასხვა ხარისხობრიობა განპირობებულია შემდეგი სტრუქტურებით: ასაკობრივი, სქესობრივი, გენერაციული, სეზონური და ზოგიერთი სხვა მდგომარეობით. თუმცა ყოველი მდგომარეობის ფარგლებში, ეს იქნება ასაკობრივი, სქესობრივი და ა.შ., ინდივიდები მუდმივად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და მათი ვარირების ხარისხი ცალკეული ნიშანთვისების მიხედვით ატარებს შეგუებითობის ხასიათს, რათა მაქსიმალურად აითვისონ ადგილსამყოფელი. მაგალითად, ზუთხისებურებში, რომლებიც ქვირითს ყრიან კენჭებზე. ქვირითის მარცვლებს, რომლებიც დაიყრება ერთი მდედრის მიერ, გააჩნია სხვადასხვა წებოვნება, რის გამოც დინებას იგი გადააქვს სხვადასხვა მანძილზე და ამრიგად აღიკვეთება მავნე დაგროვება. ლაყურების მტვრიანების სიგრძისა და სიხშირის ვარირების მეშვეობით, სიგებში დიდდება კვების ასორტიმენტი, რომელიც გამოიყენება პოპულაციებში და მისი საკვები ბაზა ფართოვდება.

ინდივიდთა სხვადასხვა ხარისხობრიობა პოპულაციებში დინამიკურია და განსაზღვრულ კანონზომიერ ცვლილებებს ექვემდებარება, როგორც ეს დეტალურადაა შესწავლილი თევზებში. საერთო კანონზომიერებაა ბიოლოგიური მაჩვენებლების უპირატესი ცვლილება უფრო მრავალრიცხოვან (მოდალურ) ინდივიდთა ჯგუფებში, გამოსახულების ხარისხით ან ნიშნებისა და თვისებების რაოდენობრივი მნიშვნელობით, რომლებიც დაკავშირებულია ძლიერ შეცვლილ ბუნებრივ ფაქტორებთან. მაგალითად, თევზების პოპულაციის კვებითი პირობების მკვეთრ გაუარესებას თან ახლავს ზრდის სიჩქარის უპირატესი შენელება, სიმსუქნისა და ნაყოფიერების დაწევა ზომით ან ასაკით ყველაზე მრავალრიცხოვან ინდივიდებში. ეს აიხსნება

იმით, რომ ყველაზე სწრაფად ნადგურდება საკვები ორგანიზმები, რომლებიც ამა თუ იმ ნიშნით უმეტესად შეესაბამებიან მრავალრიცხოვან თევზთა მოთხოვნილებებს. თევზებში კვებითი პირობების გაუარესებისას იზრდება ქვირითის ზომების ცვლილების ამპლიტუდა (ყვითრის მარაგი) და ამასთან ერთად იცვლება თანაბარი ასაკის ინდივიდთა ჯგუფის ზომებიც. თუ პირობები დადებითად შეიცვალა, მაშინ შეინიშნება საპირისპირო მოვლენაც. როგორც ეს გ.ვ.ნიკოლსკიმ (1982) თევზების მაგალითზე აჩვენა, თუმცა ეს მართებულია მრავალი სხვა ჰიდრობიონტის მიმართაც. ინდივიდთა მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და სხვა ეკოლოგიური ცვალებადობა დაქვემდებარებულია განსაზღვრულ ვერტიკალურ და განივ სარტყლურობაზე. შიგასახეობრივი ცვალებადობა მაღალგანედურ ფორმებში მაღალია, თანაც ეს კანონზომიერება მკვეთრადაა გამოსატული მტკნარ წყალსატევებში, რამდენადაც ზღვებში ცხოვრების პირობების განედური კონსტანტები არცთუ განსხვავებულია.

IX.8. შიგაპოპულაციური დამოკიდებულება

შიგაპოპულაციური დამოკიდებულების ერთ-ერთი დამახასიათებელი თავისებურებაა სისტემის მდგრადობის გაზრდა არესთან მისი ურთიერთდამოკიდებულების ოპტიმიზაციის მიზნით სასიცოცხლო რესურსების მანევრულად და ეფექტურად გამოყენების ასამაღლებლად. პოპულაციის ინდივიდთა შორის ურთიერთქმედების ფორმები საკმარისად მრავალმხრივია — ესაა პირდაპირი ბრძოლა და ურთიერთდახმარება, სტიმულაცია და ინჰიბირება, კონკურენცია, იერარქია და რამდენიმე სხვა დამოკიდებულება. ფართოდაა გავრცელებული გუნდის წარმოქმნა და სხვადასხვა სახის დაგროვება, რომლებიც უზრუნველყოფენ პოპულაციებს ამა თუ იმ ბიოლოგიური უპირატესობით. შიგაპოპულაციური ურთიერთობების ზოგიერთი ფორმა (პირდაპირი ბრძოლა, კონკურენცია და სხვა) გარეგნულად მოგვაგონებს სახეობათაშორის ბრძოლას, მაგრამ მათ აქვთ სრულიად სხვა ბიოლოგი-

ური აზრი, რამდენადაც ის ყოველთვის მიმართულია სახეობის განვითარებისაკენ.

IX.9. პირდაპირი ბრძოლა და ურთიერთდახმარება

პირდაპირი ბრძოლა შეინიშნება აგონისტური ქცევის სხვადასხვა ფორმის დროს (ლათ. agonia – ბრძოლა, წინააღმდეგობის გაწევა) და ჰანიბალიზმის დროსაც. ამ უკანასკნელის ადაპტაციური მნიშვნელობა არაერთმნიშვნელოვანია. მაგალითად, ქარიყლაპია და ქორჭილა, რომელთაც არ შეუძლიათ გამოიყენონ (მოიხმარონ) პლანქტონი და ბენთოსი, შეიძლება იყვნენ იქთიოფაუნის ერთადერთ წარმომადგენლებად ზოგიერთ ტბებში, რომლებიც სხვა საკვების არარსებობის შემთხვევაში თავის გადარჩენისთვის ნაწილობრივ იკვებებიან საკუთარი ახალგაზრდა ნაშიერით და წვრილი ცხოველებით. ამ შემთხვევაში ჰანიბალიზმი ეხმარება პოპულაციებს, რათა გადარჩნენ თავიანთი რიცხობრიობის შემცირების ხარჯზე. პირდაპირ ბრძოლასთან ერთად ფართოდაა გავრცელებული ურთიერთდახმარებაც. მაგალითად: უკბილო ვეშაპებსა და დელფინებში მომაკვდავი ინდივიდი გამოსცემს განსაკუთრებულ სიგნალებს და ახლოს მყოფი ჯანმრთელი ცხოველები ჩქარობენ მის დასახმარებლად, რათა დაზარალებულს წყლის სიღრმეში ჩაძირვის საშუალება არ მისცენ. კამჩატკის მაძრი კიბორჩხალები ეხმარებიან მდედრებს განგურის დროს და ათავისუფლებენ ძველი ჯავშნისაგან; კიბოგანდეგილებში არცთუ იშვიათია ერთმანეთში ურთიერთხელსაყრელი ნიჟარების გაცვლა, რათა თითოეულმა მათგანმა მიიღოს უფრო ხელსაყრელი ზომის ნიჟარა; ზოგიერთი ჰიდრობიონტი დაჭრის შემთხვევაში გამოყოფს განსაკუთრებულ „შიშის ნივთიერებას“, რომელიც აფრთხილებს საშიშროების შესახებ სხვა ინდივიდებს და ამით იწვევს მათში განრიდების რეაქციას; მოლუსკი Navanx inermis საფრთხის შეგრძნებისას გამოყოფს „ყვითელი ჯირკვლის“ სეკრეტს, რაც იწვევს მდევრის გზის მიმართულების შეცვლას.

IX.10. კონკურენცია და ბიოქიმიური ინჰიბირება

რამდენადაც ერთი პოპულაციის ინდივიდთა სასიცოცხლო მოთხოვნილებები ბევრ რამეში თანხვდებიან, მათ შორის ხშირად აღმოცენდება კონკურენცია მიუწვდომელი რესურსებისათვის. პირველ რიგში ეს ეხება საკვებს (როცა მისი რაოდენობა განსაზღვრულია), სინათლეს ურთიერთდაბნელებისას, სუბსტრატებს, რომელნიც გამოიყენებიან მისამაგრებლად, გამრავლებისათვის და სხვა. მაგალითად, ქვირითობის დროს, ყოველი კეტა და ღურკანა კი ვერ მოძებნის მოხერხებულ ადგილს ქვირითის დასაყრელად. შიგასახეობრივი კონკურენციის სიმწვავე ერთგვარად მცირდება სხვადასხვა ზომის, სქესისა და ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ინდივიდებში მოთხოვნილების დიფერენციაციის შედეგად, დროისა და სივრცის გამოყენებით, დეფიციტური რესურსების გამოყენებისას. მაგალითად, სხვადასხვა ასაკის ინდივიდები, ჩვეულებრივად განსხვავდებიან კვების სპექტრით, იმყოფებიან სხვადასხვა ადგილას და აქვთ საკვების მოხმარების არაერთნაირი დღეღამური რიტმი. ასეთი განსხვავების წყალობით ნაკლებად ხდება კონკურენცია საკვებზე. კონკურენციის სიმწვავის სრულ გაქრობას ხელს უწყობს განაწილების ტერიტორიულობა, ურთიერთდამოკიდებულების იერარქია და პოპულაციის რიცხობრიობის რეგულირება. საკმარისია, წვრილი თავკომბალების ჯგუფში ჩავსვათ ერთი მოზრდილი, რომ მათი ზრდა მაშინვე შეწყდება. იგივე ეფექტი შეინიშნება, როცა წვრილი თავკომბალების საინკუბაციო არეში დავუმატებთ იმ წყალს, სადაც იმყოფებოდნენ მსხვილი ინდივიდები. მსგავსი შედეგებია მიღებული ცდებში კობრებზე და სხვა თევზებზეც. (Константинов, Пелипенко, 1985).

IX.11. გუნდისა და გროვების წარმოქმნა

შიგაპოპულაციური დამოკიდებულების ერთი გამოვლენათაგანია ცალკეულ ინდივიდთა ჯგუფებად გაერთიანება, რომელში ყოფნაც ორგანიზმებისათვის უზრუნველყოფს ამა თუ იმ უპი-

რატესობას. გაერთიანება შეიძლება იყოს მოკლევადიანი, მაგალითად ერთობლივი ნადირობისთვის, ან მოიცვას დროის განსაზღვრული პერიოდი, როგორც ეს შეინიშნება ბენთოსური ფორმების უმრავლესობაში. თავის მხრივ ძლიერ განსხვავდება ინდივიდთა ჯგუფებში ინტეგრაციის ხარისხი. ამასთან დაკავშირებით, ფორმების გაერთიანების კლასიფიკაცია დღემდე ძალიან სუსტადაა დამუშავებული და ამ დარგში გამოყენებული მრავალი ცნება საკმაოდ უზუსტოა. პელაგიური ცხოველების გაერთიანებას გუნდები ეწოდება, ბენთოსურებს კი დაგროვებები, აგრეგაციები.

ბენთოსური ცხოველების გაერთიანების ნათელი მაგალითია ზღვის ზღარბების, ჰოლოთურიების რთულად ორგანიზებული დაგროვებები.

თევზებისათვის განსაკუთრებით დამახასიათებელია გუნდების წარმოქმნა. შიგაგუნდური სიგნალიზაციის მეშვეობით, გუნდის თევზებს თანამოძმე დამოუკიდებელ ინდივიდთან შედარებით, გააჩნიათ განსაზღვრული უპირატესობა გარემომცველი არის შესახებ ინფორმაციის მიღებასა და რაოდენობაზე. გუნდში ყოფნა თევზებს ეხმარება (სხვა ცხოველებსაც), აღმოაჩინონ მტერი და ერთობლივად დაიცვან თავი მისგან. რამეთუ გუნდში არიან სხვადასხვა ინდივიდები საკუთარი გამოცდილებითა და ცოდნით და მათ იციან, თუ როგორ დაიცვან თავი მტრისაგან კოლექტიურად.

გუნდის თავდაცვის მანევრი ჩვეულებრივად გამოიხატება იმით, რომ მტაცებლის წინ თევზები სწრაფად და ურთიერთშეთანხმებულად გადაადგილდებიან გარდიგარდმო და შემდეგ ისევ გუნდად შეიყრებიან. მათი საერთო საქციელი მტაცებლის დეზორიენტაციას იწვევს, უკარგავს გამიზნული ნახტომის სისწორეს და ურთულებს ნადირობას. მტაცებელში ძლიერ დეზიორიენტაციას იწვევს გუნდის აფეთქებითი სწრაფი განბნევა სხვადასხვა მიმართულებით, მაშინ, როცა იგი ემზადება თავდასხმისათვის.

სიბნელეში თევზებს არ შეუძლიათ შეთანხმებული მანევრი და ამიტომ იოლად იჭერენ მათ მტაცებლები ყნოსვითი შეგრძნების მეოხებით. ამიტომ, ღამით ისინი დაშორიშორდებიან ერთმანეთისაგან დილით კი ხელახლა ყალიბდება გუნდი. ახალი გუნდი ფორმირდება საერთო გუნდში შემავალ სხვადასხვა ინდივიდთა გაერთიანების სარჯზე. ამის მეოხებით ახალ გუნდში შედიან ინდივიდები სხვადასხვა გამოცდილებით, რითაც პირობითი რეფლექსების საერთო ფონდი იზრდება და ხდება გუნდის შემადგენელი ყველა თევზის კუთვნილება.

IX.12. ორგანული ნივთიერების პროდუქცია და ენერგიის ტრანსფორმაცია

ყოველი პოპულაცია ასინთეზებს ორგანულ ნივთიერებას, რომელიც გროვდება ინდივიდებში, შედის მათ მიერ გამოყოფილ მეტაბოლიტებში, გამოყოფილ სასქესო პროდუქტებში, განსხვისებულ სტრუქტურებში, გამოიყენება პარაზიტების მიერ.

IX.13. პროდუცირების ტემპი და ეფექტურობა

პოპულაციების მიერ ორგანული ნივთიერებების პროდუცირების ტემპი ხასიათდება პროცესის ინტენსიურობითა და სიჩქარით. პროდუცირების სიჩქარის საზომად გვევლინება ორგანული ნივთიერების რაოდენობა, რომელსაც წარმოქმნის პოპულაცია დროის ერთეულში. პროდუცირების სიჩქარის ინტეგრალი გამოხატავს პროდუქციის სიდიდეს, ე.ი. ორგანული ნივთიერების რაოდენობას, რომელიც იქმნება მთელი განსაზილველი დროის მონაკვეთის განმავლობაში. პროდუცირების ინტენსივობის საზომი ერთეულია სვედრითი პროდუქცია ანუ ორგანული ნივთიერების რაოდენობა, რომელსაც წარმოქმნის პოპულაცია მასის ერთეულზე დროის ერთეულში. არცთუ იშვიათად პროდუცირების სიჩქარესა და სიდიდეს ანგარიშობენ არა მთლიანად პოპულაცი-

ისათვის, არამედ მხოლოდ იმ ნაწილისათვის, რომელიც იკავებს სივრცის ერთეულს (მაგალითად, 1 მ^2-ზე ან 1 მ^3-ზე).

ორგანული ნივთიერების იმ ნაწილს, რომელიც ინდივიდებშია აკუმულირებული, ეწოდება ბიოლოგიური პროდუქცია. მის სიდიდეს გამოხატავენ ბიომასით, რომელიც წარმოიქმნება ყველა ინდივიდისაგან განსახილველი პერიოდის განმავლობაში, დამოუკიდებლად იმისა, ამ პერიოდის რომელ ნაწილში არსებობდნენ ისინი პოპულაციაში.

პოპულაციის პროდუქტული მაჩვენებლები პირველ რიგში დამოკიდებულია მათ სტრუქტურასა და ორგანიზმთა სახეობრივ თავისებურებებზე. როგორც წესი, ჰიდრობიონტთა სასიცოცხლო ციკლის ხანგრძლივობის გაზრდით მათ მიერ ორგანული ნივთიერების პროდუცირების ინტენსიობა მცირდება.

ნივთიერებათა ბალანსისა და ენერგობალანსის ცალკეული პარამეტრების ცოდნა უფლებას გვაძლევს, სწორად შევაფასოთ ჰიდრობიონტთა პოპულაციების როლი ეკოსისტემურ პროცესებში და მათი სამეურნეო ათვისების პერსპექტიულობა, აკვაკულტურების ორგანიზაციის დროს.

X თავი

ჰიდრობიონტთა პოპულაციების აღწარმოება და დინამიკა

თითოეული პოპულაცია თავისთავად სისტემაა, რომელსაც გააჩნია ძალიან ლაბილური პარამეტრები. ისინი უზრუნველყოფენ მისი მდგომარეობის ისეთ ვარიანტებს, რომლებიც ოპტიმალურია დროის ნებისმიერ მომენტში, როცა იცვლება მათი არსებობის პირობები. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება არა მხოლოდ აბიოტური ზემოქმედებები, არამედ ყველა სხვა, თვით სისტემის შიგნით ურთიერთზემოქმედებით გამოწვეული ცვლილებებიც.

რაც მეტია პოპულაციის ენერგეტიკული დონე, მით მეტია მისი შესაძლებლობა ორგანიზებულობის გაზრდისა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ინდივიდთა რიცხობრიობის გაზრდა და მათი ფუნქციის ინტენსიფიკაცია — ეს არის პოპულაციის ორგანიზაციის მომატების მნიშვნელოვანი საშუალება და მათი ადაპტურობის შესაძლებლობების გაფართოების საწინდარი. თუმცა ამ მხრივ შეინიშნება შეზღუდვებიც: პოპულაცია — ეს არის ერთ-ერთი ელემენტი იმ რთული სისტემისა, რომელსაც ეწოდება ბიოცენოზი და რომლის რიცხობრიობა უნდა იყოს შესაბამისობაში მის სტრუქტურასთან. მაგალითად, თუ ალგოფაგების რაოდენობა და მათი საკვები — წყალმცენარეები აღმოჩნდებიან ურთიერთშესაბამისობაში, მაშინ მომხმარებელთა რიცხვი და რაციონი უნდა შეეფარდოს არსებულ საკვებ რესურსებს.

პოპულაციის მნიშვნელოვანი პარამეტრებია მისი სიდიდე და ფუნქციური აქტივობა, რომელიც ძირითადად განისაზღვრება ინ-

დივიდთა რაოდენობით. ორივე ეს პარამეტრი ძირითადად რეგულირდება ოპტიმალურ დონეზე ყოფნითა და სიკვდილიანობისა და შობადობის პროცესების ერთმანეთთან კავშირით. ამ მდგომარეობიდან ავტომატურად გამომდინარეობს, რომ შობადობა და სიკვდილიანობა თავად წარმოადგენენ პოპულაციის მარეგულირებელ თვისებას, თუმცა მათი ცვლილებების დიაპაზონი და თავისებურება უმთავრესად მემკვიდრულადაა განსაზღვრული.

X.1. შობადობა

ახალი ინდივიდებით პოპულაციის შევსება შეიძლება გამოიხატოს აბსოლუტური და შედარებითი მაჩვენებლებით. დროის ერთეულში ($\Delta N/\Delta t$) ამა თუ იმ ვადით (ΔN) არჩევენ შობადობას და შობადობის დონეს ($\Delta N/N\Delta t$) უწოდებენ, ე.ი. შევსების სიდიდეს დროის ერთეულში, მიკუთვნებულს პოპულაციის საწყის ინდივიდთა რიცხვთან. დროის ერთეულში შობადობას, ანდა კვლავწარმოქმნის მყისიერ სიჩქარეს ცხოველთა პოპულაციების უმეტესობისათვის, ანგარიშობენ ფორმულით (Edmonson, 1968): $V = kn/t$, სადაც V არის შობადობის მაჩვენებელი (ΔN); n — პოპულაციაში მდედრთა რიცხვი, k — თითოეულ მდედრზე ყვითრის საშუალო რიცხვი ქვირითთან ერთად, t — დღე-ღამეში კვერცხის განვითარების სანგრძლივობა.

პოპულაციებში შობადობის აუცილებელი დონე შესაძლებელია უზრუნველიყოს გამრავლების სხვადასხვა ფორმისა და რიტმის მანევრული გამოყენებით, ასევე ინდივიდთა ნაყოფიერების რეგულირებით.

გამრავლების ფორმები. ყოველი პოპულაციისთვის დამახასიათებელია გამრავლების ესა თუ ის ფორმა, თანაც ზოგ შემთხვევაში იგი დამოკიდებულია გარეგან პირობებზე. ზოგჯერ ეს შეიმჩნევა სქესობრივი და უსქესო გამრავლების მორიგეობისას, ჰეტეროგონიის, მეტაგენეზის, ჰერმაფროდიტიზმისა და გაყოფილღრუიანობის ცვლისას. სქესობრივი და უსქესო გამრავლების ცვლა, მათი ტიპური ფორმით (ციტოგონია), შეინიშნება

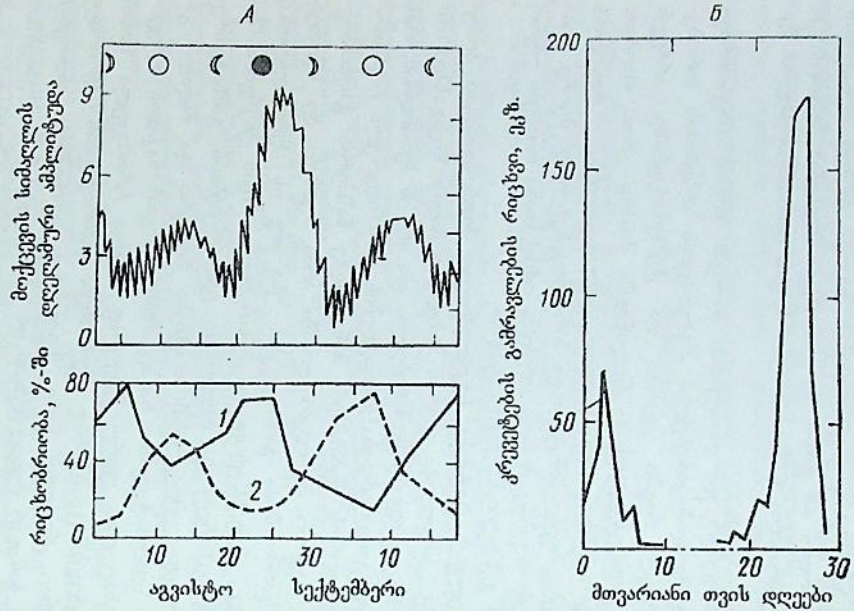
უმარტივესთა და წყალმცენარეთა მრავალ პოპულაციაში. სქესობრივ გამრავლებაზე გადასვლა ჩვეულებრივად დგება არსებობისათვის პირობების გაუარესებისას და იგი იწვევს შობადობის დაწევას, ხოლო ამ დროს მაღლა იწევს შევსების სიცოცხლეშედეგობა. მრავალი ნაწლავღრუიანისთვის დამახასიათებელია მეტაგენეზი.

პართენოგენურ და ორსქესიან თაობებს შორის რიცხობრივი თანაფარდობა დამოკიდებულია პოპულაციის არსებობის პირობებზე, პირველ რიგში კვებასა და ტემპერატურაზე. არჩევენ სახეებს: მონოციკლურს — წელიწადში მამრთა ერთი თაობით, დიციკლურს-მამრთა ორი თაობით, პოლიციკლურს, — რომელთა გამრავლება ხდება მარტოოდენ პართენოგენეზურად. მცირე გუბურებში, რომლებიც ძლიერ თბებიან, ორსქესიანი თაობები უფრო მრავლად გვხვდებიან, ვიდრე ტბებში.

გამრავლების რიტმები. ჩვეულებრივად ჰიდრობიონტთა პოპულაციებში გამრავლება დროის მიხედვით მიდის სხვადასხვა ინტენსიობით და იგი დაკავშირებულია ამა თუ იმ პერიოდთან, რის შედეგადაც განვითარდება გამრავლების განსაზღვრული რიტმი.

ჰიდროსფეროს ნებისმიერ მონაკვეთზე ნაშიერის განვითარებისთვის საჭირო პირობები დროში არაა მუდმივი და სწორედ აქედან წარმოიშობა გამრავლების ესა თუ ის პერიოდულობა, რომელიც უმეტესწილად დაკავშირებულია მზის ენერგიის მიწოდების სეზონურ და დღეღამურ ცვლილებებთან. განსაკუთრებით მკაფიოა გამრავლების რიტმები ზომიერი და მაღალი განედების წყალსატევებში, სადაც მზის ენერგიის ნაკადის მერყეობა გამოხატულია უფრო მკვეთრად. თუმცა ტროპიკული ზონის წყალსატევებშიც ხშირად შეინიშნება გამრავლების პერიოდულობა რაც, როგორც წესი, მაგალითად, აღინიშნება ინდოეთის ოკეანის ბინადარ მუცელფეხიან და ორსაგდულიან მოლუსკებში.

გამრავლების სეზონურობა, პლანქტონჭამია ჭუპრების წარმოქმნით, დამახასიათებელია მრავალი ღრმა წყლის ბენთოსისათვის, კერძოდ კანეკლიანთა რიგისთვის.



სურ. 28. მთვარის პერიოდულობის გავლენა გამრავლებაზე (მორეს მიხედვით, 1958).
А - ***Macoma baltica;*** **Б** - ***Anchistioides antiquensis:*** 1- მოწიფული, 2 - ნატოფარი ინდივიდები.

ცნობილი ოკეანოლოგის დ. ორტმანის წესის თანახმად, უმარტივესი ზღვის ცხოველები გამრავლებას იწყებენ წყლის განსაზღვრული ტემპერატურის დადგომისას, თანაც ყოველი ცალკეული სახეობისთვის ეს ტემპერატურა სპეციფიკურია. ზოგი სახეობა გამრავლებას იწყებს არა განსაზღვრულ ტემპერატურაზე, არამედ მისი მკვეთრი ცვლილების დროს. ჰიდრობიონტები, რომლებიც ბინადრობენ წყალსატევში და რომელთაც გააჩნიათ სხვადასხვა ზოოგეოგრაფიული წარმოშობა, ჩვეულებრივად მრავლდებიან სხვადასხვა ვადაში: ცივი წყლის სახეობები თბილ წყლებში გამრავლდებიან ტემპერატურული მინიმუმის დადგომისთანავე, ხოლო თბილი წყლის სახეობები ცივ წყლებში – მაქსიმუმის დადგომისას. კოსმოპოლიტი სახეობების გამრავლების პერიოდი ჩვეულებრივად ძლიერ გაჭიმულია.

გამრავლების პერიოდულობა, რომელიც დაკავშირებულია მთვარის ფაზების მონაცვლეობასთან, არის ორი ტიპის: პირველში გამრავლება მიმდინარეობს რამდენიმეჯერ მთელი მთვარის თვის განმავლობაში, თანაც უფრო ინტენსიურად ახალმთვარეობის ან სრული მთვარეობის დროს; პერიოდულობის მეორე ტიპის დროს გამრავლება დაკავშირებულია მხოლოდ მთვარის ერთ ფაზასთან, ამიტომ ის ხორციელდება ერთხელ მთვარის თვის განმავლობაში.

მთვარის პერიოდულობის მიხედვით გამრავლების ბუნება არაერთგვაროვანია, მაგრამ, როგორც ჩანს, ის უკავშირდება სხვადასხვაგვარი განათებულობის პერიოდების მონაცვლეობას და მიქცევისა და მოქცევის ცვლას.

გამრავლების ინტენსიურობის ცვლილებები, რომლებიც დაკავშირებულია დღე-ღამის მონაცვლეობასთან, განსაკუთრებით დამახასიათებელია წყალმცენარეებისათვის. მაგალითად, შავი ზღვის დინოფლაგელების მრავალი სახეობისთვის (Peridinium და Ceratium) მიტოზების მაქსიმუმი შეინიშნება გარიჟრაჟის წინ, დიატომიტებში (Exuviaella და Prorocentrum) – ღამის მეორე ნახევარში და დაახლოებით ნათელი პერიოდის შუაში (Столбова и др. 1982). შავი ზღვის დიატომეების უმრავლესობისათ-

ვის გაყოფის მინიმუმი მოდის 22 საათიდან 4 საათისათვის. ზოგჯერ გამრავლების დღეღამური პერიოდულობა დაკავშირებულია არა განათებულობის ცვლილებასთან, არამედ მიქცევისა და მოქცევის მორიგეობასთან, მაგალითად, როგორც ეს შეინიშნება თეთრი ზღვის მოლუსკებში: Lacuna divaricata, Littorina littorea, Macoma baltica, Myaarenaria და ზოგიერთ სხვა ცხოველში.

ზოგიერთ ბაქტერიაში მიმდევრობით გაყოფებს შორის შუალედი შეადგენს მხოლოდ რამდენიმე წუთს, ხოლო უმარტივესებში საათებს და დღეებსაც კი. გამრავლების დაახლოებით ასეთივე ტემპი აქვს წყალმცენარეებს. წვრილ მრავალუჯრედიანთა გენერაციის სიხშირე არ აღემატება რამდენიმე დღე-ღამეს, ხოლო მსხვილ მრავალუჯრედიანთა მრავალი დღე-ღამითა და თვეებითაც კი განისაზღვრება.

ნაყოფიერება. პოპულაციის ნაყოფიერება გულისხმობს კვერცხის, ჩანასახების რაოდენობას, რომლებსაც წარმოქმნიან ინდივიდები დროის ერთეულში. პოპულაციის ნაყოფიერება განისაზღვრება იმ ინდივიდთა რიცხოვნობით, რომლებიც მონაწილეობენ გამრავლებაში, აგრეთვე ამ პროცესის სიხშირითა და ინდივიდუალური ნაყოფიერებით — ჩანასახთა რაოდენობით, რომელთაც წარმოქმნიან ცალკეული ორგანიზმები. აბსოლუტურ ნაყოფიერებაში გულისხმობენ ქვირითის მარცვლების საერთო რიცხვს, კვერცხებს ან სხვა ჩანასახებს, რომელთაც წარმოქმნიან ორგანიზმები გამრავლების ერთი პერიოდის განმავლობაში. შედარებითი ნაყოფიერება თავისთავად წარმოადგენს ინდივიდის აბსოლუტური ნაყოფიერების დამოკიდებულებას მისი სხეულის მასასთან. ჰიდრობიონტთა ზომების გადიდებასთან ერთად ჩვეულებრივ იზრდება მათი აბსოლუტური ნაყოფიერება, ხოლო შედარებითი კლებულობს. განვითარების გრძელი ციკლის ფორმები, როგორც წესი, უფრო ნაყოფიერნი არიან, ვიდრე განვითარების მოკლე ციკლის მქონენი. გენერაციის რიცხვი, რომელიც წარმოიქმნება სიცოცხლის განმავლობაში და ერთ ვადაში გამრავლებულ ჩანასახთა რაოდენობა თავის-

თავად წარმოადგენს ინდივიდთა თვისებას, რაც გარეგან პირობებზეა დამოკიდებული.

ორგანიზმები, რომლებიც სიცოცხლის განმავლობაში რამდენიმეჯერ მრავლდებიან, შეიძლება იყვნენ ერთწლიანები და მრავალწლიანები. მრავალწლიანთა შორის არჩევენ ფორმებს, რომლებიც ერთი წლის განმავლობაში ერთ, ორ ან მრავალ თაობას იძლევიან. ერთი წლის განმავლობაში ერთი და იმავე სახეობის გენერაციის რიცხვი დამოკიდებულია არსებობის პირობებზე, პირველ რიგში კი ტემპერატურაზე. რაც ნაკლებად ხელსაყრელი პირობებია ორგანიზმების ზრდისა და განვითარებისათვის, მით უფრო გვიან დგება მათთვის რეპროდუქციული მომწიფების პერიოდი და მით უფრო იშვიათად წარმოიქმნიან ისინი ახალ თაობებს. ფაქტორებს, რომლებიც ამუხრუჭებენ ორგანიზმთა ზრდასა და განვითარებას, გარდა დაბალი ტემპერატურებისა, მიეკუთვნება: საკვებისა და ჟანგბადის უკმარისობა, არახელსაყრელი მარილიანობა და ბევრი სხვა რამ.

ნაყოფიერება უდიდესი ხარისხითაა დამოკიდებული წარმოქმნილი ჩანასახის ზომებზე. რაც უფრო წვრილები არიან ისინი, მით უფრო მეტი რაოდენობა მოშენდება ორგანიზმთა, თუმცა თითოეული ჩანასახის პერსპექტივა — მიაღწიოს რეპროდუქციულ სიმწიფემდე, ძლიერ იკვეცება.

ორგანიზმთა ნაყოფიერება ჩვეულებრივად მჭიდროდ კორელირებს შთამომავლობაზე ზრუნვის ხარისხთან. როგორც წესი, ჭიებში, კიბოსნაირებში, მოლუსკებსა და თევზებში, რომლებიც იცავენ თავიანთ კვერცხებს (ქვირითს), ჩანასახი წარმოიქმნება ბევრად უფრო ნაკლები, ვიდრე ამავე ჯგუფის ცხოველებში, რომლებიც არ იჩენენ ზრუნვას შთამომავლობის დასაცავად. რადგანაც წყლის ცხოველებში ჭარბობს გარეგანი განაყოფიერება, ამიტომ მათთვის მთლიანად დამახასიათებელია შედარებით მაღალი ნაყოფიერება. გარეგანი განაყოფიერების დროს გამეტების ურთიერთშეხვედრის შანსი შედარებით ნაკლებია, და ჰიდრობი-

ონტებს ამ ბიოლოგიური მინუსის კომპენსირება უხდებათ გამეტების რიცხვის გაზრდით.

გ.ვ.ნიკოლსკის (1974) თანახმად, თევზების ზრდისას განსაზღვრულ ასაკამდე იზრდება ნაყოფიერება, შემდეგ კი კლებულობს. თავიდან კლებულობს შედარებითი ნაყოფიერება, ხოლო შემდეგ ზოგჯერ აბსოლუტურიც. პოპულაციური ნაყოფიერება იზრდება აგრეთვე ინდივიდთა უფრო ადრეულ ასაკში მომწიფების შედეგად, თანაც ერთი და იმავე სახეობის პოპულაციებში და მაღალი განედების ახლობელი სახეობის ფორმები ჩვეულებრივად ნაკლებნაყოფიერები არიან. პირველ რიგში ეს დაკავშირებულია მტაცებლების დიდ აქტიურობასთან დაბალ განედებზე. ჩამოთვლილი თავისებურებები დამახასიათებელია მრავალი ჰიდრობიონტისთვის.

X.2. სიკვდილიანობა და გადარჩენა

ყოველი გენერაციის ინდივიდთა რაოდენობა ბუნებრივი კვდომის გამო განუწყვეტლივ მცირდება, ეს განპირობებულია სხვა ორგანიზმების მიერ მათი განადგურებითა და აგრეთვე არახელსაყრელი აბიოტური გარემოთი. ასეთი შემცირების ტემპი ახასიათებს პოპულაციის სიკვდილიანობას. სიკვდილიანობის საპირისპირო სიდიდეს ეწოდება გადარჩენა და ხასიათდება ინდივიდთა რიცხვით, რომლებიც ცოცხლობენ ამა თუ იმ ასაკამდე. სიკვდილიანობასთან ადაპტაცია (გადარჩენის გაზრდა) შეიძლება დავყოთ ისეთებად, რომლებიც ამცირებენ ჩანასახის დაღუპვას და ისეთებად, რომლებიც მიმართულია ინდივიდების პოსტემბრიონულ პერიოდში გადასარჩენად.

სიკვდილიანობა. განასხვავებენ ინდივიდთა (ΔN) სიკვდილიანობას, დროის გარკვეულ მონაკვეთში ($\Delta N/\Delta t$) (სიკვდილიანობის დონე). სიკვდილიანობის მაჩვენებელს გარკვეული წესით წარმოადგენს პოპულაციის ნაყოფიერება. თუ პოპულაციის საშუალო რიცხოვნობა მნიშვნელოვან მონაკვეთში რჩება მსგავსი, ეს ნიშნავს, რომ იხოცება იმდენი ორგანიზმი, რამდენიც წარმოიქმ-

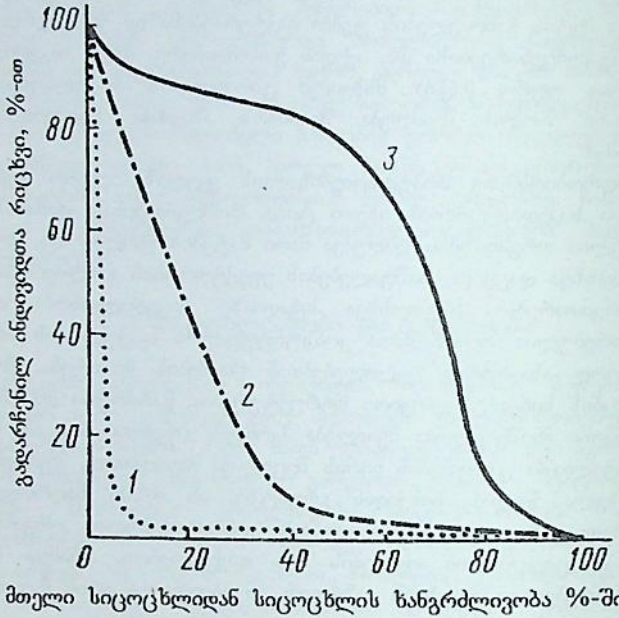
ნება. ნაყოფიერება შეიძლება განვიხილოთ როგორც ადაპტაცია სიკვდილიანობის მიმართ. ზოგიერთ ჰიდრობიონტში ის გამოისატება ასტრონომიული ციფრებით: მთვარეთევზა, მაგალითად, ერთჯერად გამოყრის 300 მილიონამდე ქვირითის მარცვლებს. უფრო მეტია გამრავლების ტემპი ბაქტერიებისა და ერთუჯრედიანი წყალმცენარეებისა და, აქედან გამომდინარე, მათი სიკვდილიანობაც უფრო მეტია. მსხვილი ცხოველების პოპულაციებში წამყვანი როლი შეიძლება შეიძინოს ასაკიანი ინდივიდების კვდომამ.

ჰიდრობიონტთა პოპულაციებისათვის ყველაზე უფრო ბუნებრივია სიკვდილიანობის ისეთი ტიპი, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ორგანიზმთა დაღუპვა მათი მატების ტოლად და ასევე სხვადასხვა დაცვითი საშუალებების ეფექტურობის გაძლიერება.

განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე სიკვდილიანობა დაკავშირებულია ორგანიზმთა კონსტიტუციური დაცულობის არამხოლოდ ასაკობრივ ცვლილებებთან (ზომების მომატება, მოძრაობების სიჩქარე, დაცვითი სტრუქტურების წარმოქმნა და ა.შ.). არსებითი მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს განვითარების ამა თუ იმ სტადიაში ცხოვრების ნირის შეცვლას: მაგალითად, ჭუპრების გადასვლა წყლის სისქიდან გრუნტზე, ან მასში ჩაღრმავება. სწორად გაზრდილი სიკვდილიანობა განპირობებულია ორგანიზმთა დამცველობითი თვისების არა დაქვეითებით, არამედ მათ მომხმარებელთა რიცხვის გაზრდით, ან აბიოტური არის მკვეთრი გაუარესებით.

X.3. ჩანასახთა გადარჩენა

ჩანასახთა სიკვდილიანობის შემცირებას ძირითადად უზრუნველყოფს ხელსაყრელი რესპირატორული ტემპერატურული პირობები და ასევე სხვა ორგანიზმების მიერ განადგურებისაგან დაცვა. ჩანასახთა სუნთქვისათვის ხელსაყრელი პირობები ჩვეულებრივად იქმნება ჟანგბადით მდიდარ ადგილებში, სადაც მათ ირგვლივ წყლის გადინება ხდება.



სურ. 29. ზოგიერთი ჰიდრობიონტის
სიკვდილიანობის მრუდები:

1 - ლოკოკინები, 2 - ჰიდრა, 3 - წყლის ძუძუმწოვრები.

გაზთა ცვლის გაუმჯობესებას ხელს უწყობს კვერცხების პატარა ზომები (ზედაპირულ ფართის გაზრდა), და ასევე სხვადასხვა სუნთქვითი პიგმენტის წარმოქმნა. პელაგიური კვერცხების სუნთქვის გაუმჯობესების უნივერსალური პრინციპია მათი მოთავსება წყლის უფრო აერირებულ ზედაპირულ შრეებში. ერთ შემთხვევაში იგი მიიღწევა კვერცხის სიმკვრივის დაწევით, მეორეში კი მათი მიმაგრებით წყლის ზედაპირთან ახლოს.

თუ კვერცხები უფრო მძიმეა წყალზე, ისინი ზედაპირულ შრეში ახერხებენ დარჩენას ამა თუ იმ საგანზე მიმაგრებულ მდგომარეობაში. ჰიდრობიონტები, რომლებიც დებენ კვერცხებს, ფსკერზე არჩევენ ისეთ ადგილებს, სადაც უკეთესი ჟანგბადური რეჟიმია. ზოგ შემთხვევაში, ჩანასახთა გაზთაცვლა უმჯობესდება, თუ ისინი მიემაგრებიან მშობლის სხეულზე, ან სხვა ორგანიზმზე, რომლებიც აქტიურად მოძრაობენ. ცხოველთა გადაადგილების წყალობით კვერცხები მუდმივად ირეცხებიან წყლის ახალი ნაკადით, რაც აუმჯობესებს ჟანგბადით მათ მომარაგებას და ხელს უწყობს გამოყოფილი CO_2-ის მოშორებას.

ზოგჯერ წყლის ცვლა განვითარებადი კვერცხების ირგვლივ შეინიშნება ნაკლებად მოძრავ ცხოველებშიც. მოლუსკებში — Anodonta, Unio და ზოგი სხვა ორგანიზმის კვერცხები ვითარდებიან ლაყუჩებში, რომელთა შორის (გასწვრივ) განუწყვეტლივ გაედინება წყლის ნაკადი. ემბრიონული განვითარება ჩქარდება ტემპერატურის მომატებით. ამიტომ მრავალი ჰიდრობიონტი მიგრირებს იმ ადგილებისაკენ, სადაც მათი კვერცხის დასაყრელად ხელსაყრელი თერმული რეჟიმია. ძალიან ხშირად კვერცხების ინკუბირება ხდება წყლის ზედა ფენებში, სადაც მეტადაა გამთბარი წყალი.

კვერცხების შენარჩუნება უდიდესწილად დამოკიდებულია მტრისაგან მათ დაცვაზე, რაც მიიღწევა: ქვირითის ხარისხით, როცა ძნელდება მათი შეჭმა და მტრისაგან გადამალვით, ან მშობლის მიერ აქტიური დაცვით. კვერცხების აღმოჩენას ზღუდავს მათი მაღალი გამჭვირვალობა, რაც დამახასიათებელია მო-

ლუსკებისა და მწერების კვერცხსადებებისათვის, და თევზების ქვირითისა და კიბოსნაირთა კვერცხებისათვის. როგორც წესი, ჰიდრობიონტთა კვერცხები შემოსილია ლორწოვანი გარსით, ან მოთავსებულია კვერცხსადებში, რომელიც ასევე გარშემორტყმულია ლორწოთი. ერთი მხრივ ლორწოს შეიძლება ახასიათებდეს ბაქტერიოციდული თვისება, რითაც ის იცავს კვერცხებს მიკროორგანიზმებისაგან, ხოლო მეორე მხრივ ის აძნელებს ცხოველების მიერ მათ დაჭერას და შეჭმას.

ჩანასახთა გადარჩენა უმთავრესად შეინიშნება ცოცხალმშობიარობის შემთხვევაში. იგი ხშირად გვხვდება ორგანიზმებში, რომლებიც ბინადრობენ აბიოტური არის უკიდურეს პირობებში, კერძოდ კი დაბალი ტემპერატურის წყალსატევებში.

X.4. პოსტემბრიონულ პერიოდში გადარჩენა

ინდივიდთა გადარჩენა პოსტემბრიონულ პერიოდში, უპირველეს ყოვლისა, მიიღწევა განვითარების სხვადასხვა ხერხის მანევრული გამოყენებით. როგორც წესი, ხელსაყრელ პირობებში ხშირად გვხვდება სახეობები არაპირდაპირი განვითარებით, უფრო მკაცრში კი პირდაპირით. მეტამორფოზებით განვითარებას, ე.ი. სახეობის არსებობას ინდივიდის ფორმით, რომელიც მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან თავისი აგებულებითა და მოთხოვნილებებით, შეიძლება ჰქონდეს დიდი მნიშვნელობა პოპულაციის რიცხოვნობის გაზრდისათვის. მაგალითად, პლანქტოტროფული პელაგიური ჭუპრების არსებობა ბენთოსურ ცხოველებში საშუალებას აძლევს მათ, გამოიყენონ საკვები, რომელსაც არ მოიხმარს მოზრდილი ორგანიზმები, ხოლო ადრეულ პერიოდში ჭუპრების დამოუკიდებელ კვებაზე გადასვლა განპირობებულია კვერცხებში ყვითრის ნაკლები რაოდენობით, რაც თავის მხრივ ქმნის ინდივიდთა ნაყოფიერების გაზრდის წინაპირობას; მეორე მხრივ, ნაშიერი, რომელიც ვითარდება მეტამორფოზით, ნაკლებად ფორმირებული და სუსტია, ამ დროს ჭუპრების გადარჩენის ხარისხი დაბალია. ბენთოსური

ცხოველების პელაგიური ჭუპრები განვითარების ბოლოს ეშვებიან (მკვიდრდებიან) ფსკერზე, რომელიც არცთუ ყოველთვის ხელსაყრელია სიცოცხლისათვის და ნაშიერის უზარმაზარი რაოდენობა იღუპება. ამრიგად, განვითარების ორივე ფორმა ხელსაყრელია და პირიქით სუსტიც, რის გამოც სხვადასხვა სარისხით ეს ჩვეულია იმ სახეობებისათვის, რომლებიც ბინადრობენ არათანაბარ პირობებში.

ინდივიდთა გადარჩენისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს განვითარების ტემპის რეგულირებას. მაგალითად, სათანადო სუბსტრატის უქონლობის დროს, ფსკერის ცხოველთა ჭუპრების მეტამორფოზი შეიძლება შეჩერდეს რამდენიმე დღით ან კვირითაც კი. ამას აქვს უდიდესი მნიშვნელობა, რადგანაც ფართოვდება შესაძლებლობა სათანადო სუბსტრატის არჩევისა და შესაბამისად იზრდება ჭუპრების გადარჩენის შანსიც.

როცა არე განსაკუთრებით არახელსაყრელია, ჰიდრობიონტთა უმრავლესობა აქტიურ არსებობას წყვეტს და ვინაიდან ამ დროს გარეგანი ზემოქმედებისადმი განვითარების ტემპის დაწევის ანგარიშზე მნიშვნელოვნად დიდ მდგრადობას იძენს, მაღლა წევს საკუთარი თავის გადარჩენის შანსაც.

ინდივიდთა გადარჩენა მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია მათი ზრდის ხასიათსა და ტემპზე. გარემომცველი არის კონკრეტული პირობების შესაბამისად პოპულაციის თანაფარდობითი ზრდის სიჩქარე და მისი ხასიათი ინდივიდებში შეიძლება არსებითად შეიცვალოს, რაც უზრუნველყოფს ორგანიზმების გადარჩენას. ისინი, როგორც წესი, ზრდის დაჩქარებით იმატებენ და უფრო ადრეულ ასაკში აღწევენ მსხვილ ზომებს.

X.5. პოპულაციის ზრდა

პოპულაციის ზრდა გულისხმობს მათი რიცხობრიობის ან ბიომასის მატებას დროში $N = N(t)$. თუ სიკვდილიანობა სჭარბობს შობადობას, ზრდა ხდება უარყოფითი. პოპულაციების საწ-

ის სიდიდესა და დროის რომელიღაც შუალედის ბოლოს (ΔN) შორის სხვაობას ეწოდება ნამატი. ნამატი შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ასევე უარყოფითი (დანაკლისი). დროის ერთეულში ნამატით ($\Delta N/\Delta t$) განისაზღვრება პოპულაციის მატების სიჩქარე. იგი შეიძლება იყოს მუდმივი (განუსაზღვრელი ზრდა) ან ქრობადი, როცა ინდივიდთა რიცხობრიობის გაზრდით მათი არსებობის პირობები უარესდება და კვლავწარმოების ტემპი ეცემა. ზოგჯერ ზრდის სიჩქარე თავიდან მატულობს პოპულაციის სიმჭიდროვის გაზრდით, ხოლო შემდეგ იკლებს (А.С. Константинов, 1986). ჰიდრობიონტთა ბუნებრივ პოპულაციებში პირველი შემთხვევა შეინიშნება იშვიათად, მეორე დამახასიათებელია პოპულაციის ზრდისთვის, როცა ჯერ კიდევ ვერ აღწევს სტაციონარულ მდგომარეობას. მისი მიღწევის შემდეგ მიმდინარეობს ოსცილაცია (მერყეობა). ზოგიერთი სიდიდისთვის აღინიშნება შედარებითი მერყეობა, რაც არსებითად ვარირებს წყალსატევებში სხვადასხვა ფაქტორების ცვლილებათა მიხედვით.

X.6. განუსაზღვრელი ზრდა

თუ კვებითი, სივრცითი და პოპულაციის სხვა სასიცოცხლო რესურსები განუსაზღვრელია, ხოლო სიკვდილიანობა ინდივიდთა რიცხობრიობის გაზრდით არ იმატებს, პოპულაციის ზრდის სიჩქარე გამოიხატება განტოლებით: $\frac{dN}{dt} = rN$, საიდანაც $r = \frac{J_n N_2 - J_n N_1}{t - t_1}$, სადაც r პოპულაციის ზრდის მყისიერი სიჩქარეა. ამ შემთხვევაში ზრდის მრუდს აქვს J-სნაირი სასიათი და დაიწერება განტოლებით $N_t = N_0 e^{rt}$, სადაც N_0 და N_t არის ინდივიდთა რიცხობრიობა საწყისსა და t მომენტში. კოეფიციენტი r არის სახეობისთვის დამახასიათებელი სიდიდე, რომელიც გამოხატავს სხვაობას სიკვდილიანობასა და შობადობას შორის.

X.7. ქრობადი ზრდა

იმ შემთხვევებში, როცა პოპულაციის მატებით მისი ზრდის შემდგომი საშუალებები ხდება ყველაზე უფრო განსაზღვრული, რიცხობრიობის ზრდა აღიწერება „სიგმოიდური“ მრუდით, რომელსაც აქვს S-ისნაირი ფორმა. იგი აღწერს ცხოველთა პოპულაციის ზრდას, რომელიც ფლობს შეზღუდულ, მაგრამ შევსებად სასიცოცხლო რესურსებს (საკვები და სხვა). სრულიად გასაგებია, რომ საკვები მარაგით, ჟანგბადით და სიცოცხლისათვის სხვა საშუალებებით შეუვსებლობის დროს პოპულაციის რიცხობრიობა რაღაც დროის შემდეგ უნდა შემცირდეს ნულამდე.

რიცხობრიობა ჩვეულებრივად თავიდან მატულობს ნელ-ნელა (ლაგ-ფაზა), შემდეგ ჩქარდება (ლოგ-ფაზა), ისევ შენელდება (უარყოფითი აჩქარების ფაზა) და ბოლოს, დგება მდგომარეობა, როცა ინდივიდთა მატება და კლება დაახლოებით აწონასწორებენ ერთმანეთს (წონასწორობის ფაზა).

პოპულაციის რიცხობრიობის ზრდა შეინიშნება, როცა საწყისი მომენტისათვის აღინიშნება ინდივიდთა ნაკლებობა იმ რაოდენობასთან შედარებით, რომელიც შესაძლებელია მოცემულ პირობებში. ასეთი სიტუაცია იქმნება, მაგალითად, ადრეულ გაზაფხულზე მრავალ წყალსატევში, სადაც თითქმის არ არსებობს ფიტოპლანქტონი, რომელიც შემდეგ იწყებს სწრაფ განვითარებას, რასაც მოჰყვება გაზაფხულის „აფეთქება“. როცა პოპულაციის სიდიდე აღწევს განსაზღვრულ დონეს, მისი ზრდა ჩერდება (წყდება) და იგი იცვლება ორივე მხარეს მერყეობით (ოსცილაციებით), რომელიღაც სიდიდესთან შეფარდებაში, იმ შემთხვევაში, თუ არ მოხდება არეში რაიმე ცვლილებები, რის ძიძედვითაც მყარდება ინდივიდთა რიცხობრიობისა და ბიომასის ახალი დონე.

X.8. პოპულაციის ბიომასისა და რიცხობრიობის დინამიკა

პოპულაციის კვლავწარმოქმნის ძირითადი კანონზომიერება დამყარებულია ინდივიდთა ბიომასისა და რიცხობრიობის მომატების

მუდმივ ტენდენციაზე. ვინაიდან არე იცვლება – ხდება ხან მეტად, ხან ნაკლებად მოცემული პოპულაციისთვის, ხელსაყრელი მიმართულებით, მისი რიცხოვნებაც იცვლება შეგუების მიხედვით.

პოპულაციის დინამიკის ტიპი განისაზღვრება ინდივიდთა გამრავლების, ზრდის, განვითარებისა და კლების ერთმანეთზე დამოკიდებული პროცესების ურთიერთქმედებით. ამიტომ პოპულაციის დაკლება და შევსება დროის სხვადასხვა მონაკვეთში რაოდენობრივად სხვადასხვანაირია და აღინიშნება ფლუქტუაციები. ფლუქტუაციები მით უფრო ძლიერია, რაც უფრო მოკლეა ორგანიზმთა სასიცოცხლო ციკლი და რაც უფრო ნაკლებად სტაბილურია საარსებო არე.

პოპულაციის მატების შემზღუდველ ფაქტორად ძირითადად გვევლინება საკვების დეფიციტი, რაც არ ამცირებს სხვა ფაქტორების როლს, მაგალითად ჟანგბადის უკმარისობა, მკაცრი ტემპერატურული პირობები, ამოჭმები, პარაზიტებით დასნებოვანება და მრავალი სხვა. მიუხედავად იმისა, რომ საკვების რაოდენობა ყველაზე უნივერსალური რეგულატორია რიცხოვნობისა, ორგანიზმებს შეუძლიათ შეეგუონ მრავალ არახელსაყრელ ვითარებას, გარდა საკვების ნაკლებობისა. ამიტომ კვებითი პირობების გაუარესებაზე პოპულაცია რეაგირებს რაოდენობის კლებით. მაგალითად, ბიოგენების გამოლევისას, რაც საჭიროა წყალმცენარეთა კვებისათვის, მათი რიცხოვნობა გაზაფხულის აფეთქების შემდეგ იწყებს მკვეთრად დაცემას, ხოლო ამის კვალზე მცირდებიან კიბოსნაირთა სხვა ორგანიზმთა პოპულაციები, რომლებიც ფიტოპლანქტონის ხარჯზე ცხოვრობენ.

გ.ვ.ნიკოლსკი (1982) თევზების კვების პირობების გაუმჯობესებისათვის პოპულაციის შეგუებითი გაზრდისას გამოყოფს შემდეგ ძირითად გზებს: ზრდის სიჩქარის მატება, უფრო ადრეული სქესობრივი მომწიფება, ერთზომიანი ინდივიდების ნაყოფიერების გაზრდა, ცხიმიანობის მომატება, სიკვდილიანობის შემცირება, საკუთარი ნაშიერის შეჭმის შემცირება და ა.შ. პოპულაციის რიცხობრიობა და ბიომასა შეიძლება შეიცვალოს

პერიოდულად. უფრო არსებითია პოპულაციის რიცხობრიობისა და ბიომასის ცვლილება, რომელსაც აქვთ მერყეული ხასიათი. უპირველესად მათ მიეკუთვნებიან ისეთები, რომლებიც დაკავშირებული არიან გეოგრაფიულ ციკლებთან (დღეღამური, სეზონური და წლიური დინამიკა), მთვარისა და მზის ციკლებთან. ძალიან ხშირად ისინი აღმოცენდებიან ერთმანეთზე დამოკიდებული პოპულაციების ურთიერთქმედებისას (მტაცებელი-მსხვერპლი, პატრონი-პარაზიტი და სხვა), ან ადამიანის პერიოდული ზემოქმედებისას.

X.9. დღეღამური დინამიკა

ბიომასისა და რიცხობრიობის დღეღამური ცვლილებები შეინიშნება წვრილი ორგანიზმების პოპულაციებში, რომელთაც აქვთ ძალიან მოკლე სასიცოცხლო ციკლი. მაგალითად ბაქტერიები, ერთუჯრედიანი წყალმცენარეები და უმარტივესები, რომელთაც გააჩნიათ გამრავლების, ან სიკვდილიანობის დღეღამური რიტმი. ამგვარად, წყალმცენარეთა უმეტესი რაოდენობა შავ ზღვაში შეინიშნება 21 საათისათვის, შემდეგ ისინი თანდათან კლებულობენ, და რიცხოვნობის ახალი მატება იწყება 5 საათზე. დღეღამური დინამიკა რიცხოვნობისა კარგად შეიმჩნევა ბაქტერიებშიც. ზოგიერთი ცხოველის კვების დღეღამური რიტმით შეიძლება უზრუნველიყოს უმარტივესების და სხვა წვრილი ჰიდრობიონტების რიცხოვნობის შესაბამისი დინამიკა, რომელთაც განვითარების მოკლე ციკლი აქვთ.

X.10. სეზონური დინამიკა

წყლის ორგანიზმების პოპულაციების ბიომასისა და რიცხოვნობის სეზონური ძვრები (მერყეობა) ძირითადად დაკავშირებულია მზის რადიაციის ინტენსიურობის ცვლილებებთან, როგორც ფოტოსინთეზის უნარის მქონე მცენარეებისათვის უშუალო ენერ-

გიის წყაროსთან და როგორც ფაქტორთან, რომელიც გავლენას ახდენს წყალსატევთა თერმიკაზე.

X.11. პლანქტონური წყალმცენარეების სეზონური დინამიკა

წყალმცენარეთა ბიომასისა და რიცხოვნობის დინამიკა განისაზღვრება ძირითადად განათებულობის სეზონური ცვლილებებით, მათ შორის საკვების რაოდენობით, ტემპერატურით, წყლის მასების ვერტიკალური მდგრადობით, ასევე ცხოველების მიერ წყალმცენარეების ათვისების რიტმით. განათების სეზონური ცვლილებები იზრდება მაღალი განედების მიმართულებით და შესაბამისად სხვაობაც მკვეთრია ფიტოპლანქტონის რაოდენობრივ სიმდიდრეში, როცა ხდება გადასვლა გაზაფხულიდან ზაფხულისკენ და შემოდგომიდან ზამთრისკენ. როგორც წესი, ტროპიკულ და ზომიერ ზღვებში შეინიშნება წყალმცენარეთა რიცხოვნობის ორი პიკი. მაღალი განედებისკენ წაწევისას ეს პიკები უფრო და უფრო უახლოვდებიან ერთმანეთს დროში. არქტიკულ წყლებში მოკლე ვეგეტაციური პერიოდის გამო შეინიშნება წყალმცენარეთა რიცხოვნობის მხოლოდ ერთი პიკი.

X.12. ზოოპლანქტონის სეზონური დინამიკა

პლანქტონური ცხოველების პოპულაციების რიცხოვნობისა და ბიომასის სეზონური მერყეობა ძირითადად დაკავშირებულია წყალსატევებში წყალმცენარეებისა და სხვა მცენარეების მასობრივად გამოჩენის პერიოდულობასთან, რომელიც პირდაპირ თუ ირიბად წარმოადგენს ზოოპლანქტონის საკვებს; თერმიკის მერყეობა თავისთავად მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რომელიც განსაზღვრავს პლანქტონური ცხოველების რიცხოვნობის ცვლილების სეზონურობას; ზოოპლანქტონის დინამიკისა მესამე უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია თევზების მიერ და სხვა ცხოველების მიერ მისი ამოჭმის სეზონურობა. ასე რომ, პლანქტონური ცხოვ-

ელების ძირითადი ნაწილი მცენარის მჭამელები არიან. ისინი ზოოპლანქტონში მასობრივად ზოოპლანქტოფაგებზე ადრე გამოჩნდებიან და განვითარება განაპირობებს მტაცებელთა რიცხოვნობის მატებას, რომლებიც ცხოვრობენ ხორცისმჭამელი პლანქტონური ცხოველების ხარჯზე. ასე რომ, თუ მაღალი განედებისკენ გადაადგილებისას წყალმცენარეთა ვეგეტაციის სანგრძლივობა მცირდება, მაშინ შესაბამისად იკვეცება ზოოპლანქტონის მაღალი რიცხოვნობის პერიოდი.

X.13. ზოობენთოსის სეზონური დინამიკა

ფსკერის ცხოველების ბიომასის რიცხოვნობის სეზონური მერყეობა პირველ რიგში დამოკიდებულია მათი გამრავლების, ზრდისა და ამოჭმის თავისებურებაზე და ასევე ზოგიერთ აბიოტურ ფაქტორზე, კერძოდ, წყალსატევთა თერმიკაზე. უკანასკნელი განსაზღვრავს ფსკერის ცხოველთა გამრავლების დროს, როგორც უშუალოდ, ასევე ირიბად წყალმცენარეთა გამოჩენისთანავე, რომლებითაც იკვებებიან ბენთოსური ორგანიზმების პელაგიური ჭუპრები.

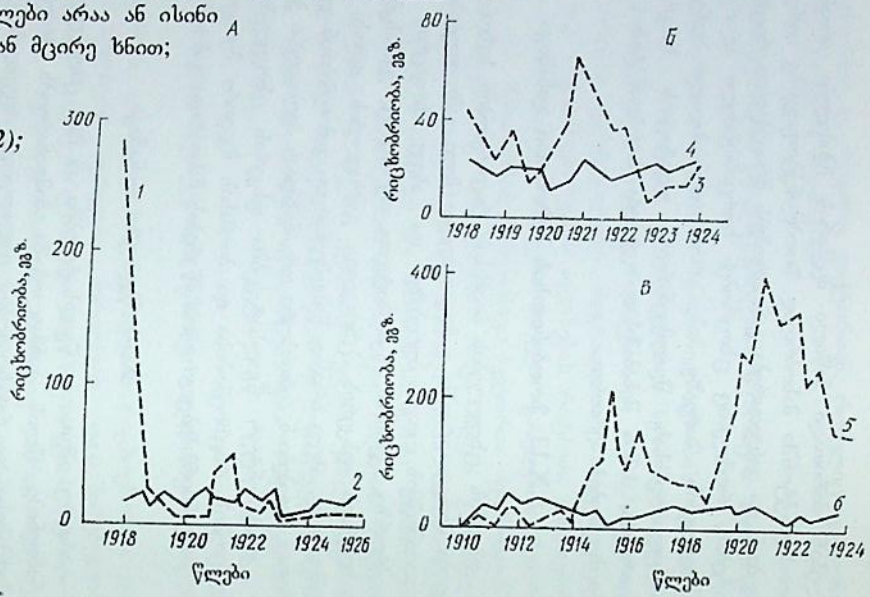
კონტინენტურ წყალსატევებში ფსკერის ცხოველების პოპულაციების რიცხოვნობისა და ბიომასის მკვეთრი მერყეობა შეიძლება განპირობებული იყოს მწერების მასობრივი გამოფრენით.

X.14. წლიური დინამიკა

არცთუ იშვიათად წყალსატევებში ან მათ ცალკეულ უბნებში რამდენიმე წლის განმავლობაში მიმდინარეობს პოპულაციების ბიომასისა და რიცხოვნობის ცვლილებები. ჩვეულებრივად ისინი დაკავშირებულნი არიან მზის რადიაციის ინტენსიობის მერყეობის პერიოდულობასთან, წყალსატევთა დონის მრავალწლიურ ცვლილებასთან, მათი მარილიანობის ცვლასთან, ჟანგბადურ რეჟიმთან და ზოგიერთ სხვა თვისებასთან. როგორც წესი, რიცხოვნობის მერყეობის წლიური პერიოდულობა მზის აქტივობის ცვლილებასთან დაკავშირებით არის 9-12 წელი.

სურ. 30. დანიის წყლებში ზოგიერთი ეკოლოგიურად ახლობელი ბენთოსური ფორმების რიცხობრიობის წლიური ცვალებადობა (მორეს მიხედვით, 1958). პუნქტირი - დიდხანს მაცხოვრებელი პელაგიური მატლების ფორმები, უწყვეტი ხაზი - პელაგიური მატლები არაა ან ისინი არსებობენ ძალიან მცირე ხნით;

А - ***Cultellus pellucidus (1)*** და ***Nucula nitiro (2);***
Б - ***Alba alba (3)*** და ***Macoma calcarea (4);***
В - ***Corbula gibba (5)*** და ***Nicula nitida (6).***



ხშირად ჰიდრობიონტთა რიცხოვნობის წლიური მერყეობა არაა დაკავშირებული გეოფიზიკურ ციკლებთან. კერძოდ, მათ მიეკუთვნება ის პერიოდული ცვლილებები, რომლებიც წარმოიშობიან მსხვერპლისა და მტაცებლის პოპულაციების ურთიერთქმედებისას. როცა მსხვერპლის რიცხოვნობა აღწევს მაღალ სიდიდეებს, მტაცებელთა კვების პირობები უმჯობესდება და წყალსატევში მათი რაოდენობა მატულობს. ამ მატებას მივყავართ მსხვერპლის ამოჭმის გაძლიერებამდე, მისი პოპულაციების რიცხოვნობის შემცირებამდე, და შესაბამისად ამისა, უარესდება მტაცებლის კვლაეწარმოების პირობები, და მათი რიცხოვნობა კვლავ მცირდება. რიცხოვნობის მსგავსი დინამიკა შეინიშნება სარეწაო ობიექტების პოპულაციებშიც, როგორც ამოჭმის შედეგი. როცა მათი კონცენტრაცია მაღალია, ნადავლი განსაკუთრებით ხელსაყრელი ხდება და ამოჭმის მოცულობა იზრდება, რითაც განპირობებულია ცხოველთა სარეწაო ჯოგის რიცხოვნობის შემცირება. ამის შედეგად რეწვა წყდება და იწყება ჯოგის აღდგენა.

X.15. არაპერიოდული ცვლილებები

ზოგ შემთხვევაში პოპულაციის რიცხოვნობა და ბიომასა განიცდის არსებით ცვლილებებს, თუმცა ის არ უბრუნდება საწყის მდგომარეობას. ასეთი არაპერიოდული ძვრები, უპირველეს ყოვლისა, განპირობებულია წყალსატევის აციკლური ცვლილებების რეჟიმით, კერძოდ კი, ადამიანის საქმიანობით: ჰიდროშენებლობით, წყალმომარაგებით და წყალგამოყენებით, ჩამდინარე წყლების გადაადგილებით და სხვა. მდინარეთა დინების რეგულირებითა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის შესაბამისი ცვლილებით, ჰიდრობიონტების ზოგიერთი პოპულაცია იზრდება, მეორე მცირდება, ან საერთოდ ისპობა. წყლის დინების სიდიდის შეცვლა მნიშვნელოვნად აისახება იმ პოპულაციების რიცხოვნობაზე, რომლებიც ცხოვრობენ ზღვის იმ მონაკვეთებში, სადაც აისახება ჩამდინარე წყლების მოქმედება. მაგალი-

თად, მდინარე ვოლგის დარეგულირების შემდეგ ჩრდილოეთ კასპიის ზღვაში ძლიერ შეიცვალა მრავალი ცხოველის პოპულაციის რიცხოვნობა. მდინარის დინების შემცირებამ გაზარდა ზღვის ვრცელი რაიონების გამლაშება. მდინარე დონის ჩადინების მნიშვნელოვნად შემცირების შედეგად გამლაშდა აზოვის ზღვა და მკვეთრად შეიცვალა მისი მობინადრეები.

ჰიდრობიონტთა პოპულაციის ბიომასისა და რიცხოვნობის მკვეთრი ცვლილებები მიმდინარეობს აკლიმატიზაციის შედეგად, კერძოდ სტიქიის დროს. შავ ზღვაში შემთხვევით მოხვედრილი მოლუსკი რაპანა გამრავლდა და გამოიწვია ზოგიერთი სახის ჰიდრობიონტის პოპულაციის ბიომასისა და რიცხოვნობის არსებითი ცვლილებები.

XI თავი

ჰიდრობიოცენოზები

ბიოცენოზში (ჰიდრობიოცენოზში) გულისხმობენ ბიოლოგიურ სისტემას, რომელიც შედგება რამდენიმე სახეობის პოპულაციისაგან, რომლებითაც დასახლებულია საცხოვრებელი არენის (ბიოტოპი, ან ეკოტოპი) განსაზღვრელი უბანი; ისინი წარმოქმნიან ფუნქციურ მთლიანობას და გარედან მიღებული ენერგიით ახორციელებენ ურთიერთქმედებას, ნივთიერებათა წრებრუნვას არაცოცხალ ბუნებასთან.

ჩვეულებრივად ბიოცენოზები შედგება ავტოტროფებისა და ჰეტეროტროფებისგან, იშვიათად კი მხოლოდ ამ უკანასკნელთაგან, რომლებიც მაშინ ყალიბდებიან სისტემებად, როცა არსებობენ ალოქთონური (გარედან მიღებული) ორგანული ნივთიერებების ენერგიის ხარჯზე. პირველ შემთხვევაში ბიოცენოზს უწოდებენ სრულწევრიანს, მეორეში – არასრულწევრიანს. ბიოცენოზებში განსაკუთრებული მნიშვნელობის ჯგუფია აზოტფიქსატორები, რომლებიც მიეკუთვნებიან ავტოტროფებს (ციანობაქტერიები), საპროფიტებს (თავისუფლად მცხოვრები ბაქტერიები) და ბიოტროფებს (სიმბოლური ბაქტერიები და აქტინომიცეტები).

რაც უფრო ფართოა ბიოტოპის საზღვრები, მით უფრო მსხვილია შესაბამისი ბიოცენოზი. რამდენადაც ნებისმიერ ბიოტოპში არსებობენ უბნები სხვადასხვა პირობებით, ყოველ მსხვილ გაერთიანებაში შეიძლება გამოიყოს უფრო მცირე ჯგუფები. ბიოცენოზები სახელწოდებას ღებულობენ ბიოტოპის ხასიათის ან დომინანტური სახეობის მიხედვით (მაგალითად, კლდის ლითორალის ბიოტოპი, მიდიის ბიოცენოზი და ა.შ.). არცთუ იშ-

ვიათად სისტემური გამოკვლევების ობიექტი ხდება ბიოცენოზის არა ყველა პოპულაცია, არამედ მხოლოდ რამდენიმე, რომლებიც მიეკუთვნებიან მეტ-ნაკლებად მაღალი რანგის ტაქსონს ან რომელიღაც სასიცოცხლო ფორმას. ასე მაგალითად, მიუთითებენ პლანქტონურ ან ფსკერულ გაერთიანებებზე, მცენარეთა (ფიტოცენოზი), ცხოველთა (ზოოცენოზი), თევზების (იქთიოცენოზი, იქთიოცენი) გაერთიანებებზე, და ა. შ.

ერთი ბიოცენოზის ელემენტები ჩვეულებრივად აღწევენ მეზობელ გაერთიანებებში, და პირიქით. ამასთან დაკავშირებით ცალკეულ ბიოცენოზებს შორის საზღვარი არაა მკვეთრი და მათი ურთიერთშესების ადგილზე არსებობს ერთგვარი გარდამავალი ზონა – ეკოტონი. ხშირად იგი ხასიათდება უფრო მრავალგვარი და უხვი დასახლებით, ვიდრე მომიჯნავე ბიოცენოზები. დასახლების მრავალგვარობისა და სიუხვის გაზრდის ტენდენციამ გაერთიანებების შეპირისპირებაზე მიიღო კიდური ეფექტის სახელწოდება. რაც უფრო ძლიერ განსხვავდებიან მომიჯნავე ბიოტოპები, მით უფრო სხვადასხვაგვარია პირობები ეკოტოპში და მით უფრო მეტადაა გამოხატული კიდური ეფექტი. მაგალითად, განსაკუთრებით მდიდარია დასახლებით წყლისა და გრუნტის, ატმოსფეროსა და წყლის კონტაქტის ზონები.

რაც მეტი ენერგია აკუმულირდება ბიოცენოზში, მით მეტია მისი მდგრადობა. მდგრადობა გულისხმობს ბიოცენოზების მიერ სტრუქტურულ-ფუნქციური ორგანიზაციის შენარჩუნებას, გაერთიანების მდგომარეობის ციკლურ ცვლას გეოფიზიკური ციკლების შესაბამისად. ერთი და იგივე ბიოცენოზი ფუნქციონირებს და სხვადასხვანაირად გამოიყურება ზაფხულზე, ზაფხულში, შემოდგომასა და ზამთარში, დღისით და ღამით.

XI.1. ჰიდრობიოცენოზთა სტრუქტურა

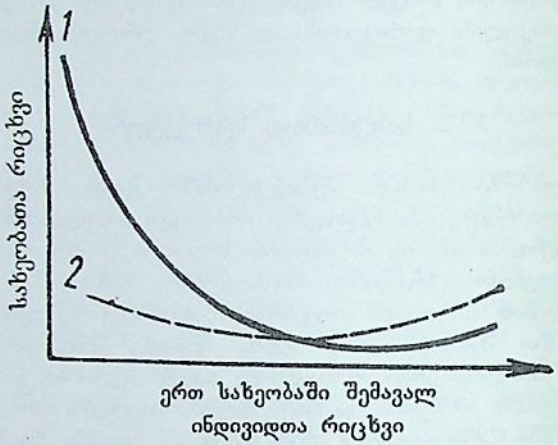
გაერთიანებების სტრუქტურულობა გამოხატულია სამი ძირითადი ასპექტით. უპირველესად ყოვლისა, ბიოცენოზის გან-

საზღვრული კომპონენტური შემადგენლობა – სხვადასხვა სახეობრივი პოპულაციების, სასიცოცხლო ფორმებისა (ბიომორფების) და სხვა სტრუქტურული ელემენტების კრებითი და რაოდენობრივი თანაფარდობა; მეორე მიმართულებაა ცალკეული ელემენტების ამა თუ იმ სახით სივრცითი განაწილება; მესამე – ყველა კავშირის, პირველ რიგში კვების ციკლებისა და ჯაჭვების, ტოპიკულის, ფორიკულისა და სხვათა ურთიერთქმედებების ერთობლიობა.

XI.2. სახეობრივი სტრუქტურა

ყოველი ბიოცენოზის შემადგენლობაში შედის სახეობათა გარკვეული რიცხვი, რომელთაგანაც თითოეული პოპულაციის მიერ წარმოდგენილია ამა თუ იმ სიდიდით. სახეობათა რიცხვი და მათი წარმომადგენლობა ინდივიდთა რიცხოვნობით, ბიომასით ან სხვა მაჩვენებლებით ახასიათებს ბიოცენოზების ასაკობრივ სტრუქტურას. თუმცა მათ შემადგენლობაში შედის, როგორც წესი, მრავალი სახეობა, მხოლოდ ერთი ან რამდენიმე მათგანი მკვეთრად გამოირჩევა საკუთარი ბიომასითა და რიცხოვნობით. სახეობებს, რომლებიც ბიოცენოზში წარმოდგენილნი არიან ინდივიდთა უდიდესი რიცხვითა და ბიომასით, ეწოდებათ **დომინანტები**, იმათ, რომლებიც ნაკლებ როლს ასრულებენ **სუბდომინანტები**, დანარჩენებს – **მეორეხარისხოვნები**, საერთოდ, იშვიათებს კი – **შემთხვევითები**. დომინირების ხარისხი გამოისახება სახეობის პროცენტული მაჩვენებლით. ბიოცენოზში ინდივიდთა რიცხვით, მათი ბიომასით, ან სხვა მაჩვენებლით და დამოუკიდებელია ამ უკანასკნელის არჩევაზე. ხშირად დომინირების ხარისხი ფასდება იმ როლით, რომელსაც ასრულებს სახეობა ენერგიის ტრანსფორმაციაში.

ბიოცენოზებში საგანგებო როლს ასრულებს იშვიათი, მცირერიცხოვანი სახეობები. ისინი ზრდიან კავშირების ნაირსახეობას, წარმოადგენენ რეზერვს დომინანტური ფორმების შესავსებად და შესაცვლელად, შეცვლილ პირობებში გაერთიანებებს აძლევენ



სურ. 31. ბიოცენოზში ერთი სახეობის ინდივიდთა და სახეობების რიცხვებს შორის დამოკიდებულება (რაუნკიერის მრუდი).

1 - მდგრადი ბიოცენოზი, 2 - დარღვეული ბიოცენოზი (ოდუმის მიხედვით, 1975).

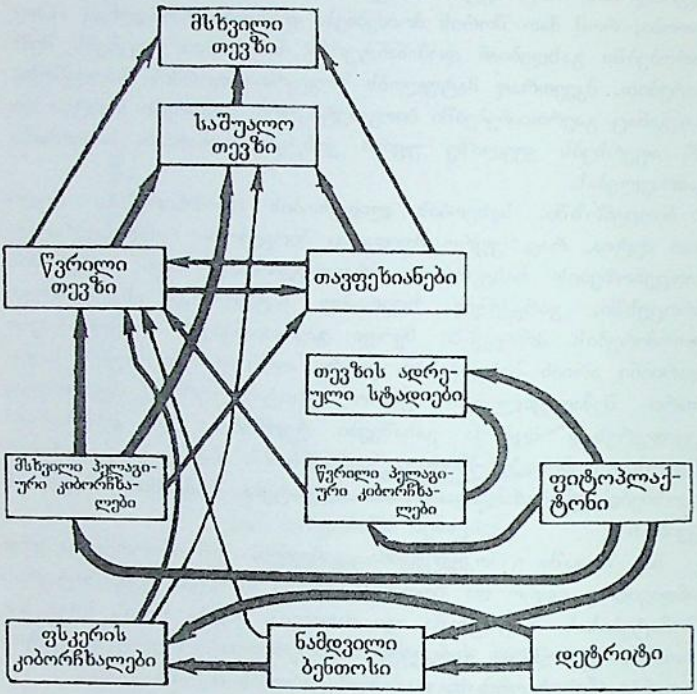
მდგრადობას. რაც მეტია ბიოცენოზში სახეობა, მით მეტია ალბათობა, რომ მათ შორის მოიძებნება ფორმები, რომელნიც ახალ პირობებში გახდებიან დომინანტურნი. სახეობათა რიცხვის შემცირებით, მკვეთრად მატულობს ზოგიერთი ფორმის რაოდენობა, რადგანაც გაერთიანებებში ბიოგენეტიკური კავშირები სუსტია და არ აფერხებს ყველაზე უფრო კონკურენტუნარიან სახეობათა გამრავლებას.

ბიოცენოზში, სახეობის ლიდერობის (დომინირების) წილი მით მეტია, რაც უფრო მდიდარია ბიოცენოზი რაოდენობრივად. ბიოცენოზების სახეობრივი მრავალგვარობა, მათი არსებობის პროცესში, გარკვეულ ზღვრამდე მატულობს. ახალგაზრდა, ფორმირების პროცესში მყოფი გაერთიანებები ჩვეულებრივად ღარიბნი არიან სახეობებით, ვიდრე ადრე ფორმირებული საკუთარი შემადგენლობით უფრო ექვიტაბელურნი. მაგალითად, უკიდურესად მცირეა გასაშვები ტბორებისა და დაშრობადი წყალსატევების სახეობრივი ნაირგვარობა, სადაც ბიოცენოზების ფორმების სანგრძლივობა არ აღემატება რამდენიმე თვეს ან კვირას.

შავ ზღვაში გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ინფორმაცია ერთ ინდივიდზე ფიტო და ზოოპლანქტონში იზრდება ტემპერატურის მომატებისას. ზაფხულში იგი მაღალია, ვიდრე წლის სხვა სეზონში; შეინიშნება გარკვეული უარყოფითი კორელაცია ფიტოპლანქტონის ბიომასასა და ნაირგვარობას შორის.

XI.3. ზომითი სტრუქტურა

ბიოცენოზთა ზომითი სტრუქტურა დამოკიდებულია ორგანიზმთა სიდიდეზე, რომლებიც წარმოქმნიან პროდუცენტების, კონსუმენტებისა და რედუცენტების პოპულაციებს. პოპულაციის ზომითი შემადგენლობა არის უმნიშვნელოვანესი ელემენტი მათი დახასიათებისათვის, რადგან ინდივიდთა გაზრდით მათი ზედაპირის შედარებითი სიდიდე და შესაბამისად ენერგეტიკული აქტიურობა ეცემა.



სურ. 32. ფართო პელაგიური ზღვის თევზების კვებითი ჯაჭვები (ზენკევიჩის მიხედვით, 1956).

თანახმად ხატჩინსონისა, სახეობები, რომელთაც უკავიათ მსგავსი მდგომარეობა ტროფიკულ ჯაჭვებში ერთობლივად ბინადრობისას, უნდა განსხვავდებოდნენ სხეულის ზომებით ან ტროფიკული აპარატით მინიმუმ 1,3-ჯერ. ეს გამორიცხავს მათი ეკოლოგიური ნიშების გადახურვას და უზრუნველყოფს თანაარსებობის შესაძლებლობას მხოლოდ ბიოტოპებში.

XI.4. ტროფიკული სტრუქტურა

ტროფიკული როლის შესაბამისად, რომელსაც ბიოცენოზში ჰიდრობიონტები ასრულებენ, გამოყოფენ ავტოტროფებს — **პროდუცენტებს**, (ფოტოსინთეტიკები და ქემოსინთეტიკები), ჰეტეროტროფებს — **მაკროკონსუმენტებს** (ძირითადი სახით ცხოველები) და **მიკროკონსუმენტებს ან რედუცენტებს** (უპირატესად ბაქტერიები, აქტინომიცეტები, სოკოები); **კონსუმენტებს**, „რომლებიც უშუალოდ იკვებებიან პროდუცენტებით, ან მათი დაშლის პროდუქტებით, წარმოქმნიან ბიოცენოზის მეორე ტროფიკულ დონეს; მესამე ტროფიკული დონე აღმოჩნდება ბიოცენოზში, როცა მასში იმყოფებიან ჰიდრობიონტთა პოპულაციები, რომლებიც ცხოვრობენ მეორე ტროფიკული დონის ორგანიზმების ათვისების ხარჯზე და ა.შ. მეორე, მესამე და მომდევნო ტროფიკული დონეების ორგანიზმებს შესაბამისად ეწოდებათ პირველი, მეორე და ა. შ. რიგების (წყებების) კონსუმენტები. გზას, რომლითაც გადაადგილდება პროდუცენტების ორგანული ნივთიერება ერთი ტროფიკული დონიდან მეორეზე, ეწოდება **კვებითი ჯაჭვი**. კვებითი ჯაჭვების ერთობლიობა ბიოცენოზში წარმოქმნის **კვების ქსელს**. კვებით ქსელში განასხვავებენ **ამოჭმისა და გახრწნის ჯაჭვებს**. პირველნი ეწყობიან ჰოლოზოინური კვების საფუძველზე, როცა ცხოველები საკვებად იყენებენ ან ცოცხალ ორგანიზმებს — **საძოვრული ჯაჭვები**, ან მათი დაშლის პროდუქტებს (დეტრიტი) — **დეტრიტული ჯაჭვები**. გახრწნის ჯაჭვები წარმოიქმნებიან ბაქტერიების, სოკოებისა და სხვა ორგანიზმების ცხოველქმედე-

ბის შედეგად, რომლებიც მინერალურ ნივთიერებებს ამდიდრებენ ორგანული ნივთიერებებით. თავისებური კვებითი ჯაჭვები წარმოიქმნება გახსნილი ორგანული ნივთიერებებით ოსმოსური კვების საფუძველზე, რომელიც დამახასიათებელია მრავალი უხერხემლო და ხერხემლიანი ცხოველისთვის, კერძოდ თევზებისთვის, ასევე ზოგი ავტოტროფისთვის დიდი ან მცირე ჰეტეროტროფულობის ხარისხით.

ინდივიდთა რიცხოვნობა და საერთო ბიომასა ერთი ტროფიკული დონიდან მომდევნოსაკენ გადასვლით ხშირად კლებულობს, რადგან ორგანული ნივთიერებების ტრანსფორმაციის ყველა საფეხურზე იგი იკარგება. ამის შედეგადაც წარმოიქმნება ეგრეთ წოდებული რიცხვთა პირამიდა და ბიომასის პირამიდა, რომლითაც ხასიათდება ორგანიზმთა რაოდენობის შემცირების ხარისხი ერთი ტროფიკული დონიდან მეორისაკენ გადასვლისას. ვინაიდან, გარკვეული ბიომასის მქონე წვრილი ორგანიზმებიც ჩვეულებრივად ქმნიან მეტ ორგანულ ნივთიერებებს, ვიდრე მათთან ერთად არსებული მსხვილები, ამიტომ ბიომასის პირამიდა ყოველთვის არ ვიწროვდება წვეროსაკენ. მაგალითად, შედარებით დაბალი ბიომასისის მქონე წყალმცენარეებს შეუძლიათ წარმოქმნან ორგანული ნივთიერებების ისეთი რაოდენობა, რომელთა ხარჯზეც უნარი შესწევთ, იარსებონ ცხოველთა პოპულაციებმა დიდი საერთო ბიომასით. მსგავსი დარღვევები გამოირიცხებიან, თუ შედარებას მოვახდენთ ენერგეტიკული პრინციპით. ენერგია, რომლის ტრანსფორმირება ხდება პირველ ტროფიკულ დონეზე, ყოველთვის იქნება დიდი, ვიდრე მეორეზე; კიდევ უფრო ნაკლები აღმოჩნდება იგი მესამე და მომდევნო დონეებზე.

XI.5. სივრცითი ქოროლოგიური სტრუქტურა

გაერთიანებების სტრუქტურულობის მნიშვნელოვან მაჩვენებლად გამოიყენება ინდივიდთა ქოროლოგიური განაწილების მოწესრიგებულობის ხარისხი. ბიოცენოზთა სივრცით სტრუქტურაში, უპირველეს ყოვლისა, განასხვავებენ ორგანიზმთა ვერტიკალურ (იარუ-

სიანობა) და ჰორიზონტალურ (მოზაიკურობა) განაწილებას. პელაგიური გაერთიანებებისთვის დამახასიათებელია იარუსიანობა, რომელიც უდიდესი სარისხითაა დაკავშირებული ბიოგენების განათებულობის, ტემპერატურისა და კონცენტრაციის გრადიენტებთან. ფსკერის ბიოცენოზებისთვის ტიპურია მოზაიკურობა, რომელიც განპირობებულია გრუნტების სხვადასხვაგვარობითა და წყლის ბუნებრივი შრეების ჰიდროდინამიკური აქტიურობის თავისებურებებით. ნათლად ჩანს, რომ ნაკლებად მოწესრიგებულია ის ბიოცენოზი, რომელშიც ცალკეული ინდივიდების განაწილება სტატიკურად შემთხვევითია.

XI.6. ჰიდრობიოცენოზებში პოპულაციათაშორისი დამოკიდებულება

ბიოცენოზებში პოპულაციის ზედმიწევნით მრავალგვარი კავშირები, უპირველეს ყოვლისა, იყოფიან პირდაპირებად და ირიბებად. პირველ შემთხვევაში, მყარდება უშუალო კონტაქტი ურთიერთქმედ პოპულაციათა ინდივიდებს შორის, რომელთა ფორმა ისტორიულადაა გამომუშავებული; ადაპტაციის მეორე შემთხვევაში, ურთიერთქმედ პოპულაციათა ინდივიდებში უშუალო კონტაქტი არ არის და ევოლუციის პროცესში ისინი ეგუებოდნენ მხოლოდ ერთმანეთის ცხოველმყოფელობის შედეგებს. პირდაპირი და ირიბი კავშირები შეიძლება გამოვლინდეს სხვადასხვა ფორმით, რომელთა შორის ფუნქციური ნიშნით შეიძლება გამოიყოს ტოპიკური, ტროფიკული, ფაბრიკული და ფორიკული. კავშირის პირველი ფორმა – ესაა შემთხვევა, როცა ერთი სახეობის პოპულაციის ინდივიდები კონდიცირებენ (სახეს იცვლიან) მეორის არსებობის ფიზიკურ-ქიმიური პირობებით (მაგალითად, წყლის აერაცია ფოტოსინთეტიკებით). ტროფიკული კავშირები გამოვლინდება ერთი სახეობის ინდივიდების მეორე სახეობის ინდივიდებით კვებისას, ასევე მათი ცხოველმყოფელობის პროდუქტებით ან მათი მკვდარი ნარჩენე-

ბით კვებისას; თუ ერთი სახეობის ინდივიდები იყენებენ მეორე სახეობის ინდივიდებს, მათ ნაწილებს, ან მკვდარ ნარჩენებს საკუთარი შენობის „ფაბრიკაციისათვის", მაშინ ფაბრიკულ კავშირთან გვაქვს საქმე. ფორიკული კავშირები წარმოიქმნება, როცა ერთი სახეობის ინდივიდთა გადაადგილება მეორის წარმომადგენლებით სორციელდება.

ბიოცენოზში ურთიერთკავშირების რთული ქსელის ნაწილია კონსორციები. კონსორციები შედგებიან დეტერმინანტებისაგან და მათზე დამოკიდებული კონსორტებისაგან. მაგალითად, კონსორტი-ენდოსიმბიონტები დეტერმინანტისაგან ღებულობენ ნივთიერებას, რომლთა მეტაბოლიტები ორგანიზმ-მეპატრონის მიერ გამოიყოფა.

თავისი ბიოლოგიური მნიშვნელობით პოპულაციებს შორის კავშირები ყველაზე უფრო ხშირად გამოვლინდება პარაზიტიზმისა და მტაცებლობის, კონკურენციისა და ამენსალიზმის, ნეიტრალიზმის, კომმენსალიზმის, კარპოზებისა და სტიმულაციის, პროტოკოოპერაციისა და მუტუალიზმის ფორმით.

XI.7. ნეიტრალიზმი, კონკურენცია და ამენსალიზმი

ნეიტრალური ურთიერთობები, ანუ, უშუალო ურთიერთკავშირების არარსებობა, დამახასიათებელია პოპულაციისთვის, რომელიც არ მიეკუთვნება მომიჯნავე ტროფიკულ დონეებს. როგორც აჩვენა ა.ა.შორიგინმა (1952), ასეთი ურთიერთობები ბიოცენოზში ლიდერი სახეობებისათვის ტიპურია.

კონკურენტული ურთიერთობები წარმოიშობა, როცა ორი ან რამდენიმე სახეობის ინდივიდი იყენებს ერთსა და იმავე რესურსებს, რომელთა რაოდენობა განსაზღვრულია. კონკურენცია ამცირებს პოპულაციის სიმჭიდროვეს და გამოვლინდება პირდაპირი ან ირიბი ფორმით. პირველ შემთხვევაში აღინიშნება პირდაპირი ბრძოლა მიუწვდომელი რესურსებისთვის.

პირდაპირ კონკურენციას მიეკუთვნება ტერიტორიისა თუ თავშესაფარის დაცვის ყველა შემთხვევა, ბრძოლა მათთვის (მა-

გალითად, სახეობათშორისი აგრესია კიბო-განდეგილებში აქტინეების, ან უფრო შესაფერისი ნიჟარების მიტაცების მიზნით — რიგი ცხოველებისა და განსაკუთრებით მცენარეები გამოყოფენ ტოქსინებს, რომლებიც წამლავენ კონკურენტებს (ალელოპათია). ფართოდაა ცნობილი პლანქტონურ წყალმცენარეთა ზედაპირზე ბაქტერიების არარსებობის ფაქტები, რაც გამოწვეულია მიკროორგანიზმების ქიმიური დათრგუნვის შედეგად. ორივე კონკურენცია, რომელიც გამოიხატება სხვადასხვა სახეობის მიერ ერთი და იმავე რესურსების გამოყენებით, განსხვავდება პირდაპირისაგან იმით, რომ მისი შედეგები გამოვლინდება ნელა, სიკვდილის, გადარჩენის, ზრდის ტემპისა და გამრავლების საშუალებით. 1943 წელს გ.ფ. გაუზემ დაადგინა კონკურენტული გამორიცხვის წესი, რომლის მიხედვითაც ახლონათესაურ სახეობებს, რომელთაც დაკავებული აქვთ მსგავსი ეკოლოგიური ნიშები, არ შეუძლიათ იარსებონ.

კონკურენტული გამორიცხვა არის ეკოლოგიურად მსგავსი სახეობების ანტაგონისტური ურთიერთქმედების უკიდურესი შემთხვევა. ისინი ხშირად გარკვეულწილად თანაარსებობენ, ვინაიდან ნიშათა სრული გადახურვა ორი სახეობისთვის არის იშვიათი შემთხვევა, ზოგჯერ კი მხოლოდ მოჩვენებითი. მაგალითად, ეკოლოგიურად ახლომყოფ ცხოველებში კვება იმდენად სპეციალიზებულია, რომ სხვადასხვა რესურსების გამოყენების შემთხვევაში მათი თანაარსებობის საშუალებას იძლევა. სიტოპია ყოველთვის არ გამოხატავს (აღნიშნავს) სივრცისთვის კონკურენციას, რადგანაც სახეობათა მიკროსაბინადრო ადგილი არაერთგვაროვანია. ნაჩვენებია, რომ ეკოლოგიურად ახლომყოფ სახეობებს შეუძლიათ, არ შეავიწროვონ ერთმანეთი, თუ თითოეული მათგანის კონკურენტუნარიანობა ვარირებს არის ცვლილებების დროს, ანდა განვითარების სხვა სტადიებზე.

ამენსალიზმს უწოდებენ ერთი პოპულაციის მეორეზე ცალმხრივ უარყოფით ზემოქმედებას ყოველგვარი სარგებელის გარეშე. მაგალითად, ბაკნები, რომლებიც ამღვრევენ გრუნტს,

დაბლა წევენ წყლის გამჭვირვალობას და ამგვარად თრგუნავენ წყალმცენარეთა ფოტოსინთეზს. მცენარეები ფარავენ რა წყლის ზედაპირს მკვრივი „ხალიჩით“, აუარესებენ რესპირატორულ ცხოველთა პირობებს.

მტაცებლობა და პარაზიტიზმი. „მტაცებელი-მსხვერპლი“ და „პარაზიტი-პატრონი“ ტიპის ურთიერთქმედება დომინირებს პოპულაციების ურთიერთობებში მომიჯნავე ტროფიკულ დონეებზე. ბიოცენოზში მტაცებელთა როლი განისაზღვრება მათი რიცხოვნობით, და მსხვერპლის დახოცვის ხარისხით. როდესაც მსხვერპლი ნაკლებადაა დაცული, მტაცებელი კი მრავლადაა, მათ შეუძლიათ მკვეთრად შეამცირონ გასანადგურებელი პოპულაციის რიცხოვნობა. თუ ამ დროს მტაცებელს არ შეუძლია, გადავიდეს სხვა საკვების მოპოვებაზე, მისი რიცხოვნობაც ასევე მცირდება. ამის შედეგად მოსახმარებელი ორგანიზმების პოპულაცია იწყებს აღდგენას, მტაცებელთათვის არსებობის პირობები თანდათან უმჯობესდება და ისინი მრავლდებიან. ამგვარად, იქმნება მოძრავი წონასწორობა მტაცებელსა და მსხვერპლს შორის, რომელიც მიიღწევა ორივე კომპონენტის რიცხოვნობის მერყეობით (ოსცილაციით).

ექსპერიმენტულად და თეორიულად გამოვლენილია მტაცებლისა და მსხვერპლის ურთიერთდამოკიდებულების სტაბილიზაციის ხელშემწყობი 4 ფაქტორი: 1. მტაცებლის დაბალი ეფექტურობა, 2. მტაცებლის რიცხოვნობის ეკოლოგიური შემოსაზღვრულობა, 3. სხვა საკვებზე გადასვლის შესაძლებლობა, 4. მსხვერპლის რიცხოვნობის ცვლილებაზე მტაცებლის პოპულაციის გამოძახილის დაჩქარება.

როდესაც მსხვერპლის ხოცვა არცთუ ისე დიდია (თავშესაფრისა და თავდაცვის სხვა საშუალებების არსებობა), მის მიმართ მტაცებელი გამოდის როგორც რიცხოვნობის სტაბილიზატორი. მსხვერპლის პოპულაციის სიმჭიდროვის გარკვეულ დონეზე მტაცებლები აფერხებენ დემოგრაფიულ აფეთქებას (რიცხოვნობის მკვეთრი გაზრდისაგან), რომელიც იწვევს საკვები

რესურსების გამოფიტვას და ძლიერ გამრავლებული პოპულაციის რიცხოვნობის შემდგომ მკვეთრ შემცირებას.

არცთუ იშვიათია შემთხვევები, როცა ენდოპარაზიტები მაღლა წევენ პატრონის იმუნიტეტს საკვებზე დამოკიდებულებით. ძალიან საინტერესოა დაკვირვებები ზოგიერთი სახეობის წურბელებზე, რომლებმაც აჩვენეს, რომ თევზებზე პარაზიტების არსებობა უფრო მაღლა წევს პატრონის მიერ საკვების გამოყენების ეფექტურობას. ამგვარად იქმნება „პარაზიტ-პატრონის" სისტემა, რომელიც მოქმედებს როგორც ერთი მთლიანი.

<u>პროტოკოოპერაცია და მიუტუალიზმი</u>. ეს ორი ფორმა ურთიერთხელსაყრელ დამოკიდებულებაში არცთუ ყოველთვის გაიმიჯნება კარგად ერთმანეთისაგან, რადგანაც ისინი განსხვავდებიან მხოლოდ პოპულაციის ურთიერთქმედების ობლიგატურობის ხარისხის მიხედვით, რომლის შეფასება ხშირად გაძნელებულია. მიუტუალიზმის ტიპური მაგალითია, როცა ერთი ნაწილი ორგანიზმებისა ვერ არსებობს მეორეთა გარეშე — ასეთია წყალმცენარეთა სიმბიოზი უმარტივესებთან, ნაწლავღრუიანებთან და ჭიებთან.

პროტოკოოპერაცია ხშირად შეინიშნება თევზებისა და კიბოსნაირთა ნაწლავღრუიანებთან და კანეკლიანებთან ურთიერთ დამოკიდებულებაში. აკვალანგისტებმა შენიშნეს რომ, თევზი-სანიტრები ყოველდღე იმყოფებოდნენ ერთ ადგილზე და მათთან განუწყვეტლად მოცურავდა სხვადასხვა თევზების მთელი ჯოგი. როდესაც „სანიტრები" დაიჭირეს, უკვალოდ გაქრნენ იქ სხვა თევზებიც. ჰიდრობიონტ-მწმენდავებს შორის, დღეს-დღეობით ითვლიან თევზების 26 სახეობას, კრევეტების 6 ფორმას და ერთსაც კიბორჩხალისას. როგორც ჩანს, „სანიტარული დამუშავება" ერთი სახეობის ცხოველებისა მეორეთი, არის მეტად სერიოზული და ფართოდ გავრცელებული ბიოლოგიური მოვლენა.

<u>კარპოზი, კომენსალიზმი და სტიმულაცია.</u> კარპოზი გულისხმობს თანაცხოვრების ყველა ფორმას, რომლებიც ხელსაყრელია ორი პოპულაციიდან ერთისთვის და პრაქტიკულად უვნებელია

მეორისათვის. თუ კარპოზს თან ახლავს ერთი ორგანიზმის კვება მეორის ანგარიშზე, თანაც ამ უკანასკნელის დაზარალების გარეშე, ლაპარაკობენ კომენსალიზმზე. ერთი პოპულაციის სტიმულაცია მეორეთი აღინიშნება მათი ბიოქიმიური ურთიერთქმედების დროს.

ზემოთ ჩამოთვლილი ურთიერთდამოკიდებულებები შედარებით ნაკლებ როლს ასრულებს, ვიდრე პოპულაციის ურთიერთქმედებათა სხვა ფორმები, მაგრამ, მაინც საკმარისად ფართოდ გვხვდება. ჰიდრობიონტთა გაერთიანებებში კარპოზის ყველაზე ჩვეულებრივ ფორმად შეიძლება მივიჩნიოთ მრავალი ჰიდრობიონტის მიერ უმაღლესი მცენარეების მისამაგრებელ სუბსტრატად გამოყენება ანდა, პირიქით, წყალმცენარეთა მიმაგრება ცხოველებზე.

ბაქტერიების მასობრივი განვითარების გამოკვლევისას მდიდარი ფიტოპლანქტონის მქონე ზღვის ზონებში დადგინდა, რომ ნივთიერებები, რომლებიც გამოიყოფა წყალმცენარეების მიერ, შეიძლება გამოდგეს მიკროორგანიზმებისათვის ერთადერთ ენერგიის წყაროდ; მეორე მხრივ, ბაქტერიათა გამონაყოფები ხშირად ასტიმულირებს წყალმცენარეთა ზრდას. მრავალი წყალმცენარე, განსაკუთრებით დიატომეები, საჭიროებს ვიტამინ B_{12}-ს, რომელსაც გამოყოფს მიკროორგანიზმები. იქმნება ბიოსინთეზის ურთიერთხელსაყრელი სპეციალიზაცია, როცა წყალმცენარეები ჭარბად წარმოქმნიან პოლისაქარიდებს, რომლებიც უტილიზდებიან ბაქტერიებით, ხოლო ეს უკანასკნელნი წყალმცენარეებს გადასცემენ ჭარბად წარმოებულ ვიტამინებს. მაგალითად, შავი ზღვის სანაპირო ზოლის რაიონებში ბაქტერიები ყოველ დღეღამეში ასინთეზებენ 1129-3428 ნგრ B_{12} ვიტამინს 1 გრ ნედლ მასაზე, ღია რაიონებში კი 200-ამდე, ხმელთაშუა ზღვაში და ტროპიკულ ატლანტიკაში ასევე 20 ნგრ/გრ-ზე (Лебедева, 1976). B_{12} ვიტამინის კონცენტრაცია, რომლის დროსაც ის შეიძლება გამოიყენოს წყალმცენარეებმა, 1-36გ/გ-ის ტოლია. წყალმცენარეების განვითარებას მკვეთრად ასტიმულებს აგრეთვე ბაქტერიების მიერ გამოყოფილი აზოტოვანი ფუძე თიმინი.

XI.8. ენერგიისა და ნივთიერების ტრანსფორმაცია

ბიოცენოზში ნივთიერებათა წრებრუნვა თავისთავად წარმოადგენს სხვადასხვა ატომების განუწყვეტელ ჩართვას ახლადწარმოქმნილ ორგანულ ნივთიერებაში და მათ გამოთავისუფლებას ბიოლოგიური ნაერთებიდან დესტრუქციის პროცესში. ნივთიერებათა წრებრუნვა ხორციელდება ენერგიის ენტროპიზაციის ანგარიშზე, რომელიც ფიქსირდება ავტოტროფებით და ვლინდება ჰეტეროტროფულ ორგანიზმებში ამა თუ იმ საკვები ჯაჭვების საშუალებით.

XI.9. ტრანსფორმაციის არხები

წყლის ბიოცენოზებში ნივთიერებათა ჰეტეროტროფული გარდაქმნა და ენერგიის გადაცემა შემდგომ ტროფიკულ დონეზე უპირატესად მიმდინარეობს ჰოლოზოინური კვების პროცესში — საძოვრული და დეტრიტული კვების ჯაჭვებით.

ჰოლოზოინური ტროფიკული ჯაჭვები წყლის ბიოცენოზებში არსებითად სხვაა, ვიდრე ხმელეთის გაერთიანებებში. უპირველეს ყოვლისა, ნივთიერებისა და ენერგიის ტრანსფორმაციაში მათი როლი შესამჩნევად დაბალია, ვინაიდან ჰიდრობიონტთა მნიშვნელოვანი ნაწილი ოსმოსურად იკვებება, სულ სხვა აღმოჩნდა ჰოლოზოინური ჯაჭვების სტრუქტურაც. წყალმცენარეთა მნიშვნელოვანი ნაწილი და განსაკუთრებით წყლის უმაღლესი მცენარეები, რომლებიც ნაკლებად ვარგისია საკვებად ცოცხალი სახით, კვდომის შემდეგ იქცევა დეტრიტად, რომლითაც იკვებება ჰიდრობიონტთა უდიდესი ნაწილი.

დეტრიტის დაგროვება, განსაკუთრებით ფსკერის დანალექებში, ასტიმულებს ბიოცენოზებში ანაერობული და აერობული გახრწნის ჯაჭვების წარმოქმნას. მის ფორმირებაში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიებსა და სოკოებს. მართალია, ამ უკანასკნელთა როლი სუსტადაა შესწავლილი, მაგრამ ალბათ იგი მეტად დიდიცაა, ვინაიდან ამის შესახებ მსჯელობის უფლებას

იძლევა წყლისა და გრუნტის სისქეში სოკოების სიუხვე (იხ. III თავი). ნაჩვენებია, მაგალითად, რომ ლერწმის ფოთლების გახრწნაში სოკოებისა და ბაქტერიების მნიშვნელობა თითქმის ერთნაირია, კერძოდ, ამა თუ იმ ორგანიზმის მიერ ჟანგბადის საერთო მოხმარება მსგავსია. წყალსატევთა ტროფულობისა და გაჭუჭყიანების გაზრდით შეინიშნება თავისებურად დამახასიათებელი ცვლილებები ნივთიერებისა და ენერგიის ტრანსფორმაციის დროს სხვადასხვა არხების სიმძლავრის თანაფარდობაში. ოლიგოტროფული წყალსატევების კვებით ქსელში დომინირებს ძოვითი ჯაჭვები, დეტრიტული კი წარმოდგენილია სუსტად, ხოლო გახრწნის ჯაჭვები იკავებს დაქვემდებარებულ მდგომარეობას.

ტრანსფორმაციის ეფექტურობა. ორგანული ნივთიერებების რაოდენობა, რომელიც წარმოიქმნება ყოველ ტროფიკულ დონეზე, მნიშვნელოვნად ნაკლებია იმაზე, რომელიც პროდუცირდება დაბალი დონის ჰიდრობიონტებით. ერთი მხრივ, კონსუმენტები იყენებენ ყველა ორგანულ ნივთიერებას, რომლებიც სინთეზირებული იყო ადრინდელ დონეზე, მეორე მხრივ კი მოხმარებული ნივთიერება მხოლოდ ნაწილობრივ გამოიყენება კონსუმენტების მიერ საკუთარი სხეულის ასაშენებლად, ვინაიდან ისინი მნიშვნელოვანწილად მინერალიზდებიან დისიმილაციის პროცესში.

ზრდაზე საკვების გამოყენების დაბალი ხარისხი არ უნდა განიხილებოდეს, როგორც ორგანიზმ-კონსუმენტის მიერ ენერგიის ტრანსფორმაციის „არასრულყოფილების" მაჩვენებელი, როგორც მათი „ბიოლოგიური მქკ-ის" მახასიათებელი. აუცილებელია განცალკევდეს ენერგიის ტრანსფორმაციის ეფექტურობა და კონსუმენტების საჭიროებაზე ტრანსფორმირებული ენერგიის დანახარჯები. ამა თუ იმ დონის კონსუმენტების სახეობრივი სხვადასხვაობის გაზრდით ბიოცენოზის მიერ ტრანსფორმაციული სამუშაოს უმეტესი ნაწილის შესრულების ალბათობა იზრდება. მაგალითად, ნებისმიერი რაოდენობის მცენარეჭამია ცხოველების ერთი სახეობა, კვებითი ადაპტაციის შეზღუდულობის გამო ვერ შეძლებს შეჭამოს ნებისმიერი მცენარე მათი სხვადასხვა მორ-

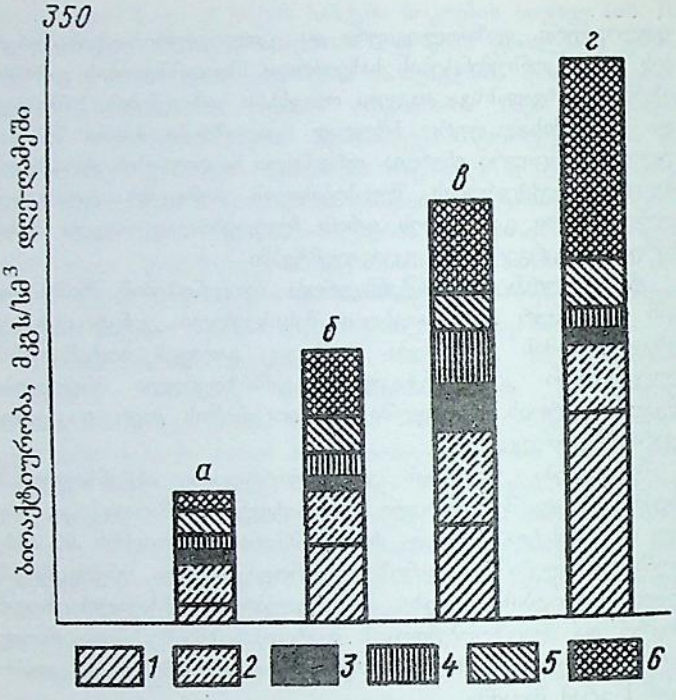
ფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ეკოლოგიური თავისებურებების გამო. კონსუმენტების სახეობრივი სხვადასხვაობის გაზრდით იზრდება სხვადასხვა საკვები ობიექტის გამოყენების საშუალება და შესაბამისად უფრო სრულად რეალიზდება მათში შემონახული პოტენციური ენერგია. ორგანული ნივთიერების ტრანსფორმაციის ეფექტურობის შეფასებისთვის მომდევნო ტროფიკულ დონეზე მისი გადასვლის დროს ჩვეულებრივად ათვლა მიმდინარეობს ენერგეტიკულ ეკვივალენტებში.

ტრანსფორმაციის ინტენსიურობა. ბიოცენოზების მნიშვნელოვან ფუნქციურ მახასიათებლად შესაძლებელია კინეტიკური ენერგიის ჯამის გამოყენება, რომელიც გადადის პოტენციურში, პოტენციური კი კინეტიკურში, განსაზღვრული მოცულობის წყალში დროის ერთეულში ან ბიოცენოზის მიერ დაკავებულ ფართის ერთეულზე.

მონაცემები ენერგიის ტრანსფორმაციის ინტენსიურობაზე თვით კარგად შესწავლილი წყალსატევების მიმართაც კი, არცთუ ისე ზუსტია. კერძოდ, ძალიან მწირია ან თითქმის არ არსებობს მასალები ბიოცენოზთა ტროფიკასა და ენერგეტიკაში რაოდენობრიობის როლზე არაჩვეულებრივად მრავალრიცხოვანი მიკრო და მეიოზოობენთოსის მიკროორგანიზმებზე. მათი რაოდენობა ხშირად გამოიხატება ათეულობით, ასეულობით და ათასობით 1 გრამ შლამში.

XI.10. ზღვებისა და კონტინენტური წყალსატევების ძირითადი ბიოცენოზები

ყოველი წყალსატევის ცოცხალი სამყარო მთლიანია, მასში არსებული ბიოცენოზები თანდათანობით გადადიან ერთიმეორეში და მათ შორის ზუსტი ზღვარის გავლება შეუძლებელია. ეს უფრო ძლიერდება ცხოველთა მოძრაობებით, ჰიდრობიონტთა ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიგრაციებით, ერთი პოპულაციის ინდივიდთა შესვლით სხვადასხვა ბიოცენოზში, საზღვრების



სურ. 33. ბიოაქტიურობის მახასიათებელში შემავალი პროდუქტულობის პროცესის ცალკეული რგოლების თანაფარდობა (ოლის მიხედვით, 1958):

1 - მთლიანი პროდუქცია, 2 - სუფთა პროდუქცია, 3 - ორგანული ნივთიერება, დამარხული ნალექებში, 4 - ორგანული ნივთიერების დაშლა ნალექებად, 5 - ჰიპოლიმნიონში დესტრუქცია, 6 - ეპილიმნიონში დესტრუქცია (*ა* - არქტიკული ტბები, *ბ* - ალპური, *ვ* - საშუალო ზოლის ტბები, *გ* - ტროპიკული)

გარკვეული გამოხატულებით ცალკეული წყლის მასებს შორის და პელაგიური გაერთიანებების ბიოტოპებით. ვინაიდან ვხელმძღვანელობთ ბიოტოპური, ბიონომიკური, გეოგრაფიული და სხვა პრინციპებით, მთელი წყალსატევის ფარგლებში ხერხდება უფრო მსხვილი გაერთიანებების გამოვლენა და ისიც იქ, სადაც ისინი თვითონ ეწყობიან. ბიოცენოზების გამოყოფის პრინციპთან შესაბამისობაში ისინი იყოფიან ბიოტოპიკური ნიშნით (კლდის, ქვიშის, ლითარალის და ა.შ. ბიოცენოზები), ბიონომიკური-დომინანტი სახეობების, სასიცოცხლო ფორმების (მაგალითად, სესტონოფაგები და სხვა) ან გეოგრაფიული რაიონის მიხედვით. (მაგალითად, „ცენტრალური ბარენცის ზღვის", „აღმოსავლეთ ბარენცის ზღვის" და ა.შ.).

მსოფლიო ოკეანის ბიოცენოზები. ფუნქციურად სრულწევრიანი ბიოცენოზები დამახასიათებელია შელფისთვის და ეპიპელაგიალისთვის. ისეთ სიღრმეებში, სადაც გამორიცხულია ფოტოსინთეზის წარმოება, ბინადრები წარმოდგენილია არასრულწევრიანი ბიოცენოზებით.

შელფის ბიოცენოზი. მსოფლიო ოკეანის სანაპირო რაიონები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან საარსებო პირობების საგანგებო სიჭრელით და შესაბამისად რთული ბიოცენოზური დანაწევრებულობით, განსაკუთრებით ლითორალზე. ბიოცენოზების შემადგენლობა აქ ძირითადად განისაზღვრება გრუნტის ხასიათით, ტალღების ზემოქმედებით, წყლისა და ჰაერის მასების თავისებურებით.

შელფების ბიოცენოზებში რიცხოვნობისა და ბიომასის მიხედვით ჩვეულებრივად მკვეთრად დომინირებენ ერთი ან რამდენიმე სახეობის ორგანიზმები. ეს ორგანიზმები ხდებიან ბიოტოპის მნიშვნელოვან ელემენტად სხვა ჰიდრობიონტებისთვის, ვინაიდან მათ აძლევს, კერძოდ, თავშესაფარსა და საკვებს, რის გამოც სახეობრივი სხვადასხვაობა და ბიოცენოზების ბიომასა მკვეთრად იზრდება.

ჩვეულებრივად შელფის ბიოცენოზური დანაწევრების დროს გამოიყოფა მსხვილი ბიოცენოზების არცთუ დიდი ჯგუფი, რომ-

ლის ფარგლებშიც განასხვავებენ მცირე მასშტაბის გაერთიანებებს. მაგალითად, შავ ზღვაში ს.ა. ზერნოვმა გამოავლინა ექვსი მსხვილი ბიოცენოზი: კლდის, ქვიშის, ზოსტერის, ლოკოკინის, მიდიისა და ვაზელინური შლამისა.

მარჯნის რიფები თავისთავად წარმოადგენს მაღალპროდუქტულ, კარგად დაბალანსებულ ეკოსისტემას ძლიერად განვითარებული სიმბიოტიკური კავშირებით.

მარჯნები დიდი რაოდენობით გამოყოფენ ლორწოს, რაც იცავს მათ დანაგვიანებისაგან და ერთდროულად ლექავს ორგანულ ნაწილაკებს, ამით აუმჯობესებს დეტრიტოფაგების კვების პირობებს. ტროფიკაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვთ მარჯნის ზედაპირზე გაბარდული ჩრდილის მოყვარულ მწვანე წყალმცენარეებს, რომელთა უჯრედები მდიდარია ქლოროფილით. რიფები მრავალრიცხოვანი კიბოსნაირების, კანქლიანების და ჭიების თავშესაფარია. მკვეთრად შელებილი თევზების ჯოგი ძოვს წყალმცენარეებსა და მარჯნებზე და იკვებებიან სესტონით. უფრო ღრმად იმალებიან ზვიგენები და მურენები.

გრუნტის პერიოდული გამოშრობა ლითორალური ბიოცენოზის ბიოტოპს ხდის უფრო რთულს, რადგან მათში შემავალი ორგანიზმები ურთიერთქმედებენ არა მხოლოდ გრუნტთან და წყალთან, არამედ ატმოსფეროსთანაც, ამინდის პირობებთან. ლითორალების ბიოცენოზების ბიომასა ჩვეულებრივ ძალიან დიდია, რაც პირველ რიგში დაკავშირებულია ფიტობენთოსის გაფუებასთან, რომელთა დაშლის პროდუქტებით მრავალი ცხოველი იკვებება.

ლითორალის ბიოცენოზები დამახასიათებელია სესილური ფორმების უმრავლესობისათვის. ერთი მხრივ, ამას ხელს უწყობს გრუნტების სიმაგრე, მეორე მხრივ კი უძრავი ცხოველებისთვის საკვების მიღების დიდი შესაძლებლობები.

გამოვლენილია ფსკერის ბიოცენოზის ოთხი ტროფიკული ტიპი, რომელთაც მიაკუთვნებენ ყველა ცნობილ გაერთიანებას: უძრავ და მოძრავ სესტოფაგებს, შემგროვებელ (დაშხარისხებელ) და გრუნტის განურჩევლად მყლაპველ (დაუხარისხებლად) დე-

ტრიტოფაგებს (Кузнецов, 1980). ბენტალის ბიოცენოტიკურ სხვადასხვაობაში (მრავალგვარობაში) რეალიზდება რაღაც უნივერსალური კანონზომიერება, რომელიც მსოფლიო ოკეანის ყველა რაიონისათვის ერთნაირია. ერთნაირი პირობების ჰიდროდინამიკურ, ედაფურ და სხვა უბნებში კონვერგენტულად წარმოიქმნებიან მსგავსი ბიოცენოზები („იზოგაერთიანება"), რომლებიც ერთიმეორის პარალელურად არსებობენ. თითოეულ ასეთ გაერთიანებაში დომინირებენ კვების მსგავსი წყაროსა და ხერხების მქონე ფორმები. მსგავსი (პარალელური) გაერთიანება-ანალოგების კომპლექსები წარმოქმნიან ტროფიკულ ზონებს, რომელთა განაწილების წესი სპეციფიკურია ზღვის წყალსატევების ყოველი ტიპისთვის. ტროფიკული ზონები ფსკერის ფაუნის განაწილებაში ქმნიან ცირკუმკონტინენტურ და ვერტიკალურ ზონებს, ნალექებისა და შეწონარებული მასალის განაწილების მსგავსად.

ტროფიკული ზონები განსაზღვრული თანამიმდევრობით მონაცვლეობენ, რაც სქემატურად შემდეგი სახით გამოიხატება: ქვიან სანაპიროზე უმეტესად გამოხატულია უძრავი სესტოფაგების ფაუნა, შემდეგ მოჰყვება ცხოველების მოჭარბებითი ზონა, რომლებიც დეტრიტს აგროვებენ გრუნტზე და კიდევ უფრო ღრმად განლაგებული ზონა, რომელიც უპირატესად დასახლებულია გრუნტიჭამიებით.

წყალსატევების ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების თავისებურებამ შეიძლება ზონების მონაცვლეობის წესში შეიტანოს ცვლილებები. წყალმარჩხჩაკეტილ ზღვებში ჩვეულებრივად შეინიშნება ტროფიკული ზონების ერთჯერადი მონაცვლეობა, ღრმაწყლიანებში კი — მრავალჯერადი.

მსოფლიო ოკეანის ვიწრო შელფები დაფარულია აქტიური წყლებით, ფართოები კი დასუსტებული ჰიდროდინამიკის წყლებით (Кузнецов, 1975). შესაბამისად, ფართო შელფებზე, ნაპირებზე, ან შუაში მეტად თუ ნაკლებად გამოსახულია შლამური დანალექების დაგროვების ზონა. ვიწრო შელფებზე ეს ზონა

ძალიან შევიწროებულია, გადახრილია ფერდობის ქვემო ჰორიზონტებისაკენ, ან სრულადაც არ არსებობს.

პელაგიალის ძირითადი ბიოცენოზები. მსოფლიო ოკეანის პელაგიალი შედგება წყლის ცალკეული მასებისაგან, რომლებიც განსხვავდებიან წარმოშობითა და ჰიდროლოგიური მახასიათებლებით (სიღრმის მიხედვით, ტემპერატურის, მარილიანობით და სხვა). წყლის ყოველი მასა, რომელიც შენახულია დიდი ხნის განმავლობაში, თავისთავად წარმოადგენს ბიოტოპის მახასიათებელს, რომელთანაც ერთად შეიძლება მხოლოდ თანაარსებობდეს განსაზღვრული გაერთიანებები. პელაგიალის დასახლება შედგება ბიოცენოზების შედარებით არცთუ დიდი რიცხვისაგან, ვინაიდან ღია ოკეანეში მდგრადია მხოლოდ წყლის ის მასები, რომლებიც იმყოფებიან ფართომასშტაბიანი წრებრუნვის ფარგლებში; სხვა წრებრუნვები, რომლებიც აღმოცენდებიან პერიოდულად, არ წარმოადგენენ ბიოტოპებს, რადგანაც საკუთარი არამდგრადობის გამო არ შეუძლიათ უზრუნველყონ ბიოცენოზების ფორმირება.

პელაგიალის ბიოცენოზები დიდადაა დამოკიდებული ეკოსისტემების აბიოტური კომპონენტის მდგომარეობაზე და ამით შესამჩნევად განსხვავდებიან ფსკერის ბიოცენოზებისაგან, რომელთა დიდი მდგრადობაც განისაზღვრება არეზე მიმართული ზემოქმედების ძლიერად გამოსატული უნარით. პელაგიალში ორგანიზმები წყალში ჩაძირულნი არიან, რის ძირითად თვისებაზეც ის გავლენას არ ახდენს და მით უფრო, რომ არ ცვლის რაიმესადმი მიმართულად. მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში გამოყოფენ **ნერიტული და ოკეანური ზონის** ბიოცენოზს. პირველისთვის დამახასიათებელია ჰეტეროტროფული ფორმების დიდი რაოდენობა, რომლებიც ბინადრობენ ფსკერზე ერთ სტადიაზე, ხოლო მეორეზე კი წყლის სისქეში. პლანქტონურ მცენარეებს ხშირად აქვთ ჩანასახები, რომლებიც უძრავად არიან ფსკერზე, ხოლო ცხოველების უმრავლესობა პლანქტონში წარმოდგენილია მხოლოდ მატლებით. ფიტოპლანქტონისთვის, შეძლებისდაგვარად საშუალო განედებში, დამახასიათებელია

რიცხოვნობის მაქსიმუმებისა და მინიმუმების მკაფიოდ გამოხატული რიგითობა. როგორც წესი, წლის განმავლობაში შეინიშნება ორი აფეთქება: ერთი, უფრო ძლიერი, გაზაფხულობით, მეორე კი გვიან – ზაფხულში. მეორე შესაძლებელია, არც იყოს. უმეტესად მასობრივი ფორმები მიეკუთვნებიან დიატომეებს და დინოფლაგელატებს.

ფიტოპლანქტონი ნერიტულ (სანაპირო) ბიოცენოზებში ყველა განედურ ზონაში რაოდენობრივად უფრო მდიდარია, ვიდრე ოკეანურში. ძირითადად ეს დაკავშირებულია სანაპირო წყლების ძლიერ არევ-დარევასთან, რაც გამოწვეულია გარეკვა-მორეკვის მოვლენებით. გარკვეული მნიშვნელობა აქვს მდინარის წყლებით ბიოგენების გამოტანას ნაპირზე. ზოგიერ განედებში ფიტოპლანქტონის მასობრივი განვითარება ნერიტულ ბიოცენოზებში იწყება ადრე, ვიდრე ოკეანისაში, რადგანაც წყლის შრეების მდგრადობა ღია უბნებში უფრო გვიან მყარდება.

მსოფლიო ოკეანის ნერიტული და ღია ზონის შრის საზღვრებში შესაბამისად ყველაზე უფრო მსხვილ წრებრუნვებად გამოყოფენ გაერთიანების სრული შემადგენლობის ექვს ძირითად ტიპს (Беклемишев, 1969):

1. სამხრეთის ციცი წყლის (ყინულოვან-ნერიტული) გაერთიანება. გაერთიანება, რომელიც საერთოა სამი ოკეანისთვის, ხასიათდება ფიტოპლანქტონის განვითარებაში მკვეთრად გამოხატული სეზონური ციკლით, რომელშიც ჩვეულებრივია ცივი წყლის დიატომეები. ზოოპლანქტონში არ არსებობენ ფსკერის ცხოველების მატლები, ცოტაა ჰოლოპლანქტონიც. ტროფიკული ციკლი სუსტადაა დაბალანსებული, სხვადასხვა სეზონში სახეობრივი სხვადასხვაობა ძლიერ იცვლება;

2. ჩრდილოეთის ციცი წყლის გაერთიანება არსებობს ჩრდილო პოლარულ აუზში, ატლანტისა და წყნარი ოკეანეების ჩრდილო-დასავლეთის სანაპირო ზოლებში და მათ ზოგიერთ ზღვაში. პირველად ფიტოპლანქტონში გამოვლინდებიან დიატომეები-კრიოფილები, მათ კვალზე სხვადასხვა ტალასიოზირები,

ზოგჯერ ქრიზომონადები. ზაფხულობით დომინირებს ქეტოცერასი პერიდინეებით;

3. სამხრეთის ზომიერი ცივი წყლის გაერთიანება. საერთოა სამივე ოკეანისთვის. ფიტოპლანქტონში დომინირებენ ოკეანის სახეობები, ნაწილობრივ სპეციფიკურები. სეზონური ცვლა გამოხატულია მკაფიოდ, კრიოფილები გვეელინებიან გაზაფხულის ეფემერებად. ფიტო და ზოოპლანქტონის ბიომასა მნიშვნელოვანია. ზოოპლანქტონის მაქსიმუმი დგება ფიტოპლანქტონის მაქსიმუმის შემდეგ, ორგანიზმთა რიცხოვნობის სეზონური მერყეობა მნიშვნელოვანია. ვერტიკალში გაერთიანება სუსტადაა სტრატიფიცირებული, ტროფიკული ციკლი სუსტადაა დაბალანსებული;

4. ჩრდილოეთის ზომიერად ცივი წყლების გაერთიანებები წყნარ ოკეანეში ხასიათდება ფიტოპლანქტონის დაბალი, ხოლო ზოოპლანქტონისა მაღალით ბიომასით (მცირე სახეობრივი განსხვავების პირობებში). ზოოპლანქტონში დომინირებს ნიჩაბფეხიანების საშუალო და უფროსი ჯგუფები და მათ მიერ წყალმცენარეების ძლიერ ამოჭმა ხელს უშლის გაზაფხულის აფეთქებას. პლანქტონის რაოდენობის სეზონური მერყეობა მცირეა, სეზონური ციკლი კარგად დაბალანსებულია, ვერტიკალში გაერთიანება სუსტადაა სტრატიფიცირებული. ატლანტის ოკეანეში იგი განსხვავდება ზოოპლანქტონის დიდი ბიომასით, ფიტოპლანქტონის მასობრივი განვითარებით, ერთი სახეობის პლანქტონური ფიტოფაგების დომინირებით. ფიტოპლანქტონი არასაკმარისად ამოიჭმება, სეზონური ციკლი არაა დაბალანსებული;

5. სითბური ოლიგოტროფული გაერთიანება განლაგებულია ტროპიკულ წრებრუნვაში (ორ-ორი წყნარ და ატლანტის ოკეანეებში, ერთი კი ინდოეთისაში) და იკავებს დიდ ფართობებს. ფიტო- და ზოოპლანქტონის ბიომასა ცოტაა, სახეობრივი სხვადასხვაობა ძალიან დიდია, მკვეთრად დომინირებადი სახეობები არ არის, ჭარბობენ წვრილ-წვრილი ცხოველები გენერაციის დიდი რიცხვით. ზოოპლანქტონის მაქსიმუმი შეინიშნება ფიტოპლანქტონის მაქსიმუმის შემდეგ, მტაცებელთა ფარდობითი

მნიშვნელობა დიდია. ფიტო და ზოოპლანქტონის რაოდენობის სეზონური მერყეობა მცირეა, სეზონური ციკლი კარგადაა დაბალანსებული. ვერტიკალზე გაერთიანებები ძლიერადაა სტრატიფიცირებული (შრეებად დაფენილი).

XI.11. თბილი წყლის ევტროფული გაერთიანებები

თბილი წყლის ევტროფული გაერთიანებები განლაგდებიან ტროფიკულ წრებრუნვებში, ისინი კარგადაა გამოხატული ყველა სამი ოკეანის ეკვატორულ ზონაში და შეიცავენ მრავალ სპეციფიკურ ფორმას. წყალმცენარეთა ბიომასის დამოკიდებულება ზოოპლანქტონის ბიომასასთან უფრო მაღალია, ვიდრე სუბტროპიკულ გაერთიანებებში, ცალკეული სახეობის დომინირება ძლიერადაა გამოხატული. ზოგჯერ შეინიშნება ტროფიკული ციკლის ცუდი დაბალანსება. დამახასიათებელია აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ პროდუქტულობის შემცირება, იგი ძირითადად დაკავშირებულია ტემპერატურული ნახტომის შრის განლაგების სიღრმის თანდათანობით გაზრდასთან.

XI.12. კონტინენტური წყალსაცავების ბიოცენოზები

კონტინენტური წყალსატევების უდიდესი ზომები, როგორც წესი, გამორიცხავს მათი ბიოცენოზების მნიშვნელოვან დიფერენციას. მხოლოდ ძალიან დიდ ტბებსა და მდინარეებში შეინიშნება პირობების არსებითი ცვლა, რაც განპირობებულია წყალსატევების გაყოფით გეოგრაფიულ უბნებად. ამასთან ერთად, კონტინენტური წყალსატევების ერთიმეორისაგან იზოლაციის მაღალი ხარისხი, თითოეულ მათგანში რეჟიმის თავისებურება და სახმელეთო გარემოცვასთან დიდი დამოკიდებულება, რომელიც უამრავი ფაქტორის გამო ძლიერ ვარირებს, ქმნის არსებით განსხვავებას ჰიდრობიონტთა გაერთიანებებს შორის თვით ახლომდებარე წყალსატევებშიც კი.

მდინარეთა ბიოცენოზები. ერთი წყალსატევის ფარგლებში ფაქტორების ყველაზე დიდი ვარირება დამახასიათებელია მდინარეებისათვის და მათ ბიოტოპურ სხვადასხვაგვარობას შეესაბამება მნიშვნელოვანი ბიოცენოზური დანაწევრება. კერძოდ, არსებით ცვლილებებს განიცდის მდინარეთა პლანქტონი ზემო წელიდან ქვემო წელის მიმართულებით.

ქვევით, მდინარის დინების მიმართულებით პელაგიალის ბიოცენოზები განიცდიან კანონზომიერ ტრანსფორმაციას. წყლის დინების სიჩქარის დაცემისა და მისი დაწმენდის შესაბამისად ვაკის მდინარეების ფიტოპლანქტონი მდიდრდება, მათ მიერ წარმოქმნილი საკვების რაოდენობა იზრდება; დომინირებულ მნიშვნელობას იძენენ კიბოსნაირები. მდინარეში პელაგიალური გაერთიანებების კანონზომიერი ცვლა დაკავშირებულია კალაპოტში მუხლებისა და ჩქერების მორიგეობასთან. მუხლებში, სადაც წყალი იწმინდება (უფრო ნათელი ხდება), ავტოტროფული კომპონენტის ბიომასა, როგორც შედარებითი, ასევე აბსოლუტური მაჩვენებლებით იზრდება, ჰეტეროტროფულ კომპონენტში მატულობს კიბო-ფილტრატორების როლი. მსგავსი სურათი შეინიშნება ძირითადი კალაპოტის შენაკადებისკენ და ყურეებისაკენ გადასვლისას.

გამჭვირვალე წყლების დაბლობის მდინარეებში, რომლებშიც ავტოტროფები პროდუცირებენ ორგანული ნივთიერებების ცხოველების მიერ, უტილიზაციის ხარისხი შორსაა მაქსიმალურისაგან, უმნიშვნელოვანესი რაოდენობა წყალმცენარეებისა და მათი დაშლის პროდუქტები ხვდება ფსკერზე. ეს ქმნის ხელსაყრელ პირობებს გრუნტიჭამიებისთვის და დეტრიტოფაგებისთვის. მდინარეებში ან მათ ძლიერ ამღვრეულ წყლიან ზოგიერთ უბანში პელაგიალის ბიოცენოზები უკიდურესად ღარიბნი არიან პროდუცენტებით და მაკროკონსუმენტებით, იმ დროს, როცა მიკროკონსუმენტების შეფარდებითი როლი იზრდება (ალოქტონური ორგანული მასის განვითარების ხარჯზე).

მდინარეების ბიოცენოზებში ავტოტროფული კომპონენტი, როგორც წესი, ტრანსფორმირებული ენერგიის რაოდენობით მნიშვ-

ნელოვნად ჩამორჩება ჰეტეროტროფულს. მაგალითად, მდინარე ვოლგის სხვადასხვა უბანზე დესტრუქცია პროდუქციაზე 4-7-ჯერ უფრო მაღალია. მრავალჯერადი სიჭარბე დაკავშირებულია მდინარეში წყალგამშვები მოედნიდან ალოქტონური ორგანული ნივთიერებების მდინარეში მოხვედრასთან.

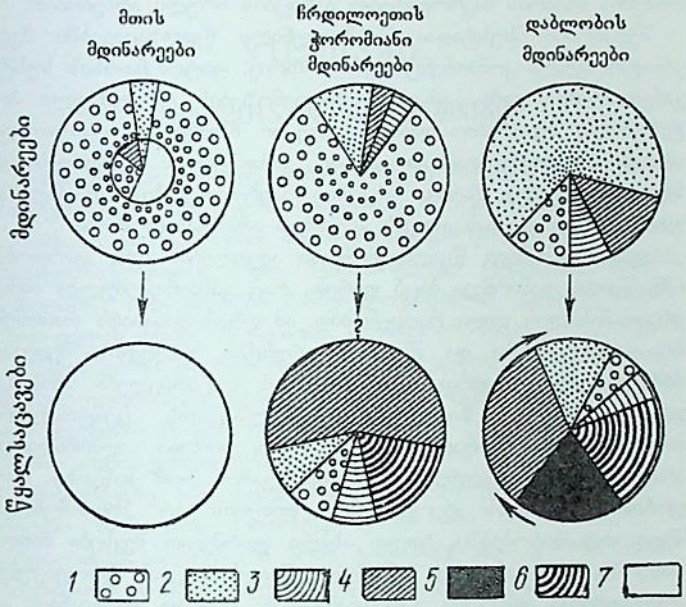
ტბების ბიოცენოზები. მდინარეებისგან განსხვავებით ტბებში ბიოცენოზების ავტოტროფული კომპონენტი მნიშვნელოვანწილად წარმოდგენილია ფიტობენთოსით, განსაკუთრებით წყალსატევთა სანაპირო ზოლში, სადაც ჩვეულებრივად ძლიერი უმაღლესი მცენარეების ბარდებია. მაკროფიტების კვდომის შედეგად ლითორალის, სუბლითორალის და ნაწილობრივ პროფუნდალის გრუნტებზე გროვდება დეტრიტის უზარმაზარი რაოდენობა. ამასთან დაკავშირებით ტბათა გაერთიანებებში კარგადაა გამოხატული კვების დეტრიტული ჯაჭვები. წყლის მაღალი გამჭვირვალობა და მასში საკმაო რაოდენობის ბიოგენები უზრუნველყოფს სხვა ავტოტროფული კომპონენტის ფიტოპლანქტონის განვითარების მაღალ სარისხს. ამის შედეგად ტბათა გაერთიანებები განსხვავდებიან მაღალი სარისხით, ბიომასით, თუმცა, როგორც ჩანს, მრავალგვარობით მაინც ხშირად ჩამორჩებიან მდინარეებისას. ჩვეულებრივად ტბებში გამოყოფენ პროფუნდალის ბიოცენოზებს, რომელთაც უჭირავთ ტბის ძირითადი ქვაბული, ლითორალის ბიოცენოზებსა და ტბის წყლის სისქის ბიოცენოზებს.

პროფუნდალში არაა უმაღლესი მცენარეები, გრუნტი შლამიანია და ტბათა უმრავლესობა აქ ფორმირდება შედარებით ღარიბი სახეობებით — დიდ სივრცეზე ერთგვაროვანი პელოფილური ბიოცენოზის ძირითადი კომპონენტი ქირონომიდების მატლებია, უფრო ღრმა და ცივ ტბებში — წვრილი ორთოკლადინები, დიამეზინები და ტანიტარზინებია, ნაკლებად ღრმა და ცივებში — მსხვილი ქირონომიდები. მოლუსკებიდან დამახასიათებელია წინწკალების სხვადასხვა სახე, მიკრობენთოსში — ნემატოდები, ზოგიერთი სახე ნიჩაბფეხიანებისა და იშვიათად ნიჟარებიანი კიბოებისა. შუა აზიის, ალტაისა და სხვა ადგილების

მთების ღრმა ტბებში ჩვეულებრივია გვერდულების სხვადასხვა სახე. მნიშვნელოვანი რაოდენობით ვითარდებიან ბაქტერიები.

წყლის სისქის ბიოცენოზები რამდენადმე განსხვავდებიან ტბის ცენტრალურ და სანაპირო რაიონებში. პროდუცენტები ძირითადად წარმოდგენილია ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებით და ავრეთვე მწვანე წყალმცენარეებით, დიატომეებითა და პერიდინული წყალმცენარეებით, კონსუმენტები კი ინფუზორიებით, ულვაშიანებით, ნიჩაბფეხიანი კიბოსნაირებითა და თევზებით, ხოლო მიკროკონსუმენტები ბაქტერიებითა და სოკოებით. თბილი წყლების ტბებში უკეთესად ვითარდებიან ულვაშიანები, ცივებში კი ნიჩაბფეხიანები და ციბრუტელები, რომლებიც უფრო დამახასიათებელია ღრმა ტბებისათვისაც. ტბების ცენტრალურ ნაწილში პლანქტონური გაერთიანებები ღარიბია სანაპიროსთან შედარებით, როგორც მრავალგვარობით, ისე ბიომასით. ტბის ღია ნაწილის ყველა ბიოცენოზისათვის ტიპურია, პროდუქციასთან შედარებით, დესტრუქციის სიჭარბე, რაც წარმოადგენს წრებრუნვაში ალოქთონური წარმოშობის დამატებითი ორგანიკის შემოსვლის შედეგს. რაც უფრო წყალმცირეა ტბა, ხოლო მისი ზედაპირი შედარებით ფართო, მით უფრო დიდ როლს ასრულებენ ლითორალის ბიოცენოზები, რომლებშიც ამჯერად პროდუქცია უფრო მაღალია დესტრუქციაზე და შესაბამისად, იზრდება მთელი წყალსატევის ტროფულობა.

წყალსაცავების ბიოცენოზები. წყალსაცავებისთვის, რომლებშიც შერწყმულია ტბებისა და მდინარეების მრავალი ნიშანი, დამახასიათებელია როგორც რეოფილური, ასევე ლიმნოფილური ბიოცენოზები. ვინაიდან პირველები, მეტად თუ ნაკლებად, გადარჩნენ მდინარის დინების დარეგულირების შემდეგ და არსებობენ წყალსატევთა ზემო წელში, მეორენი უმეტესად გამოხატულები არიან კაშხალისპირა უბნებში. რეოფილურ გაერთიანებებს შორის უფრო ხშირად გვხვდებიან პელორეოფილურები, ნაკლებად პსამოფილურები და ლითორეოფილურები. თავისი საწეობრივი შემადგენლობით და ტროფიკული სტრუქტურით ისინი ახლოს არიან შესაბამისი მდინარის ბიოცენოზებთან.



სურ. 34. სხვადასხვა თვისების მდინარეებსა და წყალსაცავებში ფსკერის ფაუნის ფორმირების სქემა (ჟადინი, 1950 წლის მიხედვით):
ბიოცენოზები: 1 - ლითორალური, 2 - პსამოფილური, 3 - ფიტორეოფილური, 4 - პელორეოფილური, 5 — პელოფილური, 6 — ფიტოფილური, 7 — არ არის ფაუნა

წყალსატევებისთვის უფრო დამახასიათებელი ლიმნოფილური გაერთიანებები შესამჩნევად განსხვავდებიან ტბებისაგან სუსტი ან თითქმის ნაპირის მაკროფიტების ბარდების სრული არსებობით.

შედარებით სუსტადაა წარმოდგენილი წყალსაცავებში ჰეტეროტროფული კომპონენტი. ერთი მხრივ, ფიტობენთოსის სუსტი განვითარების გამო, ფსკერის ბიოცენოზების ტროფიკული პოტენციალი შედარებით დაბალია, თუ არ ჩავთვლით ალოქთონურ ორგანიკას, რომელთაც ძირითადად, გამოიყენებენ ბაქტერიები და სოკოები; მეორე მხრივ, ფსკერის გაერთიანებების არსებობაზე უარყოფით გავლენას ახდენს გრუნტის არასტაბილურობა.

ღელვის შემდეგ წყალმცენარიანი ადგილების დიდ ფართობებზე წყალი განირჩევა ბაცი ფერით, რაც განპირობებულია ამმღვრეული მასალის დიდი რაოდენობით. ამ დროს განაპირა რაიონებში გამორეცხვისა და შემდგომ გრუნტის დალექვის შედეგად მიმდინარეობს ფსკერის გაერთიანებების დაცარიელება. ამისაგან გარკვეულწილად ზარალდებიან წყალსაცავის ცენტრალური ბიოცენოზები. ხშირად ფსკერის ბიოცენოზები აღმოჩნდებიან არასაკმარისად გაჯერებულები იმის გამო, რომ საწყისი ბიოფონდი (მდინარის რეოფილები) თითქმის არ შენარჩუნდება შეცვლილ პირობებში, ხოლო ახალი ფორმებით შევსება მიმდინარეობს ნელა. ამრიგად, არსებული წყალსაცავების ტროფიკული პოტენციალი ფსკერის გაერთიანებებში ხშირად მთლიანად არ გამოიყენება.

XII თავი

წყალთა ეკოსისტემები

ენერგიის გარედან მიწოდების ხარჯზე ბიოცენოზების ურთიერთქმედებისას უძრავ კომპონენტებთან ხორციელდება წრებრუნვა. ამასთან დაკავშირებით ბიოსფეროში გამოყოფენ ერთმანეთისგან მეტ-ნაკლებად კარგად შემოფარგლულ ცალკეულ უბნებს, რომლებშიც ბიოცენოზები მნიშვნელოვანწილად კეტავენ თავისი მასის ცვლას მკვდარ ბუნებათან. ბიოსფეროს მსგავსმა რგოლებმა ანუ „ბლოკებმა" მიიღეს სხვადასხვა სახელწოდება, რომელთაგან ამჟამად უფრო მეტად გამოიყენება ეკოსისტემა (Тенсли, 1935) და ბიოცენოზი (Сукачов, 1945). პირველ ცნობებს აქვს უფრო ფართო აზრი, ვინაიდან იგი ვრცელდება არა მხოლოდ ბუნებრივ წარმონაქმნებზე. ასე მაგალითად, შეიძლება ვილაპარაკოთ კოსმოსური ხომალდის ეკოსისტემაზე და არა მის ბიოცენოზზე. გარდა ამისა, ბიოცენოზი არის განსაზღვრული ქოროლოგიური (სივრცითი) ერთეული, ეკოსისტემა კი განუსაზღვრელია. თანაბარი უფლებით შეიძლება ვილაპარაკოთ, მაგალითად, მსოფლიო ოკეანის, ან ერთ-ერთი მისი ზღვის, ანდა ამ უკანასკნელის რომელიღაც უბის ეკოსისტემაზე. ზემოთ აღნიშნულ და ზოგიერთ სხვა მიზეზთა გამო ჰიდრობიოლოგიაში უპირატესად ხმარობენ ეკოსისტემის ცნებას.

ეკოსისტემები ხასიათდებიან სტრუქტურული და ფუნქციური ორგანიზაციის განსაზღვრული დონით. მათი სტრუქტურა დამოკიდებულია ურთიერთდაკავშირებულ გახვებულ და ცოცხალ კომპონენტთა სივრცითი განაწილების თავისებურებებზე და აგრეთვე ვერტიკალსა და ჰორიზონტალში ჰიდროსფეროს თერმოდინამიკურ მახასიათებლებზე.

XII.1. წყლის ეკოსისტემების სტრუქტურული და ფუნქციური თავისებურებები

ეკოსისტემის სტრუქტურა, ისევე როგორც ბიოცენოზებისა, შეიძლება განვიხილოთ მასში შემავალი კომპონენტების შემადგენლობით, ან ამ კომპონენტების სივრცითი განლაგებითა და მათ შორის ურთიერთდამოკიდებულების ერთობლიობით. ყოველ მოცემულ ასპექტში წყალთა ეკოსისტემები ძლიერ განსხვავდებიან ხმელეთისაგან. არანაკლებად განსხვავდებიან ისინი საკუთარი ფუნქციური მახასიათებლებითაც.

სტრუქტურული თავისებურებები. ეკოსისტემების ცოცხალი და არაცოცხალი კომპონენტები ფუნქციონირებენ როგორც ერთიანი ბუნებრივი სხეული და ერთ-ერთი მათგანის ცვლილება იწვევს განსაზღვრულ ცვლილებებს მეორეში. ამ ერთიანობაში წამყვან კომპონენტად გვევლინება ბიოცენოზი და სწორედ ეს მდგომარეობა უნდა იყოს ეკოსისტემური პროცესების მართვის თეორიის საფუძველი. ეკოსისტემის სტრუქტურის სტაბილურობა უნდა შენარჩუნდეს ცოცხალ და გახევებულ კომპონენტებს შორის უკუკავშირის სისტემით. მაგალითად, ფოსფორის ან აზოტის მარილების კონცენტრაციის შემცირება წყალში გაძლიერებული ფოტოსინთეზის შედეგად იწვევს ამ უკანასკნელის შესუსტებას.

წყალთა ეკოსისტემების სტრუქტურა რთულდება იმით, რომ მათი გახევებული კომპონენტი ჩვეულებრივ წარმოდგენილია სამი და ზოგჯერ ოთხი ბუნებრივი სხეულით და არა ორით, როგორც ეს ხმელეთზე გვხვდება. ხმელეთის ორგანიზმები დაკავშირებული არიან ნიადაგთან და ჰაერთან. ჰიდრობიოცენოზებს შეიძლება ჰქონდეთ კომპონენტებად საკუთარი ბიოტოპი, წყალი, გრუნტი, ატმოსფერო (ლითორალი, ნეიტალი) და ყინულის საფარი. წყლის ეკოსისტემების გახევებული კომპონენტების სხვა თავისებურება, კერძოდ, მსოფლიო ოკეანისა არის განსაკუთრებული სიღრმე და ვერტიკალში რთული

დანაწევრება. ამ ეკოსისტემების ბიოტოპი თავისთავად წარმოადგენს ერთიმეორეზე დაგროვებულ წყლის მასებს, რომლებიც ერთმანეთისაგან ძლიერ განსხვავდებიან თავისი ჰიდროლოგიური მახასიათებლებით.

წყლის ეკოსისტემების სტრუქტურაზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის სპეციფიკური ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები. მათ მიეკუთვნებიან: სიმკვრივე, რომელიც უზრუნველყოფს წვრილი ჰიდრობიონტების შეწონადებულ მდგომარეობაში არსებობას; მაღალი სითბოგამტარობა, რომელიც არახელსაყრელია თბილსისხლიანი ცხოველებისთვის; დიდი თერმოსტაბილურობა, გამოსადეგი პოიკილოთერმული ორგანიზმებისათვის; მცირე ოპტიკური გამჭვირვალობა, რომელიც ზღუდავს სიღრმისკენ ფოტომასინთეზირებელი ორგანიზმების გავრცელებას; ჟანგბადის დაბალი კონცენტრაცია, ხშირად სუნთქვის დამხშობი და რიგი სხვა ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებისა, რომლებიც გავლენას ახდენენ ეკოსისტემურ პროცესებზე.

წყალთა ეკოსისტემები მკვეთრად განსხვავდებიან ხმელეთის ეკოსისტემისაგან, როგორც სტრუქტურული, ასევე ფუნქციური თვალსაზრისითაც. ორგანული ნივთიერების რაოდენობა, რომელიც წარმოიქმნება წყალმცენარეებით დროის ერთეულში მასის ერთეულზე, საკმაოდ მაღალია, ვიდრე ხმელეთის მაკროფიტებში. ეს ნიშნავს, რომ წყალთა ეკოსისტემებში ნივთიერებათა წრებრუნვის სიჩქარე მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე ხმელეთისაში. წყლის ეკოსისტემებში ცოცხალი ნივთიერების კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად დაბალია, ვიდრე ხმელეთისაში: მშრალი ნივთიერების ფართობის ერთეულზე გადაანგარიშებით 20-30 ათასჯერ, ნედლი ბიომასის მიხედვით 6-7 ათასჯერ. წყალმცენარეები შეიცავენ ბევრად უფრო დიდი რაოდენობით ცილებსა და ცხიმებს, ვიდრე ხმელეთის მაკროფიტები, რომლებშიც ჭარბობენ ნახშირწყლები (ცელულოზა, სახამებელი). ამიტომ, წყლის მცენარეჭამია ცხოველები, ხმელეთის ფიტოფაგებისაგან განსხვავებით, ადაპტირებული არიან ცილოვან საკვებზე, რასაც წარმატებით იყენებენ ენერგიის მოსაპოვებლად.

საყურადღებოა აღინიშნოს, რომ წყალმცენარეებით წარმოქმნილი ყველა ორგანული ნივთიერება წარმოდგენილია შედარებით იოლადშესათვისებელი ფორმირებით, იმ დროს, როცა მერქანი და ხმელეთის მცენარეების ზოგი სხვა ქსოვილი შესაძლებელია, გამოყენებულ იქნეს საკვებში მხოლოდ ზოგიერთი ცხოველის მიერ, ისიც მცირე რაოდენობით. ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული კომპონენტების შეფარდების შედეგები წყლის ეკოსისტემებში სრულებით სხვაა, ვიდრე ხმელეთისაში. მაგალითად, მსოფლიო ოკეანეში პროდუცენტების ბიომასა სავარაუდოდ 7-10 ათასჯერ ნაკლებია ხმელეთის ფიტომასაზე, იმ დროს, როცა ზოომასა ბიოსფეროს შესადარებელ ნაწილებში დაახლოებით ერთი რიგისაა.

XII.2. ცოცხალი და გახევებული კომპონენტების ურთიერთქმედება

ეკოსისტემა, თავისთავად, ბიოცენოზისა და ბიოტოპის მატერიალურ-ფუნქციური ერთობლიობაა, თითოეული კომპონენტის როლი მთლიანის თვისების განსაზღვრაში ძლიერ განსხვავებულია. ამასთან დაკავშირებით ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი თვისება წყალთა ეკოსისტემაში არის ცოცხალი და არაცოცხალი მასების სუბსტრატების რაოდენობრივი თანაფარდობა.

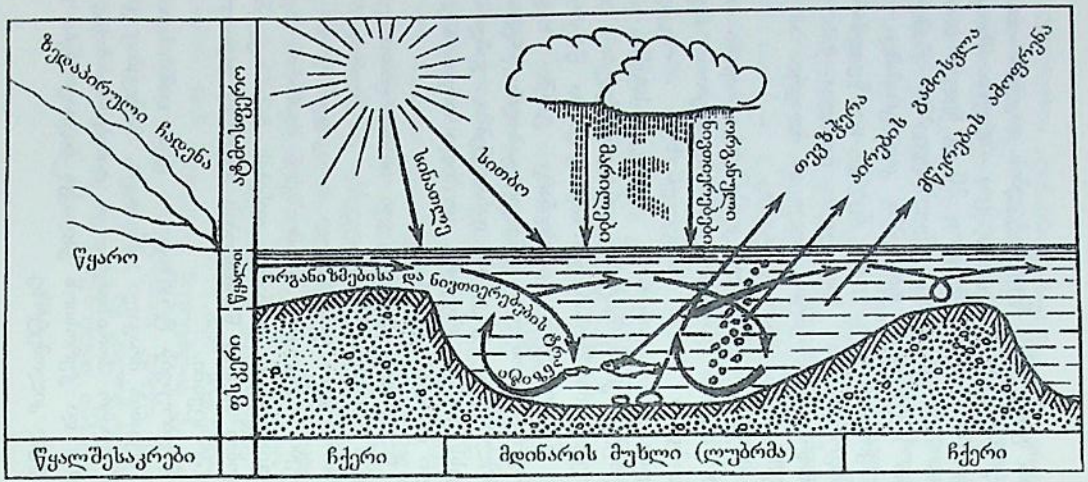
როგორც წესი, გახევებული კომპონენტები წყალთა ეკოსისტემებში წარმოდგენილია უფრო ძლიერად, ვიდრე ხმელეთისაში. ხმელეთზე ორგანიზმების საშუალო ბიომასა აღწევს 12-13 კგ/მ^2, ჰიდროსფეროში კი დაახლოებით 10გ-ს. (მშრალი მასა), რაც სავარაუდოდ, 1000-ჯერ ნაკლებია. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ხმელეთზე სიცოცხლის გავრცელება იზომება ვერტიკალში ათეული მეტრებით, ხოლო წყალში კი ჩვეულებრივ, ასეული მეტრებითა და კილომეტრებით, მაშინ ჰიდროსფეროში სიცოცხლის განუზომლად დაბალი კონცენტრაცია უფრო აშკარა გახდება.

ჰიდროსფეროს ფარგლებში წყალსატევების დაკლებასთან ერთად ცოცხალი კომპონენტის კონცენტრაცია იზრდება. მსოფლიო ოკეანეში $1 მ^3$ წყალზე მოდის საშუალოდ 20 მგ ნედლი ბიომასა, მსხვილ ტბებში კი გრამამდე, წყალსატევებში რამდენიმე გრამამდე, ხოლო თევზსაჭერ ტბორებში კილოგრამამდე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რაც უფრო მცირეა და წყალმარჩხია წყალსატევი, როგორც წესი, მით უფრო მაღალია მის ეკოსისტემაში ცოცხალი კომპონენტის როლი და ძლიერია ამ უკანასკნელის ზემოქმედება საკუთარ ბიოტოპზე.

წყალთა ეკოსისტემების ცოცხალი კომპონენტი თავისი მასით განუსაზღვრელად მცირეა გახევებულთან შედარებით, მაგრამ აქტიური და წამყვანი როლი ბიოგეოცენოზურ პროცესებში მაინც მას ეკუთვნის. უნდა აღინიშნოს, რომ ეკოსისტემის ცოცხალი და გახევებული კომპონენტების ურთიერთქმედების პროცესი არცთუ ყოველთვის შეესაბამება ნივთიერებათა წრებრუნვაზე შექმნილ წარმოდგენას. გაუმდინარე ტბაში ხვდება სხვადასხვა ნივთიერება, რომელთა ნაწილიც გამოდის წრებრუნვიდან და აკუმულირდება ფსკერის დანალექებში. გამდინარე ტბებში ამ პროცესს ემატება როგორც ცოცხალი ორგანიზმების, ასევე არაცოცხალი მასალის გამოტანა.

კიდევ უფრო ძლიერადაა გამოხატული ნივთიერებათა ციკლური მიგრაციიდან გადახრა წყალსატევებსა და მდინარეებში, რომელნიც დაკავშირებულია ტრანზიტულ ან ნაკადურ წრებრუნვასთან. ორგანიზმები, რომლებიც წარმოიშვნენ მდინარის ზედა ნაწილში, გადაადგილდებიან მდინარის დინების მიმართულებით და არ მონაწილეობენ თავისი წარმოშობის ადგილზე ნივთიერებათა წრებრუნვის პროცესში.

ნივთიერებათა წრებრუნვის ტრანზიტული ტიპი დამახასიათებელია მსოფლიო ოკეანის მრავალი უბნისთვის, რომლებიც განლაგებული არიან ძლიერ ჰორიზონტალურ დინებებში. მაგალითად, გოლფსტრიმსა და კუროსიოს გადააქვს ნივთიერებები და ორგანიზმები ათასეულ კილომეტრზე.



სურ. 35. მდინარეში ნივთიერებათა წრებრუნვის სქემა (ჟადინის და გერდის მიხედვით, 1961).

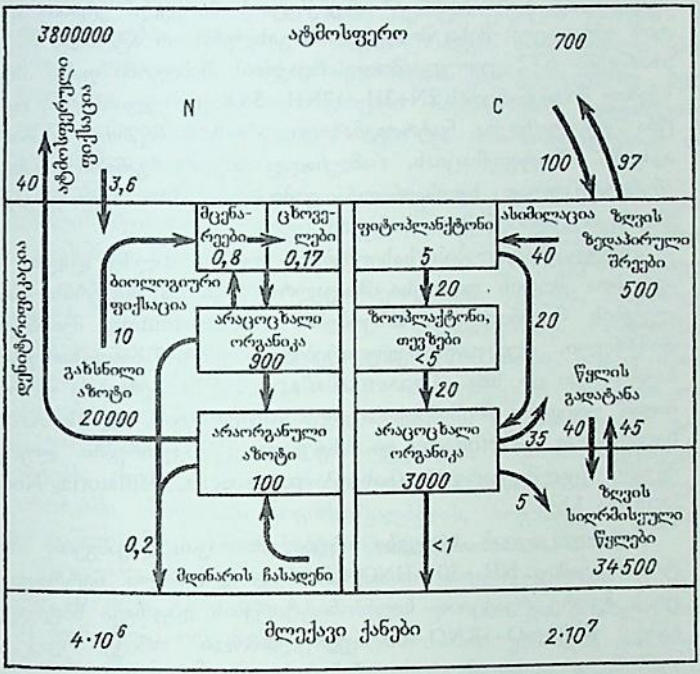
ეკოსისტემების მდგრადობა. სისტემას შეიძლება ეწოდოს მდგრადი, თუ იგი გამოირჩევა თავისი მდგომარეობის მუდმივობით. მეორე კრიტერიუმია ინერცია, მდგრადობა დარღვევებისადმი, მესამე კი „ელასტიურობა“-საწყის მდგომარეობაში დაბრუნების უნარი გარეგანი ძალებით მისი დაზიანების შემთხვევაშიც კი. მეოთხე კრიტერიუმია ამპლიტუდის ცვლილება გარეგან ზემოქმედებებზე საპასუხოდ, გადახრის სიდიდე, რომლის დროსაც სისტემას შეუძლია დაუბრუნდეს საწყის მდგომარეობას. ბოლოს, არსებითია პროცესების მუდმივობის ხარისხი, რომელსაც თან ახლავს სისტემის გადახრა და დაბრუნება საწყის მდგომარეობაში გარეგანი პირობების მრავალჯერადი ცვლილების დროს. სისტემების მდგრადობის განსაკუთრებული ფორმაა ცვლილებების ციკლურობა და სტაბილური ლიმიტირებული ციკლების არსებობა.

XII.3. ბიოგეოქიმიური ციკლები

ეკოსისტემების ცოცხალ და გახევებულ კომპონენტებს შორის მიმდინარეობს სხვადასხვა ელემენტების განუწყვეტელი ცვლა, რომელიც განპირობებულია ბიოლოგიური და გეოქიმიური პროცესების ურთიერთქმედებით. დაახლოებით 40 ქიმიური ელემენტი, რომელიც აღმოჩენილია ცოცხალ ორგანიზმებში, მისი დესტრუქციის შედეგად ხვდებიან გარემოში, ამა თუ იმ მოცულობით ერთვებიან ეკოსისტემების აბიოტური კომპონენტების შემადგენლობაში. ცოცხალი ორგანიზმებისათვის ამ 40 ელემენტიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ჟანგბადს, წყალბადს, ნახშირბადს, აზოტს, გოგირდს და ფოსფორს, რომლებიც შედიან ცილების, ლიპიდებისა და ნახშირწყლების შემადგენლობაში. ორგანულ ნივთიერებათა საშუალო შემადგენლობა ჩამოთვლილ ელემენტებთან მიმართებაში გამოიხატება ფორმულით $H_{2960}O_{1480}C_{1480}N_{16}P_{18}S$. არაცოცხალ კომპონენტთან შედარებით ორგანული ნივთიერება კარბოქსილირებულია, ჰიდროგენიზირებულია და ჰიდრატირებულია.

ამ მრავალ ნივთიერებათაგან, რომლებიც მონაწილეობენ ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვაში, უდიდესი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს იმათ, რომლებიც, ერთი მხრივ, ცოცხალი ნივთიერებების მნიშვნელოვანი კომპონენტებია, ხოლო მეორე მხრივ კი არსებობენ არეში იმ რაოდენობით, რომლითაც ბიოსინთეზის ინტენსივობის ლიმიტირებას ახდენენ. ესენია, აზოტი, ფოსფორი, გოგირდი და ნახშირბადი. ბიოქიმიური ციკლების ცოდნა აუცილებელი პირობაა ეკოსისტემების მართვისათვის, განსაკუთრებით თუ გავითვალისწინებთ, რომ აზოტის და ფოსფორის მარილები სპეციალურად შეაქვთ მრავალ წყალსატევში, რათა მოიმატოს მათი სამეურნეო ათვისებისათვის ეფექტურობამ.

აზოტის წრებრუნვა. ატმოსფეროს მთელი მოცულობის 79% აზოტზე მოდის. იგი მოლეკულური ფორმით იმყოფება ჰიდროსფეროს მთელ ჰორიზონტებზე, თუმცა ორგანიზმთა დიდი უმრავლესობისათვის შესაძლებელია მისი ათვისება მხოლოდ ნაერთების სახით. აზოტის ჩართვა იმ ნაერთში, რომელიც გამოიყენება ორგანიზმების მიერ, იწოდება მის ფიქსაციად. აზოტის ნაერთები ჰიდროსფეროში წარმოდგენილია ძირითადად ნიტრატული, ნიტრიტული და ამინიუმის იონებით, ასევე ორგანული შენაერთებით, ცილების დაშლის მრავალრიცხოვანი პროდუქტების ჩათვლით (ამინომჟავები შარდოვანა და სხვა). ეკოსისტემებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიტრატულ და სხვა იონებს. ტერმინით ნიტრიფიკაცია აღნიშნავენ რეაქციის ჯაჭვს, რომლის საშუალებითაც ორგანიზმები ამონიუმის იონს ჟანგავენ ნიტრიტამდე ან ნიტრატამდე. დენიტრიფიკაცია არის პროცესი, რომლის დროსაც აზოტი აღდგება N_2-მდე. ამონიფიკაციაში აღიქმება რეაქციის ერთობლიობა, რომლის დროსაც აზოტორგანული ნაერთები გადადიან ამონიუმის იონში.



სურ. 36. ნახშირორჟანგისა და აზოტის წრებრუნვის სქემა
(ყველა სიდიდე მილიარდ ტონაშია)
(ბოლინის, 1972 და დელვიჩის მიხედვით, 1972).

აზოტფიქსაცია – ხორციელდება წყალსატევებში ავტო- და ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმებით, როგორც აერობულ, ისე ანაერობულ პირობებში. აზოტფიქსაციის პირველი ეტაპია აზოტის აქტივაცია: მისი მოლეკულის გახლეჩა ორ ატომად, რაზეც იხარჯება 672 კჯოული/მოლი. რეაქციის შემდგომი ფაზა ასეთი სქემით მიმდინარეობს $2N+3H_2 \rightarrow 2NH_3+53,8$ კჯოული/მოლი. რეაქცია კატალიზდება ნიტროგენაზათი. აზოტის ნაერთის თანაობა აკავებს აზოტფიქსაციას, რამდენადაც მიკროორგანიზმებისათვის ენერგეტიკულად ხელსაყრელია გამოიყენონ მზა ნივთიერებები, ვიდრე მოახდინონ მათი სინთეზი.

აზოტფიქსატორების სახეობებათა რიცხვი ძალზე დიდია. ანაერობთა შორის უდიდესი მრავალრიცხოვნებაა ფსკერის დანალექების მობინადრეთა სახეობებში (P.Clostridium), მეთანწარმომქმნელი, სულფატმარედუცირებელი, ფოტომასინთეზირებელი ბაქტერიები და სხვ. (Горленко и др., 1977). აერობთა ფორმებიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიების ოჯახს Azotobacteriaceae (Azotobacter და სხვ.) და განსაკუთრებით ლურჯმწვანე წყალმცენარეებს (სახეობა p.Anabaena, Osillatoria, Nodularia და სხვ).

ნიტრიფიკაციის პროცესი იწყება ამონიაკის დაჟანგვით აზოტის მჟავამდე: $NH_3+3O \rightarrow HNO_2+276$ კჯოული/მოლი. ნიტრიფიკაციის მეორე რეაქციით ხდება ნიტრიტების დაჟანგვა ნიტრატებამდე: $KNO_2+O \rightarrow KNO_3+63$ კჯოული/მოლი. ორივე რეაქციას თანმიმდევრულად ახორციელებენ ბაქტერიები P.Nitrosomonas და Nitrobacter, რომლებიც გამოთავისუფლებულ ენერგიას იყენებენ CO_2 აღსადგენად (ქემოსინთეზი).

დენიტრიფიკაცია მიმდინარეობს ანაერობულ პირობებში, რომლის დროსაც სხვადასხვა ნივთიერებათა დასაჟანგად (ენერგიის მისაღებად) მიკროორგანიზმები იყენებენ ნიტრატების ჟანგბადს მათგან აზოტის გამოთავისუფლებით. უდიდეს როლს დენიტრიფიკაციაში თამაშობენ ბაქტერიები – გვარი Pseudomonas. ზღვაში აღმოჩენილია ბაქტერია-დენიტრიფიკატორების ათობით სახეობა.

მტკნარ, განსაკუთრებით გაჭუჭყიანებულ წყლებში, არსებით როლს აზოტის გამოთავისუფლებაში თამაშობს ნაწლავის ჩხირი Escherichia coli. როგორც წესი, დენიტრიფიკაცია თითქმის არ მიმდინარეობს აერობულ პირობებში, რადგან თავისუფალი ჟანგბადის თანაობისას ორგანიზმებისათვის ენერგეტიკულად ხელსაყრელია გამოიყენონ ორგანული ნივთიერების დაჟანგვისას გამოთავისუფლებული ელექტრონები და არა ნიტრატებთან დაკავშირებული ჟანგბადი.

ამონიფიკაცია მიმდინარეობს ორგანიზმების მიერ ცილების დაშლის შედეგად, როგორც სხეულის შიგნით, ასევე მის გარეთ. უკანასკნელ შემთხვევაში პროტეოლიზური ფერმენტები, რომლებიც გამოიყოფიან მიკროორგანიზმების მიერ წყალში, აჰიდროლიზებენ ცილებს უფრო მარტივ მოლეკულებამდე, რომლებსაც შესწევთ უჯრედის შიგნით დიფუნდირების უნარი, სადაც ისინი იშლებიან და გამოიყოფა ამონიაკი. ამონიფიკაციის პროცესი თან ახლავს ყველა ორგანიზმის მეტაბოლიზმს. წყალსატევებში განსაკუთრებული როლი ენიჭება ბაქტერიებს, სოკოებს, აქტინომიცეტებს, რომლებიც შლიან ცილოვან ნივთიერებებს აერობულ პირობებში ამონიაკის, გოგირდწყალბადის, ორგანული მჟავების და დაშლის სხვა პროდუქტების წარმოქმნით.

მსოფლიო ოკეანეში მდინარეებით ყოველწლიურად შეიტანება 10 მლნ ტონა აზოტი იონური ფორმით და დაახლოებით 20 მლნ ტონა ორგანული ნაერთების სახით. ვინაიდან დანალექ ქანებში აზოტი მცირე რაოდენობითაა, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ბუნებრივი პროცესების მიმდინარეობის დროს მსოფლიო ოკეანეში დენიტრიფიკაცია აწონასწორებს აზოტის ფიქსაციას და მის შემოტანას ხმელეთიდან. სასუქების გამოყენებასთან დაკავშირებით წყალსატევებში გრუნტის წყლებითა და მდინარეებით მათი შემოტანის გამო, მკვეთრად გაიზარდა მისი რაოდენობა, ეს კი აძლიერებს მათ ევტროფიკაციას, რაც აუარესებს წყლის ხარისხს. ამასთან დაკავშირებით მიკროორგანიზმდენიტრიფიკატორების მოქმედება შეიძლება განვიხილოთ, როგორც სასარგებლო და შეიძლება საჭირო იყოს მისი ხელოვ-

ნური სტიმულაციაც. თუმცა პერსპექტიულია ვიზრუნოთ არა აზოტის ნაერთების განადგურებაზე (მათ წარმოებაზე იხარჯება უდიდესი თანხები), არამედ მოიძებნოს მისი წყალსატევების მეურნეობრივი გამოყენების წესი, რომლის დროსაც შეიძლება, ევტროფიკაცია თავიდან ავიცილოთ სასარგებლო ბიოლოგიური პროდუქციის წყლიდან ამოღებით, რომელშიც აკუმულირებული იქნება აზოტი.

ფოსფორის წრებრუნვა. ბუნებრივ წყლებში ფოსფორი ძირითადად გვხვდება სამი ფორმით: გახსნილი ფოსფატური, გახსნილი ორგანული და გაუხსნელი ორგანული ნაერთების სახით. მათი ჯამი აღინიშნება როგორც საერთო ფოსფორი. მდინარის წყლებში ფოსფორის საშუალო შემცველობა დაახლოებით 70 მგ/მ^3-ია, ტბებში 30-40 მგ/მ^3, მსოფლიო ოკეანის ზედაპირულ შრეში კი ის შედარებით მცირეა.

ბიოსფეროში ფოსფორის ბუნებრივი წრებრუნვა მისი ნაერთების აუქროლადობის გამო არაა დაბალანსირებული. მისი ძირითადი მარაგი მოიპოვება მთის ქანებში, რომლებიც თანდათან გადასცემენ წყალხსნად ფოსფატებს ხმელეთის ეკოსისტემებს. ხმელეთის ეკოსისტემებიდან ფოსფატების გამოტანა კონტინენტურ წყალსატევებში ამდიდრებს მათ ფოსფორით. მდინარეებს ყოველწლიურად მსოფლიო ოკეანეში შეაქვთ თითქმის 2 მლნ ტონამდე ფოსფორი. ფოსფორის საპირისპირო მოძრაობა მსოფლიო ოკეანიდან ხმელეთზე და ხმელეთის წყალსაცავებში შეზღუდულია (თევზისა და სხვა ორგანიზმების ჭერა ადამიანისა და ფრინველების მიერ); იგი ვერ ახდენს ხმელეთიდან გამოტანის კომპენსირებას.

ფოსფორის წრებრუნვა შესამჩნევად შეიცვალა სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციასთან დაკავშირებით. სასუქების მზარდი გამოყენება, რასაც თან ახლავს კონტინენტურ წყლებში ფოსფორის შემცველობის მატება, განაპირობებს მათ ევტროფიკაციას.

წყალსაცავის ფარგლებში ფოსფორის წრებრუნვა ისე ხდება, რომ მისი კონცენტრაცია ფოტოსინთეზის ზონაში განუწყვეტ-

ლად მცირდება, დაღუპული წყალმცენარეებისა და სხვა ორგანიზმების ნაღრმისკენ გადანაცვლებასთან ერთად. ზედაპირული ჰორიზონტის ფოსფორით გამდიდრება კი ხდება ნაღრმისეული წყლების ზედაპირისკენ ამოწევით.

გოგირდის წრებრუნვა. გოგირდი წყალში გვხვდება სულფატურ, სულფიტურ და სულფიდურ ნაერთთა შემადგენლობაში, თავისუფალ მდგომარეობაში, H_2S-ის ფორმით და სხვა. გოგირდი წყალსატევში ატმოსფეროდან ამა თუ იმ სახით ხვდება – ნალექებთან, მთის ქანების წყალში გახსნისას და სხვა. ჰიდროსფეროდან მისი გამოსვლა ძირითადად დაკავშირებულია H_2S-ის გამოყოფასთან, ნალექებთან კავშირით და ბიოტური გზით. წყალსატევის ფარგლებში გოგირდის წრებრუნვა დაიყვანება ანაერობულ პირობებში მის H_2S-მდე აღდგენამდე და დაჟანგვამდე იქ, სადაც არის თავისუფალი ჟანგბადი. ორივე პროცესი ძირითადად დაკავშირებულია ორგანიზმების ცხოველქმედებასთან.

მტკნარ წყლებში გოგირდწყალბადი, ჩვეულებრივ, წარმოიქმნება გრუნტში და წყლის ბუნებრივ ჰორიზონტებში ორგანული ნივთიერებების ანაერობული დაშლის შედეგად. H_2S-ის წარმოქმნის მეორე გზაა დესიმილატორული სულფატრედუქციის პროცესში სულფატების აღდგენა, რომელიც ზღვებში მოიცავს უზარმაზარ მასშტაბებს. სულფატების აღდგენა ხდება სულფატმარედუცირებელი ბაქტერიის მონაწილეობით, კერძოდ მტკნარი წყლის Desulfovibrio desulphuricans და ზღვის Desfuarii. სულფატმარედუცირებელი ბაქტერიის მოქმედებით აიხსნება, მაგალითად, წყლის სისქის გაჯერება გოგირდწყალბადით შავ ზღვაში, ბუნებრივი ჰორიზონტების კასპიის ზღვაში და სხვ. H_2S წარმოიქმნება იქ, სადაც საკმარისადაა სულფატები და წყლის უძრაობის გამო წარმოიქმნება ანარობული პირობები.

ტბებში H_2S გამოიყოფა წყლის შრეებში, რომლებიც მოკლებულია ჟანგბადს და აქვთ დაბალი ჟანგვა-აღდგენითი პოტენციალი. ანაერობული ზონის ფსკერის დანალექებში H_2S-ის წარ-

მოქმნის სიჩქარე 2-4-ჯერ მაღალია, ვიდრე წყლის სისქეში, და ის დღე-ღამეში 2-30 მგ-ს H_2S შეადგენს 1კგ გრუნტზე (შლამის შრისათვის 0-2სმ).

ზღვასა და კონტინენტურ წყლებში H_2S ნაწილობრივ იჟანგება ქიმიურად ჟანგბადის თანაობისას, ძირითადად კი მისი დაჟანგვა ხდება სხვადასხვა ბაქტერიების ცხოველქმედების შედეგად.

ნახშირბადის წრებრუნვა. ნახშირბადის ბიოტური ცირკულაციის ძირითადი გზაა ცხოველების მიერ მისი გამოყოფა CO_2 ფორმით და შთანთქმა ფოტომასინთეზირებელი ორგანიზმებით. მსოფლიო ოკეანის ფიტოპლანქტონი წელიწადში მოიხმარს დაახლოებით 40 მლრდ ტონა ნახშირბადს. მინერალური ნახშირბადის გამოყენების გარკვეული უნარი გააჩნიათ ჰეტეროტროფებსაც. ჰიდროსფეროს ნახშირბადის მარაგის დიდი ნაწილი ჩაირთვება წრებრუნვაში, რომელიც მიმდინარეობს ორგანიზმების მონაწილეობის გარეშე. ამას მიეკუთვნება აირის ცვლა წყალსა და ატმოსფეროს შორის, კარბონატების დაგროვებისა და გახსნის პროცესები, ამ უკანასკნელების გამოტანა მდინარის ნაკადით ზღვაში, საწვავი ნამარხების წარმოქმნა და ა.შ. ყოველწლიურად თითქმის 100 მლრდ ტონა ატმოსფერული ნახშირბადის ორჟანგი (1/7 მისი რაოდენობა ატმოსფეროში) იხსნება მსოფლიო ოკეანეში და ამდენივე ოკეანიდან გამოყოფილი CO_2-ით ჩაინაცვლება ატმოსფეროში.

XII.4. რკინისა და მანგანუმის წრებრუნვა

თვისებებით მსგავსი ორივე ელემენტი წყალსატევებში გვხვდება ერთად და მათ წრებრუნვას ბევრი საერთო გააჩნია. რკინა და მანგანუმი ჩვეულებრივ წყალში ხვდებიან გახსნილი მარილების ქვეჟანგების სახით, გუმატების ან დაჟანგულ მდგომარეობაში შეწონადებული ფორმით. გაუხსნელი დაჟანგული ნაერთები ან ფსკერზე ილექებიან, ან აღდგებიან ხსნად ქვეჟანგების ფორმამდე, რომლებიც დიფუნდირდებიან წყლის სიზრ-

ქეში, რადგანაც წყლის ზედაპირულ შრეში ჟანგბადი მეტია, ამიტომ მანგანუმი და რკინა აქ ნაკლებადაა.

რკინის წრებრუნვა მჭიდროდაა შეუღლებული ფოსფორისა და გოგირდის ცვლასთან. იგი ფსკერზე ილექება $FePO_4$-ის, $Fe(OH)_3$-ისა და $FeCO_3$-ის სახით. სულფატრედუქციის შედეგად წარმოქმნილი H_2S აღადგენს რკინას ან გაუხსნად სულფიდებამდე FeS და Fe_2S, რომლებიც იმარხებიან გრუნტში, ანდა $Fe_3(PO_4)_2$ და $Fe(HCO_3)_2$ ხსნარში გადასვლამდე.

რკინისა და მანგანუმის წრებრუნვაში წამყვანი როლი ეკუთვნით ჰიდრობიონტებს. პირველ რიგში მათ მიეკუთვნებიან რკინის ბაქტერიები, რომელთაც უნარი შესწევთ რკინისა და მანგანუმის ქვეჟანგის ფორმების დაჟანგვის ენერგია გამოიყენონ ქემოსინთეზისათვის.

რკინაბაქტერიების განსაკუთრებული ჯგუფი წარმოდგენილია ფორმებით, რომელთაც უნარი შესწევთ, გამოიყენონ რკინის გუმატების ორგანიკა; განთავისუფლებული რკინა ილექება სხეულის ზედაპირზე (siderocapsa და სხვა). რკინისა და მანგანუმის წრებრუნვაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა გააჩნიათ მაკროფიტებს და წყალმცენარეებს, რომლებიც ინტენსიური ფოტოსინთეზის დროს იყენებენ CO_2-ის ბიკარბონატების ორივე ელემენტს, ეს კი თავისთავად იწვევს წყლის ძლიერ გატუტიანებას, რაც თავის მხრივ აჩქარებს რკინისა და მანგანუმის გამოყენებას ჰიდრატებისა და ქვეჟანგების სახით.

XII.5. ორგანული ნივთიერებების კვლავწარმოქმნა და ეკოსისტემების ენერგობალანსი

ორგანული ნივთიერებების კვლავწარმოქმნა ან პირველადი პროდუქცირება, არის ეკოსისტემების ერთ-ერთი ფუნდამენტური თვისება. ავტოტროფული ორგანიზმების ცხოველქმედების გამო წყალსატევებში იქმნება პირველადი საკვები და ჰეტეროტროფის არსებობის შესაძლებლობა. ავტოტროფების მიერ შექმნილი პირ-

ველადი საკვების რაოდენობა განსაზღვრავს ყველა წყალსატევში ბიოლოგიური პროცესების გზას, ეკოსისტემის მთელ ენერგეტიკას. ორგანული ნივთიერებების კვლავწარმოქმნა ძირითადად ხორციელდება ფოტოტროფების მიერ, მზის ენერგიის უტილიზაციის ხარჯზე.

ფოტოტროფებს შორის განასხვავებენ **ფოტოჰეტერო-** და **ფოტოავტოტროფებს**. პირველებს მიეკუთვნებიან ის ორგანიზმები, რომლებიც სინათლის ენერგიის საშუალებით გარდაქმნიან ნაკლებად ენერგოტევად ორგანულ ნივთიერებას უფრო ენერგოტევადად (უმეტესად არაგოგირდოვანი ძოწეული და ყავისფერი ბაქტერიები, ზოგიერთი ძოწეული გოგირდოვანი ბაქტერიები). ფოტოავტოტროფული ორგანიზმები იყოფიან **ფოტომასინთეზირებელ** (CO_2 აღდგენა O_2 გამოყოფით) და **ფოტომარედუცირებელად** (CO_2 აღდგენა O_2 გამოუყოფლად) ფოტორედუქცია დამახასიათებელია რიგი ბაქტერიებისთვის, კერძოდ მწვანე და გოგირდოვანებისთვის. ციანობაქტერიები აერობულ მდგომარეობაში ამჟღავნებს ფოტოსინთეზის უნარს, ხოლო ანაერობულში კი ფოტორედუქტორები. წყალმცენარეები და უფრო მაღალორგანიზებული მცენარეები — ფოტოტროფები მიეკუთვნებიან ფოტოსინთეტიკებს.

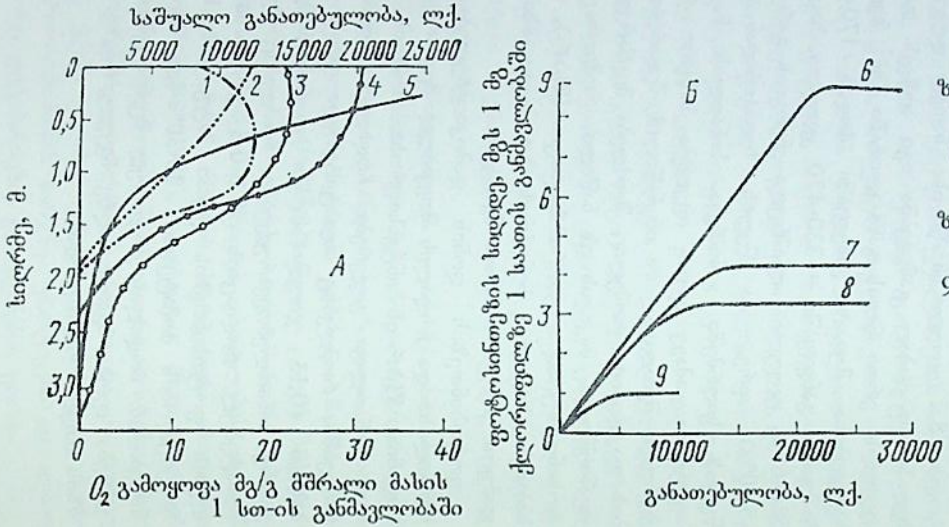
1973 წელს დ. ოსტერჰოლდმა და უ. სტოკენიუსმა ჰალოფილურ ბაქტერიებში P.Halobacterium აღმოაჩინეს ავტოტროფების ახალი ფორმა, რომელთაც არ გააჩნდათ ქლოროფილი. სინათლის შთანთქმა და პროტონული პოტენციალის გენერაცია მათში ხორციელდება არა ქლოროფილით, არამედ ძოწეული ცილით ბაქტეროროდოპსინით, რომელიც მას დაერქვა როდოპსინთან ქიმიური მსგავსებების გამო, და რომელსაც შეიცავს ცხოველების თვალის ბადურა. ბაქტერიოროდოპსინი, რომლის სტრუქტურა მთლიანად გაშიფრა ი.ა. ოვჩინიკოვმა (1978), თავისთავად მზის ენერგიის ქიმიურში გარდაქმნის უმარტივესი ბიოლოგიური სისტემაა. მისი მოლეკულური მასა 27 კილოდალტონის ტოლია და ის ბევრად ნაკლებია, ვიდრე ქლოროფილისა. ავტოტროფია, რომელიც ხორციელდება ბაქტერიოროდოპსინის ხარჯზე, უმარტივესი და ალბათ უძველესია, როგორც ფოტოსინთეზის გამოვლინების ფორმა.

XII.6. ფოტოსინთეზის ენერგეტიკული უზრუნველყოფა

ატმოსფეროს საზღვარზე მზის რადიაციის ინტენსიურობა ტოლია 8,2 ჯოული/სმ^2-წთ-ისა. ნათელ დღეებში დედამიწის ზედაპირის დაბალ განედებში იგი აღწევს დაახლოებით 5,8 კჯოულს. ერთი წლის განმავლობაში 1სმ^2 ზედაპირზე წყალსატევებისა მაღალ განედებში მოდის 170-210 კჯოული, საშუალო განედებში – 330-420 კჯოული, ხოლო დაბალში – 580-670 კჯოული. აღნიშნული ენერგიის გარკვეული ნაწილი (5-10%) აირეკლება წყლის ზედაპირიდან, დანარჩენი კი წყლის სიღრმეში განიბნევა. სინათლის ნაკადი თანდათან სუსტდება. ამავე დროს იცვლება საწყისი რადიაციის სპექტრული შემადგენლობა იმ ნაწილის შედარებითი მნიშვნელობის დაკლებით, რომელიც შეიძლება მცენარეების მიერ იქნეს შთანთქმული. ნაკადის ეს ნაწილი, რომელსაც ეწოდება ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაცია (ᲤᲐᲠ), ძირითადად შეესაბამება ხილული სინათლის ზოლს და მზის გამოსხივების ჯამური ენერგიის 51%-ს შეადგენს.

ფოტოსინთეზის დონის დამოკიდებულება განათებისადმი სინათლისა და ჩრდილის მოყვარულ მცენარეებში არაერთგვაროვანია. ᲤᲐᲠ-ის ინტენსიურობა, რომლის დროსაც შეიმჩნევა სინათლით გაჯერება, ჩრდილის მოყვარულ წყალმცენარეებში, რომლებიც ადაპტირებული არიან დაბალ განათებასთან (0,13 ჯოული/სმ$^{-2}$.წთ$^{-1}$), რამდენიმეჯერ დაბალია, ვიდრე სინათლემოყვარულებში, რომლებიც შეგუებული არიან მომატებულ რადიაციას (0,6-0,8 ჯოულ/სმ$^{-2}$.წთ$^{-1}$). პირველების ფოტოსინთეზის ტემპი მატულობს ხაზობრივად განათებულობის მომატებისას 20-30%-მდე მზის მთლიანი განათებიდან. ჩრდილის მოყვარულ მცენარეებში სინათლით გაჯერება დგება ბევრად ადრე ჩვეულებრივზე, – ესაა 5-10% მზის მთელი რადიაციიდან.

სურ. 37. ფოტოსინთეზის დამოკიდებულება განათებულობაზე. **А** – სხვადასხვა მცენარეები ერთ ადგილსამყოფელზე (**Потопов**, 1956), **Б** – ფოტოპლაქტონი სხვადასხვა ადგილსამყოფელიდან (**Raymont**, 1963): 1 - ***Ultiricularia vulgaris***, 2 - ***Ceratopphyllum demersum***, 3 - ***Cladophora sp.***, 4 - ***Myriophyllum verticillatum***, 5 - განათებულობა, 6 - ტროპიკული ზედაპირული ფორმები, 7 - თბილი წყლის ზედაპირული ფორმები, 8 - არქტიკული ზედაპირული ფორმები, 9 - ზედაპირისქვეშა პლაქტონი.



ფარ-ის სიდიდე, რომელიც უზრუნველყოფს წყალმცენარეთა მაქსიმალურ ზრდას, იმაზე დაბალია, რაც საკმარისია ფოტოსინთეზის მაქსიმალური ამოქმედებისათვის. ეს აიხსნება იმით, რომ აზოტშემცველი პროდუქტების წარმოქმნა აღწევს ზღვარს უკვე შედარებით დაბალი განათებისას, იმ დროს, როცა ნახშირწყლების ბიოსინთეზი იზრდება განათების შემდგომი გაძლიერებით.

გამჭვირვალე წყლის წყალსატევებში, განსაკუთრებით წყალმარჩხში, ზედმეტი განათებისას წყლის მაკროფიტები არ ამოდიან ზედაპირზე, წარმოქმნიან რა წყალქვეშა მდელოს და ასეთი სახით განსაზღვრულ დონემდე დაცულნი არიან ჭარბი რადიაციის მავნე ზემოქმედებისაგან.

მცენარის სინათლისმოყვარულობის ხარისხს განსაზღვრულ დონემდე გამოხატავს **საკომპენსაციო წერტილი** ანუ სინათლის ძალა, რომლის დროსაც ფოტოსინთეზის სიდიდე ტოლია სუნთქვის სიდიდისა (ჟანგბადის წარმოქმნა ტოლია მისი მოხმარებისა). როგორც ჩანს, ასეთ პირობებში მცენარეს შეუძლია არსებობა, თუმცა შემდგომ მისი მასა აღარ იმატებს.

საკომპენსაციო წერტილი უწყვეტი განათების საშუალო სიდიდეა, რომელიც აუცილებელია მცენარის არსებობისათვის. თუ დღეღამის ნათელი და ბნელი ნაწილების მონაცვლეობასთან დაკავშირებით ისინი რაღაც დროით გამოირთვებიან ფოტოსინთეზის პროცესიდან, მაშინ სხვა დროის განათებულობა უნდა იყოს კომპენსაციის წერტილზე მაღლა.

მაქსიმალური სიღრმე, რომელშიც განათება ყველაზე ძლიერი რადიაციის დროს შეესაბამება საკომპენსაციო წერტილს, დაახლოებით 2,5-ჯერ აღემატება წყლის გამჭვირვალობას, რომელიც იზომება სეკის დისკით. ზღვებში ის რამდენიმე ათეული მეტრის ტოლია. მტკნარ წყლებში საკომპენსაციო წერტილის ქვედა ადგილმდებარეობა ჩვეულებრივ შეესაბამება რამდენიმე მეტრს.

XII.7. ფოტოსინთეზის ქიმიური ბაზა

ორგანული ნივთიერებების კვლავწარმოქმნისათვის ფოტოსინთეზის უნარის მქონე ორგანიზმები საჭიროებენ ნახშირბადით კვებას და რიგი მინერალური ელემენტებით შევსებას. მინერალური კვების ელემენტები დიდ როლს თამაშობენ ჰიდროფიტების ცხოველქმედებაში. მათი რაოდენობის შემცირება ან გაზრდა აისახება ფოტოსინთეზის ინტენსივობაში და წარმოქმნილი პროდუქტების შედგენლობაში. ცალკეული ელემენტების მოქმედების ხარისხი დამოკიდებულია მცენარეების მდგომარეობაზე და მათი არსებობის პირობებზე, მაგალითად, სუსტი განათების დროს მცენარე არ რეაგირებს აზოტის დამატებაზე, მაშინ, როცა განათების გაძლიერება ააქტივებს ფოტოსინთეზს. მინერალური ელემენტები გავლენას ახდენენ ფოტოსინთეზზე, ცვლიან რა მემბრანის მდგომარეობას, და შესაბამისად, ფოტოფოსფორილებას და ელექტრონების ტრანსპორტს. აზოტის უკმარისობის დროს ქლოროპლასტების გრანულარულ-ლამელარული სისტემა ძლიერ იკუმშება მოცულობაში და სტრომის შემცველობა მკვეთრად მცირდება. ფოსფორის უკმარისობის დროს ითრგუნება მემბრანის ფორმირება, მცირდება უჯრედებში ქლოროპლასტების რიცხვი, ხოლო გრანების რიცხვი ქლოროპლასტებში. ქლოროპლასტების სტრუქტურის ცვლილება აისახება ფოტოქიმიურ რეაქციებზე. მაგალითად, აზოტის დეფიციტის დროს ითრგუნება ციკლური და არაციკლური ფოსფორილება. განსაკუთრებით მკვეთრად მოქმედებს მინერალური კვება ფოტოსინთეზის სიბნელის რეაქციებზე. სისტემის საშუალებით, ქლოროპლასტების ცილების მაკონტროლებელი სინთეზით სისტემა გავლენას ახდენს ფოტოსინთეზურ (ფოტომასინთეზირებელ) აპარატზე, არეგულირებს მის აქტიურობას და მოქმედების მიმართულებას.

წყალი ნიადაგთან შედარებით შეიცავს წარმოუდგენლად მცირე რაოდენობის ბიოგენებს და ამიტომ მარაგის სარჯზე ხანგრძ-

ლივი დროით მცენარის შენახვა არ შეუძლია. თუმცა ბიოგენები, რომლებსაც შეიცავს წყალი არა თუ ამოიწურებიან მცენარეების მიერ, არამედ განუწყვეტლივ განახლდებიან (რეგენერირდებიან) ჰიდრობიონტების კვდომის და მათი გახრწნის შედეგად. ასე რომ, ფოტოსინთეზის ქიმიური ბაზა განუწყვეტლივ განახლებას განიცდის. მაგალითად, ფიტოპლანქტონის კვდომის შემდეგ საერთო ფოსფორის 20-25% უბრუნდება წყალს არაორგანული ფოსფორის სახით, 30-40% კი ორგანულით, თანაც 70% ფოსფორი მინერალიზაციას განიცდის ორი დღის განმავლობაში (ვოდიანიცკი, 1965). ბიოგენებიდან, რომელთა სიაც საკმაოდ დიდია, უდიდესი მნიშვნელობა ავტოტროფებისთვის აქვს აზოტს, ფოსფორს, კაჟს, რკინას, მანგანუმს და ზოგიერთ მიკროელემენტს, არსებითი მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე, ნახშირბადის შენაერთებს, რომელნიც გამოიყენება ნახშირწყლების ფოტოსინთეზისათვის.

<u>ნახშირბადი.</u> ნახშირბადის წყაროდ მცენარეები იყენებს სხვადასხვა ნაერთს. მაგალითად, ზღვის წყალმცენარეების ნაწილს შეუძლიათ მოახდინონ ნახშირბადის ბიკარბონატების უტილიზაცია. მრავალი სხვა წყალმცენარისათვის, კერძოდ წითლებისათვის, ნაჩვენებია, რომ მათი ფოტოსინთეზის ინტენსიურობა დამოკიდებულია მხოლოდ თავისუფალი CO_2-ის მოლეკულების თანაობაზე. ამიტომ, წყალში თავისუფალი ნახშიროროჟანგის თანაობა უზრუნველყოფს რეაქციის მსვლელობას. ფოტოსინთეზის დროს შთაინთქმება თავისუფალი ნახშიროჟანგი, იზრდება არის pH, ირღვევა იონური წონასწორობა, რაც სტიმულს აძლევს მოლეკულური CO_2-ის გამოთავისუფლებას. რაც უფრო ინტენსიურად გამოიყენებს მცენარე თავისუფალ ნახშირორჟანგს, მით მეტი რაოდენობით ხვდება იგი წყალში და სანამ წყალში საკმარისადაა ბიკარბონატები, ფოტოსინთეზი პრაქტიკულად არ იზღუდება ნახშირბადოვანი კვების წყაროების ნაკლებობით.

<u>აზოტი.</u> აზოტის მინერალური ნაერთები წყალში სამი ფორმითაა: ამონიუმის, ნიტრიტის და ნიტრატის სახით. ზღვის

წყალში წლის უმეტეს დროს ჭარბობენ ნიტრატული ფორმები, თანაც მათი რაოდენობა ჩვეულებრივ მერყეობს 0,2-0,4 მგ/ლ ფარგლებში. მტკნარ წყლებში ნიტრატული აზოტის კონცენტრაციამ შეიძლება მიაღწიოს 1მგ/ლ და მეტსაც. როგორც წესი, ნიტრიტები წყალში ნაკლები რაოდენობითაა, ვიდრე ნიტრატები. ოკეანეში ნიტრიტების შემცველობა იშვიათად აღემატება 0,03მგ/ლ, ჩვეულებრივ, ისინი 0,003 მგ/ლ ნაკლებია, რაც ფოტოსინთეზის ზონის დაბლაა. მტკნარ წყლებში ნიტრიტების კონცენტრაცია მაღალია და, როგორც წესი, გამოიხატება მილიგრამი ლიტრზე მეათედი ნაწილით, განსაკუთრებით კი ევტროფულ წყალსატევებში. ამონიუმის აზოტი ღია ოკეანეში შედის არაუმეტეს 0,003 მგ/ლ-ით კონცენტრაციით, სანაპიროში იგი შეიძლება მომატებული იყოს 0,2მგ/ლ და უფრო მეტადაც. ამონიუმის აზოტის თითქმის იმავე რაოდენობას შეიცავს მტკნარი წყლები.

ფოსფორი. მცენარეები ძირითადად იყენებენ ფოსფატების ფოსფორს, რომელსაც შეიცავს ზღვის წყლის ზედაპირული შრე მილიგრამ ლიტრზე რამდენიმე ასეული ან ათასეული წილით.

მტკნარ წყლებში ფოსფატების რაოდენობა შედარებით მაღალია, ვიდრე ზღვებში, და ჩვეულებრივ გამოიხატება მილიგრამ ლიტრზე რამდენიმე ასეული წილით. როცა სუსტია წყლის ვერტიკალური გადაადგილება, ზედაპირულ შრეებში ფოსფატების მარაგი სწრაფად მცირდება და იწყება წყალმცენარეების შიმშილი ფოსფორზე, რომელსაც თან ახლავს მათი ხარისხის დაქვეითება. ეს განსაკუთრებით მკვეთრად შეიძლება გამოვლინდეს ზღვებში. როცა მომაკვდავი ორგანიზმები იძირებიან, ისინი ზედაპირულ შრეს არ უბრუნდებიან მოხმარებული ფოსფორი გამოჰყავთ ცირკულაციის სფეროდან. ამით აიხსნება ტროპიკულ ზონაში ფიტოპლანქტონის სიღარიბე, რადგან არ ხდება სიღრმისეული და ზედაპირული წყლების ერთმანეთში არევა.

კაჟ-სილიციუმი. ეს ელემენტი წყალში სილიციუმის მჟავას და მისი წარმოებულების სახითაა, კერძოდ, კი კოლოიდების სახით SiO_2XH_2O. ტროპიკული ზღვების ზედაპირულ შრეებსა და სუბტროპიკებში სილიციუმი გვხვდება დაახლოებით 0,15 მგ/ლ

კონცენტრაციით, სუბტროპიკულ წყლებში მისი შემცველობა შესამჩნევად მატულობს – 1,1 მგ/ლ-მდე. სიღრმისეულ წყლებში კაჟის რაოდენობა წყნარ ოკეანესა და ანტარქტიდაში 7მგ/ლ-მდეა, კასპიის ზღვაში 3მგ/ლ-მდე და აზოვის ზღვაში 3,5 მგ/ლ-მდე. მტკნარ წყლებში კაჟი მეტი რაოდენობითაა, ვიდრე ზღვაში. ტბებში მისი რაოდენობა ხშირად 5-6 მგ/ლ-ს აღწევს და მხოლოდ იშვიათ შემთხვევაში მცირდება – ეცემა 0,2 მგ/ლ-მდე (დისტროფიულ წყალსაცავებში). სილიციუმი აუცილებელია დიატომური წყალმცენარეების საგდულების ასაშენებლად, რომელთაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ ზღვის ფიტოპლანქტონში და ძალიან გავრცელებულია მტკნარ წყლებში. დიატომების მასობრივი განვითარებისას სილიციუმის შემცველობამ შეიძლება დაიწიოს წყალში ძალიან დაბალ სიდიდეებამდე და შეზღუდოს წყალმცენარეთა რიცხობრიობა, როგორც ეს, მაგალითად, აღნიშნულია მსოფლიო ოკეანის ეკვატორული ზონისთვის, შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილისათვის, ბაიკალისთვის და სხვა წყალსატევებისათვის.

<u>*რკინა და მაგნიუმი.*</u> ორივე ეს ელემენტი იმყოფება წყალში ოქსიდების, კოლოიდების და ორგანული ნაერთების ფორმის სახით. იონურ ფორმაში კონცენტრაცია იმატებს pH-ის დაწევით და ამიტომ დამოკიდებულია ფოტოსინთეზის ინტენსიურობაზე (არის შეტუტიანება). ზღვის (უფრო ტუტიანი) წყალი ჩვეულებრივ რკინას შეიცავს 0,5-5 მგ/ლ-ს, მტკნარი – 50 მგ/ლ-მდე და უფრო მეტსაც. რკინამოყვარულ წყალმცენარეებს ესაჭიროებათ რკინის კონცენტრაცია 1-2 მგ ოდენობით (ოპტიმუმი), სხვა მცენარეებისთვის იგი აუცილებელია ნაკლები რაოდენობით. მცენარეებში რკინის ნაკლებობა იწვევს ქლოროზს.

მაგნიუმს ზღვის წყალი შეიცავს ჩვეულებრივ 1-10 მკგ-ის რაოდენობით, მტკნარი კი – თითქმის 10-ჯერ მეტს.

<u>*მიკროელემენტები.*</u> ცალკეული მიკროელემენტებიდან წყლის მცენარეების სიცოცხლისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს: კალიუმს, კალციუმს, იოდს, სპილენძს, მოლიბდენს და ზოგიერთ სხვას. როგორც წესი, მიკროელემენტები საკმარისი რაოდენობით

შოიპოვებიან და ჩვეულებრივად არ ზღუდავენ წყალმცენარეთა რიცხობრიობას.

XII.8. ფოტოსინთეზის სიდიდე და მისი განსაზღვრის მეთოდები

დასახულ მიზანთან დამოკიდებულებით განასხვავებენ ფოტოსინთეზის ჭეშმარიტ და მოჩვენებით სიდიდეს. პირველი სიდიდე (**ბრუტო-ფოტოსინთეზი,** მთლიანი პროდუქცია) — ესაა ორგანული ნივთიერების მთელი რაოდენობა, რომელიც შეიქმნა ფოტოსინთეზის პროცესის დროს, მეორე (**ნეტო-ფოტოსინთეზი,** სუფთა პროდუქცია) იგივე რაოდენობა, ოღონდ ფოტოსინთეტიკების მიერ საკუთარი ენერგოდანახარჯების გამოკლებით. პირველი სიდიდე ახასიათებს CO_2-ის საერთო ფიქსაციას, მეორე კი შთანთქმული და გამოყოფილი ასიმილატების რაოდენობას. ენერგო დანახარჯები ფასდებიან სუნთქვის ინტენსივობით, რომელიც მცენარეებში, როგორც ახლახან აღმოჩნდა, მიმდინარეობს არა მხოლოდ მიტოქონდრიალური სახით, არამედ ჟანგვითი ფოსფორილების თანხლებით. პარალელურად მიტოქონდრიალურისა სინათლეზე მცენარეებში შეიმჩნევა ფოტოსუნთქვა, რომელიც არ არის შეუღლებული ჟანგვით ფოსფორილებასთან.

ფოტოსუნთქვის ინტენსივობა მაღლა იწევს განათების გაზრდისას, ამ დროს არ შეინიშნება გაჯერება, თუნდაც მზის სხივის პირდაპირ მოქმედებასაც რომ ჰქონდეს ადგილი. ამით იგი საწინააღმდეგოა მიტოქონდრიულისა, რომელიც ინჰიბირდება ძლიერი განათებისას (10 ათასი ლუქსით). ამჟამად მოჩვენებით ფოტოსინთეზის სიდიდე ძალიან ხშირად განისაზღვრება გამოყოფილი ჟანგბადის რაოდენობით, ანდა ნახშირორჟანგის შთანთქმის მიხედვით. იშვიათად იგი განისაზღვრება მოხმარებული ბიოგენების აღრიცხვის მიხედვით, ანდა ფოტოსინთეტიკების ბიომასის ცვალებადობით დროის ამა თუ იმ შუალედში.

წარმოქმნილი ჟანგბადის აღსარიცხავად ორ შუშას — გამჭვირვალეს და შუქგაუმტარს — ავსებენ წყლით, რომელშიც

ათავსებენ წყალმცენარეებს, ჰერმეტულად ხურავენ საცობებით და გარკვეული დროის განმავლობაში ახდენენ სინათლეზე ექსპონირებას. შემდეგ თითოეული აღნიშნული შუშიდან საზღვრავენ ჟანგბადის კონცენტრაციას და სხვაობისდა მიხედვით მსჯელობენ ფოტოსინთეზის სიდიდეზე. ჟანგბადის შესადარებელ კონცენტრაციას გამჭვირვალე შუშაში ცდის შემდეგ ადარებენ იმას, რომელიც იყო საწყის წყალში და იღებენ შემაჯამებელ მაჩვენებელს ფოტოსინთეზის გადამეტების ორგანული ნივთიერების დესტრუქციაზე (წყალმცენარეთა და ბაქტერიების სუნთქვა და სხვ.). დესტრუქციის სიდიდე ჟანგბადის კონცენტრაციის სხვაობით ბნელ შუშაში ცდამდე და ცდის შემდეგ.

ჟანგბადის მეთოდი ტექნიკურად ძალიან მარტივია, მოხერხებულია და ევტროფულ წყალსატევებში საკმარისად მგრძნობიარე, იგი საშუალებას იძლევა, ვმართოთ ჟანგბადის კონცენტრაციის ცვლილება დაახლოებით 0,01 მგ/ლ. ოლიგოტროფულ წყალსატევებში, სადაც ქლოროფილი a-ს კონცენტრაცია არ აღემატება 1 მკგ/ლ და ფოტოსინთეზი გამოხატულია ძალიან მცირე სიდიდეებით, ამიტომ, ამ შემთხვევაში აღწერილი მეთოდის გამოყენება დაბალი მგრძნობელობის გამო არაა მიზანშეწონილი. მეთოდში დაშვებულია უზუსტობა, თითქოს წყალმცენარეთა სუნთქვის სიდიდე ბნელ და ნათელ შუშებში ერთნაირია. სინამდვილეში ეს ასე არ არის, ვინაიდან ნათელ შუშებში მიტოქონდრიალურ დაჟანგვას ემატება ფოტოსუნთქვა.

ფოტოსინთეზის შესწავლის მიზნით CO_2-ის კლების მიხედვით ფართოდ გამოიყენება რადიონახშირბადის მეთოდი, რომელიც შემოთავაზებული იყო ე. სტემან-ნილსონის მიერ 1951 წელს. ამ დროს ორიდან ერთ-ერთ შუშაში საზღვრავენ ნახშირბადის შემცველობას საწყის წყალში, მეორეში შეჰყავთ გარკვეული აქტივობის ძალიან მცირე რაოდენობის ^{14}C-ს და რამდენიმე ხნით უკეთებენ მას ექსპონირებას. ცდის დამთავრებისთანავე შუშის შიგთავსს აფიქსირებენ ფორმალინით და წურავენ ფილტრში, რომელიც იჭერს წყალმცენარეებს. მრიცხველის საშუალებით საზღვრავენ მათში ფიქსირებულ ^{14}C-ის რაოდენობას. განი-

საზღვრება რა, რომელი ნაწილია შეყვანილი ^{14}C-ის შთანოქმული წყალმცენარეების მიერ, ვარაუდობენ, რომ მათ მიერ ათვისებულია იგივე ნაწილი ^{12}C, რომელიც იმყოფება ცდისთვის საწყის წყალში, ამით გამოითვლიან შეთვისებული ნახშირბადის ჯამურ რაოდენობას. ნახშირბადის მეთოდი ძალიან მგრძნობიარეა და ჩვეულებრივად საშუალებას იძლევა, დავადგინოთ შთანთქმული ნახშირბადის კონცენტრაცია დაახლოებით 0,0001 მგ/ლ, თუმცა მას აქვს რიგი არსებითი ნაკლოვანებებისა. მათ შორის ძირითადია მიღებული მონაცემების ინტერპრეტაციის სირთულე. თუ ფოტოსინთეზი აღმოჩნდება სუნთქვასთან ახლოს, მაშინ შუშების დიდი ხნით ექსპოზიციისას იგი სრულებით არ რეგისტრირდება რადიონახშირბადის მეთოდით. ფოტოსინთეზის სიდიდეთა განხილვისას, რომელიც მიღებულია შუშების მეთოდით ჟანგბადიან და რადიონახშირბადიანი ვარიანტებით, აუცილებელია მხედველობაში მივიღოთ მათი უზუსტობა, რომელიც დაკავშირებულია პირობების ხელოვნურობასთან.

ფოტოსინთეზის სიდიდეების განსაზღვრის არსებული მეთოდები არ იძლევიან საშუალებას, ვიმსჯელოთ იმაზე, თუ საითკენაა მიმართული დაფიქსირებული ნახშირბადი — ზრდასა და სინთეზზე (ცილების სინთეზი), თუ სამარაგო ნაწილების დაგროვებისაკენ (პოლოსაქარიდები, ლიპიდები). ნაჩვენებია, რომ ფოტოსინთეზის საბოლოო პროდუქტების შემადგენლობა დამოკიდებულია მცენარის ფიზიოლოგიურ მდგომარეობაზე, განათების პირობებზე, ბიოგენებით უზრუნველყოფაზე, ტემპერატურაზე და სხვა ფაქტორებზე. მაგალითად, აზოტით დიდი ხნით შიმშილისას და სინათლის სიჭარბისას ფოტოსინთეზის ბალანსი გადაიხრება პოლისაქარიდების და ლიპიდების დაგროვების მიმართულებისაკენ. უჯრედის ბიომასის მომატების სიჩქარის ზრდისას შეინიშნება დამოკიდებულების პროპორციული დაკლება C:N; რომელიც სინათლის ინტენსივობას ცილების სინთეზისთვის 5-10-ჯერ ნაკლებად აჯერებს, ვიდრე პოლისაქარიდებისთვის და ლიპიდებისთვის (Morris, 1981).

XII.9. ფოტოსინთეზის ეფექტურობა და ინტენსივობა

ფოტოსინთეზის ინტენსიურობა თავისთავად არის მისი სიდიდე დროის ერთეულში, რომელიც მიეკუთვნება მცენარის ბიომასას, ანდა მასში არსებულ ქლოროფილის მასას. მეორე მაჩვენებელს ეწოდება ასიმილაციური რიცხვი (ა რ).

ფოტოსინთეზის ინტენსიურობა ძლიერ არის დამოკიდებული განათების პირობებზე. ჩვეულებრივ, რადიაციის ოპტიმალური სიდიდეები ძევს 0,4-0,8 ჯოული/სმ^2.წთ-ის ფარგლებში, სპექტრის ხილულ ნაწილში.

ფოტოსინთეზის ინტენსიურობაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტემპერატურა. 1^{0}C ჩრდილის (სიბნელის) ფაზის ხანგრძლივობა, რომელიც ფოტოსინთეზის სიჩქარის ლიმიტირებას ახდენს, შეადგენს 0,4 წმ, 25^{0}C -0,04 ტემპერატურის დროს. 0-20^{0}C-ის დიაპაზონში ფოტოსინთეზის ტემპერატურული კოეფიციენტი Q_{10} ზღვის პლანქტონში ტოლია თითქმის 2,2-ისა, (ვენედიქტოვი, 1976). რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მეტი განათება სჭირდება წყალმცენარეებს მაქსიმალური ფოტოსინთეზის უზრუნველსაყოფად.

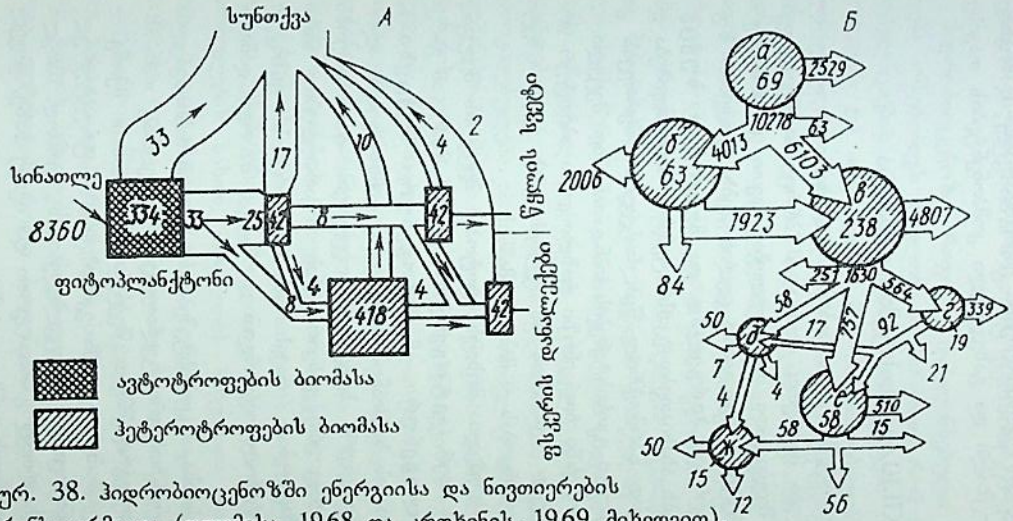
სინათლის ენერგიის მოხმარების ხარისხი დამოკიდებულია მცენარის მინერალური საკვებით უზრუნველყოფაზე. მაგალითად, წყალმცენარე Scenedesmus quadricauda აზოტის კონცენტრაციის მომატებისას 3-დან 20 და 40 მგ/ლ-მდე ენერგიას იყენებდა შესაბამისად 2 და 3-ჯერ ეფექტურად.

ქემოსინთეზი. ქემოსინთეზის ბაქტერიები გვხვდებიან, როგორც მტკნარ, ასევე მარილიან წყალსატევებში, ისინი ასევე ბინადრობენ წყლის სიზრქეში, გრუნტის ზედაპირზე და ღრმეში. ჩვეულებრივ, ისინი კონცენტრირდებიან იქ, სადაც აერობული პირობები იცვლებიან ანაერობულით, რადგანაც საჭიროებენ ჟანგბადს და აღდგენილ ნაერთებს, რომლებიც, კერძოდ, წარმოიქმნებიან ორგანული ნივთიერებების აერობული დაშლის შედეგად. წყალსატევებში ქემოსინთეზისტებიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ გოგირდწყალბადისა და გოგირდის დამჟანგველ ბაქტერიებს.

უჟანგბადო ზონაში მოხვედრილი ორგანული ნივთიერებები იშლებიან სულფატების თანაყოფნისას, რომლებიც წარმოგვიდგებიან დამჟანგველებად. ამ დროს 90%-ზე მეტი ენერგია ხმარდება სულფატების სულფიდებამდე აღდგენას. მარაგის მიღების შემდეგ სულფიდები მიგრირებენ გრუნტიდან წყალში და დაჟანგვის ზონაში გამოიყენებიან ქემოსინთეზის ბაქტერიების მიერ. თუ გოგირდწყალბადოვანი ზონა განათებულია, მაშინ H_2S-ის დაჟანგვაში მონაწილეობენ ძოწეული ბაქტერიები. ქემოსინთეზის სიღრმე გოგირდწყალბადოვანი ზონის ზედა შრეში აღწევს 20-25 მგ/ლ-ს დღეღამეში, მხოლოდ 2-ჯერ ჩამორჩება ფოტოსინთეზის სიღრმეში ძოწეული გოგირდბაქტერიებს და 6-ჯერ კი წყალმცენარეების ფოტოსინთეზის სიღრმეს.

წყლის სიზრქეში ქემოსინთეზის ინტენსიურობა ჩვეულებრივ ათჯერ და ასჯერ დაბალია, ვიდრე გრუნტში. ქემოსინთეზის ინტენსიურობას ადგენენ სპეციფიკური პროდუქტების რაოდენობრივი აღრიცხვით, რომლებიც წარმოიქმნებიან ავტოტროფული ბაქტერიების მოქმედების შედეგად, ანდა CO_2-ის რაოდენობის განსაზღვრით, რომელიც ხმარდება ორგანული ნივთიერების სინთეზს. უკანასკნელ შემთხვევაში იყენებენ რადიონახშირბადის მეთოდს.

<u>ეკოსისტემის ენერგობალანსი</u>. ეკოსისტემაში განუწყვეტლივ შედიან ენერგიები, ესენია: მზის, ქიმიური, მექანიკური და სხვა. ეკოსისტემური პროცესების მიმდინარეობისას იგი უკავშირდება, ტრანსფორმირდება, ანდა რჩება ინტაქტური (მაგალითად, ენერგია მრავალი პლასტმასისა და სხვა მდგრადი ქიმიური ნაერთებისა). ჰიდრობიონტების მიერ გამოყენებული ენერგია განიბნევა ეკოსისტემაში, მასში აკუმულირდება (ბიომასის ნამატი, ენერგოტევადი ნაერთების დაგროვება) ან მიგრირებს ბიოგეონაკადებთან (წყლიდან ორგანიზმების გამოსვლა, მათი ჭერა, ენერგოტევადი გაზების გამოყოფა, ენერგიის გამოტანა დინებით). ყველა შემთხვევაში თერმოდინამიკის კანონების შესაბამისად ენერგიის რაოდენობა, რომელიც შემოვიდა, ტოლია სისტემიდან მისი გასვლის და სისტემაში მისი შეზრდის ალგებრული ჯამისა.



სურ. 38. ჰიდრობიოცენოზში ენერგიისა და ნივთიერების ტრანსფორმაცია (ოდუმისა, 1968 და კროხინის, 1969 მიხედვით). **А** — ლონგ-აილენდის ყურე ზღვაში; **Б** — ტბა დალნეე (კამჩატკა): ***а*** - ფიტოპლაქტონი, ***б*** - ბაქტერიები, ***в*** - ფილტრატორები, ***г*** - მტაცებელი ზოოპლანქტონი, ***д*** - ჩხვეტია, ***е*** - ნეკრის ნაშიერი, ***ж*** - გოჭალა, ჩხირა.

ციფრები დაშტრიხულ ფიგურებში — ორგანიზმების ბიომასა კკალ/მ^2,
ციფრები არხებში — ენერგიის ნაკადი კკალ/მ^2-წელი.

სხვადასხვა ტიპის ეკოსისტემებში ენერგობალანსი დამოკიდებულია მათი ცოცხალი და გახევებული კომპონენტების თავისებურებებზე.

XII.10. ეკოსისტემის დინამიკა

არცერთი ეკოსისტემა არ არსებობს მუდმივად და ადრე თუ გვიან იგი იცვლება მეორეთი, თუმცა ამ პროცესში მყლავნდება განსაზღვრული შეუქცევადი მიმართულობა. ასეთი კანონზომიერი წინასწარ განჭვრეტილი შედეგებით ცვლილებებს ეწოდებათ **სუქცესიები**. განარჩევენ **პირველად** და **მეორეულ სუქცესიებს**. პირველებს ახასიათებთ ეკოსისტემების ჩამოყალიბება და განვითარება ახლად წარმოქმნილ წყალსატევებში, მეორეებს კი დიდი ხნით არსებული ეკოსისტემების თანდათანობით შეცვლა.

სუქცესიის პროცესში ბიოცენოზი უახლოვდება აბიოტურ არესთან უფრო მეტად შესაბამის ან ეკოსისტემის უფრო მეტი მდგრადობის მდგომარეობას – მის კლიმაქსს.

სუქცესია შესაძლებელია მოხდეს ბიოტოპის შეცვლის შედეგად თვით ბიოცენოზის მიერ (**ავტოგენური სუქცესია**), ან გარეგანი ძალებით (**ალოგენური**, ან **ეკზოგენური სუქცესია**), მაგალითად, ადამიანის საქმიანობის შედეგად. განსხვავებით ალოგენურისაგან ავტოგენური სუქცესია ყოველთვის მიმდინარეობს ბიოსფეროს ევოლუციური განვითარების მიმართულებით მისი ჰომეოსტაზის ამაღლებით, თავის დროზე გარემოს ფიზიკურ ფაქტორებზე კონტროლის გაზრდით და მათგან მზარდი დამოუკიდებლობით.

გარდა სუქცესიისა, ეკოსისტემებისთვის დამახასიათებელია მდგომარეობის კანონზომიერი ცვლილებები. რომელსაც თან ახლავს მიმართული გარდაქმნები, შექცევადი ხასიათის მქონე – **ფლუქტუაცია**. ამ შემთხვევაში ეკოსისტემის სტრუქტურულ-ფუნქციურ ორგანიზაციას, სახეცვლილებისას კერძოდ, მთელი წლის მანძილზე საერთოდ გააჩნია ერთი და იგივე სახე, ყოველ სეზონში, მრავალი წლის განმავლობაში.

XII.11. სუქცესია როგორც ეკოსისტემური პროცესი

ჰიდრობიოცენოზი, როგორც დაბალანსებული სისტემა, შეიძლება არსებობდეს მხოლოდ იმ პირობით, რომ მასში შემავალი პოპულაციების მეტაბოლიზმის პროდუქტები ბიოტოპში არ გროვდება და არც ცვლის მის მახასიათებელებს, რაც განაპირობებს გაერთიანების სტრუქტურას და ფუნქციურ თავისებურებას. თუ მეტაბოლიზმის პროდუქტები ბიოტოპში გროვდება, მიმდინარეობს მისი „გაჭუჭყიანება“, ასე ვთქვათ, აქ მობინადრე ჰიდრობიონტთა არსებობისათვის პირობების გაუარესება. ამასთან ერთად ბიოტოპი ხდება უფრო მიზანშეწონილი ადგილსამყოფელი სხვა ორგანიზმებისთვის, ამის შედეგად იცვლება სტრუქტურა და შესაბამისად ენერგიის ნაკადის ერთეულზე ბიომასა აღწევს მაქსიმუმს. ენერგიის დანახარჯის დამოკიდებულება სტრუქტურაში ჩაკეტილი ენერგიის ცხოველქმედების ხელშეწყობაზე მცირდება, და ასევე იკლებს გაერთიანების სუნთქვის ენერგიის დამოკიდებულება იმის მიმართ, რომელიც დაკავშირებულია მის ბიომასასთან. მთლიანი ფოტოსინთეზის დამოკიდებულება გაერთიანების ჯამურ სუნთქვასთან მიისწრაფვის 1-სკენ, ასე ვთქვათ, ენერგიის შემოსავალი და გასავალი ერთმანეთს აწონასწორებს. მაშასადამე, პროდუქციის სუფთა გამოსავალი (სუნთქვაზე ფოტოსინთეზის გადამეტება) უახლოვდება 0-ს, ასევე 0-სკენ მიისწრაფვის ბიომასის ერთეულზე პროდუქციის გამოსავალიც.

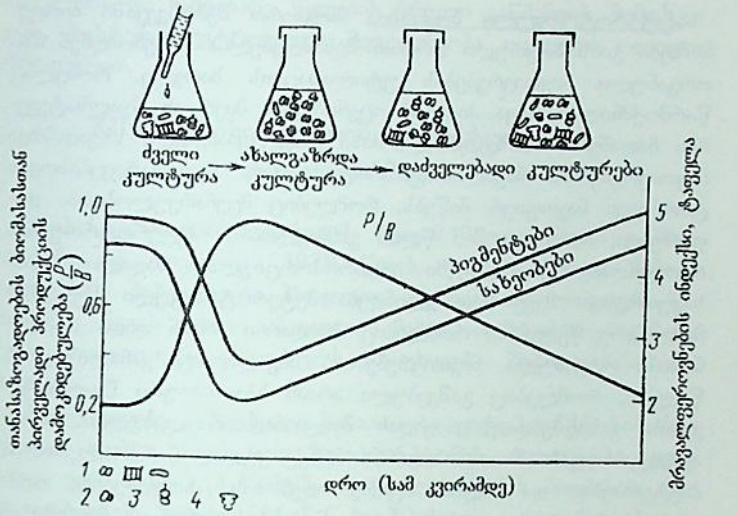
სუქცესიის პროცესში ეკოსისტემის სტრუქტურული ცვლილებები უწინარესად გამოვლინდება ბიოცენოზის ორგანიზაციის გართულების სახით. მატულობს სახეობათა რიცხვი, იზრდება მათი **ეკვიტაბელურობა**, რომელიც საკმაოდ ჩქარა სტაბილიზდება, თუმცა გვიან სტადიაზე მცირდება კიდეც.

სუქცესიის მსვლელობისას იცვლება ბიოგენური ნივთიერებების ხასიათი და წრებრუნვის სიჩქარე. ეკოსისტემის განვითარების საწყის სტადიებზე მინერალური ნივთიერებების წრებრუნვა ღიაა, დეტრიტის როლი ბიოგენების რეგენერაციაში უმნიშვნე-

ლოა, ბიოცენოზსა და ბიოტოპს შორის ცვლის სიჩქარე მაღალია. იმ შემთხვევაში, როცა სერიული ცვლილებების შედეგად ავტოტროფების შეფარდებითი რაოდენობა ბიოცენოზში მცირდება, ლაპარაკობენ ავტოტროფულ, საპირისპირო შემთხვევაში კი ჰეტეროტროფულ სუქცესიაზე.

ავტოტროფული სუქცესია. სერიული ცვლილებების ასეთი ფორმა დამახასიათებელია კონტინენტური წყალსატევების დიდი უმრავლესობისათვის, როგორც ბუნებრივი, ასევე ხელოვნურებისთვის. უკანასკნელ შემთხვევაში ეკოსისტემის განვითარება ჩვეულებრივ მიმდინარეობს მეორეული სუქცესიის სქემით, რომელიც განსხვავდება მიმდევრობითი სერიების ჩქარი ცვლით და ერთი სავეგეტაციო სეზონის მანძილზე კულმინაციის მიღწევით ეკოსისტემის განვითარების სიჩქარე მეორეული სუქცესიის დროს დაკავშირებულია იმასთან, რომ წყალსატევის კალაპოტში მისი გამოშრობის შემდეგ რჩება მცენარეების და ცხოველების მრავალი ჩანასახი და აგრეთვე აქ არსებული ბიოცენოზების მეტაბოლიზმის პროდუქტები. კალაპოტის წყლით ხელახლა შევსების შემდეგ წარმოქმნილ წყალსატევში ძალიან ჩქარა ვითარდება სახეობრივი შემადგენლობით მდიდარი მობინადრენი, რომელიც წყლის მასის უმნიშვნელო შემცველობისას ენერგიულად იწყებს მოქმედებას ბიოტოპზე, რათა იგი გარდაქმნას საერთო მიმართულების შესაბამისად ავტოტროფულ სუქცესიად.

ხანგრძლივი დროით არსებულ ბუნებრივ წყალსატევებში ავტოტროფული სუქცესია კარგადაა გამოხატული მომცრო ტბებში, კერძოდ ისეთებში, რომლებიც კლიმატური, ჰიდროლოგიური, ოროგრაფიული და სხვა თავისებურებებით ხელსაყრელია სიცოცხლისათვის. უკიდურესად სუსტად, ანდა სრულებითაც არაა გამოხატული სუქცესია მდინარეებში. მსოფლიო ოკეანისთვის წყლის ძლიერი ღელვის და მის შედეგად მისი არევის გამო სუქცესიები არაა დამახასიათებელი, თუმცა ხშირად ხდება პროცესები, რომლებიც გარეგნულად მათ მოგვაგონებენ.



სურ. 39. ეკოლოგიური სუქცესიის მოდელი (რ. მარგოლეფის მიხედვით).

კოლბებში წარმოდგენილია სუქცესიის განმავლობაში სახეობრივი შემადგენლობის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია ძველ „კლიმაქსურ" კულტურაში ახალი საკვები არის დამატებით. გრაფიკი ასახავს პროდუქციის სხვადასხვაგვარობის ცვლილებასა და დამოკიდებულებას ბიომასასთან (ოდუმის მიხედვით, 1968):

1 - დიატომურები, 2 - მწვანე წყალმცენარეები, 3 - დინოფლანგელატები, 4 - ციბრუტელები.

ჰეტეროტროფული სუქცესია. ზოგიერთ შემთხვევაში ბიოცენოზები განსაზღვრული დროით შესაძლებელია არსებობდნენ მზა ორგანული ნივთიერებების უტილიზაციის ხარჯზე, რომელიც წარმოქმნილია სხვა ჰიდრობიოცენოზების მიერ ან წყალსატევებში ჩადინებით მოხვედრილი მისი გამჭუჭყიანებელი სხვადასხვა ნივთიერებებით. მაგალითად, როცა ახალი წყალსატევებისთვის ტბორავენ ნაყოფიერ მიწებს, რომლებიც მცენარეულობითაა დაფარული, პირველი 2-3 წლის განმავლობაში ჰეტეროტროფების რაოდენობა წყალსატევში არაპროპორციულად მაღალია. განსაკუთრებით მკვეთრად ვლინდება ჰეტეროტროფული სუქცესია ჩამდინარე წყლებში, რომლებიც მდიდარნი არიან დიდი რაოდენობის ორგანული ნივთიერებებით. მაგალითად, კანალიზაციის წყლები, რომლებიც გაშვებული არიან სპეციალური წყალსატევების გასაწმენდად, თავიდან მთლიანად მოკლებულნი არიან ავტოტროფებს. მათი ბინადარნი პრაქტიკულად წარმოადგენილია ბაქტერიებით და ძალიან მცირე ოდენობის ცხოველებით, რომლებიც ანაერობულად სუნთქავენ ან ჰაერის ჟანგბადს მოიხმარენ (მაგალითად, ბუზი Eristalis მატლი).

აღნიშნულის მეტ-ნაკლებად მსგავსი პროცესები შეინიშნება წყალსატევებში, კერძოდ მდინარეებში, ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობით მათი ინტენსიური გაჭუჭყიანების ადგილებში. ამ შემთხვევაში ჰეტეროტროფული სუქცესიების ცალკეული სტადიები აღმოჩნდებიან სივრცობრივად ლოკალიზებული, იარსებებენ რა პარალელურად, ისინი საშუალებას იძლევიან, ერთბაშად თვალყური ვადევნოთ გაერთიანებების სერიული ცვლილებების მთელ თანმიმდევრობას. წყალსატევში ორგანული ნივთიერებების დიდი რაოდენობით ჩასაშვებ ადგილებში წყლის მობინადრენი წარმოდგენილია პრაქტიკულად ჰეტეროტროფული ბაქტერიებით. მდინარის დინების მიმართულებით გადანაცვლებისას ჩაშვებული ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის ხარისხი და წყალსატევის ბინადართა სუნთქვის გაუმჯობესებისათვის პირობები დგება სხვადასხვაგვარი. ყველაზე მეტი ოდენობით წარმოდგენილია ავტოტროფები, მათი როლი ბიოცენოზში

მატულობს და ჩამდინარე წყლების სრული გაწმენდის შემთხვევაში, სისტემის ევტროფული მდგომარეობა იცვლება ოლიგოტროფულით.

XII.12. ეკოსისტემების ფლუქტუაცია და ტრანსფორმაცია

ეკოსისტემის თანმიმდევრულმა ცვლამ მთელი წლის განმავლობაში ვ.გ. ბოგოროვს 1939 წელს უფლება მისცა, ჩამოეყალიბებინა შეხედულება მსოფლიო ოკეანეში ბიოლოგიურ სეზონებზე. წლის დროთა ანალოგიის მიხედვით ბოგოროვი გამოყოფს ბიოლოგიურ გაზაფხულს, ზაფხულს, შემოდგომასა და ზამთარს.

ბიოლოგიური გაზაფხული ხასიათდება ფიტოპლანქტონის სიუხვით, თუმცა ამ დროს ზოოპლანქტონის რაოდენობა ჯერ კიდევ ვერ აღწევს მაქსიმუმს. ფიტოპლანქტონის ბიომასის დამოკიდებულება ზოოპლანქტონის ბიომასასთან, ეგრეთ წოდებული სეზონური მაჩვენებელი, ძალიან მაღალია და 10-დან 100-მდე ინტერვალში თავსდება.

ბიოლოგიური ზაფხული დაკავშირებულია მაქსიმალური განათებულობის დადგომასთან, წყლის ტემპერატურა მატულობს, ბიოგენთა რაოდენობა მცირდება. იგი ხასიათდება სეზონური მახასიათებლის მკვეთრი შემცირებით, რომელიც ხდება თანაბარი ან ერთეულზე ნაკლები. ზოოპლანქტონის ბიომასა აღწევს მაქსიმუმს, ქრება საგაზაფხულო და გამოვლინდება ზაფხულის მატლები.

ბიოლოგიური შემოდგომა იწყება მაქსიმალური წლიური ტემპერატურების დროს, რომლებიც შემდეგ დაბლა იწევს. შესამჩნევად მცირდება მზის ენერგიის ხანგრძლივობა და ინტენსიურობა. საკვები მარილების რაოდენობა თავიდან რამდენადმე იზრდება საგაზაფხულო და საზაფხულო პლანქტონის გაბრწნის ხარჯზე, ხოლო შემდეგ კვლავ ეცემა. შემოდგომა პოლარულ ზღვებში

ბიოლოგიური თვალსაზრისით ხასიათდება ფიტოპლანქტონის კონცენტრაციის შემცირებით. პლანქტონში უმეტესად სითბომოყვარული ფორმები ჩნდებიან.

ბიოლოგიური ზამთარი დგება სიცივის მატებისას, პოლარული ზღვების ზედაპირი ყინულით იფარება, განათების ინტენსიურობა ყველაზე ნაკლებია, ბიოგენების რაოდენობა განუწყვეტლივ იზრდება მომაკვდავი პლანქტონის გახრწნის ხარჯზე და საკვები მარილებით მდიდარი სიღრმისეული წყლების ზედაპირისკენ გადაადგილებით. ბიოლოგიური თვალსაზრისით ზამთარი ხასიათდება პლანქტონის მინიმუმით, სეზონური მაჩვენებელი ერთეულზე ნაკლებია. წყალმცენარეთა სხვადასხვა სახეობა ხშირად იმყოფება მოსვენების ან მოზამთრე უჯრედების სტადიაში, ზოოპლანქტონში მთავარი მნიშვნელობა აქვს მოზრდილ ცხოველებს ან მათ მოზამთრე სტადიებს, ახალი გენერაციები არ წარმოიქმნებიან.

სხვადასხვა განედების წყალსატევებში ერთსა და იმავე ბიოლოგიურ სეზონს აქვს არაერთნაირი ხანგრძლივობა და იგი მოდის სხვადასხვა თვეებზე. სავეგეტაციო პერიოდი, რომელიც შეესაბამება ბიოლოგიურ გაზაფხულს, ზაფხულს და შემოდგომას, ეკვატორული ზღვების 12 თვიდან პოლარულში იკვეცება ერთ-ორ თვემდე, ეკვატორული წყლებში ბიოლოგიური ზამთარი არ არსებობს. პოლუსებისკენ გადაადგილებით ბიოლოგიური გაზაფხულის დადგომის ვადა იგვიანებს, ტროპიკულ ზღვებში იგი იწყება ზამთრის თვეებში, პოლარულში კი აგვისტოში. ტროპიკულ წყლებში ბიოლოგიური ზაფხულის ხანგრძლივობა შვიდი თვეა, პოლარულში ერთიდან ორ თვემდე. ჩრდილოეთისკენ და სამხრეთისკენ გადაადგილებისას ბიოლოგიური შემოდგომა დგება უფრო ადრე, მისი ხანგრძლივობა მცირდება და მაღალ განედებში პრაქტიკულად არ აღინიშნება.

XIII თავი

წყლის ეკოსისტემების ბიოლოგიური პროდუქტულობა და მისი გაზრდის გზები

ჰიდრობიონტების გამრავლებისა და ზრდის შედეგად წყალსატევებში მიმდინარეობს ბიომასის განუწყვეტელი განახლება. ეკოსისტემის ამ მოვლენას უწოდებენ **ბიოლოგიურ პროდუქტულობას**, თვით ბიომასის ახლადწარმოქმნის პროცესს **ბიოლოგიურ პროდუცირებას**, ხოლო ახლადწარმოქმნილ ბიომასას **ბიოლოგიურ პროდუქციას** (უფრო სწორად, ბიოტურ პროდუქტულობას, ბიოტურ პროდუქციას). ბიოლოგიურ პროდუქციაში არ რთაევენ იმ ორგანულ ნივთიერებას, რომელიც წარმოიქმნება ჰიდრობიონტების მიერ, მაგრამ არ გროვდება მათში (ორგანული გამონაყოფები, მოსაშორებელი სტრუქტურები, გახრწნის პროდუქტები და სხვ.). ბიოლოგიური პროდუქცია არის მთელი ორგანული ნივთიერების მხოლოდ **ბიოორგანული პროდუქციის** ნაწილი, რომელიც იქმნება ორგანიზმების მიერ მისი ცხოველქმედების პროცესში. ორგანული ნივთიერება, რომელიც სინთეზირდება, მაგრამ არ აკუმულირდება ჰიდრობიონტებში, წყალში დაგროვებისას, არსებითად ამაღლებს ეკოსისტემის ბიოენერგეტიკულ პოტენციალს.

ეკოსისტემის ზოოპროდუქტულობა რეგულირდება ადამიანისთვის სასარგებლო, განურჩეველი, ან მავნებელი ორგანიზმების წარმოქმნის ფორმით. ამასთან დაკავშირებით, პრაქტიკის მიმდინარე (მაგრამ დროში საკმაოდ ცვალებადი) მოთხოვნებიდან გამომდინარე, შეიძლება ვილაპარაკოთ ორგანიზმთა ბიომასის **ბიოსამეურნეო პროდუქციაზე**, რომელსაც მოცემულ დროში გააჩნია სარეწაო მნიშვნელობა. პრაქტიკული ინტერესე-

ბის მიუხედავად განასხვავებენ **პირველად** და **მეორეულ** პროდუქციას. პირველი თავისთავად ჰიდრობიონტ-ავტოროფების ცხოველქმედების პროცესში არაორგანულიდან ორგანული ნივთიერებების ბიოსინთეზის შედეგია. მეორეული პროდუქცია წარმოიქმნება ორგანიზმ ჰეტეროტროფების უკვე არსებული ორგანული ნივთიერებების ტრანსფორმაციის პროცესში.

ბიოპროდუქტულობა არის ეკოსისტემის თვისება, ბიოტოპისა და ბიოცენოზის თავისებურებაზე დამოკიდებულებაში ამა თუ იმ ფორმით გამოვლენილი (მსგავსად იმისა, თუ როგორ არის დამოკიდებული სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების პროდუქტულობა ეროი მხრივ კლიმატისა და ნიადაგის თვისებებზე, მეორე მხრივ დასამუშავებელი კულტურის მოსავლიანობასა და მოსაშენებელი ობიექტის ბიოლოგიურ თავისებურებაზე).

ჰიდროეკოსისტემის ბიოპროდუქტულობა შეიძლება განვიხილოთ ორი სახით: 1. ბუნებრივი (ბიოსფერული) და 2. სოციალურ-ეკონომიკური. პირველ შემთხვევაში პროდუცირების შედეგებს აფასებენ ადამიანის ინტერესების გათვალისწინების გარეშე, რამეთუ ნივთიერებათა წრებრუნვა ეკოსისტემაში ეკოსისტემის ერთ-ერთი ფუნქციაა — ბიოსფეროს ბლოკების თავისებურებაა.

სოციალურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, ბიოპროდუქტულობა ხასიათდება ადამიანისთვის გამოსაყენებელი ჰიდრობიონტთა ჭერის სიდიდით. ამ შემთხვევაში პროდუქტულობა განსაზღვრულია, როგორც თვით ექსპლოატირებული ეკოსისტემის თვისებებით, ასევე მათი სამეურნეო მოხმარების ფორმებითაც. ასე მაგალითად, ერთი და იგივე ტბა შეიძლება იყოს მაღალპროდუქტული, თუ ჰიდრობიონტებს იჭერენ რაციონალურად, ნაკლებად პროდუქტული, თუ დარღვეულია რეწვის ორგანიზაცია და სრულიად არაპროდუქტული, როცა სარეწი აღარაფერია. ბიოსამეურნეო პროდუქტულობა დამოკიდებულია, როგორც ჭერის სიდიდეზე, ასევე სხვადასხვა ჰიდრობიონტის ღირებულებაზე. ეს უკანასკნელი განისაზღვრება არა მხოლოდ წყლის ორგანიზმების აბსოლუტური ხარისხებით, არამედ ასახავს ადამიანის მოთხოვნილებას და მისი შესაძლებლობების

დაკმაყოფილებას, ცხადია, სხვადასხვა ხალხისათვის ერთსა და იმავე ჰიდრობიონტს, შეიძლება განსხვავებული ღირებულება ჰქონდეს.

ორგანიზმები, რომლებიც გამოიყენებიან სარეწ ობიექტებად, წარმოქმნიან წყალსატევების ბიოლოგიურ რესურსებს (უფრო სწორად, ბიოტურ რესურსებს ან ბიორესურსებს). ბიორესურსები სოციალური გაგებაა, რომელიც ასახავს ადამიანის დამოკიდებულებას ცალკეულ მცენარესა და ცხოველთან, როგორც შრომის ცალკეულ საგნებთან.

ჰიდრობიონტთა რეწვას ემატება მათი მოშენება-გამრავლება, ჩნდება სახალხო მეურნეობის ახალი დარგი — აკვაკულტურა, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს, როგორც მტკნარ წყლებში, ასევე ზღვებში. ამ დროს საჭიროა მხედველობაში ვიქონიოთ ის, რომ აკვაკულტურა არაა ანალოგი აგროკულტურისა, რადგანაც მისგან განსხვავებით ძირითადად ორიენტირებულია არა მცენარეული პროდუქტების, არამედ ცხოველური წარმოშობის პროდუქტების მიღებაზე.

XIII.1. პირველადი პროდუქცია

წყალსატევების პირველად პროდუქციაში ჩვეულებრივად წარმოდგენილია ფოტოსინთეზის უნარის მქონე ორგანიზმებით წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერება, თუმცა სინამდვილეში საკითხი უფრო რთულია. რომ არაფერი ითქვას ქემოსინთეზზე, მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული, რომ ფოტოსინთეზურ ბიომასაში მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი იჟანგება მიტოქონდრიული სუნთქვის, ფოტოსუნთქვის პროცესში, ძალიან დიდი რაოდენობით ისინი გამოიყოფიან წყალში ფოტოტროფების ნორმალური ცხოველქმედების პროცესში.

ორგანული ნივთიერებების მინერალურიდან ახალწარმონაქმნები თავისთავად წარმოადგენენ წყალსატევებში მიმდინარე ყველა პროდუქციული პროცესების საფუძველს.

XIII.2. გამოსახვისა და შეფასების სერხები

პირველადი პროდუქციის სიდიდე კვლევის მიზნების მიხედვით შეიძლება გამოისახოს და შეფასდეს სხვადასხვაგვარი სერხით. ასხვავებენ **მთლიანს** და **სუფთა** პირველად პროდუქციას. პირველი, ესაა ორგანული ნივთიერებების მთლიანი რაოდენობა, რომელიც წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის პროცესში. სუფთა პროდუქცია ტოლია მთლიანს გამოკლებული ის ნაწილი, რომელიც იხარჯება თვით მცენარეების სუნთქვაზე. შედარება მთელი და სუფთა პროდუქციების თანაფარდობისა მკვეთრად იცვლება ფოტოსინთეზის ინტესივობასთან დამოკიდებულებაში. ფოტოსინთეზი ორივეს აწონასწორებს, სუფთა პროდუქცია ტოლია 0-ის, განათებით გაჯერებისას იგი აღწევს 80-90%-ს მთლიანთან შედარებით (Hymprey, 1975). საშუალოდ ფიტოპლანქტონისთვის იგი დაახლოებით 40-50%-ის ტოლია.

პირველადი პროდუქციის სიდიდეს უმეტესწილად განსაზღვრავენ მცენარის ფოტოსინთეზის ინტენსიურობის აღრიცხვის საფუძველზე წყალსატევის სხვადასხვა ჰორიზონტზე. სხვადასხვა ჰორიზონტზე მცენარეთა ფოტოსინთეზის სიდიდეზე მონაცემების ინტეგრირებისას პოულობენ ჯამურ პროდუქციას წყალსატევის ზედაპირის $1 მ^2$ ქვეშ. პირველი მიახლოებისას იგი ტოლია ოპტიმალურ სიღრმეებში მაქსიმალური ფოტოსინთეზისა, გამრავლებული ფოტოსინთეზის ზონის სიღრმის ნახევარზე (მ-ში), რომელიც გადაჭიმულია იმ ფენებამდე, სადაც განათებულობა საწყისის 1%-ია (steeman-nielsen, 1958).

ზოგჯერ პირველადი პროდუქციის სიდიდის განსასაზღვრავად იყენებენ ბუნებრივ პირობებში ჟანგბადის კონცენტრაციის ცვლის აღრიცხვის მეთოდს, რომელიც შემოთავაზებული იყო 1924 წელს პიუტერის მიერ და მოდიფიცირებულ იქნა 1936 წელს ს.ვ. ბრუევიჩის მიერ. მეთოდის პრინციპი დამყარებულია იმაზე, რომ წყალსატევში ჟანგბადის შემცველობის დაცემა მზის ჩასვლის მომენტიდან მზის ამოსვლამდე კომპენსირდება მცენარეების მიერ გაზის გამოყოფით დღის განმავლობაში.

მაშასადამე, ვიცით რა ჟანგბადის კონცენტრაციის სხვაობა დღის ბოლოს, და ღამის ბოლოს, ასევე წყლის მასების მოცულობა, რომლებშიც იცვლება გაზის შემცველობა, შეიძლება გამოვითვალოთ ის რაოდენობაც, რომელიც წარმოიქმნება ფოტოსინთეზის შედეგად ერთ დღეში.

წლიური პირველადი პროდუქციის სიდიდე კორელირებს დღედამურ მაქსიმალურ მაჩვენებელთან, რომელიც ამ უკანასკნელს აღემატება დაახლოებით 100-ჯერ (ვინბერგი, 1960).

XIII.3. პირველადი პროდუქციის ეფექტურობა

წყალსატევების პირველადი პროდუქცია, რომელთა ზედაპირიც ნათდება თითქმის ერთნაირად, შეიძლება განსხვავდებოდეს ერთმანეთისაგან 10-ჯერ და 100-ჯერ. იგი დამოკიდებულია წყალსატევში მცენარეთა სახეობრივ შემადგენლობაზე, მათ რაოდენობასა და განაწილებაზე წყლის სიზრქეში, წყლის ოპტიკურ თვისებაზე, ბიოგენთა კონცენტრაციასა და ტემპერატურაზე.

სიღრმისაკენ გადაადგილებით სხვადასხვა წყალსატევებში განათებულობის პირობები უარესდება წყლის გამჭირვალობაზე დამოკიდებულებით. განსაზღვრული ჰორიზონტების ქვემოთ მყოფი მცენარეები განიცდიან ამა თუ იმ ხარისხით სინათლეზე „შიმშილს“ და ფოტოსინთეზის დაქვეითებას მოცემულ განათების პირობებში, იმ მცენარეებთან შედარებით, რომლებშიც ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს ოპტიმალური განათების პირობებში.

პირველადი პროდუქცია ტბორებსა და სხვა წყალსატევებში ჩვეულებრივ მკვეთრად იმატებს მათში აზოტისა და ფოსფორის მარილების შეტანის შემდეგ. პირველადი პროდუქციის ეფექტურობაზე უდიდეს გავლენას ახდენს წყალმცენარეების ბიოგენებით უზრუნველყოფა. ოპტიმალურიდან მათი კონცენტრაციის გადახრისას პროდუცირების ტემპი იწყებს შემცირებას ანალოგიურად იმისა, როგორც ეს მიმდინარეობს სინათლეზე „შიმშილის“ დროს.

აზოტისა და ფოსფორის დეფიციტთანაა დაკავშირებული, კერძოდ, მსოფლიო ოკეანის მრავალი რაიონის ოლიგოტროფულობა.

XIII.4. სხვადასხვა წყალსატევში პირველადი პროდუქციის სიდიდე

ცალკეული წყალსატევების და მთელი ჰიდროსფეროს ბიოპროდუქტულობის შეფასება ხელსაყრელია მოხდეს სიდიდით, რომელიც ფართობის ერთეულზეა გათვლილი. ეს სიდიდე უმეტეს შემთხვევაში გამოიხატება ორგანული ნახშირბადის მასით, ორგანული ნივთიერებების ბიომასით ან ენერგიის ერთეულებში. მიღებულია, რომ 1 გ. ნახშირბადი ტოლია 2 გ. ფიტოპლანქტონის მშრალი ნივთიერებისა, რაც 41,9კ ჯოულის ეკვივალენტურია.

მსოფლიო ოკეანის სუფთა პირველადი პროდუქციის ჯამური სიდიდე არაერთგვაროვნადაა შეფასებული. ი. რაიტერი (1969) მას თვლის 15-18.10^9 ტონად წელიწადში. ო.ი. კობლენც-მიშკე და სხვა (1968) მას აფასებენ 15-18 (საერთოდ კი 25-30, მლარდ ტონად, ა.ა. ნიჩიპოროვიჩი კი 27 მლარდ ტონა მშრალი ნივთიერებიდან, ასე ვთქვათ დაახლოებით 13-14 ტონა მლარდ ტონა ნახშირბადს, ე. სტემან-ნილსონი კი 18-23 მლარდ ტონა ნახშირბადს. ერთ-ერთი ბოლო ცნობით (lieth, Whittaker, 1975), მსოფლიო ოკეანის სუფთა პირველადი პროდუქციის სიდიდე შეადგენს 55 მლარდ ტონა მშრალ ნივთიერებას, ხმელეთისთვის კი 115 მლარდ ტონას. ამრიგად, ხმელეთზე იგი თითქმის 2-ჯერ და ფართობის ერთეულზე გადაანგარიშებით 5-ჯერ მეტია, ვიდრე ჰიდროსფეროში, თუმცა ფიტომასის მიხედვით კონტინენტები მსოფლიო ოკეანეს აღემატებიან თითქმის 7-10 ათასჯერ.

მდინარეებსა და წყალსაცავებში წყლის დაბალი გამჭირვალობის შედეგად პირველადი პროდუქცია ჩვეულებრივ დაბალია, ვიდრე ეკტროფულ და მეზოტროფულ ტბებში.

XIII.5. მეორეული პროდუქცია

მეორეულ პროდუქციას მიაკუთვნებენ ყველა იმ ორგანულ ნივთიერებას, რომელიც გროვდება ჰეტეროტროფ-ორგანიზმებში ელიმინირებული ორგანიზმების ბიომასის გათვალისწინებით. ყველა ჰეტეროტროფის მეორეული პროდუქცია არ შეიძლება იყოს გამოსახული რომელიღაც ჯამური სიდიდით, რადგან ერთი ორგანიზმის მიერ შექმნილი ნადგურდება მეორით, რომლებიც ასევე ამოიჭმებიან მესამით და ა.შ. სხვადასხვა ტროფიკული დონის ჰეტეროტროფების პროდუქციის შეჯამებას არც ისე დიდი აზრი აქვს, ვიდრე რთული ენერგიების ცვლას ტრანსფორმატორის შესასვლელსა და გამოსასვლელში. ამიტომ, მეორეული პროდუქციის რეალურ მახასიათებლად გამოიყენება ამა თუ იმ სახეობების ორგანიზმების, ანდა უფრო მაღალი ტაქსონომიური რანგის მათივე ჯგუფებით ბიომასის შექმნა.

XIII.6. გამოთვლის მეთოდები

მეორეული პროდუქცია შეიძლება გამოვთვალოთ ფართობის ერთეულზე ან მოცულობაზე ამა თუ იმ დროში. მას ჩვეულებრივ გამოხატავენ ნედლი ან მშრალი მასის ერთეულებში, ენერგიაში ან წარმოქმნილი ცილების, ცხიმებისა და ნახშირწყლების რაოდენობაში. მსოფლიო ოკეანის ბინადრებისათვის ნედლ ბიომასაში ცალკეული ნივთიერებებისთვის და მისი ენერგოტევადობისათვის იყენებენ შემდეგ პროცენტულ შემადგენლობას (ბოგოროვი, 1974).

	წყალი	ცილები	ცხიმები	ნახშირწყლები	ნაცარი	კ ჯოული
ზოოპლანქტონი	80	12	3	3	12	2,1
ზოობენთოსი	63	10	1	3	23	1,9
ნექტონი	73	19	4	1	3	4,5

ცალკეული კომპონენტების მსგავსი თანაფარდობა შეინიშნება მტკნარი წყლის ორგანიზმების სხეულშიც.

ამჟამად შემოთავაზებულია ძალიან ბევრი მეთოდი მეორეული პროდუქციის განსასაზღვრავად, რომელიც შეიძლება მოვათავსოთ სამ ძირითად სქემაში (ზაიკა, 1983).

პირველს მიეკუთვნება გამოთვლები სისტემის გამოსვლაზე და ბიომასის ცვლილებაზე, რომელიც პირველად მოგვაწოდა პ. ბოისენ-იენსენმა 1919 წელს $P=Be+B_2-B_1$, სადაც P არის პროდუქცია, Be-ელიმინირებული ბიომასა, ხოლო B_1 და B_2 პოპულაციის ბიომასები დაკვირვებების დაწყებისა და დაბოლოებისას. ამ ფორმულაში ელიმინირებულ ინდივიდების მასას განსაზღვრავენ, როგორც საშუალო არითმეტიკულს მათ საწყის და საბოლოო მასებს შორის. ასეთი დაშვება სამართლიანია, თუ ინდივიდთა ზრდა მათი ასაკის ხაზობრივ ფუნქციას წარმოადგენს, მაგრამ სინამდვილეში ეს ასე არ ხდება.

მეორე სქემის დროს გამოიყენება მეთოდები, რომლებიც აფასებენ პროდუქციას, როგორც სხვაობას ასიმილაციისა და დისიმილაციის სიჩქარეთა შორის (Clarke et al., 1946). თეორიულად იგი ყველაზე უფრო ზუსტია, მაგრამ პრაქტიკაში ნაკლებად გამოიყენება, ასიმილაციის სიდიდის განსაზღვრის სიძნელის გამო.

მესამე სქემას მიეკუთვნება ყველა გამოსახული ინდივიდი, რომელიც ეყრდნობა ინდივიდთა ზრდის შესახებ მონაცემების გამოყენებასა და პოპულაციის ასაკობრივ სტრუქტურას. საწყის ვარიანტში (Константинов, 1958-1960) მეთოდი ითვალისწინებდა ინდივიდთა მხოლოდ მატებას. ამისათვის დგინდებოდა ცხოველთა საშუალო ზომა, ბიომასა და რიცხობრიობა დაკვირვების მომიჯნავე დროში. წინასწარი გამოკვლევების საფუძველზე ცნობილია რა ინდივიდთა მოცემული ზომის დღეღამური ნამატების სიდიდეები, ითვლიან მათი მასის გადიდებას მთელი დაკვირვების განმავლობაში.

გამოთვლების მესამე სქემა ყველაზე უფრო ფართოდაა გამოყენებული.

XIII.7. მეორეული პროდუქტულობის ტემპი და ეფექტურობა

ცხოველების პროდუქტულობაში წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებების ჯამური აქტივობა პირდაპირ პროპორციულია მათი პროდუცირების ტემპისა და რაოდენობისა, რადგანაც ზოოპლანქტონისა და ზოობენთოსის ბიომასა ჰიდროსფეროს სხვადასხვა უბნებში არაერთგვაროვანია და უკვე ამ მიზეზით მეორეული პროდუცირების სიდიდეები ძლიერ ვარირებენ. მეორეული პროდუცირების სიდიდეზე არანაკლებ გავლენას ახდენს ცხოველთა ზრდის სიჩქარე. იგი დამოკიდებულია, როგორც თვით ორგანიზმების თავისებურებაზე, რომლებიც წარმოდგენილი არიან ჰიდროსფეროს სხვადასხვა უბნებში სხვადასხვა ფორმებით, ასევე არსებობისათვის უკიდურესად ვარირების პირობებზეც.

XIII.8. სხვადასხვა ჰეტეროტროფული ჯგუფების პროდუქცია

მსოფლიო ოკეანის ბიოტის ორგანიზმთა ცალკეული ჯგუფებიდან მეორეულ პროდუცირებაში უდიდესი მნიშვნელობა აქვს: ბაქტერიებს, სოკოებს, ზოოპლანქტონს, ზოობენთოსს და თევზებს. წარმოდგენა მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში ბაქტერიების პროდუქტულობის როლზე შესამჩნევად სხვადასხვაგვარია.

ჯერ კიდევ არასაკმარისადაა შესწავლილი მიკროზოოპლანქტონის პროდუქცია (ინფუზორები, უფერული შოლტიანები, ნიჩაბფეხიანები და სხვა). მიკროზოოპლანქტონის განსაკუთრებული როლი ისაა, რომ იგი გამოიყენება შუალედურ ტროფიკულ რგოლად ბაქტერიებსა და ნანოფიტოპლანქტონს შორის, ერთი მხრივ და უფრო მსხვილ ზოოპლანქტონთან — მეორე მხრივ. ზოგიერთი ექსპერიმენტული შრომიდან აღსანიშნავია, რომ დაახლოებით პირველადი პროდუქციის ნახევარი ტროფიკულ ჯაჭვში გადის მიკროორგანიზმების საშუალებით.

მსოფლიო ოკეანეში ზოობენთოსის საშუალო ბიომასა მერყეობს რამდენიმე მილიგრამიდან რამდენიმე კილოგრამამდე 1 მ^2-ზე. მისი საშუალო სამეურნეო ბიომასა სხვადასხვა სიღრმეზე გამოიხატება შემდეგი სიდიდეებით (ზენკევიჩი და სხვა, 1960).

სიღრმე მ-ში	საშუალო ბიომასა, გ/მ^2	ჯამური ბიომასა, მლნ ტონა
0-200	200	5500
200-3000	20	1104
3000-ზე მეტი	0,2	56

კონტინენტურ წყალსატევებში მეორეული პროდუქტულობის დონე ჩვეულებრივ შესამჩნევად მეტია, ვიდრე მსოფლიო ოკეანეში. ერთი მხრივ ეს დაკავშირებულია მათ მაღალ პირველად პროდუქტულობასთან, მეორე მხრივ კი ალოქთური ორგანიზმების შესამჩნევი რაოდენობით შემოსვლასთან, რომელთა ხარჯზეც წარმოიქმნება დიდი ბაქტერიული ბიომასა, რომელიც შემდეგ გამოიყენება ტროფიკული დონის ორგანიზმების მიერ.

იქთიომასის პროდუქცია, ლიფსიტებისა და ნაშიერის ჩათვლით, აღწევს 1 მ^2-ზე რამდენიმე ათეულ გრამს. ბევრად დაბალია თევზის სარეწაო პროდუქცია, რომელიც, ჩვეულებრივ, აკმულირებული იქთიომასის 5-10%-ს არ აღემატება.

XIII.9. ჰიდროსფეროს ბიოლოგიური რესურსები, მათი ათვისება და აღწარმოება

ჰიდრორბიონტთა ურიცხვი რაოდენობიდან ადამიანი ფლორისა და ფაუნის მხოლოდ უმნიშვნელო წარმომადგენლებს თუ მოიხმარს, უმეტესწილად, როგორც ნედლეულს. ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ წყლის მცენარეები და ცხოველები შეადგენენ ადამიანის საკვები ნედლეული მასის მხოლოდ 3%-ს, თუმცა ჰიდროსფეროს პირველადი პროდუქცია მხოლოდ 3-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ხმელეთის პირველადი პროდუქცია. ამიტომ ჰიდროს-

ფეროს ბიოლოგიური რესურსების პერსპექტიული შეფასება არ უნდა მოხდეს მხოლოდ ობიექტების შესაძლებელი რეწვიდან. ყოველწლიურად წყალსატევთა ფლორისა და ფაუნის სულ ახალი წარმომადგენლები ერთვებიან სარეწაო ობიექტების რიცხვში. ეს პროცესი განუწყვეტლივ იზრდება ქვეყნის მოსახლეობის გაზრდის და ბიოლოგიური ნედლეულის ათვისების ტექნიკური შესაძლებლობების სრულყოფის შედეგად (მისი მოპოვების ახალი ხერხები, შენახვა და გადამუშავება)

სასარგებლო წიაღისეულისგან განსხვავებით ბიოლოგიური რესურსები განახლებადია. მაშასადამე, ჰიდროსფეროში მათი სიდიდე განისაზღვრება არა არსებული სარეწი ორგანიზმების რაოდენობით, არამედ მათი ნამატით, ასე ვთქვათ, ამ პროდუქციის რეალიზაციის საზომად გამოდგება რეწვა. წყლის ორგანიზმების მდგრადი რეწვის მოცულობა განისაზღვრება მათი ბუნებრივი კვლავწარმოებით. ამიტომ რეწვა არ უნდა აღემატებოდეს პოპულაციის ბუნებრივ ნამატს და უნდა ითვალისწინებდებს მათი კვლავწარმოების პროცესის თავისებურებებს (ვადა, ადგილი, რეწვის იარაღი და სხვა).

წყლის ორგანიზმების რეწვას არცთუ ყოველთვის განასხვავებენ ხელოვნურად მოშენებული „მოსავლისაგან", რადგანაც არსებობს მრავალი გარდამავალი ფორმა ბიოლოგიური ნედლეულის ამ ორ სახეობას შორის. ამიტომ მსოფლიო სტატისტიკა წყალსატევებიდან მიღებულ ჰიდრობიონტებს პირობითად უწოდებს ამოკრეფილს – დაჭერილს, თუმცა რამდენიმე, მართალია, მათი ჯერ კიდევ არცთუ მნიშვნელოვანი, ნაწილი აღიწარმოება აკვაკულტურაში. ამას უნდა გავუწიოთ ანგარიში ცალკეული ჰიდრობიონტების რეწვის სიდიდის შეფასების დროს, რომელიც მოცემულია ქვემოთ, მსოფლიო სტატისტიკური მონაცემების სახით.

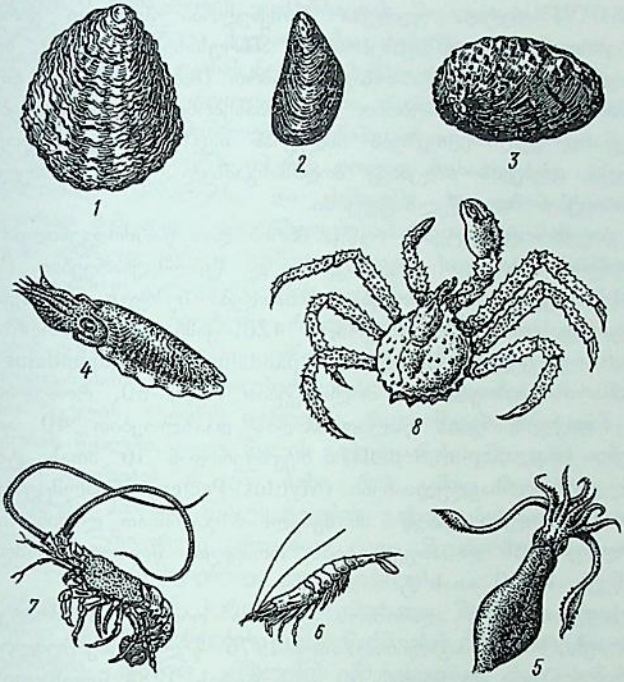
XIII.10. ჰიდრობიონტთა მსოფლიო რეწვა

ამჟამად, ჰიდრობიონტთა მსოფლიო რეწვა იძლევა ადამიანის მიერ მოხმარებული ცხოველური ცილის 20%-ს. 70-იანი წლე-

ბის დასაწყისამდე იგი სწრაფად მატულობდა (20 მლნ ტონა 1950 წ-ს. 70 მლნ. ტონა 1970 წ-ს), შემდეგ, დასაჭერი იარაღის სრულყოფის, რეწვითი დაზვერვების, ფლოტის გაზრდის, თევზჭერის ახალი ობიექტების და რაიონების ათვისების მიუხედავად მოხდა სტაბილიზაცია. 1983 წელს მსოფლიოში მთლიანად მოიპოვეს 80 მილიონ ტონამდე წყლის ორგანიზმები, რომელთაგან თევზის წილად მოდიოდა 68 მლნ ტონა, ხოლო უთევზო ობიექტის წილად 12 მლნ ტონა. ამ უკანასკნელებს შორის ყველაზე დიდი მნიშვნელობა მასის მიხედვით მოლუსკებს (5,2 მლნ ტონა), კიბოსნაირებს (3,3 მლნ ტონა) და წყალმცენარეებს (2,9 მლნ ტონა) ჰქონდათ. მიუხედავად განუწყვეტელი და არსებითად ძლიერ განვითარებული ტექნიკური აღჭურვილობისა, თევზის რეწვა და მისი მოპოვება ბოლო წლებში თითქმის არ იცვლებოდა. მაგალითად, 1975, 1977, 1979 და 1981 წწ. ზღვის თევზების რეწვა შესაბამისად იყო 52, 53, 55 და 57 მლნ ტონა, 1966 წელს მან 52 მლნ ტონას მიაღწია, ე.ი. 15 წლის მანძილზე მთლიანად მოიმატა 11-12%-ით. წყალსატევებში მოპოვებულ უთევზო ობიექტებში მასის მიხედვით პირველ ადგილს იკავებენ მოლუსკები.

კიბოსნაირებიდან რეწვაში უდიდეს როლს თამაშობენ კიბორჩხალები, კრევეტები და კრილები (შესაბამისად 449, 896 და 448 ათასი ტონა). ჰიდროფიტების მსოფლიო რეწვა უპირატესად დაფუძნებულია წითელი და წაბლა წყალმცენარეების მოპოვებაზე (0,8 და 2,1 მლნ. ტონა). ბევრად უფრო ნაკლები რაოდენობით მოიპოვებენ მწვანე წყალმცენარეებს (4 ათასი ტონა). მოპოვებული წყალმცენარეების მნიშვნელოვანი ნაწილი (ნახევარზე მეტი ხელოვნური გამოყვანის სარჯზე) გამოიყენება აგარის, პოტაშის, იოდის და სხვა ტექნიკური პროდუქტების მისაღებად.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში 1984 წელს წყლის ორგანიზმების ჯამური რეწვა იყო 10,3 მლნ ტონა, აქედან ზღვებსა და ოკეანეებში მოიპოვებოდა 92%, შინაგან წყალსატევებში კი 8%. საერთო თევზჭერიდან თევზის წილად მოდიოდა 97%, უთევზო



სურ. 40. მნიშვნელოვანი სარეწი უხერხემლოები.
1 - ხამანწკა, 2 - მიდია, 3 - პალიტისი,
4 - სეპია, მელანთევზი, 5 - კრევეტი, 7 - ლანგუსტი,
8 - კამჩატკის ცხრაფეხა, კიბორჩხალა.

ობიექტების წილი შეადგენდა დაახლოებით 3%-ს. იმ თევზებიდან, რომლებიც ზღვებსა და ოკეანეებში რეწვას ექვემდებარებიან (91%-მეტი), უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდათ ვირთევზასებრთ (36%), ქაშაყისებრთ და ანჩოუსისებრთ (18%), სტავრიდასებრთ (15%) და ორაგულისებრთ (8,5%). ნაკლებ როლს თამაშობენ ქორჭილასებრნი, სკუმბრიასებრნი და კამბალასებრნი. მტკნარი წყლის თევზები იძლევიან თევზჭერის დაახლოებით 4%-ს, თითქმის იმდენივე მოდის გამსვლელებზე, რომელთაც მოიპოვებენ შიდა წყლსატევებში.

უთევზო ობიექტების რეწვა ძირითადად წარმოდგენილია კიბორჩხალასებრებით, მოლუსკებით და წყალმცენარეებით (სურ. 40) პირველების მოპოვება ხასიათდება შემდეგი მაჩვენებლებით (ათასობით ტონა): კრილი 420, კამჩატკის კიბორჩხალა 20,6, კრევეტები Grangon-10, pandalus-0,7, Parapandalus-0,5, მდინარის კიბოები-0,6. მოლუსკების რეწვა-60, რომელთაგანაც თავფეხიანების წილად მოდის დაახლოებით 40 ათასი ტონა (iles, Sepia, Sepiola). თევზჭერიდან 16 ათას ტონას იძლევიან ორსაგდულიანები (Mytilus, Pecten). წყალმცენარეებიდან უდიდესი სარეწი მნიშვნელობა გააჩნიათ ლამინარიებს, ფილოფორებს და ანფელციებს, რომელთა წლიური მოპოვება აღწევს 40-50 ათას ტონას.

საყურადღებოა აღინიშნოს უთევზო ობიექტების მოპოვების სწრაფი ზრდა. მაგალითად, თუ 1976 წელს უხერხემლოების ჭერა აღწევდა არაუმეტეს 60 ათას ტონას, 1984 წლისათვის ის გაიზარდა 700 ათას ტონამდე, დაახლოებით 11-ჯერ.

XIII.11. სარეწ ჰიდრობიონტთა ბუნებრივი კვლავწარმოების ეფექტურობის ამაღლება და დაცვა

ამჟამად ჰიდროსფეროს ბიორესურსების გამოყენების დონემ უმრავლეს ტრადიციულ სარეწ ობიექტებთან მიმართებაში მიაღწია ისეთ სიდიდეებს, რომლებიც ახლოსაა უკიდურეს ზღვართან. უმეტეს შემთხვევაში შეინიშნება ჰიდრობიონტთა გადამეტებული

ჭერა, ეს იმას ნიშნავს, რომ მათი პოპულაციების აღწარმოების უნარი უკვე ვერ ახდენს უკონტროლო რეწვის შედეგად გამოწვეული დანაკლისის კომპენსაციას. მაგალითად, 1770 წელს მოკლეს შესანიშნავი მცენარეჭამია ძუძუმწოვრის ზღვის (სტელერის) ძროხის უკანასკნელი ეგზემპლარი. ჩვენს დროში თითქმის გაქრა გრენლანდიური ვეშაპი, რომლის დაცვა გვიან დაიწყო, გაქრობის საშიშროების წინაშე იმყოფება ლურჯი ვეშაპი. გადამეტებულად ბევრს იჭერენ იოლად მოსაპოვებელ თევზებს, მაგალითად, კამბალებსა და ქაშაყებს. ზოგიერთ რაიონებში მკვეთრად შემცირდა კიბორჩხალების მარაგი. ამიტომ დღის წესრიგში არაჩვეულებრივი სიმწვავით დგება საკითხი ბიორესურსების ბუნებრივი კვლავწარმოების დაცვისა და ამაღლების შესახებ.

წყალსატევთა ბიოტური რესურსების ბუნებრივი კვლავწარმოების დაცვის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ზომაა მათი დაცვა გაჭუჭყიანებისაგან. წყალსატევების გაჭუჭყიანებისას ხდება გაზთა ცვლის რეჟიმის დარღვევა, რაც იწვევს ჟანგბადის ნაკლებობას წყალში, ასევე წყლის გაჭუჭყიანების შედეგად იღუპება სარეწი თევზების საკვები ბაზა, რის გამოც მცირდება მათი რაოდენობა. ამიტომ წყალსატევების გაჭუჭყიანებასთან ბრძოლა ერთ-ერთი უმთავრესი ამოცანაა, რათა შევინარჩუნოთ სარეწი ჰიდრობიონტების ბუნებრივი კვლავწარმოება.

აგრეთვე ძალიან სერიოზული ზარალი შეიძლება მიაყენოს სარეწაო ჰიდრობიონტების კვლავწარმოებას ჰიდროტექნიკურმა ნაგებობებმა, კერძოდ კაშხლების მშენებლობამ, რაც ბუნებრივ სამიგრაციო გზას უკეტავს გამსვლელ თევზებს. მაგალითად, ვოლგასა და მტკვარზე ჰიდრონაგებობებმა მკვეთრად დაარღვია ზუთხისებრთა გამრავლების ბუნებრივი პირობები, რის გამოც საჭირო გახდა მიღებულიყო ზომები მათი ხელოვნური კვლავწარმოების ორგანიზაციისათვის. მოზარდი თევზის უზარმაზარი რაოდენობა იღუპება, ზოგჯერ ისინი ხვდებიან სარწყავ სისტემაში ან ელექტროსადგურების ტურბინებში. ცხადია, ნებისმიერი ჰიდრონაგებობა უნდა შენდებოდეს ისე, რომ მათ წყლის კალაპოტზე ჰქონდეთ თევზგასავლები ან სხვა მოწყობილობა,

რომელიც საშუალებას მისცემდა გამსვლელ თევზებს, რათა ობიექტის ქვეშო ნაწილიდან მოხვედრილიყვნენ ობიექტის ზემოთა ნაწილში იმ რაოდენობით, რომელიც საშუალებას მისცემდა მათ უზრუნველეყოთ ბუნებრივი კვლავწარმოება.

სარეწი ორგანიზმების მტრები შესაძლებელია იყვნენ უხერხემლოები და ხერხემლიანი ცხოველები. მაგალითად, ჭრიჭინას მატლი Anax imperator ჭამს კობრის 52 ქვირითს, ერთი ფარულა კი – ზუთხის 8 ლიფსიტას, ხოჭო Ascilius მატლი და ბაღლინჯო Notonecta – კობრის 10-მდე ქვირითს. კასპიის ჩრდილოეთში ფრინველები ყოველწლიურად ჭამენ 900 ათასამდე ცენტნერ თევზს, ახალი მიწების ფრინველები კი 1200 ათას ცენტნერს, ასე ვთქვათ, ყოფილი საბჭოთა კავშირის საერთო თევზჭერის დაახლოებით 20%-ს. თევზის უზარმაზარი რაოდენობა იღუპება ვირუსული და ბაქტერიული დაავადებების დროს. ძირითადი ელემენტი ტბორების თევზების პარაზიტებით დაავადების საწინააღმდეგოდ არის დაავადების პროფილაქტიკა, კერძოდ თევზების გადახიდვაზე მკაცრი კონტროლი. გარდა სანიტარიულ-პროფილაქტიკურისა, მიმდინარეობს სამკურნალო ღონისძიებები: თევზებს სპეციალურად უტარებენ ანტიპარაზიტულ დამუშავებას, რისთვისაც იყენებენ ანტიბიოტიკებს, ანტიჰელმინთებს და ქიმიურ-თერაპევტულ პრეპარატებს (ბაუერი და სხვ., 1969).

XIII.12. ჰიდრობიონტთა აკლიმატიზაცია

ტერმინ „აკლიმატიზაციით“ აღნიშნავენ ადამიანის მიზანმიმართულ მოქმედებას ფლორისა და ფაუნის საწყისი ფორმის ახალი კომპონენტებით გასამდიდრებლად. ბიოლოგიური აზრით, აკლიმატიზაცია გულისხმობს ორგანიზმების შეგუებას ახალ პირობებთან ახალ ადგილსამყოფელში მათი განსახლების (ინტროდუქციის) შემდეგ.

ინტროდუქცია არის ადამიანის მიერ ახალ წყალსატევებში (ბიოტოპებში) ორგანიზმების გადატანა (გადასახლება) აკლიმატიზაციაზე გათვლით საბოლოო შედეგების მიუხედავად. აკლი-

მატიზაცია ხასიათდება ინტროდუცირებული ინდივიდების არა მხოლოდ გამრავლებითა და გადარჩენით, არამედ შემდეგი თაობების ნორმალური განვითარებითაც, ასე ვთქვათ სახეობის **ნატურალიზაციით**. სააკლიმატიზაციო ობიექტის (**აკლიმატიზანტის**) ინტროდუქციიდან ნატურალიზაციამდე ადგილი აქვს ფაზებს — ინკუბაციურს, ადაპტაციურს და ფლუქტუაციურს (იოჰანზენი, 1975).

თუ აკლიმატიზებულნი აბორიგენებთან არ შედიან მწვავე კონკურენტულ ურთიერთობაში და უტილიზაციას უკეთებენ აუთვისებელ რესურსებს, ლაპარაკობენ **აკლიმატიზაციის დანერგვაზე**, საწინააღმდეგო შემთხვევაში კი **აკლიმატიზაციის შეცვლაზე**, რომლის დროსაც აბორიგენების რაოდენობა მცირდება ან გამოიდევნება უფრო კონკურენტუნარიანი ჩასახლებებით. პირველის მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ ლამიჭამია პოლიხეტა ნერეის კასპიის ზღვაში ჩასახლება, რომელშიც გრუნტის ორგანული ნივთიერებები ადრე გამოიყენებოდა. დიდი რაოდენობით ძვირფასი ბიოლოგიური ნედლეულის მისაღებად ხდება წყლის სავარგულებში ახალი საკვები და სარეწი ობიექტების ჩასახლება.

ნორმალური ორგანიზმებიდან აკლიმატიზაციას ექვემდებარებიან: სარეწი თევზები, კიბოსნაირები, მოლუსკები და წყლის ბუბუმწოვრები. ისტორიულად ყველაზე ადრე დაიწყო მტკნარი წყლის თევზის გადასხმები. მაგალითად, კობრების საშობლოა იაპონია და ჩინეთი. როგორც ჩანს, ჯერ კიდევ რომაელებმა შემოიყვანეს ისინი საბერძნეთსა და იტალიაში, ხოლო XV-XVI სს. კობრს უკვე აშენებდნენ მთელი შუა ევროპის წყალსატევებში.

აკლიმატიზაციის სამუშაოების ჩატარების დროს მნიშვნელოვანია სახეობის პოტენციური არეალის ცოდნა, რომელიც შესამჩნევად ფართოა ფაქტობრივზე და გულისხმობს 4 კრიტერიუმს (Pacc, 1968). ესენია: 1) გეოგრაფიული, რომელიც მიუთითებს აკლიმატიზაციის შესაძლებლობაზე კლიმატის თანამედროვე და პოტენციური არეალების შეპირისპირების დროს; 2) ეკოლოგიური — ორგანიზმის არისადმი მოთხოვნილებიდან გამომდინარე,

უპირველეს ყოვლისა მისი ცხოვრების ყველაზე უფრო ლაბილურ პოპულაციებში გამრავლება და განვითარება; 3) ბიოტური – ბიოლოგიურად მსგავსი სახეობით ფაუნის გასამდიდრებელი წყალსატევის არარსებობით განპირობებული, რაც აკლიმატიზებულისათვის უზრუნველყოფს შედარებით თავისუფალ ეკოლოგიურ ნიშას; 4) სამეურნეო, შესახლებული ობიექტისთვის დამახასიათებელი სარეწაო-სასაქონლო თვისება.

ერთდროულად გვიხდება ანგარიშის გაწევა შესახლებული ობიექტების „ბიოლოგიურ ღირებულებაზე", კერძოდ მათ მიერ საკვების ეფექტურად გამოყენებაზე, მათი ბიომასის წარმოქმნასა და ამ პროცესის სიჩქარეზე. მაგალითად, მასის ერთეულის მატებაზე ფიტოპლანქტოფაგებს ესაჭიროებათ 20-30 ცოცხალი საკვების მასის ერთეული, ზოოპლანქტოფაგებს – 10-14, ზოობენთოფაგებს – 12-15, მტაცებლებს – 5-10. წვრილი თევზების აბსოლუტური მატება ძალიან დაბალია, მაგრამ, გააჩნიათ რა მაღალი რიცხობრიობა, ისინი იძლევიან მაღალ ჯამურ პროდუქციას და სასაქონლო მასას მოკლე დროში აღწევენ.

XIII.13. აკვაკულტურა

ცივილიზაციის განვითარებისა და ტექნიკური შესაძლებლობების გაფართოებისას ჰიდროსფერო უფრო ინტენსიურად აითვისება. ეს პროცესი სხვადასხვა გზით ხორციელდება. უპირველეს ყოვლისა, მცირე წყალსატევის ათვისებას თან ერთვის ყველაზე უფრო მსხვილის ექსპლუატაცია თვით მსოფლიო ოკეანის ღია ნაწილამდეც კი. მეორე გზა არის არსებული ბიორესურსების ექსპლუატაციის გაძლიერება, „ბუნების საჩუქრების", თევზჭერის ტექნიკის სრულყოფის და მოსაპოვებელი ობიექტების ასორტიმენტის გაფართოების ხარჯზე. მესამე გზა – ბიორესურსების ბუნებრივი კვლავწარმოების დაცვა და მისი ეფექტურობის გაზრდის რიგი ღონისძიებების განხორციელება და ბოლოს, მეოთხე და უმთავრესი ეტაპი – წყალსატევების გარდაქმნა კულტურულ, დასამუშავებელ სავარგულებად, რომლებზეც ავრ-

ცელებენ სამეურნეო წარმოებაში გამოყენებულ პრინციპებს. ინტენსიფიკაციის ყველა ოთხივე ხერხის რეალიზაცია ხდება ერთი-მეორის პარალელურად როგორც ეს იყო ხმელეთის ათვისების დროს. ისტორიულ ასპექტში აქცენტი გადატანილია რეწვის სრულყოფაზე, მისი ნედლეულის ბაზის უზრუნველყოფისა და აკვაკულტურის განვითარებაზე.

ვიწრო მნიშვნელობით სიტყვა აკვაკულტურა გაიგება როგორც ჰიდრობიონტთა სამრეწველო მოშენება განსაზღვრული ტექნოლოგიური სქემის მიხედვით პროცესის ყველა ძირითად რგოლზე კონტროლით. თუ საუბარი მიდის ზღვის ორგანიზმების მოშენებაზე, მაშინ ლაპარაკობენ **მარიკულტურაზე**. მტკნარი წყლის ჰიდრობიონტთა მოშენების ანალოგიის მიხედვით საჭიროა მას ეწოდოს **ლიმნოკულტურა**. სიტყვის ფართო მნიშვნელობით აკვაკულტურაში იგულისხმება წყალსატევების მოვლა-პატრონობა მათი პროდუქტულობის გაზრდის მიზნით, ხმელეთზე მოქმედების ანალოგიურად, რომელიც დაკავშირებულია სასოფლო-სამეურნეო წარმოების რაციონალურ ორგანიზაციასთან.

აკვაკულტურის მარტივ ფორმებს მიეკუთვნება ბუნებრივი წყალსატევების მელიორაცია, რაც საშუალებას იძლევა, სრულად გამოვიყენოთ ბუნებრივი ეკოსისტემების შესაძლებლობები.

მკაფიო ზღვარის გატარება აკვაკულტურისა და ჰიდროსფეროს ასათვისებელ მრავალ სხვა ფორმას შორის გაძნელებულია, იმის მსგავსად, როგორც ძნელია დაამყარო მიწის სავარგულების გამოყენების ის ხარისხი, რომლითაც თარიღდება აგროკულტურების დასაწყისი.

აგრო- და აკვაკულტურის ჩანასახები შეინიშნება ცივილიზაციის ყველაზე ადრეულ ეტაპზე, მაგრამ პირველმა, ტექნიკურად მეტად უბრალომ, ძლიერ გაუსწრო მეორეს. ახლა აკვაკულტურა, ეყრდნობა რა ტექნიკურ პროგრესს, სწრაფად ვითარდება. უნდა აღინიშნოს, რომ ორგანული ნივთიერებების ტრანსფორმაცია წყლის ცხოველებით უფრო ეფექტურია, ვიდრე ხმელეთისებით. მაგალითად, კობრის კვების ერთეულზე მასის

ნამატი 2-2,5-ჯერ მეტია, ვიდრე მსხვილფეხა რქოსან საქონელს და ცხვარში და 1,5-ჯერ მეტია, ვიდრე ქათამში (სპიჩაკი, ჩერნიშოვი 1984).

არსებობს აკვაკულტურების წარმოების ორი პრინციპი, რომლებიც პრაქტიკაში ხშირად ერთად გამოიყენება. პირველი პრინციპი არის წყალსატევების, როგორც პირველსაკვების კვლავმწარმოებელი სამეურნეო სავარგულების მაქსიმალურად გამოყენება, ამიტომაც მათ შეუძლიათ, ეკოსისტემური ტრანსფორმაციის შედეგად გამოდგნენ ბიოლოგიური ნედლეულის წყაროდ. აკვაკულტურის განვითარების მეორე გზა არის წყლის გამოყენება, როგორც სამეურნეოდ ღირებული ძვირფასი ობიექტების განსაზღვრული არისა, სადაც ნაკლებად ღირებული პროდუქტების ხარჯზე ხდება მათი გამოკვება. პირველ შემთხვევაში მიმდინარეობს ბიოლოგიური ნედლეულის კვლავწარმოქმნა, მეორეში კი რაოდენობრივად წამგებიანი და ხარისხობრივად მომგებიანი ერთი სახეობის მეორეში ტრანსფორმაცია. ბუნებრივია, რომ აკვაკულტურის განვითარების გენერალური გზა მზარდი მოსახლეობის საკვებით უზრუნველყოფისათვის წყალსატევების მაქსიმალურად გამოყენებაში დევს, როგორც მწარმოებლისა, და არა როგორც ბიოლოგიური ნედლეულის ტრანსფორმატორისა. მეორე გზა გამართლებულია და პერსპექტიული იმდენად, რამდენადაც ბიოლოგიური ნედლეულის წარმოების სფეროში ზედმეტი აღმოჩნდება ის კომპონენტები, რომელთა უფრო გამოყენება არ ხერხდება რაციონალურად.

როგორც უკვე აღინიშნა, აკვაკულტურის განვითარების ორივე პრინციპი რეალიზდება ერთიანობაში. ასე მაგალითად, კობრის გომურებში მოყვანისას მისი პროდუქცია უზრუნველყოფილია როგორც ბუნებრივი საკვებით (წყალსაცავის ბუნებრივი საკვები ბაზა), ასევე სხვა ეკოსისტემიდან მიღებული თევზებით. კობრების მაღალი სიმჭიდროვისას და მისი ინტენსიური კვებისას ჭარბობს ბიოლოგიური ნედლეულის ტრანსფორმაცია, საპირისპირო შემთხვევაში კი ახალწარმონაქმნი. აკვაკულტურის გარდამქმ-

ნელის მაგალითად შეიძლება გამოდგეს სასაქონლო თევზის აუზებში გამოყვანა, რომლის დროსაც იგი მთლიანად იკვებება გარედან შეტანილი საკვებით. ნაშიერის აუზში გამოზრდის შემთხვევაში, რომელიც გამოიყენება ძვირფასი ობიექტების ბუნებრივი კვლავწარმოების გაძლიერებისათვის, ვხვდებით აკვაკულტურის განსაკუთრებულ საძოვრულ ფორმას. ბუნებრივ წყალსატევებში გაშვებული ნაშიერი, იყენებს რა მათ საკვებ ბაზად, უკიდურესად მაღალი ეფექტურობით გადაიქცევა ბიოტური ნედლეულიდან ბიოტურ რესურსად.

აკვაკულტურის ორგანიზაციის ფორმით განასხვავებენ მეურნეობის სამ ტიპს: გამოსაზრდელს, სასაქონლოს და სრულსისტემურს. პირველები ქმნიან მისაღებად და გამოსაზრდელად ჰიდრობიონტთა სიცოცხლემდგრად ნაშიერს, რომელიც გამოიყენება დასარგავი მასალის სახით. სასაქონლო მეურნეობებში დასარგავი მასალა იზრდება საჭირო სტანდარტამდე, ბუნებრივი საკვები ბაზის ხარჯზე ან ხელოვნური საკვების შეტანით. სრულსისტემურ მეურნეობებში კულტივირების პროცესების მართვა ხორციელდება გამოსაზრდელი ობიექტების მთელი სასიცოცხლო ციკლის მანძილზე (მწარმოებლების მიღება და შენახვა, სასქესო ჰორმონების მიღება და ქვირითის განაყოფიერება, მისი ინკუბაცია, ლიფსიტების გამოყვანა, ნაშიერის გამოზრდა, სასაქონლო პროდუქციის მიღება).

აკვაკულტურა თავისი ტექნიკური სისტემებით და მოწყობილობებით კულტივირებულ ობიექტებში გენოტიპის პოტენციური შესაძლებლობების რეალიზაციის საშუალებას იძლევა. რომელიც ბუნებრივ პირობებში არ გამოვლინდება, ასე ვთქვათ, ფაქტობრივად უზრუნველყოფს აუცილებელი ნედლეულის მართვად ბიოსინთეზს. ამ მნიშვნელობით აკვაკულტურა მის ყველაზე უფრო ინტენსიურ ფორმებში მრავალმხრივ მოგვაგონებს მიკრობიოლოგიური სინთეზის ტექნოლოგიას.

ამჟამად, აკვაკულტურის განვითარების პერსპექტივები საგანგებოდ ფართოვდება სითბური ენერგეტიკის გამალებულ ზრდასთან დაკავშირებით. წყლის უზარმაზარი რაოდენობა, რო-

მელიც 8-10^{0}C-ამდე თბება, ატომური და სითბური ელექტროსადგურების კონდენსატორების გაციების შედეგად, გამშვები არხების საშუალებით ხვდება წყალსატევ-გამაგრილებლებში. გამთბარი წყლების ნაკადი ქმნის განსაკუთრებულ შესაძლებლობას აკვაკულტურის ორხური და აუზური წარმოების ინტენსიფიკაციისათვის, წყალსატევი-გამაგრილებლები პერსპექტიულია ზრდის მაღალი ტემპის მქონე სითბომოყვარული თევზების გამოსაყვანად. კერძოდ მცენარეჭამიების ბუნებრივი საკვები ბაზის გამოყენების გაზრდის სარჯზე.

ატომური და სითბური ელექტროსადგურების მშენებლობამ შეიძლება განაპირობოს ხელოვნური აუზების ზამთარში და მთელი წლის განმავლობაში გამოყენება. ზაფხულის სეზონში შეიძლება გამოვიყვანოთ პროდუქტული სითბოს მოყვარული მცენარეჭამია თევზები, (კობრი და სქელშუბლა), ხოლო წლის დანარჩენ დროს მრვაშენოთ ციყწყალმოყვარული თევზები (კალმახი და სხვა ორაგულისებრნი). წყალსატევი-გამაგრილებლები საშუალებას იძლევა, ისეთი საკვები მასალით გავამდიდროთ არე, რომლებიც მოცემული კლიმატური ზონის წყალსატევებში დაბალი ტემპერატურის გამო არ მრავლდებიან. იმ თევზებისათვის, რომლებიც მოცემულ ზონაში მრავლდებიან, გამთბარი წყალი საშუალებას იძლევა, მივიღოთ ჩასარგავი მასალა ვადაზე უფრო ადრე და შესაბამისად გავაგრძელოთ თევზის მეურნეობებში სასუქი ფართობების გამოყენების დრო. იქმნება წინაპირობები იმისა, რომ აკვაკულტურაში დაინერგოს ახალი ობიექტები – სითბოსმოყვარული ფორმები მაღალი ღირებულების სასაქონლო ხარისხით (მაგალითად, ნიჩაბცხვირა), ზრდის მაღალი პოტენციალით (ბუფალო, ინდოეთის მსხვილი კობრები და ა.შ.). შესაბამობ წყალსატევებში შეუძლიათ გამოიზამთრონ სითბოს მოყვარული თევზების მწარმოებლებმა, რომლებიც ვერ იტანენ დაბალ ტემპერატურას, 0^{0}C-თან მიახლოებულსაც კი.

სითბური მეურნეობის ორგანიზმებისათვის უფრო ფართოდ იყენებენ გეოთერმულ წყლებს. მათი ტემპერატურა სხვადასხვა

რაიონში ჩვეულებრივ 40^0-დან 160^0C-ის ფარგლებში მერყეობს. როგორც წესი, ისინი განსხვავდებიან მაღალი მარილიანობით. მაგალითად, სტავროპოლის მხარეში წყლის მარილიანობა სხვადასხვა ჭაბურღილის 2-3 მეტრის სიღრმეზე 19-140%-ია, ნალჩიკის, როვენსკისა და გეორგიევსკის მასივების წყლებში — ტემპერატურა რამდენადმე მაღალია, ვიდრე შავ ზღვაში (18-22%). მარილიანობის მიხედვით გეოთერმული წყლები ნაკლებად განსხვავდებიან ოკეანურისაგან, ამიტომ გამოსადეგია ზღვის აკვაკულტურის საწარმოებლად. გეოთერმული წყლების განზავებით შეიძლება შევქმნათ ისეთი ოპტიმალური პირობები, რომლებიც გამოდგება ევრი- და სტენოჰალინური ფორმების მოსაშენებლად. აკვაკულტურის კერძო ფორმებს მისი ფართო გაგებით მიეკუთვნება მეთევზეობა: ტბებში, წყალსაცავებში, გუბურებში, ოჩხებსა და აუზებში (ღარებში), თევზების მოშენება, ხამანწკებისა და მიდიების მეურნეობები, კიბოსნაირთა კულტივირება, წყალმცენარეთა და სხვა ჰიდრობიონტთა კულტივირება.

XIII.14. მეთევზეობა ტბებსა და წყალსაცავებში

ტბები და წყალსაცავები, განსაკუთრებით მომცრონი, იოლად ექვემდებარებიან გაკულტივირებას, როგორც სამეურნეო სავარგულები, რომლებსაც თან სდევს თევზების პროდუქტულობის მნიშვნელოვანი მატება. ყოფილ საბჭოთა კავშირში ტბათა ფართობი 25 მლნ ჰა-ს შეადგენდა, მათ შორის მსხვილი (10 ათას ჰა-ზე მეტი) — 12 მლნ ჰა-ს და თითქმის ამდენივე იყო საშუალო (1 ათას ჰა-ზე მეტი) და პატარა. საწყის მდგომარეობაში მათი თევზპროდუქტულობა ძალიან მცირე იყო. 1975 წელს იგი აღწევდა 4,5 კგ-ს მსხვილ ტბებზე და სულ 2,7 კგ-ს საშუალოსა და პატარებზე.

ტბების აკვაკულტურების განვითარების პირველი საფეხური არის ნაკლებადღირებული და ძნელად ზრდადი თევზების შეცვლა მაღალპროდუქტული ჯიშებით. მაგალითად, ნაფოტას კვებითი კოეფიციენტი, რომელიც ჩრდილო-დასავლეთის ტბების იქთიო-

ფაუნის ძირითადი კომპორნენტია, შეადგენს 8,7-28, ხოლო მისი ორწლიანი ნაშიერის მასა 5-6 გრამს. იმავე პირობებში სასაქონლოდ უფრო ღირებული პელიადის საკვები კოეფიციენტი 1,5-2-ჯერ უფრო დაბალია, ხოლო მისი ორწლიანი ნაშიერის მასა 340 გრამს აღწევს. ამავე დროს, ნაფოტა და მეორე მასიური კომპონენტი მომცრო ტბების ბუნებრივი იქთიოფაუნისა — ქორჭილა სუსტად იყენებენ ზოოპლანქტონს, რომელიც პელიადისთვის ძირითადი საკვებია. იგი ამ საკვებით იკვებება და იზრდება ზამთარსა და ზაფხულში. ამიტომ მოლიანი ან ნაწილობრივი შეცვლა მჭიდროდ ზრდადი თევზებისა პელიადით იძლევა დიდ თევზსამეურნეო ეფექტს. ტბების თევზპროდუქტულობა მკვეთრად იზრდება, როცა რამდენიმე სახეობის თევზს ერთდროულად ზრდიან. მაგალითად, როცა ასდენენ პელიადის ან ჩირას ერთდროულ კულტივაციას პროდუქცია ჰა-ზე 30-40 კგ-ია, ხოლო პოლიკულტურის, რომელიც შედგება პელიადის, სიგისა და ფარგასაგან, ერთდროული კულტივაციისას პროდუქტი ჰა-ზე 100-150კგ-ია. შესაძლებელია გამოვიყენოთ უფრო რთული პოლიკულტურის სქემები, რომლებიც ითვალისწინებენ მრავალ, ერთმანეთთან არაკონკურენციაში მყოფი თევზების სახეობების ერთობლიობას, მათ შორის მცენარეჭამიებისაც. ტბის მეთევზეობის სრულყოფა მიიღწევა ასევე მინერალური სასუქების შეტანით, რომლებიც სტიმულს აძლევს პირველადი პროდუქტულობის ზრდას და აგრეთვე თევზების საკვებით უზრუნველყოფასაც. მცირე და საშუალო ტბების ბუნებრივ საკვებ ბაზას, ყოფილ საბჭოთა კავშირში ყველაზე უფრო მოხერხებულს, მეთევზეობის ორგანიზაციისათვის (1,9 მლნ ჰა) შეუძლია უზრუნველყოს თევზჭერა 3,5 მლნ ცენტნერი ან 28კგ/ჰა-ზე.

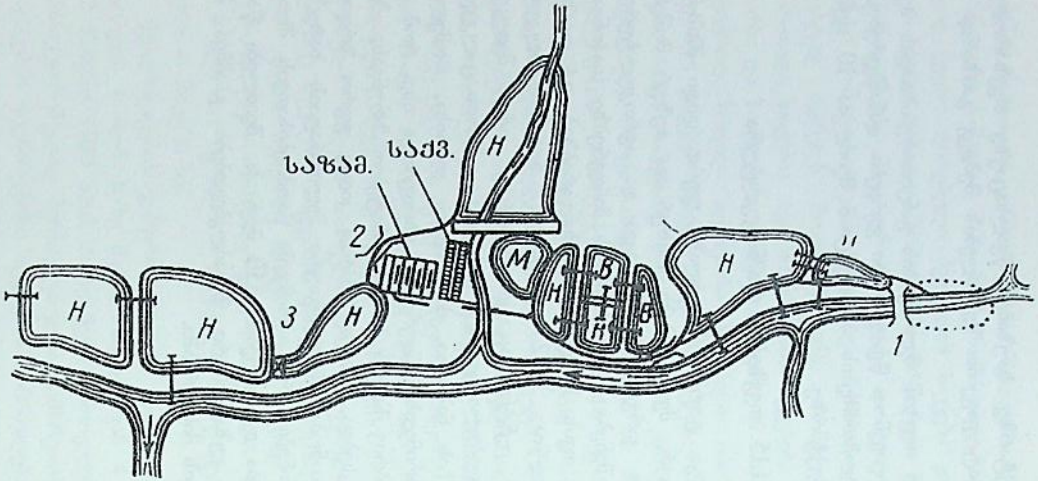
წყალსაცავების ჯამური ფართობი ყოფილ საბჭოთა კავშირში აღწევდა 6 მლნ ჰა-ზე მეტს, რომელთაგან 4 მლნ ჰა მოდიოდა 12 მსხვილ (100 ათას ჰა-ზე მეტი თითოეულზე) წყალსატევზე. განსაკუთრებულად პერსპექტიულია სამხრეთის ქვეყნების წყალსაცავებში მცენარეჭამია თევზების მოშრაკლება. კავკასიის მცირე წყალსაცავების თევზპროდუქტულობა ამის გამო გაიზარდა 2-4

ცენტნერამდე ჰექტარზე. ხაუზანის წყალსაცავზე თევზპროდუქტულობა მისი ფიტოფაგებით შესახლების შემდეგ გაიზარდა 6-ჯერ.

წყალსაცავებზე თევზის მეურნეობის განვითარებისათვის პერსპექტიულია გამოვიყენოთ წყალმარჩხი ყურეები. დანაწევრებული ყურეების და წყალმარჩხების პროდუქციამ შეიძლება 10 ცენტნერს მიაღწიოს ჰექტარზე.

XIII.15. თევზების ლიმნოკულტურა

მისი სხვადასხვა ფორმიდან ყველაზე უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს სატბორე მეურნეობებს, ოჩხურ და აუზურ მოშენებას. თავისებურად კარგად ეხამება აკვა და აგროკულტურები როცა თევზის მოშენება ხდება ბრინჯის მინდვრებზე (იაპონიასა და ინდოეთში 8 თვის სავეგეტაციო მინდვრებზე). აქ თევზის პროდუქციამ მიაღწია 1,5-2 ცენტნერს, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში 20 ცენტნერსაც კი ჰექტარზე. კარგი შედეგები იქნა ამ მხრივ მიღებული ყოფილი საბჭოთა კავშირის ცალკეულ რაიონებშიც. თევზის ნაშიერი, ძირითადად კობრისა, რომელიც გაშვებული იყო ბრინჯის მინდვრებზე, იზრდებოდა ისე, რომ არ საჭიროებდა ბუნებრივ საკვებ ბაზას, დამატებით ზრუნვას, ამით იგი კი არ აუარესებდა, არამედ ხშირად კიდევ უფრო ზრდიდა ბრინჯის მოსავლიანობას ბიოლოგიური მელიორაციის ხარჯზე. თუ გავითვალისწინებთ, რომ ბრინჯის წარმოებისათვის მსოფლიოში გამოიყენება დაახლოებით 150 მლნ ჰა, შეიძლება წარმოვიდგინოთ, რა უზარმაზარი შესაძლებლობები გააჩნია მეთევზეობას ბრინჯის მინდვრებში.



სურ. 41. კობრისებრთა სატბორე მეურნეობის ორგანიზაციის სქემა
(ჟადინის და გერდის მიხედვით, 1961):
Н - სასუქი ტბორები, В - გამოსაყვანი, საზრდელი ტბორები, М - სადედლე ტბორები,
საქვ. - საქვირითე ტბორები, საზამ. - საზამთრო ტბორები; 1 - კაშხალი, 2 - გამანაწილებელი,
3 - რეგულატორი.

XIII.16. სატბორე მეთევზეობა

ისტორიულად უფრო ადრეული და აკვაკულტურის ყველაზე უფრო დეტალურად დამუშავებული ფორმაა თევზმოშენების ინტენსიფიცირება ხელოვნურ წყალსაცავებში იქთიოფაუნის შემადგენლობაზე კონტროლის გზით. ტბორში უშვებენ გამოსაზრდელი თევზების ნაშიერს და აკონტროლებენ მისი ზრდის პროცესს. ერთი მხრივ თევზის საკვებად გამოიყენება პლანქტონი და ბენთოსი, მეორე მხრივ კი ხელოვნური საკვები, რომელიც შემოდის წყალსატევში. ტბორები ისეთნაირადაა მოწყობილი, რომ წყლის გაშვების შემდეგ საშუალება გვაქვს, მთლიანად დავიჭიროთ გამოზრდილი თევზი, ამით აგრეთვე გაადვილდება წყალსატევის მოვლა.

სასაქონლო გამოზრდისათვის ტბორებში გამოიყენება თევზის მრავალრიცხოვანი ჯიში: კობრი, კალმახი, სქელშუბლა, იქთალურუსი, ტილიაპია, ბუფალო და სხვა. მათ ზრდიან მონოკულტურაში, როცა ერთი და იგივე თევზია მოშენებული, ტბორში ან პოლიკულტურებში, როცა ტბორში თევზის სხვადასხვა სახეობაა. პირველ შემთხვევაში მოშენების ტექნოლოგია რამდენადმე მარტივია, რადგანაც ორიენტირება ხდება ერთიანი პარამეტრების უზრუნველყოფაზე, ხოლო პოლიკულტურის დროს აუცილებელია ერთდროულად დაკმაყოფილდეს თევზების მეტნაკლებად სხვადასხვა მოთხოვნილება. მეორე შემთხვევაში, პოლიკულტურის გამოყენება საშუალებას გვაძლევს, მკვეთრად გავზარდოთ ტბორების თევზპროდუქტულობა, რადგანაც იქმნება არსებული ეკოსისტემის ტროფიკული რგოლების მნიშვნელოვნად დიდი რიცხვის სამეურნეო უტილიზაციის შესაძლებლობა.

სატბორე მეურნეობები გამოსაზრდელი თევზების შემადგენლობის მიხედვით იყოფიან თბილი (კობრი, სქელშუბლა, ტილიპია და სხვა) და ცივი წყლის მოყვარეულებად (წინწკლებიანი კალმახი და სხვა). სატბორე მეურნეობის ტიპი, მოსაშენებელი თევზების შემადგენლობა და კლიმატური ზონა განაპირობებს იმ დროს, რომელიც საჭიროა სასაქონლო პროდუქციის

მისაღებად. ამგვარად, კობრის გამოყვანისას არსებობს ერთი-, ორი- და სამწლიანი ბრუნვები. უმჯობესია მიღწეულ იქნეს ორწლიანი წრებრუნვა.

იმის შესახებ, თუ რამდენად დიდია ტბორების გამოუყენებელი ტროფიკული მარაგი, წარმოდგენას იძლევა ის ფაქტი, რომ მაგალითად, უკრაინის სატბორეებში კობრის მონოკულტურასთან მის სავეგეტაციო პერიოდში გროვდება 5-6 სმ სისქის ლამის შრე, რომლის ნახევარი შედგება ორგანული ნივთიერებებისაგან. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მხოლოდ დაგროვების ხარჯზე „წარმოების ნარჩენებში“ მიდის თითქმის 2,5 ტონა ორგანიკა ჰა-ზე, როცა პროდუქციის სასარგებლო შემოსავალი ჰექტარზე 1 ტონაზე ნაკლებია.

ამჟამად უპირატესად გამოიყენება პოლიკულტურა, რომელშიც შედის კობრი (ევრიფაგი) და თეთრი სქელშუბლა (ფიტოპლანქტოდეტროფაგი). ზოგჯერ მათ ამატებენ ჭრელ სქელშუბლას (ზოოპლანქტოფაგი) და თეთრ ამურს (მაკროფიტოფაგი). ვინაიდან მცენარეჭამია თევზები უფრო მეტად სითბომოყვარულები არიან, ვიდრე კობრი, პოლიკულტურა იძლევა კარგ შედეგებს შესაბამის კლიმატურ ზონებში. ყოფილი საბჭოთა კავშირის სამხრეთის რაიონებში იგი წარმატებითაა განხორციელებული. პოლიკულტურა ფართოდაა დანერგილი ინდოეთში, ჩინეთში, იაპონიაში, ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებსა და აფრიკაში. პოლიკულტურების პერსპექტიულობაზე ლაპარაკობს ის ფაქტი, რომ ზოგიერთ მეურნეობაში მისი გამოყენების შედეგად მიღებულია პროდუქცია 100 ცენტნერამდე ჰექტარზე, თანაც მცენარეჭამია თევზების წილი აღწევდა 54ც/ჰა-ზე, სასუქის გამოსავალი 1-1,3 კგ, 1კგ თევზის პროდუქციაზე (Веригин, 1973). ყოფილ სსრკ-ში 1985 წელს მცენარეჭამია თევზების საერთო თევზჭერის ჯამმა მიაღწია 70 ათას ტონას. ტბორებში მცენარეჭამია თევზების ყოფნა არა თუ დაბლა სწევს, არამედ პირიქით, ზრდის კობრის პროდუქციის გამოსავალს, რადგანაც მათი ფეკალიები, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავენ გამოუყენებელ ორგანიკას, აუმჯობესებს ტბორების საკვებ ბაზას. პოლი-

კულტურის ეფექტურობის გაზრდის ერთ-ერთი საშუალება წარმოებისათვის ახალი ობიექტების გამოყენებაა, კერძოდ ბუბალოს სხვადასხვა სახეობის გამოყენება, რომელთაც გააჩნიათ ზრდის მაღალი პოტენციალი (Виноградов, 1986).

XIII.17. მტკნარი წყლის თევზების ოჩხური და აუზური გამოზრდა

თევზების ოჩხური გამოზრდის არსი ისაა, რომ ისინი იმყოფებიან წყლის მომცრო მოცულობებში უკიდურესად მჭიდრო ნაყარში (ნარგაევში) (200-300 ეგზემპლარი/მ^3, ტბორებში კი 0,2-0,3 ეკზ/მ^3), რომელშიც ხდება კონცენტრირებული საკვების შეტანა. ასეთ პირობებში ხდება წყლის დინებით ჟანგბადისა და ნარჩენი პროდუქტის გამოტანა. უმეტესწილად ხშირად იყენებენ მცურავ დაწნულ ოჩხებს, რომლებსაც აყენებენ წყალსაცავებში. მაგალითად, წყალსაცავებში ან წყალსატევ-გამაგრილებლების წყალგამშვებ არხებში ჩვეულებრივ გამოყავთ კობრები. მათ დღე-ღამეში რამდენიმეჯერ კვებავენ განსაზღვრულ ვადაში, რაც აუმჯობესებს საკვების გამოყენებას. ჩვეულებრივ გამოიყენება მაღალკალორიული მრავალი კომპონენტის მიხედვით დაბალანსებული საკვები, რომელსაც ემატება ბუნებრივი საკვებიც, რომელიც წყლის ნაკადით დაწნული ოჩხების გავლით შემოდის აუზებში. განსაკუთრებით ეფექტურია ოჩხური გამოზრდა ელექტროსადგურების წყალსატევ-გამაგრილებლების ბაზაზე.

საწარმოო მეთევზეობის ყველაზე უფრო მართვადი ფორმა არის აუზური მეთოდი. ნავებში ან სხვა ტევად ჭურჭელში (რკინა-ბეტონის, მინის, პლასტიკატის და სხვა) იქმნება რეჟიმი, რომელიც ყველა ძირითადი მაჩვენებლით ოპტიმალურია მეთევზეობისათვის. ამის შედეგად თევზის ზრდის პოტენციური შესაძლებლობები უმაღლესი ხარისხით რეალიზდება.

თევზების ოჩხური და აუზური გამოყვანა არის სასაქონლო მეთევზეობის უმაღლესი ფორმა, ანალოგიურად ბაგური კვების

მეცხოველეობაში. თევზი არ ხარჯავს ენერგიას საკვების მოსაპოვებლად და უკეთესად იყენებს მას ზრდისათვის, ხოლო მრავალჯერადობა და საკვების შეტანის მკაცრი რეჟიმი უზრუნველყოფს მისი ამოჭმის დიდ სიმჭიდროვეს.

ძვირფასი გამსვლელი თევზების აუზური გამოყვანის განსაკუთრებული ფორმა ჩამოყალიბდა ხელოვნური კვლავწარმოების პროცესში.

ძვირფასი თევზების ნაშიერის ქარხნული წესით გამოყვანა შემდგომში მდინარეებში მათი გაშვების მიზნით დაიყვანება მწარმოებლების დაჭერამდე, რათა მათგან მიიღონ სასქესო პროდუქტები ქვირითის განაყოფიერებლად და მისი ინკუბაციისათვის. მაგალითად ზუთხისებრთა და ორაგულისებრთა ხელოვნური გამრავლების დროს მიზანშეწონილია, ბუნებრივ წყალსატევებში გაუშვან წამოზრდილი ლიფსიტები, რადგანაც ახალგაზრდა ლიფსიტების სიცოცხლისუნარიანობა ძალიან დაბალია. ნაშიერი გამოიზრდება ან სპეციალურ ტბორებში, რომლებსაც აპატივებენ მათი ბუნებრივი საკვები ბაზის გაზრდის მიზნით, ანდა აუზებში, რომლებშიც პერიოდულად შეაქვთ შესაბამისი საკვების საჭირო რაოდენობა. მეორე ხერხი საშუალებას იძლევა, უფრო ფართოდ გაკონტროლდეს წყლისა და ნაშიერის კვების ხარისხი და ამიტომ მას გამოზრდის უკეთესი მაჩვენებლები გააჩნია, თუმცა იგი ითხოვს ნაშიერის კვების ორგანიზაციას, რომელიც დაკავშირებულია დამატებით ხარჯებთან.

XIII.18. თევზების მარიკულტურა (ზღვის კულტურა)

ზღვის თევზებს ძირითადად ზრდიან სასაქონლო პროდუქციის მისაღებად, იშვიათად სამეურნეოდ, ძვირფასი სახეობების ბუნებრივი კვლავწარმოების გასაძლიერებლად. ზღვის კულტურების წარმოებისათვის იყენებენ ხელოვნურ და ბუნებრივ წყალსატევებს, ასევე დაწნულ ოჩხებს, რომლებსაც განალაგებენ სანაპირო წყლებში. უფრო მეტად და ხშირად თევზებს ამრავლებენ სხვადასხვა სანაპირო წყალსატევებში, რომლებიც ივსებიან მო-

ქცევის დროს. წყალსატევებს გააჩნიათ დამბები და მათი საშუალებით მიქცევის დროს წყალი ჩერდება წყალსატევში. ზოგჯერ წყალსატევები განლაგებულია იმდენად დაბლა, რომ მიქცევის დროს ისინი წყლისგან არ შრებიან, ამიტომ ასეთ წყალსატევებში დამბების გაკეთებას აზრი არ აქვს. სხვა შემთხვევაში წყლის დანაკლისი შეივსება წყლის ტუმბოს საშუალებით.

ძალიან ხშირად მარიკულტურას ეწევიან ბადეებით გადაღობილ ყურეებში და უბეებში. როგორც წესი, მოსაშენებელ ფართობებში უშვებენ ზღვაში დაჭერილ ნაშიერებს, იშვიათად კი საშენებში გამოყვანილებს. თევზების კვება უზრუნველყოფილია ბუნებრივი საკვები ბაზით ან ხელოვნური საკვებით, როგორც დამატებითი კვება. ჩვეულებრივი ოჩხური მარიკულტურა ეფუძნება გარედან ბუნებრივი ან ხელოვნური საკვების შემოტანას. წყლის მოძრაობა (მოქცევა და მიქცევა) უზრუნველყოფს ოჩხებიდან ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტების გამოტანას და ჟანგბადის შესვლას. ზღვის ყურეებიდან და სხვა უბნებიდან მარიკულტურისთვის ხშირად იყენებენ ისეთებს, რომლებიც სანაპიროზე აშენებული ძალური სადგურების თერმული წყლებით თბებიან. მარიკულტურა განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული და ეფექტურია აზიის სამხრეთ-აღმოსავლეთის ქვეყნებში, აქ მარიკულტურის ძირითად ობიექტებს მიაკუთვნებენ კეფალს, ხანოსს და ყვითელკუდას.

XIII.19. უხერხემლოთა აკვაკულტურა

უხერხემლოთა აკვაკულტურა დაკავშირებულია ზღვის მოლუსკებისა და კიბოსნაირების მოშენებაზე, თანაც ამისათვის იყენებენ სანაპირო ტბორებს, ზღვის ცალკეულ უბნებს, სხვადასხვა ოჩხებს და აუზებს.

მოლუსკებიდან ყველაზე ხშირად აშენებენ ხამანწკებს, მიდიებს, ზღვის თავფეხიანებს და სხვა. ხამანწკების პროდუქცია განსაკუთრებით მაღალია ქალაქის წყლის გამთბარი ჩანადენების ზონაში. მაგალითად, ესპანეთში, ასეთ ზონებში იგი აღწევს 130

ტონას ჰა-ზე, რადგანაც სასუქები სტიმულს აძლევენ ფიტოპლანქტონის განვითარებას, რომელიც ხამანწკების საკვებია.

ამჟამად დამუშავებულია სისტემა, თუ როგორ მოვაშენოთ ხამანწკები შავ ზღვაში აუზ-ზღვის ტიპის მეურნეობებში და ზღვის ფსკერის კულტურები. ზაფხულში ხამანწკების ნაშიერს ავროვებენ ისეთ კოლექტორებზე, როგორიცაა ცარიელი ნიჟარები (მიდია, ხამანწკა) და ა.შ. სექტემბერში კოლექტორი გადააქვთ ორხებში, რომლებიც დაყენებული აქვთ საზამთროდ სპეციალურ აუზებში. ნაშიერს მოხსნიან მეორე ზაფხულს და შემდგომი ზრდისათვის ათავსებენ ორხებში, სადაც მესამე ზაფხულის ბოლოსათვის ისინი აღწევენ 60-80 მილიმეტრს. საცდელი მიდიების პლანტაციების სამწლიანი ექსპლუატაციის პერიოდში აზოვისა და შავ ზღვებში მოლუსკების პროდუქცია სეზონში, აპრილიდან ოქტომბრამდე, ჰა-ზე 40-დან 320-ტონამდე მიიღეს (10-60 ტონა ხორცი). შორეული აღმოსავლეთის ზღვების აუზებში ქმნიან ფერმებს, რათა მოახდინონ პრიმორიეს სავარგულების და წყნარი ოკეანის ხამანწკების კულტივირება. მიდიების კულტივირებაზე წარმატებით ტარდება ცდები კოლის ნახევარკუნძულის ყურეში. $1მ^2$ აკვატორიის ორხური ფერმის მოლუსკების ხორცის პროდუქციის მოცულობა აღწევს 5კგ-ზე მეტს, რიგი წყლის უხერხემლოების, როგორიცაა ინფუზორიები, ციბრუტელები, უდაბლესი კიბოსნაირები, ქირონომიდების ლიფსიტები და ზოგიერთი სხვა ცხოველის კულტივირებას ახდენენ იმ მიზნით, რომ გამოიყენონ გასამრავლებელი თევზების ლიფსიტებისა და ნაშიერისთვის ცოცხალ საკვებად. ინფუზორიებს (Pacamecim caudatum, Oxytricha) ზრდიან გამდინარე ან ნახევრად გამდინარე (დამაგროვებელ) რეჟიმებში, საკვების სახით გამოყენებულია საფუარები, წყალმცენარეები ან სპეციალური არე ბაქტერიების დიდი რაოდენობით (თივის ნაყენი და სხვა). გამდინარე კულტურებში საშუალება გვეძლევა მივიღოთ ინფუზორიების 73 ათასი ეგზემპლარი $სმ^3$-ზე სუსპენზია ანუ 20 გრამი ლიტრზე დღე-ღამეში. ნახევრადგამტარ კულტურებში იღებენ 570 მგ-ს ლიტრზე (Чорик, Вукол, 1983). ციბრუ-

ტელების (Paraceium Brachionus) მასიური გამრავლება უფრო შეტად ეფექტურია ოჩხებში, რომლებშიც შეაქვთ საკვების საჭირო ნორმა ცხოველების კულტურის და ქლორელას სახით. ყოველდღიური პროდუქცია აღწევს 400 გრამს 1მ^3-ზე დღე-ღამეში. პროდუქციის ერთჯერადი გადაღებისას, ასე ვთქვათ, კულტურის დამაგროვებელ რეჟიმში შეყვანისას, შედეგი 3-4-ჯერ მცირდება. ციბრუტელების მაქსიმალური რიცხოვნება აღწევს 170 ეგზ/ლიტრზე, ბიომასა კი 0,6 გრ/ლ-ზე. ინფუზორიები და ციბრუტელები უზრუნველყოფენ თევზების ლიფსიტების გადასვლას ენდოგენური კვებიდან ეგზოგენურზე. თევზის ნაშიერის კვებისათვის მისი გარეგანი კვების რეჟიმზე გადასვლასთან დაკავშირებით უფრო ხშირად ზრდიან პლანქტონურ კიბოსნაირებს, ძირითადად დატოტვილი ულვაშებიანების გვარიდან Daphnia, Moina, Ceriodaphnia და Chydorus, იშვიათად ზოგიერთ ოლიგოხეტა და ქირონომიდის მატლებს.

ბოლო დროს დამუშავებულია დაწნულ ოჩხებში დაფნიისა და სხვა პლანქტონური კიბოსნაირების მოშენების მეთოდი. წყალსატევებისათვის კულტურიდან მეტაბოლური ცვლის პროდუქტების განუწყვეტელი მოშორებისა და წყალსატევიდან ბუნებრივი საკვების მიწოდების წყალობით დაფნიის ბიომასამ შესაძლებელია მიაღწიოს 5-6გ-ს მ^3-ზე და მივიღოთ საშუალო დღე-ღამური პროდუქცია დაახლოებით 200-300გ/მ^3 (Боратова, 1980). ასეთსავე პროდუქციას (200-250გ/მ^3) იღებენ ციბრუტელების კულტივირების დროს.

XIII.20. წყალმცენარეთა კულტივირება

გამოსაზრდელი ობიექტებიდან უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ ზღვის წყალმცენარეებს Porphyra, Laminaria, Eucheuma, Chondrus, Gigartina, Hypnea, Gracillaria.

პორფირის (ძოწეულის) მოშენების დროს მის ზოოსპორებს ათავსებენ წყლის აუზში ცარიელ ნიჟარებში, სადაც ისინი ვითარდებიან. შემოდგომაზე გამოჩნდებიან ყლორტები (ჩითილი),

მათ ამაგრებენ ბადეებზე, რომლებიც მიმაგრებულია ზღვის უბეებში ძელებზე. ძოწეულს 70 დღიანი გამოზრდის შემდეგ უკვე იყენებენ. ზოგ ადგილებში ძოწეულს აშენებენ ხელოვნურად ბეტონის რიფებზე, რომლებსაც პირამიდის ფორმა აქვთ. ლამინარიებს ზრდიან ბეტონის რიფებზე, ასევე მცენარეულ ბაგირებზე, რომლებიც ღუზებით მიმაგრებულია გრუნტზე. აღნიშნულ ბაგირებზე ამაგრებენ ზოოსპორებს, რომლებიც იზრდებიან და წარმოქმნიან ჩითილებს. იაპონიის პირობებში ჩითილები იზრდება ნოემბრის ბოლოდან შემდეგი წლის ოქტომბრამდე (ამ პერიოდის განმავლობაში აგროვებენ) ბაგირს ჩითილებით ათავსებენ გრუნტიდან 1 მეტრში და 5-10 მეტრში წყლის ზედაპირიდან.

იაპონიაში ყოველწლიურად პორფირის — ძოწეულის მოგროვება 230 ათასს შეადგენს, მარიკულტურების მთელი პროდუქციის ნახევარზე მეტს. ამერიკაში შემუშავებულია ფერმის პროექტი წაბლა წყალმცენარეების მოსამრავლებლად. წყალმცენარეები მაგრდებიან ხელოვნური ბოჭკოდან მოქსოვილ ბადეზე, რომელიც ჩაძირულია 12-14 მეტრის სიღრმეზე. გათვალისწინებულია ბიოგენებით მდიდარი სიღრმისეული წყლების გადაქაჩვა ზედაპირისკენ. წყალმცენარეების სიხშირე დაახლოებით 1 ათასი ეგზ/ჰა-ზე, მოსავლიანობა 300-500ტ/ჰა-ზე ნედლი ბიომასისა წელიწადში. წყალმცენარეთა მოშენების ეფექტურობა ბუნებრივ წყალსატევებში და მათ გარეთაც შესამჩნევად მატულობს, თუ კულტურა დაცულია 340 ნმ სიგრძის ტალღის სხივების ზემოქმედებისაგან (ხარასავა და სხვ., 1980).

კოსმოსში ადამიანის ხანგრძლივი ფრენის განსახორციელებლად აუცილებელი პირობაა ჰაერის რეგენერაციის სისტემის შექმნა, რომელიც, კერძოდ, ფოტოსინთეზის პრინციპის გამოყენებაზეა დაფუძნებული. ამასთან დაკავშირებით, მუშავდება ერთუჯრედიანი წყალმცენარეების მოშენება, პირველ რიგში ქლორელასი, კოსმოსური ხომალდების პირობების მიხედვით. ხდება წყალმცენარეების კულტივირება სხვადასხვაგვარ ბიოლოგიურ რეაქტორებში, რომელთა მუშაობა ხორციელდება საჭირო პროგრამის მიხედვით ან თვითაწყობადი სისტემის პრინციპით.

რეაქტორებში წყალმცენარეთა ძალიან მჭიდრო სუსპენზიით (17 მილიარდი უჯრედი 1 მლლ-ში) უზრუნველიყოფა ჟანგბადის გამოსავალი 246 ლ-მდე და CO_2-ის შთანთქმა 184 ლ-მდე დღეღამეში 1 ლიტრ კულტურაზე. სუსპენზიის მოცულობა, რომელიც საკმარისია ერთი ადამიანის სუნთქვის უზრუნველსაყოფად, 3 ლიტრს შეადგენს.

კოსმონავტების სიცოცხლის უზრუნველსაყოფი სისტემის შესაქმნელად შეიძლება მოვახდინოთ უმაღლესი მცენარეების კულტივირებაც, კერძოდ, ლემნასი და მრავალფესვასი. რადგანაც ისინი ცურავენ წყლის ზედაპირზე და აწარმოებენ ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის ცვლას უშუალოდ ატმოსფეროს ჰაერთან, ეს ამარტივებს მრავალ პრობლემას. უფრო რთულად დგას მცენარეული პროდუქტების საკვებად გამოყენების საკითხი. ერთი მხრივ იგი არასაკმარისია ერთადერთი წყაროს სახით გამოყენებისათვის, მეორე მხრივ კი ასიმილაციისა და სუნთქვის კოეფიციენტების ერთმანეთთან დაუმთხვევლობის გამო სისტემაში „კოსმონავტი — მცენარე". ამ სისტემის არსებობა შეუძლებელია იყოს მდგრადი. ამასთან ერთად, მონოკულტურა პრაქტიკულად შეუძლებელი და ნაკლებად გამოსადეგია კოსმონავტების სიცოცხლის უზრუნველსაყოფად.

XIV თავი

სუფთა წყლისა და წყლის ეკოსისტემის დაცვის პრობლემის ეკოლოგიური ასპექტები

სუფთა წყლის პრობლემა და წყლის ეკოსისტემების დაცვა საზოგადოების ისტორიული განვითარების შედეგად მით უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, რაც უფრო სწრაფად იზრდება სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციით გამოწვეული ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება ბუნებაზე.

უკვე ახლა, დედამიწის მრავალ რაიონში, შეინიშნება დიდი სიძნელეები წყალმოხმარების (სასმელი და ტექნიკური წყალმომარაგება, რწყვა და სხვა) და წყალგამოყენების უზრუნველყოფაში (რეკრიაცია, ნავიგაცია, ენერგეტიკა და სხვა) წყლის რესურსების ხარისხობრივი და რაოდენობრივი გამოფიტვის შედეგად, რაც დაკავშირებულია წყალსატევების გაჭუჭყიანებასთან და მაოგან დიდი მოცულობით წყლის ამოღებასთან. თავისი მასშტაბებით კოლოსალური ზარალი მოაქვს ჰიდრომშენებლობას (წყლის დინების შეცვლა ან მდინარეთა ნაკადის სხვა მხარეში გადასროლა და სხვა), რომელიც მიმდინარეობს ენერგეტიკის, მიწების მორწყვის და ნავიგაციის ინტერესებისათვისა და ასევე სხვა მიზნებისთვის.

წყალსატევები უმეტესწილად ჭუჭყიანდება მათში სასოფლო-სამეურნეო, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენების მოხვედრით ან ასევე ატმოსფერული ნალექებით გამაჭუჭყიანებლების ჩანადენებით, გარდა ამისა, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ადამიანის უშუალო საქმიანობით (ნაოსნობა, ნავთობის ტრანსპორტი, წყალქვეშა ბურღვები, ხე-ტყის დაცურება და სხვა).

უმრავლეს წყალსატევში გაჭუჭყიანება იმდენად დიდია, რომ ისინი უკვე სრულ დეგრადაციამდეა მისული და გამოუსადეგარი ხდება როგორც წყალმომარაგების წყაროები თევზსამეურნეო ფართობების გაშენებისთვის, რეკრეაციის ზონებისთვის ან სხვა დანიშნულებისთვის. ყველაფერი ეს უარყოფად მოქმედებს ჰიდროეკოსისტემის რესურსულ ღირებულებაზე.

წყალსატევთა რესურსების დეგრადაცია ხშირად გამოწვეულია მათი ანთროპოგენური ევტროფიკაციით (ტროფის დონის მომატებით), რასაც თან ახლავს ეკოსისტემაში ნივთიერებათა ბალანსის რღვევა. ასეთი ევტროფიკაციის შედეგად, რომელიც დაკავშირებულია წყალსატევებში ჭარბი რაოდენობით ბიოგენების შესვლასთან, როგორც წესი, პირველადი პროდუქცია ჭარბობს დესტრუქციას, ამ დროს აერობული პროცესები უფრო მეტად იცვლება ანაერობულით, წყლის ჰიგიენური და სასმელი თვისებები დაბლა ეცემა, უარესდება წყალსატევების სანიტარიული და რეკრიაციული მდგომარეობა.

წყალსატევთა რესურსულ ღირებულებაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მათი თერმოფიკაცია (გათბობა). ჩვეულებრივ იგი დაკავშირებულია წყალსატევებში ატომური და სითბური ელექტროსადგურების გამაგრილებელი კონტურებიდან გამთბარი წყლის ჩაშვებასთან. გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებათა უდიდესი რაოდენობა ყოველთვის არ იწვევს წყალსატევების მდგომარეობის გაუარესებას, რადგანაც მათ გააჩნიათ ამა თუ იმ სიმძლავრის ბიოლოგიური თვითგანწმენდის უნარი. წყალმოხმარება ხშირად რთულდება ბიოლოგიური დაბრკოლებებით. არხების გაბარდვა დაბლა სწევს მათი წყლის გამტარებლობის უნარს, წყალმცენარეების ყვავილობა აუარესებს წყლის ხარისხს, მის სანიტარიულ მდგომარეობას და ართულებს სასმელი წყლით მომარაგებას. გაბარდვა ქმნის დაბრკოლებებს ნავიგაციასა და ჰიდროქიმიური ნაგებობების ექსპლუატაციაში. ჰიდრობიონტების უმრავლესობა პათოგენურია ადამიანის და შინაური ცხოველების მიმართ ან მავნებელია, ამიტომ ბიოლოგიურ დაბრკოლებებთან ბრძოლის საშუალებების დამუშავება იძენს დიდ

პრაქტიკულ მნიშვნელობას და ჰიდრობიოლოგიის ერთ-ერთი სერიოზული ამოცანაა.

XIV.1. წყალსატევების გაჭუჭყიანება

წყალსატევების გაჭუჭყიანებაში იგულისხმება მათი ეკონომიკური მნიშვნელობის და ბიოსფერული ფუნქციის გაუარესება მათში მავნე ანთროპოგენური ნივთიერებების შესვლის გამო. გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ეკოლოგიური მოქმედება გამოვლინდება ორგანიზმების, პოპულაციების, ბიოცენოზების და ეკოსისტემების დონეზე. ორგანიზმების დონეზე შეინიშნება ცალკეული ფიზიოლოგიური ფუნქციის დარღვევა, ქცევის ცვლილება, ზრდის ტემპის დაქვეითება, სიკვდილიანობის გაზრდა პირდაპირი მოწამვლების ან გარემო არის სტრესული მდგომარეობისადმი მდგრადობის დაქვეითების გამო. დიდი მნიშვნელობა აქვს ინდივიდთა მემკვიდრულ ცვლილებას, რაც ხშირად იცვლება მათი გენეტიკური აპარატის და საწყისი გენოფონდის ტრანსფორმაციის დაზიანების შედეგად.

პოპულაციის დონეზე გაჭუჭყიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს ცხოველთა რაოდენობისა და ბიომასის, შობადობისა და სიკვდილიანობის, სქესობრივი და ზომითი სტრუქტურის, დინამიკის ტიპის ცვლილება და რიგი ფუნქციური დარღვევები. ასევე შიდაპოპულაციური დამოკიდებულების ქაოტიზაცია, რომელიც გამოწვეულია ინდივიდთა ქცევის ცვლილებებით და ქიმიური სიგნალების გადაცემის დამახინჯებით, რაც დიდ როლს თამაშობს ინდივიდთა კომუნიკაციებში.

ბიოცენოზურ დონეზე გაჭუჭყიანება გავლენას ახდენს გაერთიანებების სტრუქტურასა და ფუნქციაზე, ვინაიდან ერთი და იგივე გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერება არათანაბრად მოქმედებს ბიოცენოზის სხვადასხვა კომპონენტზე. თითოეული ტოქსიკური ნივთიერება ხასიათდება განსაზღვრული ზემოქმედებით უჯრედზე, ქსოვილზე, ორგანოებსა და ორგანიზმზე მთლიანად, რაც განაპირობებს სპეციფიკური რეაგირების მე-

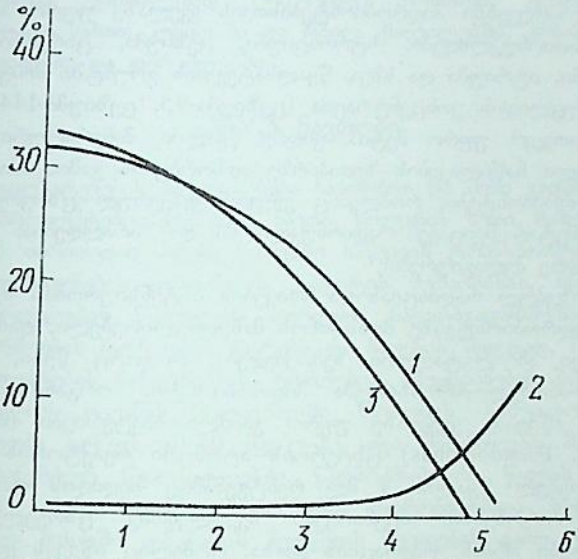
ქანიზმების მოშლის შედეგად ცვლილებებს საპასუხო რეაქციებით (Строганов, 1975). ჰიდრობიონტები, მათი პოპულაციები და ჰიდრობიოცენოზები ავლენენ სხვადასხვა მგრძნობელობას და მდგრადობას ტოქსიკანტების მიმართ. მგრძნობელობაში იგულისხმება ტოქსიკანტის მინიმალურ კონცენტრაციაზე რეაგირების უნარი, მდგრადობაში კი საკუთარი თავისთვის ყოველგვარი დანაკლისის გარეშე გარემო არის გაჭუჭყიანებისადმი ამტანობა (Строганов, 1976). მდგრადობის ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი კრიტერიუმია რიგ თაობებში ბუნებრივი კვლავწარმოების დონის შენარჩუნება.

მომწამვლელი ნივთიერებების მოქმედების ძალა ყველაზე უფრო ხშირად ფასდება ტოქსიკანტის დოზით ან კონცენტრაციით, რომელიც იწვევს ინდივიდთა საერთო რაოდენობის ნახევრის დაღუპვას (შესაბამისად აღინიშნება CL_{50} და DL_{50}). ამასთან ერთად ითვლისწინებენ ტოკსიკანტის მოქმედების დროს: რაც უფრო დიდხანს გრძელდება ორგანიზმზე შხამის მოქმედება, მით უფრო დაბალია მისი მოწამვლით გამოწვეული კონცენტრაცია. მაგალითად, კაპარჭინების ფენოლის 25 მგ/ლ კონცენტრაციის წყალხსნარში 4 დღის განმავლობაში მოთავსებისას ჩნდება მოწამვლის რიგი სიმპტომები, მაგრამ ლეტალური დასასრულის გარეშე, ათი დღის შემდეგ შეიშჩნოდა ყველა ინდივიდის დაღუპვა (Лукьяненко, 1983). ტოკსიკანტის ლეტალური კონცენტრაციის გარდა განასხვავებენ ზღურბლოვანს – ეს ის მინიმალური კონცენტრაციაა, რომელიც ჯერ კიდევ არ იწვევს რაიმე სახის პათოლოგიურ ძვრებს ორგანიზმში.

მრავალი ჰიდრობიონტისათვის დამახასიათებელია კუმულაციური ეფექტი (ორგანიზმში ტოკსიკანტთა დაგროვება), როცა ორგანიზმში მისი შესვლის სიჩქარე გამოსვლასთან შედარებით უფრო მეტია, ვიდრე პირიქით მისი გამოდევნისა. აგროვებენ რა შხამიან ნივთიერებებს ორგანიზმები, განიცდიან მის ზემოქმედებას მაშინაც კი, როცა ტოკსიკანტის კონცენტრაცია წყალში შედარებით მცირეა (ზღურბლოვანზე დაბა-

ღი). გარდა ამისა, ვინაიდან ჰიდრობიონტები აკონცენტრირებენ შხამიან ნივთიერებებს საკუთარ ორგანიზმში, საბოლოოდ თვითონ ხდებიან ტოკსიკურად საშიში. დაგროვების კოეფიციენტი, ან კონცენტრაციის კოეფიციენტი (ორგანიზმში ტოქსიკანტის კონცენტრაციის დამოკიდებულება ასეთ წყალთან) ზოგჯერ ასტრონომიულ ციფრებში გამოიხატება. მაგალითად, კომეტის დაგროვების კოეფიციენტი ამაცინას სხეულში 4.10^{13} აღწევს, კადმიუმის კი 14.10^{15} (Крепс, 1959). აღმოჩენილია, რომ მოლუსკების უმრავლესობა ენერგიულად აგროვებს თუთიას და სპილენძს, მედუზები – თუთიას, რადიოლარიები – სტრონციუმს, ასციდიები – ვანადიუმს, ზღვის წყალმცენარეები – იოდს, ბრომს და ალუმინს.

წყლის ეკოსისტემების გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებიდან განსაკუთრებით საშიშია ნავთობი და მისი გადამუშავების პროდუქტები, პესტიციდები, მძიმე მეტალების ნაერთები, დეტერგენტები, ანტისეპტიკები. საგანგებოდ საშიში გახდა წყალსატევების გაჭუჭყიანება სხვადასხვა რადიონუკლიდებით ან რადიოიზოტოპებით. სულ უფრო დიდ შეშფოთებას იწვევს მტკნარი წყალსატევების აციდიფიკაცია „მჟავე წვიმების“ მოსვლის შედეგად, როცა ატმოსფეროს ტენში იხსნება გოგირდოვანი გაზი და ზოგიერთი სხვა ნივთიერება, რომლებიც გამოიყოფა ჰაერში სხვადასხვა სამრეწველო საწარმოების მიერ. შესაძლებელია აგრეთვე წყლის ხარისხი დაბლა დაწიოს ხის დამამუშავებელმა კომბინატებმა, საყოფაცხოვრებო ჩანადენებმა, სხვადასხვა ნარჩენებმა და ა.შ., რომლებიც არ მიეკუთვნებიან ტოქსიკურებს, მაგრამ მაინც აუარესებენ ჰიდრობიონტთა საბინადრო არეს (ჟანგბადის ნაკლებობა, წყლის გაუმჭვირვალობა და სხვა).



სურ. 42. გამა რადიაციის გავლენა კიბორჩხალების გადაგვარებასა და განადგურებაზე (**Marchall**-ის მიხედვით, 1962).

1 - შობადობა, 2 - სიკვდილიანობა, 3 - ნამატი (პროცენტებში ერთ დღე-ღამეში თავდაპირველი რიცხობრიობიდან).

XIV.2. რადიონუკლიდები

წყალსატევებში ჰიდრობიონტებისთვის ყველაზე უფრო საშიშია რადიონუკლიდები: სტრონციუმი, ცეზიუმი, ცირკონიუმი, ნიობიუმი, იტრიუმი და სხვა. წყალსატევების გრუნტში მრავალი რადიონუკლიდის კონცენტრაცია (ცეზიუმი-95, ცეზიუმი-144 და სხვა) ათჯერ უფრო მეტია, ვიდრე წყალში, მინერალური და ორგანული ნაწილაკების ზედაპირზე ადსორბციის გამო. ამიტომ ის ჰიდრობიონტები, რომლებიც ეწევიან ფსკერულ ცხოვრებას, უფრო მეტად შეიცავენ რადიონუკლიდებს და ზარალდებიან მისგან, ვიდრე პელაგიურები.

იონიზებულ რადიაციას და სხივების ინტენსიურობას შეუძლია ჰიდრობიონტებზე მოახდინოს მასტიმულირებელი, დამთრგუნველი ან ლეტალური ზემოქმედება. როგორც წესი, რადიომგრძნობელობა იზრდება ჰიდრობიონტთა ორგანიზაციის დონის აწევით. ყველაზე უფრო გამძლე ბაქტერიები (მაგალითად, Pseudomonas) ცხოვრობს ატომური რეაქტორის გამაგრილებელ წყალში 1 მლ რენტგენამდე სიდიდის დასხივების პირობებში. მცენარეები ჩვეულებრივ ცხოველებზე მდგრადები არიან. რადიაციის დოზა, რომელიც იწვევს დასხივებული ორგანიზმების 50%-ის დაღუპვას 30 დღის განმავლობაში (LD50/30), წყლის მცენარეებისათვის ჩვეულებრივ 0,1-5 გრეის ტოლია, უხერხემლოებისთვის არის 0,01-2 გრეი, თევზებისთვის – 5-40 გრეი და ძუძუმწოვრებისთვის – 2-5 გრეი. ცნობილია, რომ მაღალი ტემპერატურების დროს თევზების რადიომგრძნობელობა იზრდება.

შეინიშნება სხვადასხვა ჰიდრობიონტის მიერ ცნობილი გამორჩევითობა ზოგიერთი რადიოიზოტოპის დაგროვებაში. მაგალითად ცეზიუმ-137-ს ყველაზე უფრო ენერგიულად აგროვებენ წაბლა და წითელი წყალმცენარეები, სტრონციუმ-90-ს – რადიოლარიები, წაბლა წყალმცენარეები და თევზის ძვლები, იტრიუმის რადიოიზოტოპებს – კიბოსნაირები და თევზის ქვირითი, ცერიუმ-144-ის აქტინიები. ხშირად აღინიშნება ცალ-

კეული რადიონუკლიდის სხვადასხვა ქსოვილში ლოკალიზაცია. ასე მაგალითად, რადიოაქტიური სტრონციუმი და კალციუმი გროვდება უპირატესად (90%-მდე) ჩონჩხში, ცეზიუმ-137 ძირითადი სახით კუნთებში და რბილ ქსოვილებში, კობალტ-60 – ღვიძლში და თირკმლებში.

XIV.3. ნავთობი

წყალსატევების გაჭუჭყიანება ნავთობით და მისი გადამუშავების პროდუქტებით (ბენზინი, ნავთი, სოლარის ზეთი, მაზუთი და სხვა) ძირითადად ხდება თხევადი საწვავის ტრანსპორტირების, ნავთობსადენების დაზიანების, ფლოტის მუშაობისას, ნავთობის ჭაბურღილების წყალქვეშა ბურღვის, ნავთობგადამამუშავებელი საწარმოების ნარჩენების ჩაყრისა და ჩადენის შედეგად, ნავთობპროდუქტების ჩარეცხვისას, რომლებიც აჭუჭყიანებენ ხმელეთს. მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში ნავთობის საშუალო შემცველობა აღწევს 10-20 მკგ/ლ-ზე. იგი შესამჩნევად მაღალია კონტინენტურ წყალსატევებში. წარმოქმნის რა წყლის ზედაპირზე აპკს, ნავთობი აუარესებს ჰიდრობიონტთა სუნთქვას, წყლის სისქეში ჟანგბადის შეღწევის შეკავების გამო. წყალში გახსნილი ნავთობის ფრაქციები ტოქსიკურია ჰიდრობიონტთა უმრავლესობისათვის. ფსკერზე ჩაძირული მძიმე ფრაქციები გრუნტის ნაწილაკებს ერთმანეთს აწებებენ. თუ წყალსატევი ძლიერ გაჭუჭყიანდა, მაშინ მასში წარმოიქმნება ზონები, რომლებიც პრაქტიკულად მოკლებული არიან სიცოცხლეს, თუმცა მაინც აღინიშნება ნავთობმჟანგავი ბაქტერიების არსებობა.

უდაბლესი კიბოსნაირების სიკვდილი იწყება მაშინ, როდესაც წყალში ნავთობისა და მისი პროდუქტების კონცენტრაცია 10^{-6} მგ/ლ აღწევს, ანალოგიური მგრძნობიარობით ხასიათდება თევზების ქვირითიც. თევზების ლიფსიტები, ქვირითთან შედარებით, თითქმის ერთი რიგით მდგრადები არიან, მოზრდილი თევზები ნავთობის კიდევ უფრო მაღალ კონცენტრაციებს უძლებენ. შედარებით მდგრადები არიან ნავთობის მიმართ ფსკერის ბინადარი

ცხოველები (მიდიები, მარმარილოს კიბორჩხალები, კიბო-განდეგილები და სხვა), ისინი უძლებენ ნავთობის კონცენტრაციას 10^{-3}-10^{-4} მგ/ლიტრამდე. ფსკერის მცენარეები ნავთობის კონცენტრაციის 10^{-5}-10^{-4} მგ/ლ-ის პირობებში ჯერ კიდევ ნორმალურად არსებობენ.

ნავთობის და მისი პროდუქტების მწვავე ტოქსიკურობა განპირობებულია იმით, რომ ნახშირწყალბადები იოლად ასველებენ ჰიდრობიონტთა ზედაპირს, აღწევენ შიგნით, შლიან და აფაშარებენ უჯრედული გარსისა და მემბრანების ლიპიდურ ფრაქციებს. რის შედეგად იცვლება მათი განვლადობა. უჯრედის შედგენილობაში შემავალი ლიპოპროტეინული კომპლექსის დაშლის შედეგად იცვლება ნახშირწყალბადების ფიზიკურ-ქიმიური მდგომარეობა, ირღვევა ბიოქიმიური პროცესების მოწესრიგებულობა. ცნობილია, რომ ნავთობი მკვეთრად მოქმედებს ჰიდრობიონტთა გენეტიკურ აპარატზე, კერძოდ დნმ-ზე, რნმ-ის შემცველობაზე უჯრედებში. უხერხემლოებშიც და წყალმცენარეებშიც ეცემა ნუკლეინის მჟავების ბიოსინთეზი, მათში დნმ-ისა და რნმ-ის შემცველობა მკვეთრად კლებულობს.

XIV.4. პესტიციდები

პესტიციდებს მიეკუთვნება მრავალი ათასი სითეზირებული ქიმიური ნივთიერება, რომლებიც გამოიყენება მავნებელ მცენარეებთან და ცხოველებთან საბრძოლველად. დანიშნულების მიხედვით მათ ყოფენ: ინსექტიციდებად, აკარიციდებად, ნემატოციდებად, მოლუსკოციდებად, ისიოციდებად, ალმიციდებად, ჰერბიციდებად და სხვა. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით განასხვავებენ: ქლორორგანულ (ДДТ, ჰექსაქლორანი, ალდრინი, ენდრინი და სხვა) და ფოსფორორგანულ ნაერთებს (მეტაფოსი, ქლოროფოსი, კარგოფოსი), ტრიაზინის წარმოებულებს (ატრაზინი, სიმაზინი), შარდოვანას (მონურონი, დიურონი), კარბონის მჟავების (ტრიქლორაცეტატი) და რიგი სხვა ნაერთების წარმოადგენლებს. ქლორორგანული ნაერთები ნაკლებად ხსნადია

წყალში და კარგად იხსნებიან ლიპიდებში (ცხიმები, ცილები) და ამიტომ გროვდებიან წყლის ცხოველების ღვიძლში, თირკმელებსა და ტვინში. ამ პესტიციდების ნახევარდაშლის პერიოდი 10 წელზე მეტია. ორგანიზმებში მოხვედრის შემდეგ, ისინი ხანგრძლივად რჩებიან მასში. ფოსფორორგანული პესტიციდები ორგანიზმებში არ აკუმულირდებიან, ისინი სწრაფად იშლებიან უჯრედშიგა ესთერაზების მოქმედებით.

პესტიციდები წყალსატევებში ხვდებიან ზედაპირული ჩანადენებით, ატმოსფეროდან, განსაკუთრებით თვითმფრინავების საშუალებით, ქარიან ამინდში, ასევე სხვადასხვა პრეპარატით წყალსატევების დამუშავებისას მავნე ჰიდრობიონტების განადგურების მიზნით და სხვა. ამჟამად მსოფლიოში პესტიციდების ყოველწლიური წარმოება 2 მლრდ ტონას აღწევს. მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი ხვდება წყალსატევებში. ქლორორგანული აღმოჩენილია როგორც ზღვის, ასევე მტკნარი წყლების თითქმის ყველა გამოკვლეული წყალსატევის ჰიდრობიონტებში. პესტიციდების საშუალო შემცველობა მსოფლიო ოკეანის პელაგიალში 10-20 ნგ/ლ აღწევს. შესამჩნევად მაღალია მისი შემცველობა კონტინენტურ წყალსატევებში.

ცალკეული პესტიციდებიდან განსაკუთრებით სახიფათოა ქლორორგანული ნაერთები მათი მდგრადობისა და მოქმედების სხვადასხვაგვარი ეფექტის გამო (ტოქსიკური, მუტაგენური, კანცეროგენული).

ევტროფული წყალსატევების თევზები უფრო მდგრადები არიან პესტიციდების ზემოქმედების მიმართ, ვიდრე უფრო ცივი და სუფთა წყლების იქთიოფაუნის წარმომადგენლები.

ფიტოპლანქტონში ფოტოსინთეზი ითრგუნება 75-95% ქლორორგანული ნაერთების 1-10 მკგ/ლ კონცენტრაციისას, ზოოპლანქტონისთვის ისინი ტოქსიკურები არიან 10 მკგ/ლ დოზის დროს. ქლორორგანული ნივთიერებები კარგად იხსნებიან ნავთობში და მის პროდუქტებში, რომლებიც აჭუჭყიანებენ წყალს, რის გამოც ისინი კიდევ უფრო სახიფათო ხდებიან. არც იმდენად ტოქსიკურია, მაგრამ მაინც უკიდურესად საშიშია სიმტრიაზინის,

შარდოვანას და კარბონის მჟავების წარმოებულები. მაგალითად, პრეპარატები: მონურონი, დიურონი, ატრაზინი და ტრიქლორაცეტატი მომწამვლელებია დაფნიასთვის 1-10 მგ/ლ კონცენტრაციისას, დაახლოებით ასეთსავე კონცენტრაციებში ისინი ტოქსიკურია პროტოკოკურ და ძაფნაირი წყალმცენარეებისთვის (Брагинский, 1972). ტემპერატურის აწევით პესტიციდების ტოქსიკური ეფექტი იზრდება.

ორგანიზმების შიგნით პესტიციდები ძირითადად ხვდებიან თხელი, ნატიფი ზედაპირის საშუალებით, კერძოდ ლაყუჩებისა და სუნთქვის სხვა ორგანოებით. პესტიციდების ჰიდრობიონტებზე ზემოქმედებისას შეინიშნება დამახასიათებელი ფაზურობა, აღგზნების შემდეგ იწყება შეკავება და სიკვდილი.

XIV.5. მძიმე მეტალები და სხვა ნივთიერებები

მძიმე მეტალებს შორის წყალსატევების გაჭუჭყიანებაში უდიდეს როლს თამაშობენ: ვერცხლისწყალი, ტყვია, თუთია, კალა, კადმიუმი, ქრომი და სპილენძი. წყალსატევში ისინი ხვდებიან სამრეწველო ჩანადენებით, ატმოსფეროდან (მაგალითად, ტყვია ავტომობილების გამონაბოლქვიდან), ლაქ-საღებავის საფარიდან, და სხვა გზებითაც. ცალკეული ნაერთის ტოქსიკურობა ძლიერ მერყეობს და არაერთნაირია სხვადასხვა ჰიდრობიონტისათვის. მაგალითად, Daphnia hyalina უფრო მგრძნობიარეა სტრონციუმისადმი და თუთიისადმი, ვიდრე ნიკელისადმი. ვერცხლისწყალი მწვავედ ტოქსიკურია მრავალი ჰიდრობიონტისათვის 1 მკგ/ლ-ის მაღალი კონცენტრაციისას, ტყვია კი 0,1 მკგ/ლ-ის მეტი შემცველობისას, კადმიუმი 1 მგ/ლ-ის დროს.

წყლის ცხოველების ორგანიზმში მეტალები ხვდებიან ძირითადად საკვებთან ერთად, ნაკლები მნიშვნელობა აქვს სხეულის ზედაპირიდან უშუალოდ შეღწევის გზას, რომელიც დამახასიათებელია წყლის მცენარეებისათვის. მეტალების ტოქსიკურობა დამოკიდებულია არა მარტო მათ კონცენტრაციასა და მოქმედების ხანგრძლივობაზე, არამედ დიდ როლს თამა-

შობს ტემპერატურა, ჟანგბადით წყლის გაჯერებულობა, იონთა სინერგიზმი და ანტაგონიზმი, წყლის სიხისტე და სხვა ფაქტორები. მძიმე მეტალებისგან ყველაზე უფრო საშიში ფერმენტული სისტემების მოქმედების შეკავებაა, რაც განპირობებულია, მაგალითად, ვერცხლისწყალის, ტყვიისა და სპილენძის ამინო- და სულფიჰიდროლის ჯგუფების მიმართ მაღალი თვისობის გამო, რისთვისაც ბლოკირებას უკეთებენ მრავალ რეაქციას. თუთია უკვე 0,065 მგ/ლ კონცენტრაციაში აინჰიბირებს სუნთქვით ფოსფორილირებას (Скулачев, 1969). მძიმე მეტალთა საშიშროება, როგორც გამაჭუჭყიანებლებისა, ძლიერდება იმით, რომ ისინი არ იშლებიან მრავალი წლის განმავლობაში, სწრაფად გროვდებიან ჰიდრობიონტებში და ძალიან ნელა გამოდიან ორგანიზმიდან.

ჰიდრობიონტებისათვის არსებითი ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვს დეტერგენტებით — სინთეზური, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებებით წყალსატევების გაჭუჭყიანებას, ანტისეპტიკებით, ფენოლებით, გოგირდისა და სხვა მჟავების მარილებით, ხისდამამუშავებელი, ცელულოზისა და ქაღალდის მრეწველობის, ქიმიური და მეტალურგიული საწარმოების ნარჩენებით და მრავალი სხვა ნივთიერებით დაბინძურებას.

ჰიდრობიონტთათვის უკიდურესად ტოქსიკურია მრავალრიცხოვანი ანტისეპტიკი, რომლებიც გამოყენება მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. მაგალითად პანტაქლორფენოლატი და სალიცილანილიდი, რომლებიც გამოიყენება ცელულოზა-ქაღალდის მრეწველობაში, იწვევს ემბრიონული განვითარების დარღვევას ზოგიერთ ძვლოვან თევზებში 0,01-0,1 მგ/ლ კონცერტრაციისას (Данильченко, Строганов, 1973). ასევე ტოქსიკურია ფენოლები შხამიანი თევზებისთვის 3-10 მგ/ლ კონცენტრაციისას. ფენოლები, ტოქსიკურ კონცენტრაციებში, ცხოველებში აკავებენ ნერვკუნთოვან გადაცემას, რასაც მოჰყვება მოძრაობითი რეაქციების სრული შეკავება (Лукьяненко, 1970). მცენარეები ფენოლების ზემოქმედების მიმართ უფრო

მდგრადები არიან, ისინი ასუსტებენ ფოტოსინთეზს 0,1-2 მგ/ლ-მდე კონცენტრაციისას.

ბოლო დროს დიდი რაოდენობით მოდის „მჟავე ნალექები", რომლებიც წარმოიქმნება ატმოსფეროში სხვადასხვა გაზის სამრეწველო გამონაბოლქვების წყალთან უერთიერთქმედების შედეგად, განსაკუთრებით SO_2-სა NOx-თან. მჟავე ნალექებში, გარდა გოგირდისა (60%-მდე) და აზოტის ოქსიდებისა (30-50%), შედის ავრეთვე Cu, Cd, Pb, Ca, Mg და სხვა. წვიმის pH დაწეულია 4-5-მდე. შემჟავებულ წყალსატევებში მკვეთრად მცირდება პლანქტონის და თევზების რაოდენობა. მაგალითად, შვეციის ტბებში, სადაც pH 7-ს უდრის, 60-70 სახის წყალმცენარე გვხვდება, ხოლო pH 4,1-4,5-ის პირობებში მხოლოდ 8-10 ფორმას ითვლიან.

ქაღალდისა და ხის დამამუშავებელი კომბინატებისა ოუ მრეწველობის ნარჩენები ჰიდრობიონტებზე, გარდა უშუალო ქიმიური ზემოქმედებისა, ილექებიან ფსკერზე და ანადგურებენ ცოცხალ ორგანიზმებს. ამჟამად გლობალური ხასიათი მიიღო განსაკუთრებით ძნელადშლადი პლასტიკატებით წყალსატევების და ზოგადად წყლების გაჭუჭყიანებამ. ისინი შეადგენენ ოკეანის ზედაპირზე მოდრეიფე ყველა ობიექტის 2/3-ს. სანაპიროზე გამორიყულთა შორის (Winston, 1982) მრავალი ცხოველია, რომელნიც დაიღუპნენ პლასტიკატების გადაყლაპვის გამო. რიგი ორგანიზმებისა, მაგალითად, წყალმცენარეები, ჰიდროიდები, ხავსები, პოლიხეტები და სხვა, პირიქით, პლასტიკებს იყენებენ სამაგრებად. რიგი ბენთონტებისა, კერძოდ პოლიხეტები, პლასტმასების ნაწილაკებიდან აშენებენ მილებს (Wehle, Coleman, 1983).

ჰიდრობიოცენოზებზე დიდ გავლენას ახდენს სასარგებლო წიაღისეულის სამშენებლო მასალების მოპოვება წყალსატევებში, კერძოდ ბურღვა ნავთობისა და გაზის მოსაპოვებლად, სეისმოდაზვერვები, დიდი რაოდენობით ქვიშისა და ხრეშის ამოღება, სამეწახაპო სამუშაოები და სხვა.

XIV.6. წყალსატევების ანთროპოგენური ევტროფიკაცია და თერმოფიკაცია

ცნებაში „ანთროპოგენური ევტროფიკაცია“ სხვადასხვა მკვლევარი სხვადასხვა აზრს დებს. უფრო ხშირად გულისხმობენ წყალსატევებში ადამიანის ზემოქმედებასთან დაკავშირებულ ტროფიის დონის მომატებას. მათში ჭარბი რაოდენობით შედის ბიოგენები (აზოტი, ფოსფორი), რომელსაც თან ახლავს დამახასიათებელი კომპლექსით ეკოსისტემის ცვლილება, მათგან ყველაზე არსებითია ჟანგბადის რეჟიმის გაუარესება.

ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად იმატებს ორგანული ნივთიერებების ახალწარმოქმნის სიჩქარე, პროდუქცია სჭარბობს დესტრუქციას და ეკოსისტემის ბიომასა იზრდება. მსგავსი პროცესი შეიძლება მოხდეს წყალსატევთა ბუნებრივი სუქცესიის შედეგად (იხ. თავი 12), მაგრამ ამ შემთხვევაში ცვლილების ტემპი შეუდარებლად დაბალია. წყალსატევთა თერმოფიკაცია არის მათი ტემპერატურული რეჟიმის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია გამთბარი წყლის შემოსვლით ამა თუ იმ საწარმოდან, პირველ რიგში თბოელექტროსადგურებიდან. წყლის ტემპერატურის მომატება აჩქარებს ეკოსისტემაში ნივთიერებათა წრებრუნვას, კერძოდ პირველად პროდუქციას, რაც წყალსატევების ევტროფიკაციის დამატებითი წინაპირობაა. ამასთან ერთად, ბუნებრივი ტემპერატურული რეჟიმის დარღვევას თან ახლავს წყალსატევების ფლორისა და ფაუნის ცვლილება, რაც ხშირად იწვევს არსებით ძვრებს საწყისი ეკოსისტემების სტრუქტურასა და ფუნქციაში არასასურველი მიმართულებით. მაგალითად, წყალსატევების თერმოფიკაცია აფართოებს აკვაკულტურის განვითარების პერსპექტივებს, იგივე მნიშვნელობა აქვს წყალსატევების ტროფულობის მომატებას ახალი პოტენციალის უნარიანად დაუფლების დროს. მეთევზეობაში ძვირადღირებული ბიოგენები სპეციალურად შეჰყავთ წყალსატევებში, პროდუქტულობის მომატების მიზნით. ტბორების ევტროფიკაციის საშიშროებაზეც კი ლაპარაკი

ზედმეტია. წყალსატევებსა და ტბებში ბიოგენების ინტენსიურ შესვლას, თუ ეკოსისტემების სამუშაოებს წარვმართავთ საჭირო მიმართულებით, ყოველთვის არ ახლავს თან მათი ევტროფირება. მაგალითად, წყალსატევებიდან ორგანიკის ამოღება სასარგებლო პროდუქციის ფორმით შეიძლება წარიმართოს ისეთი მასშტაბებით, რომელიც გააწონასწორებს მის წარმოებას. მასში შემდგომ დამატებითი სახით ბიოგენების შემოსვლის დროსაც კი სისტემაში შენარჩუნებული იქნება ერთი და იმავე რაოდენობის ბიოგენები, მოხდება ბალანსის ნორმალიზება და ევტროფიკაციის მოვლენები უფრო მკვეთრად გამოიკვეთება.

წყალსატევთა პროდუქტულობის მართვის პერსპექტივებში შეიძლება გავითვალისწინებთ ევტროფიკაციასთან ბრძოლის სხვა საშუალებები, კერძოდ, წყალსატევებში ჭარბი ბიოგენების შემოსასვლელი სხვადასხვა არხის ჩაკეტვა. თუმცა საჭიროა აღინიშნოს, რომ წყალსატევში ბიოგენების შესვლა არ შეიძლება გავაიგივოთ ამ უკანასკნელის მდგომარეობის გაუარესებასთან, რომელიც გამოწვეულია მიზეზთა მთელი კომპლექსით. ასეთი უნდა იყოს მიდგომა თერმოფიკაციის შესაფასებლადაც. უნდა შეჩერდეს ისეთი საწარმოების მშენებლობა, რომლებიც უშვებენ გამთბარ წყალს წყალსატევებში. გამთბარი წყლის ჩაშვება აძლიერებს ევტროფიკაციას და საშიშია ეკოსისტემებისათვის. ამიტომ თერმოფიკაცია უნდა გადავაქციოთ წყალსატევების უკეთ გამოყენების დამატებით წყაროდ, აკვაკულტურების განვითარების მიზნით.

XIV.7. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის გამოვლენა და მიზეზები

წყალსატევების ევტროფიკაციის ხარისხის შესაფასებლად იყენებენ ბიოლოგიურ, ქიმიურ და ფიზიკურ მაჩვენებლებს, განსხვავებულს ზედაპირული და სიღრმისეული წყლებისათვის. მაგალითად, ეპილიმნიონისათვის პირველ რიგში ეს სახეობრივი

შედგენილობაა: რიცხობრიობა, ბიომასა და წყალმცენარეთა პროდუქცია, ბაქტერიების რიცხობრიობა, კერძოდ საპროფიტებისა, სახეობრივი შედგენლობა და მაკროფიტების განვითარების ხარისხი, ფოსფორშემცველი კომპონენტების ჯამი, საშემოდგომო ცირკულაციის დასაწყისში ფოსფატაზასა და ნიტროგენაზას აქტიურობა. ჰიპოლიმნიონისათვის ეს, უპირველეს ყოვლისა, არის: საზაფხულო სტაგნაციის ბოლოსთვის წყალში ჟანგბადის შემცველობა, ჟბმ (ჟანგბადის ბიოქიმიური მოხმარება), CO_2-ის გამოყოფა $P\text{-}PO_4$-ისა და აზოტის გახსნილი ნაერთების დაგროვება, ფსკერის დანალექებში მეთანისა და გოგირდწყალბადის წარმოქმნა. სტატისტიკური ანალიზის საფუძველზე ფოლენვაიდერმა (R.R. Фолленвайдер, 1977) შემოგვთავაზა წყალსატევებში ტროფიის კლასიფიკაციის სქემა წყალში საერთო ფოსფორის, აზოტის, ქლოროფილ „ა“-ს (მგ/მ^3-ში) და გამჭვირვალობის (მეტრებში სეკის დისკო) დასადგენად.

ანთროპოგენურ ევტროფიკაციას უმეტესად განიცდიან კონტინენტური წყალსატევები, კერძოდ ტბები, მდინარეები და წყალსაცავები, თუმცა იგი გარკვევით შეიმჩნევა ზღვებშიც. მაგალითად, ბოლო 10-20 წლის განმავლობაში ბაქტერიების რიცხობრიობა ტირენის ზღვაში გაიზარდა 4-ჯერ, შავ ზღვაში 6-ჯერ, ადრიატიკისა და ეგეოსის ზღვებში 20 და 30-ჯერ (Лебедева, 1976).

ანთროპოგენური ევტროფიკაციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი უარყოფითი გამოვლენა, განსაკუთრებით ტბებსა და წყალსაცავებში, არის წყალსატევთა ყვავილობა (ჩვეულებრივ ციანობაქტერიები microcystis, Anabaena, Aphanizomenon და ზოგიერთი სხვა), წყალსატევის თხელწყლიანი ნაპირის გაბარდვის მომატება და აქ დიდი რაოდენობით ძაფნაირი წყალმცენარეების გამოჩენა, ნაპირების გაჭუჭყიანება ჰიდროფიტების ნარჩენებით. წყალმცენარეთა სიუხვე აუარესებს სასმელი წყლის ხარისხს (მეტაბოლიტების გამოყოფა, რომელიც წყალს აძლევს სხვადასხვა სახის სუნს და გემოს), ართულებს მის გადამუშავებას სასმელი წყლით წყალმომარაგების ორგანიზაციის დროს (ფილტრების

გაჭედვა). სიკვდილის შემდეგ ციანობაქტერიები ამოტივტივდებიან რა წყლის ზედაპირზე, ქმნიან ერთიან სალიჩას, რის შედეგადაც უარესდება წყლის ატმოსფერული აერაციის პირობები. დაღუპული წყალმცენარეების გახრწნას თან ახლავს აერობული დაშლის პროდუქტების წარმოქმნა. ნაპირზე გამოყრილი, ან მასთან ახლოს დაგროვილი წყალმცენარეების მასის ლპობა აუარესებს წყალსატევთა, კერძოდ კი წყალსაცავების, სარეკრეაციო დანიშნულებისათვის გამოყენებას. პრაქტიკულად ყველა წყალსაცავი ყვავის.

ნივთიერებები, რომლებიც ხელს უწყობენ წყალსატევების ევტროფიკაციას, სხვადასხვანაირია თავისი წარმოშობით, შემადგენლობით, ფიზიოლოგიური და ეკოლოგიური მნიშვნელობით. მათგან ძირითადია ფოსფორი და აზოტი, უფრო იშვიათად ნახშირბადი, სილიციუმი და ზოგიერთი სხვა. პირველი ორი ბიოგენიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს ფოსფორს. ავტოტროფების განვითარებას იშვიათად უკეთებს ლიმიტირებას აზოტი, რაც მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებულია მრავალი ბაქტერიის, მათ შორის ციანობაქტერიის, მიერ მისი ფიქსაციის უნართან.

განსაზღვრულ პირობებში ავტოტროფების განვითარებაზე მასტიმულირებელ გავლენას ახდენენ: რკინა, სპილენძი, კობალტი, ბორი, მანგანუმი, მოლიბდენი და სხვა. თუმცა ამ სტიმულატორების როლი ანთროპოგენურ ევტროფიკაციაში დიდი არაა. ამასთან ერთად წყალმცენარეთა განვითარება შესამჩნევად შეუძლიათ დააჩქარონ სხვადასხვა გაწმენდილმა კომუნალურმა ჩანადენებმა, რომლებშიც წარმოიქმნება ბიოსტიმულატორები. ბიოგენების ჭარბი დაგროვება არის ევტროფიკაციის ძირითადი მიზეზი. პირველ რიგში კი იგი განპირობებულია მათი შესვლით წყალშემკრებ ფართობებში, კომუნალური ჩანადენებით, ატმოსფერული მტვრით და ასევე წყალსატევების სარეკრეაციოდ გამოყენებით. ეს დაგროვება მკვეთრად იზრდება სოფლის მეურნეობის ინტენსიფიკაციის შედეგად, კერძოდ მინერალური სასუქების ფართო მასშტაბით გამოყენებისას. მნიშვნელოვან როლს ამ დროს თამაშობს ნიადაგის ზედაპირული შრეების გაძლიერებული რეცხვა.

ცნობილია, რომ ნიადაგში შეტანილი აზოტის 10-25%-მდე და ფოსფორის 1-5% ხვდება წყალსატევებში.

წყალსატევთა ანთროპოგენური ევტროფიკაცია ხშირად ძლიერდება, რაც მთლიანად წყალსატევთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებითაა განპირობებული. მაგალითად, სევანის ტბის დონის 18 მეტრით დაწევის შემდეგ ჰიპოლიმნიონი თითქმის გაქრა, წყლის გამჭვირვალობა დაქვეითდა 2-ჯერ, შეინიშნებოდა ჟანგბადის საზაფხულო-საშემოდგომო დეფიციტი, მკვეთრად გაძლიერდა დესტრუქცია, მასაში გამოჩნდნენ ციანობაქტერიები. ოლიგოტროფული ტბა გადაიქცა ევტროფულად, ძირითადად, ფსკერული დანალექებიდან ბიოგენების მობილიზაციისა და წყლის სიზრქის გაზრდილი გახურების გამო.

XIV.8. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის თავიდან აცილება

წყალსატევთა ევტროფიკაციის თავიდან აცილების ზომები გამოიხატება იმით, რომ წყალსატევი დაცული იყოს ბიოგენების ჭარბი შესვლისაგან, კერძოდ ფოსფორისა და აზოტისაგან. ეს ღონისძიება სხვადასხვა გზით ხორციელდება. პირველ რიგში სასოფლო სამეურნეო სავარგულების დამუშავების კულტურის ამაღლებით, რის გამოც ბიოგენების ჩადინება მცირდება. ძალიან მნიშვნელოვანია, რომ არ გამოიყენონ სასუქების ისეთი მომატებული დოზები, რომელიც არ იძლევა შესამჩნევ ეკონომიკურ ეფექტს. მეორე გზაა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ირგვლივ წრიული სადრენაჟო სისტემის გაკეთება, რომელიც საჭიროა შეგროვილი ჩამდინარე წყლების შემდგომი გადადინებისათვის წყალშემკრების ტერიტორიის ფარგლებს გარეთ.

ბიოგენების შესაკავებლად მნიშვნელოვანია სანაპირო ზოლის გატყიანება.

წყალსატევებში ბიოგენების მოხვედრა კომუნალური და სხვა ჩანადენებით შეიძლება თავიდან ავიცილოთ ორი ხერხით: პირველია ჩანადენის მეტ-ნაკლებად სრული გათავისუფლება ბიოგენებისაგან, განსაკუთრებით ფოსფორისაგან. ამისათვის იყენებენ

დალექვის მეთოდს (ალუმინის, რკინის, კირის მარილები), უკუოსმოსს, იონურ ცვლას და რიგ სხვა მეთოდებს.

ევტროფიკაციის თავიდან ასაცილებლად მეტად პერსპექტიულია ბიოლოგიური მეთოდები. ჯერ კიდევ 1932 წელს ე.ე. უსპენსკიმ შემოგვთავაზა წყალმცენარეების განვითარების თავიდან აცილების მეთოდი მაკროფიტების საშუალებით. ასეთი მეთოდი განსაკუთრებით ფასობს, თუ მას თან ახლავს მაკროფიტების ფიტომასის შემდგომი ამოღება. წინააღმდეგ შემთხვევაში მათი კვდომის შემდეგ ბიოგენები კვლავ აღმოჩნდება წყალში, რომ არაფერი ითქვას უკვე თვით მაკროფიტების ლპობის პროცესის უარყოფით ეფექტზე (А.В. Францев, 1959). 1959 წელს ფრანცევის მიერ შემოთავაზებული იყო სანაპირო ზოლში ველური ბრინჯის ორი სახეობის კულტივირება – (წყლიანი და ფართოფოთლოვანი) „ბეკმანიუ და კანარეეჩნიკ“, რომლებიც იძლევიან უზარმაზარ ფიტომასას მაღალი კვებითი ღირებულებით. ამ და ზოგიერთი სხვა მცენარის კულტივირება მათი შემდგომი აღებით, ევტროფიკაციასთან ბრძოლის არა მხოლოდ ეფექტური ზომაა, არამედ დამატებითი ხერხიც მეცხოველეობის საკვები ბაზის განვითარებისათვის. ბიოლოგიურ და ეკონომიკურ მიმართებაში პერსპექტიულია წყალსატევების ევტროფიკაციასთან საბრძოლველად მცენარეჭამია თევზების გამოყენება. ამჟამად ევტროფიკაციის თავიდან აცილებასთან ერთად ბევრ ქვეყანაში ძალისხმევა მიმართულია წყალსატევების დეევტროფიკაციისკენ. ამ მიზნით ნაწილობრივ ან მთლიანად ცვლიან წყალს, აშორებენ ფსკერულ ლექს, აერირებას უკეთებენ გრუნტის ზედა შრეებს და ჰიპოლიმნიონს, ეწევიან წყლის მასის დესტრატიფიცირებას, ლექავენ ბიოგენებს (Иергансен, 1985).

XIV.9. წყალსატევების თერმოფიკაცია

წყალსატევების თერმოფიკაცია უმეტესწილად დაკავშირებულია ატომური და თბოელსადგურებიდან წყლის ორთქლის ჩაშვებასთან, ნაკლებად ქალაქის გამთბარი ჩანადენების გადმოშვე-

ბასთან. ამჟამად, მსოფლიოში თბოელექტროსადგურები გამოიმუშავებენ $17 \cdot 10^{12}$ კვტ/სთ ენერგიას წელიწადში და წყალსატევ-გამაგრილებლებს ეძლევა დაახლოებით $61 \cdot 10^{18}$ ჯოული. წყლის სითბო ატომური ელექტროსადგურისა (ᲐᲔᲡ) და თბოელექტროსადგურის (ᲗᲔᲡ) კონდენსატორებში ჩვეულებრივ აღწევს 8-11^{0}C-ს გაივლის რა ღია წყალგამშვებ არხში, წყალი ცივდება 0,5-10^{0}C-მდე და ძირითადი სითბო გადაეცემა წყალსატევ-გამაგრილებელს. მცირე წყალსატევ-გამაგრილებლები თბება, მსხვილებში იქმნება ამა თუ იმ კონფიგურაციის გათბობის ზონა. ზაფხულში გამთბარი წყლები ჩვეულებრივ განაწილდება ზედაპირულ შრეში. ზამთარში წარმოიქმნება ყინულღრუ, რის გამოც ჟანგბადის რეჟიმი კეთილსასურველია, რადგანაც წყალი დამატებით აერაციას განიცდის.

ხარისხობრივი თვალსაზრისით წყალსატევ-გამაგრილებლების ფაუნა და ფლორა სუსტად იცვლება, ძირითადად ფორმირდება ევრითერმული და საწყისი მობინადრე სითბოსმოყვარული ფორმები. ზამთარში აქ აღმოჩენილი სახეობების სია უფრო ფართოა, ვიდრე იმ წყალსატევებში, სადაც გამთბარი წყალი არ ჩაედინება (რადგანაც არიან ისეთი ფორმებიც, რომლებსაც არ შეუძლიათ აქტიური მოძრაობა და ცხოვრება დაბალი ტემპერატურის პირობებში). ზაფხულში ხდება პირიქით, გამოითიშებიან ცივი წყლის მოყვარულები. ჰიდრობიონტები განსაკუთრებულად ცუდად იტანენ ტემპერატურის სწრაფ დაწევას. ცივი შოკი უფრო სახიფათოა სითბურზე და მისი შესაძლებლობების გათვალისწინება აუცილებელია ᲐᲔᲡ-ისა და ᲗᲔᲡ-ის მცირე ხნით გაჩერების დროსაც კი. თერმული სტრესისადმი გასაკუთრებულად მგრძნობიარენი არიან ჰიდრობიონტები განვითარების ადრეულ სტადიებზე. წყლის ტემპერატურის მომატება დიდ გავლენას ახდენს ჰიდრობიონტთა ფიზიოლოგიურ პროცესებზე, როგორც უშუალოდ, ასევე ირიბად.

მაგალითად, წყლის გათბობასთან დაკავშირებით თევზებში ქვეითდება სისხლის ბუფერულობა და ირღვევა ჩონჩხის ფორმირების პროცესი (კარბონატების დაბალი კონცენტრაციის გა-

მო). მატულობს სისხლის pH, ძლიერდება ლიპიდების სინთეზი, მცირდება უბიქინონის რაოდენობა და ჟანგვითი ფოსფორილირების დონე. იზრდება წყალში ხსნადი ვიტამინების კონცენტრაცია (Романенко, 1977).

ᲐᲔᲡ-ისა და ᲗᲔᲡ-ის მუშაობა იწვევს არამხოლოდ წყალსატევთა თერმოფიკაციას. წყლის კონდენსატორის ვიწრო მილებში წყლის გატარებისას, როცა რამდენიმე წამში მისი ტემპერატურა 100^0C-მდე მატულობს და უფრო მეტადაც, მრავალ უხერხემლოში და თევზების ლიფსიტებში შეიმჩნევა ტემპერატურული შოკი და ამასთან დაკავშირებული ქცევითი რეაქციების დარღვევა. ამის შედეგად, თავდაცვითი რეაქციების დასუსტების გამო, იზრდება ცხოველების სიკვდილიანობა. უხერხემლოთა უმნიშვნელოვანესი ნაწილი იღუპება კონდენსატორის მილებში ტრავმების შედეგად და წყალგადამგდებ არხებში, განსაკუთრებით წყლის ვარდნის ადგილებში (Мордухай–Болтовской, 1975). ჰიდრობიონტთა უმნიშვნელოვანესი ნაწილი, კერძოდ, წყალმცენარეები, იღუპება ჰიდრავლიკური შოკის გავლენით (Ramade, 1981). გამაგრილებელ კონტურში წყლის გატარების დროს იცვლება მასში შემავალი ნივთიერებების შედგენილობა აზოტის ნაერთის რაოდენობის შემცირებით და ბიოლოგიურად აქტიური ორგანული ნაერთების წილის გაზრდით (კეტონები, სპირტები და სხვა) (Шестерин и др., 1981). ყველაფერი ეს მნიშვნელოვანწილად გავლენას ახდენს წყალსატევ-გამაგრილებლის ეკოსისტემის მდგომარეობაზე. წყალსატევების თერმოფიკაციის უარყოფითი შედეგები დაკავშირებულია პირველადი პროდუცირების გაძლიერებასთან, რომელიც გამოწვეულია ძაფნაირი წყალმცენარეების გაბარდვასთან და უმაღლესი მცენარეების გაზრდასთან, ეს შეიძლება განეიტრალდეს კვლავწარმოქმნილი ეკოსისტემების სწორი ექსპლუატაციით, პირველ რიგში, წყალსატევ-გამაგრილებლების გამოყენება აკვაკულტურების მიზნით. მცენარეჭამია თევზების გამრავლება არა მხოლოდ აგვაცილებს თავიდან წყალსატევ-გამაგრილებლების მაკროფიტებით გაბარდვას, არამედ ფილტრების გაჭედვასაც.

XIV.10. წყალსატევთა ბიოლოგიური თვითგაწმენდა და წყლის ხარისხის ფორმირება

ყოველგვარი გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერების და ალოქთონური ორგანიკის შესვლას თან ახლავს წყალსატევების გაჭუჭყიანება ან ევტროფიკაცია. რადგანაც ბიოცენოზებს არსებულ საზღვრებში შესწევთ საკუთარი არის კონდიცირების უნარი – წინ ალუდგნენ მის ცვლილებებს გარეგანი ზემოქმედებების გავლენით, ამიტომ ხშირად ლაპარაკობენ წყალსატევის ტევადობაზე, ანუ გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების იმ რაოდენობაზე, რომლის განეიტრალებასაც ის შეძლებს.

არჩევენ ტევადობებს: გეოფიზიკურს, განსაზღვრულს სედიმენტაციის სიჩქარით, გეოქიმიურს, განპირობებულს ქიმიური გარდაქმნებით და ბიოლოგიურს, დამოკიდებულს გაჭუჭყიანების ბიოსედიმენტაციისა და ბიოდეტოქსიკაციის ტემპზე (Поликарпов, 1981).

წყალშემკრები ტერიტორიიდან შემოსული ორგანიკა, თუ ის ძალიან ბევრი არაა, წყალსატევში არ გროვდება, რადგანაც ნივთიერებათა ცვლის პროცესში მინერალიზდება. უმთავრესად მეტაბოლიზმში ერთვება სხვადასხვა გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერება და ბიოლოგიური დაშლის შედეგად მიმდინარეობს მათი დეტოქსიკაცია. ჰიდრობიონტები-ფილტრატორები და სედიმენტატორები წყალს გამჭვირვალეს ხდიან, ლექავენ რა შეწონარებულ ნივთიერებებს ფსკერზე და ამით ხელს უწყობენ გრუნტში მავნე ნივთიერებების ჩამარხვას, აქედან გამომდინარე, ეკოსისტემიდან მათ განდევნას. ავტოტროფების მიერ ჟანგბადის გამოყოფა და ნახშირორჟანგის გაზის შთანთქმა წყალსატევებში გაზური რეჟიმის გაუმჯობესების მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ამასთან დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიდრობიონტთა მოძრაობას. წყლის ტურბულენტური მოძრაობის გაძლიერება ერთდროულად აჩქარებს ბიოლოგიური თვითგაწმენდის მრავალ პროცესს, ამით ხელს უწყობს ჰიდრობიონტთა მეტაბოლიზმის დონის გაზრდას

(კატაბოლიტების გადენა, ანაბოლიტების შემოტანა), ფერმენტების გამოთავისუფლებას მკვდარი ორგანიზმებიდან.

ჰიდრობიოცენოზები თავისთავად არის სისტემები, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან წყალსატევთა ევტროფიკაციას და გაჭუჭყიანებას, ე.ი. ბიოლოგიური თვითგაწმენდის სისტემას, რომლის მიმართულებისა და მუშაობის სიმძლავრე მნიშვნელოვანწილად საზღვრავს წყლის ხარისხს და მის ბიოლოგიურ სრულფასოვნებას.

ჰიდრობიოცენოზები — სასმელი წყლის „ბიოფაბრიკები" თავისი მდგომარეობის შესაბამისად იძლევიან სხვადასხვა ხარისხის პროდუქციას, რომლის გაუმჯობესებასაც აქვს არსებითი მედიკო-სანიტარიული მნიშვნელობა, ამიტომ აღნიშნული პროცესების ღრმად შესწავლას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

XIV.11. ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაცია

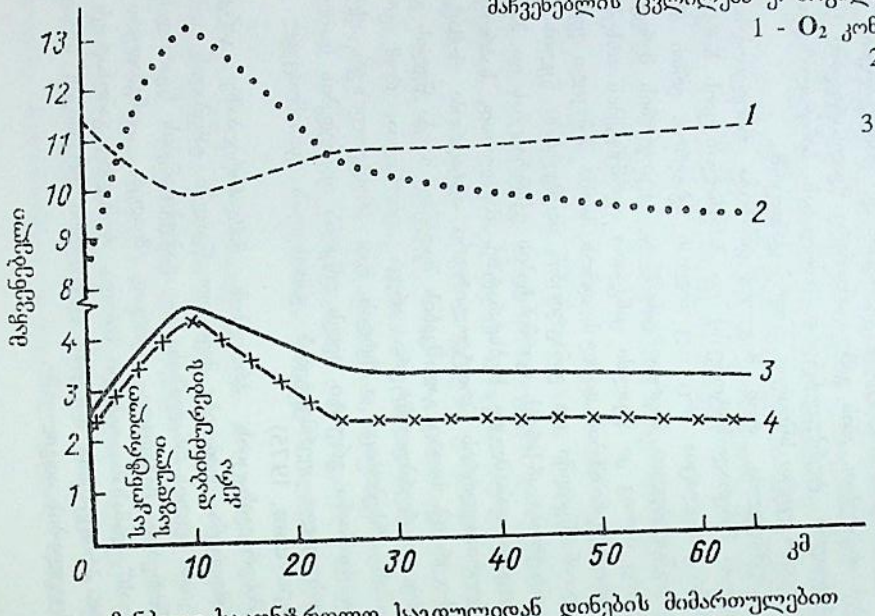
რაც უფრო ბევრია წყალსატევში ჰიდრობიონტ-ჰეტეროტროფები და რაც მაღალია მათი მეტაბოლიზმის დონე, მით მეტი ორგანული ნივთიერება განიცდის ბიოლოგიურ გარდაქმნას და, აქედან გამომდინარე, თვითგაწმენდის პროცესი ენერგიულად მიდის. ამასთან, იგულისხმება, რომ წყალში ჟანგბადის კონცენტრაცია საკმარისია იმისათვის, რათა არ დამუხრუჭდეს აერობული პროცესები, რომლებიც თამაშობენ ძირითად როლს ორგანიკის მინერალიზაციაში. მინერალიზაციის ინტენსიურობის უნივერსალური ზომა აღადგენს ჟანგბადზე დამოკიდებული დესტრუქციის სიდიდეს, რომელიც დროის ერთეულში აღდგება ეკოსისტემის მიერ.

ორგანიკის რედუქციის სიდიდე ფასდება პირველად პროდუქციაზე დესტრუქციის მომატებით და ალოქთონური ორგანიკის შემოსვლით. მე-12 თავში მოცემული ფაქტები მიგვანიშნებენ, რომ კონტინენტურ წყალსატევებში, განსაკუთრებით მდინარეებსა და წყალსატევებში, დესტრუქცია მნიშვნელოვნად აღემატება ორგანული ნივთიერებების ახალწარმოქმნას. მოსკოვის გამწმენდ ნაგებობებზე ჰიდრობიონტთა მოქმედების შედეგად დღე-ღამეში

მინერალიზდება დაახლოებით 680 ტ ორგანიკა. მინერალიზაცია უდიდესი ხარისხით მიდის აერობული ბაქტერიების და უმარტივესების ცხოველქმედების წყალობით. ამიტომ ჟანგბადით უზრუნველყოფა აჩქარებს თვითგაწმენდას. საერთო კანონზომიერებასთან შესაბამისად მინერალიზაცია იზრდება ტემპერატურის მომატებით, კატაბოლიტების გადინების და ანაბოლიტების შემოდინების აჩქარებით. ამის გამო გამდინარე წყალსატევებში წყლის ინტენსიური ტურბულენტური მორევისას მინერალიზაცია მიმდინარეობს უფრო სწრაფად, ვიდრე დამდგარში.

შემჩნეულია, რომ მიკროორგანიზმთა რაოდენობასა (ძირითადად მინერალიზატორებს) და მინერალიზაციის სიჩქარეს შორის კორელაცია არც თუ ძალიან მჭიდროა. ერთი მხრივ, ეს დაკავშირებულია მიკროორგანიზმთა აქტიურობის მერყეობასთან, მეორე მხრივ კი წყალში ჟანგვითი ფერმენტების არსებობასთან. მიკროორგანიზმების დაშლის დროს მათში შემავალი ფერმენტები გადაიან წყალში და განაგრძობენ მოქმედებას. წყლის ტურბულენტურობა აჩქარებს ფერმენტების ექსტრაქციას და მათ ზემოქმედებას დასაშლელ სუბსტრატზე. მაგალითად, საპროფიტული ბაქტერიოფლორის პროტეოლიტური აქტიურობა მომატებულია 2-3-ჯერ იქ, სადაც გადაშვების შედეგად ხდება წყლის გაძლიერებული ტურბულენტური არევა. ცნობილია, რომ გრუნტად ქვიშის არსებობაც კი ზრდის მათ პროტეოლიზურ აქტიურობას, ქვიშიანი გრუნტი ხელს უწყობს უჯრედების დაშლას და თავისუფალი ფერმენტების გამოსვლას გარემომცველ არეში (Карпушин, 1975).

მინერალიზაციის პროცესის მიმდინარეობაზე გარკვეული წარმოდგენა შეიძლება მივიღოთ წყალში ჟანგბადის კონცენტრაციის ცვლის ანალიზისა და გაჭუჭყიანების წყაროდან მისი დაშორების მიხედვით. ამრიგად მიიღება „ჟანგბადური ჩაზნექვის“ დამახასიათებელი მრუდი, რომელიც გამოხატავს ჟანგვითი პროცესების დაცემას ლაბილური ორგანიკის სხვადასხვა შემცველობის ადგილებში.



სურ. 43. ქვემოთ: დნეპრის წყლის ზოგიერთი ჰიდროქიმიურ მაჩვენებლის ცვლილება ქ. მოგილოვოს მიდამოებში:
1 - O_2 კონცენტრაცია, მგ/ლ,
2 - პერმანგანატით დაჟანგვა, მგ/ლ,
3 - ბიოქრომატული დაჟანგვა,
4 - საერთო ფოსფორი, მგ/ლ.

XIV.12. წყლის განათება და ბიოსედიმენტაცია

წყლის განთავისუფლება გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებისაგან, როგორც წესი, მიმდინარეობს მათი ფსკერისკენ ბიოლოგიური გადაადგილების შედეგად. გრუნტში გავლის შემდეგ ტოქსიკანტები ხდებიან ნაკლებად საშიშნი, მით უმეტეს, რომ მრავალი მათგანის არსებობა ხანმოკლეა (მოკლევადიანი რადიონუკლიდები, არამდგრადი ორგანული ნივთიერებები). თვით გაჭუჭყიანების პროცესის წყლიდან ნალექებში გადაადგილება (ბიოსედიმენტაცია) შეიძლება იყოს ჰიდრობიონტთა ნორმალური ცხოველქმედების შედეგი, ან პირიქით, მათი კვდომის შემდეგ ფსკერისკენ დაშვება.

წყლიდან გრუნტში გამაჭუჭყიანებლების ტრანზიტი ჰიდრობიონტთა ნორმალური ცხოველქმედების პროცესში უმეტესწილად ხორციელდება ფილტრატორებისა და სედიმენტატორების მოქმედების შედეგად. განსაკუთრებით დიდია ბიოფილტრაციაში ორსაგდულიანი მოლუსკების როლი. ასე მაგალითად, 5-6 სმ სიგრძის მიდიები დღე-ღამის განმავლობაში დაახლოებით 3,5 ლ წყალს ფილტრავენ, ხოლო ზღვისპირეთში მათ მიერ გაფილტრული წყლის რაოდენობა $1 მ^2$ ფართობზე არცთუ იშვიათად დღე-ღამეში 150 ან 280 $მ^3$-საც აღწევს. მიდიების, ხამანწკების და სხვა ორსაგდულიანი მოლუსკების ერთობლივი ფილტრაციული სამუშაოების წყალობით, ზღვისპირეთში იქმნება ბიოფილტრის არაჩვეულებრივად ძლიერი სარტყელი, რომელშიც დღე-ღამეში გადის ლიტორაციის და სუბლიტორაციის ზონის მთელი წყალი. ზოგჯერ მიდიების საბინადროების ქვეშ გროვდება მეტრამდე სისქის ბლანტი შლამები, რომლებიც წარმოიქმნებიან ფეკალიებისა და ფსევდო-ფეკალიების დალექვის შედეგად.

წყლის რაოდენობა, რომელიც გადის ფილტრატორებში და სედიმენტატორებში, შეიძლება გახდეს გამჭვირვალე (შეტივნარებული ნივთიერებების კოაგულაციას ახდენს წყალში გამოყოფილი ლორწო). ძალიან დიდია ბიოლოგიურ თვითგაწმენდაში

ფილტრატორებისა და სედიმენტატორების წყალმოძრაობითი ფუნქციის როლიც. მათ მიერ გამოწვეული წყლის არევა აჩქარებს ორგანიკის მინერალიზაციისა და გაჭუჭყიანების ბიოლოგიური დეტოქსიკაციის პროცესს.

განსაკუთრებით დიდია ბიოსედიმენტაცია, რომელიც დაკავშირებულია დაღუპული ორგანიზმების გრუნტზე დაშვებასთან. მათში წარმოდგენილია ტოქსიკური და სხვა გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები, რომლებიც იმარხებიან ჰიდროლოგიური დანალექების ფორმების თანაზომადი რაოდენობით. ასეთი მდგომარეობა აღინიშნება, კერძოდ, რადიონუკლიდებისათვის მსოფლიო ოკეანის პელაგიალის ნერითიკულ და ოკეანურ ზონებში. ჰიდრობიონტების მიერ სიცოცხლის მანძილზე გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების შთანთქმა, იმისდა მიუხედავად, თუ რა ელით ამ უკანასკნელებს, თავისთავად არის წყლის ხარისხის გაუმჯობესების დამოუკიდებელი ფაქტორი, თუმცა იგი დაკავშირებულია ტოქსიკოლოგიური მახასიათებლების გაუარესებასთან თვით ჰიდროსფეროს ბინადრებშიც კი.

XIV.13. ბიოლოგიური დეტოქსიკაცია

ყველა ჰიდრობიონტს გარკვეული ზომით გააჩნია უნარი, დაშალოს და გააუვნებლოს სხვადასხვა ტოქსიკური ნივთიერება. ერთ შემთხვევაში ტოქსიკანტები გამოიყენება როგორც საკვები წყარო (ენერგია), მეორეში როგორც ჟანგბადის დონატორი ან სხვა სახით, მესამე შემთხვევაში ჰიდრობიონტთა სხეულში ხვდებიან საკვებთან და წყალთან ერთად, რის შემდეგაც ინაქტივირდებიან, მსგავსად იმისა, როგორც ხდებიან უვნებელნი შხამიანი ნივთიერებები უმაღლესი ცხოველების ღვიძლში. ამ პროცესების შედეგად წყალსატევებში ტოქსიკანტების რაოდენობა მცირდება. წყალში ტოქსიკური ნივთიერებების რაოდენობის შემცირება ორგანიზმებში მათი დაგროვებით კიდევ უფრო მცირდება. წყალსატევების გაწმენდისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ნავთობის და სხვა ნახშირწყალბადების, პესტიციდების, მძიმე მეტალების ძარ-

ილების და მეტაბოლიზმის მავნე პროდუქტების ბიოლოგიურ დეტოქსიკაციას. ნავთობისა და მისი პროდუქტების დაშლა 10-90%-ით ხორციელდება მიკროორგანიზმებით. ასეთი უნარი გააჩნიათ ბაქტერიების, საფუარების და სოკოების დაახლოებით 100 სახეობას, რომელთა განვითარებაზე ბუნებრივ პირობებში გავლენას ახდენს ტემპერატურა, pH, ჟანგბადის კონცენტრაცია, მარილიანობა და სხვა ფაქტორები. ჟანგვა მიდის სქემის მიხედვით: ნაჯერი ნახშირწყალბადები, უჯერი ნახშირწყალბადები→სპირტები→კეტონაერთები→ცხიმოვანი მჟავები – CO_2 და H_2O.

ნავთობპროდუქტებით გაჭუჭყიანებულ წყალსატევებში ხშირად გვხვდებიან მიკროორგანიზმები, რომლებიც ჟანგავენ სოლარიუმის, მანქანის, ვაზელინის ცხიმებს, ნავთს, პარაფინს და ნაფტალინს. ბაქტერიებით ზღვაში ნავთობის დაჟანგვის ინტენსიურობა ბიოგენებით უზრუნველყოფისას საშუალოდ შეადგენს 5 პგ ნავთობს ერთ უჯრედზე საათში ან ჟანგბადის ეკვივალენტში 15 პგ O_2 საათში (ზობელი, 1964). ზობელის გაანგარიშებით, ზღვაში ნავთობდამჟანგველი ბაქტერიები შლიან 0,1-12 გ/მ^3 ნავთობპროდუქტებს დღე-ღამეში ან 35-350 გ/მ^3-ს წელიწადში. ნავთობდამჟანგველი ბაქტერიების კულტურების დიდ უმრავლესობას უნარი შესწევს, გაიზარდოს ნახშირბადის სხვა წყაროებზე – პეპტინონახშირწყლებზე. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნავთობის ბაქტერიული დაშლის პროცესები შეიძლება დამუხრუჭდეს სხვა ორგანული ნივთიერებებით წყლის გაჭუჭყიანების დროს. ამჟამად ნავთობდამჟანგველი ბაქტერიების ცხოველქმედების შესწავლის საფუძველზე დამუშავებულია ნავთობპროდუქტების შემცველი წყლის ბიოლოგიური გაწმენდის ეფექტური მეთოდი. ასეთი წყლები ძირითადად ტანკერების ბალასტური წყლებია, რომლებიც შეიცავენ 5-10% ნავთობპროდუქტებს.

ნავთობისაგან წყალსატევების თვითგაწმენდაში უდიდეს როლს თამაშობენ უმაღლესი მცენარეები. ისინი ადიდებენ ნავთობპროდუქტების შეხების ფართობს დამშრალ მიკროფლორასთან, ზრდიან მიკროორგანიზმების რიცხობრიობას, გამოყოფენ მათი

განვითარებისთვის მასტიმულირებელ მეტაბოლიტებს, ამდიდრებენ ჟანგბადით წყალს, რაც უზრუნველყოფს ჟანგვითი პროცესების შეუფერხებლობას.

ნავთობით გაჭუჭყიანების შემცირებაში არსებით როლს თამაშობენ მიდიები. გაჭუჭყიანების მიმართ რეზისტენტული მოლუსკები აგროვებენ წყალში შეტივნარებულ ნავთობის ნაწილაკებს ფსევდოფეკალურ კოშტებად. კოშტები წყალზე მსუბუქია და მის ზედაპირზე ცურავენ, მაგრამ როცა მათზე ილექება მინერალური ნარჩენები, ისინი იძირებიან. უკვე რამდენიმე წუთის შემდეგ ნავთობის მუქ-მოყვითალო ემულსიაში მიდიას ირგვლივ წარმოიქმნება ნათელი ლაქა, ხოლო ერთი საათის შემდეგ აკვარიუმში წყალი იწყებს დაწმენდას. გარდა ნავთობისა და მისი პროდუქტებისა, მიკროორგანიზმები ენერგიულად ჟანგავენ მრავალ სხვა ნახშირწყალბადს და სხვადასხვა კლასის ორგანულ ნივთიერებას. კერძოდ, აღწერილია მიკროორგანიზმებით სალიცილის მჟავას, ჰეპტანოლის, მეთიღის, ეთილის და სხვა სპირტების, მეთანის, ეთანის დაშლა. მეთანის დაჟანგვა ძირითადად მიმდინარეობს წყლის მორევის საგაზაფხულო და საშემოდგომო პერიოდებში, რადგანაც იგი კავდება ჟანგბადის სიჭარბით და უკმარისობით. მიკროორგანიზმების დიდი რაოდენობისას ჰერბიციდები – 2,4D, 2,4T იშლება არომატული რგოლის ხლეჩის შედეგად, ქლორის ატომი ჩამოსცილდება არაორგანული ქლორიდების სახით. სიმ-ტრიაზინების ჯგუფიდან ფართოდ გავრცელებული პესტიციდები მეტაბოლიზდებიან, გარკვეულ დონემდე იშლებიან ცხოველებით და კიდევ უფრო მეტად ტრიზინული რგოლის გამხლეჩი მიკროორგანიზმებით. გამოვლენილია ბაქტერიები, რომლებიც შლიან პერქლორატებს ($HClO_4$); ბაქტერიების მიერ ბიქრომატების, ქრომატების, პერქლორატების და ქლორატების დაჟანგვის შედეგად ეს შხამიანი ნივთიერებები იშლებიან.

XIV.14. წყლის ფოტოსინთეზური აერაცია და მისი გამდიდრება მეტაბოლიტებით

ბიოლოგიური თვითგაწმენდის და წყლის სასმელი თვისებების გაუმჯობესების დაჩქარებისთვის დიდი მნიშვნელობა აქვს მის გამდიდრებას ჟანგბადით, რომელიც გამოიყოფა ფოტოსინთეზის დროს. დადგენილია, რომ ფოტოსინთეზური აერაცია სწრაფად აღემატება ატმოსფერულს, ან სრულიად თანზომადია მასთან. მაგალითად, ზაფხულში მდინარე სვისლოჩში (ბელორუსია) ფოტოსინთეზის დღეღამური სიდიდე 1 $მ^3$-ზე გადაანგარიშებით შეადგენდა 33,2 მგ-ს, ხოლო ატმოსფერული 15,8 მგ-ს (Винберг, Сивко, 1963). ატმოსფერულ აერაციაზე ფოტოსინთეზური აერაციის უპირატესობა აღინიშნა გაჭუჭყიანებულ სხვა მდინარეებშიც, კერძოდ რაინში, მაინში, დუნაიში.

დადგენილია, რომ წყლის ხარისხზე დიდ გავლენას ახდენს წყალმცენარეების, მიკროორგანიზმებისა და სხვათა ცხოველქმედების პროცესში გამოყოფილი ნივთიერებები. ეს შეეხება სხვადასხვა ვიტამინისა და სხვა ნივთიერებების გამოყოფას, რომლებიც ხელს უწყობენ წყლის ორგანიზმების ზრდასა და განვითარებას, აგრეთვე აუმჯობესებენ სასმელი წყლის ხარისხს. მეორე მხრივ, ჰიდრობიონტთა მრავალ კატაბოლიტს უნარი შესწევს, გაანეიტრალოს ზოგიერთი ფიზიკურ-ქიმიური პროცესი, რომელიც წყლის ბიოლოგიურ თვისებას აუარესებს.

ცნობილია, რომ წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებებიდან (გონ) შეიძლება წარმოიქმნას თავისუფალი ჟანგბადის ზეჟანგით ჟანგვისას ბიოლოგიურად აქტიური ზეჟანგები, ჰიდროზეჟანგები, თავისუფალი რადიკალები და სხვა პროდუქტები. გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს შორის განსაკუთრებით რეაქციის უნარიანია ლიპიდები, კერძოდ უჯერი ცხიმოვანი მჟავები. ლიპიდების ზეჟანგვითი ჟანგვის შედეგად წარმოიქმნება შუალედური პროდუქტები — ჰიდროზეჟანგები და ზეჟანგები და საბოლოოდ კი ალდეჰიდები, კეტონები, ეპოქსიდები და სხვა. ჰიდრობიონტთათვის ეს პროდუქტები ტოქსიკურებია. ზეჟანგები

შლიან ვიტამინებს (A, D, K), ეპოქსიდ მუტაგენებს და კანცეროგენებს. თავისუფალი რადიკალები აინჰიბირებენ სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან პროცესებს. ზეჟანგური ჟანგვის პროდუქტების მოქმედებისას ინიცირდება უჯერი ცხიმოვანი მჟავების ჯაჭვური ჟანგვა ბიოლოგიური მემბრანების ფოსფოლიპიდებში, რომელიც იწვევს მათი განვლადობის დარღვევას და ჰიდრობიონტების დაღუპვას.

ორგანიზმის ჰომეოსტაზი თავისუფალი რადიკალური ჟანგვის რეგულაციის ჰუმორალურ დონეზე უზრუნველყოფილია ენდოგენური ანტიდამჟანგველებით. კვერცხუჯრედებში ანტიდამჟანგველების (ანტიოქსიდანტები) მარაგის უკმარისობის დროს ქვირითის ლიპიდებში წარმოიქმნება თავისუფალი რადიკალური ჟანგვის პროდუქტების დიდი რაოდენობა და ჩნდება მრავალი მაზინჯი ემბრიონი. წყლის ანტიმჟანგველებით გამდიდრებისას ისინი სორბირდებიან ქვირითით და ემბრიოგენეზის პროცესი განიცდის ოპტიმიზაციას. ერთნაირ პირობებში გაზრდილი თევზების ერთასაკოვანი ჯგუფები სხვადასხვაგვარია ქსოვილებში ლიპოზეჟანგებისა და ანტიოქსიდანტების რაოდენობაზე დამოკიდებულებით. ინდივიდები, რომელთა ქსოვილებშიც ანტიდამჟანგველები ბევრია, ჩქარა იზრდებიან, უკეთ იყენებენ საკვებს, უფრო მდგრადები არიან ინფექციური დაავადებებისა და დამაზიანებელი ზემოქმედებების მიმართ. თავისუფალი რადიკალებით ჟანგვა, რომელიც ვერ კონტროლდება ანტოქსიდანტებით, იწვევს შეუქცევად პათოლოგიურ პროცესებს. ამრიგად, წყალში ანტიოქსიდანტების არსებობა და კონცენტრაცია მნიშვნელოვანწილად საზღვრავს მის თვისებას, როგორც ჰიდრობიონტთათვის საცხოვრებელ არეს. აღმოჩნდა, რომ წყალმცენარეები აქტიურად აინჰიბირებენ წყალში ხსნად ორგანული ნივთიერებების ზეჟანგურ ჟანგვას. ფილტრატორების დამატება წყალმცენარეების კულტურებიდან Scencdesmus obliguus ტიროზინის მარილის წყალხსნარზე თრგუნავდა ამ უკანასკნელის ელექტროქემილუმინესცენციას, რომელიც პროპორციულია წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ზეჟანგვითი ჟანგვის დონისა. წყალმცე-

ნარეების ექსტრაქტებში აღმოჩენილია ნივთიერებები ანტირადიკალური და ანტიჟანგვითი თვისებებით: α-ტოკოფეროლი, კაროტინოიდები და სხვა. კულტურის დაძველების და მისი გამრავლების ინტენსიურობის დაწევის მიხედვით წყალმცენარეების ანტიჟანგვითი აქტიურობა ეცემა (М.М. Телитченко, 1983). ყვავილოვან წყალსატევებში აღმოჩენილია ტოკოფეროლები, ვიტამინები A, Д, К და კაროტინოიდები, რომლებსაც გააჩნიათ ანტიჟანგვითი აქტიურობა 10^{-9}-10^{-6} მოლ/ლ კონცენტრაციების დროს. ნაჩვენებია, რომ ნეისტონის ექსტრაქტის ანტიჟანგვითი აქტიურობა უფრო დიდია, ვიდრე პლანქტონისა და ძირითადად დამოკიდებულია მათში ცხოველების წილის შემცველობაზე (Brekhman et,all, 1981).

ანტიდამჟანგველების ბიოლოგიური მნიშვნელობის შესაფასებლად მნიშვნელოვანია ცდა დაფნიებზე, რომლებიც იმყოფებიან წყალში დაჟანგული და დაუჟანგავი (კონტროლი) ლიპიდებით. წყალში ლიპიდების დაჟანგვის შემდეგ ($1,7.10^{-7}$ მოლ/მლ ჰიდრო და დიალკილზეჟანგები) დანაყარის რაოდენობა, შობადობა და ხაზების რაოდენობა დაფნიებში მცირდებოდა, წარმოიქმნებოდნენ ეპიფიები, ფერხდებოდა კიბოების მომწიფება (М.М. Телитченко, 1975). წყალში დიდი რაოდენობით წყალმცენარეების არსებობა ფერმენტულად შლიდა ზეჟანგებს, რაც დამატებითი ფაქტორია წყალში ხსნადი ორგანული ნივთიერებების დაჟანგვის არასასიამოვნო შედეგების დასათრგუნად. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ციანობაქტერიები ყველაზე უუნარონი არიან ზეჟანგების დაშლაში, ხოლო ყველაზე მგრძნობიარენი კი სხვებთან შედარებით ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციების მიმართ, ისინი განსაკუთრებით მძაფრად ვითარდებიან უძრავ წყალში.

წყალი ბიოლოგიურად სრულფასოვნად ითვლება, როდესაც იგი შეიცავს არა მხოლოდ ყველა მარილსა და მიკროელემენტს, არამედ ცილებს, ფერმენტებს, ვიტამინებს და ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედების სხვა პროდუქტებსაც. წყალი, რომელიც გენერირებული იყო შარდიდან და შეესაბამებოდა სახელმწიფო სტან-

დარტის ყველა ნორმას, დაფნიებზე ახდენდა არასასურველ ზემოქმედებას – მასთან წყალმცენარე ოსცილატორიას შესახლებიდან 20 დღის შემდეგ ქრებოდნენ, წყალმცენარეთა მეტაბოლიტებმა წყალი გახადეს უვნებელი. საინტერესოა, რომ არტეზიული წყალი შეიცავს ლიპიდების ფრაქციების დაახლოებით ისეთსავე ნაკრებს, რასაც შარდიდან რეგენერირებული და უნარი აქვს, დაარღვიოს ფიზიოლოგიური პროცესები. ცხადია, ეს დაკავშირებულია არტეზიულ წყალში ბიოლოგიური ანტიდამჟანგველების არყოფნასთან. არსებითი მნიშვნელობა წყლის ხარისხის ფორმირებისათვის აქვს პროტეოლიზურ ფერმენტებს, რომლებსაც გამოყოფენ ჰიდრობიონტები. რაც მაღალია წყლის პროტეოლიზური აქტივობა, მით უფრო სწრაფად მიდის მისი თვითგაწმენდის პროცესი.

XV თავი

ჰიდროსფერო და მისი დაცვა

წყლის გაწმენდის ეკოლოგიური საფუძვლები და ბრძოლა ბიოლოგიურ დაბრკოლებებთან, წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდის უნარი განუსაზღვრელი არ არის და მათი დაცვა გაჭუჭყიანებისაგან შეუძლებელია, თუ მაქსიმალურად არ მოხდა ჩამდინარე წყლების გაუვნებელყოფა. ასეთი წყლების ჯამური რაოდენობა ამჟამად ისეთია (1200 კმ^3 მეტი), რომ მათი ერთად შეკრებით მდინარე ვოლგაზე ექვსჯერ უფრო მეტი წყლის მქონე მდინარე შეიქმნებოდა. ჩამდინარე წყლები გაწმენდას რომ არ ექვემდებარებოდნენ, რაღაც თვეების განმავლობაში მოხდებოდა კონტინენტური წყალსატევების ეკოსისტემების სრული დეგრადირება. ამიტომ გაუწმენდავი ჩანადენების გაშვება ყველგან აკრძალულია და გაწმენდისათვის საჭირო ზომების მიღება რეგლამენტირდება კანონმდებლობით. სათავე გამწმენდ ნაგებობებზე ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდებით ჩამდინარე წყლები იწმინდება იმ მდგომარეობამდე, რომელიც პასუხობს განსაზღვრულ ჰიგიენურ და ბიოლოგიურ მოთხოვნებს. ჩამდინარე წყალში ჩარჩენილი სხვადასხვა ნივთიერება არ უნდა აღემატებოდეს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდკ). ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს ადგენენ ჰიგიენური მოთხოვნილებებისა და წყალსატევების ეკოსისტემების დაცვის ინტერესებიდან გამომდინარე. თვით ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პროცესს მნიშვნელოვანწილად აყალიბებენ ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პრინციპით, რომელიც სპეციალური პირობების შექმნით მრავალჯერ ძლიერდება. სწორედ ასეთი მიზნებისათვის აკონსტრუირებენ სპეციალური დანიშნულების ეკოსისტემებს, რომ-

ლებიც მუშაობენ მიცემულ რეჟიმში და უზრუნველყოფენ უდიდეს გამწმენდ ეფექტს. ეს ის შემთხვევაა, როცა ჰიდრობიოლოგია გადადის სამეცნიერო გამოკვლევების უმაღლეს სტადიაზე, ე.ი. საჭირო ეკოსისტემების ფორმირების საფუძვლების დამუშავებაზე და მათი ფუნქციების სრულ მართვაზე.

სპეციალური დანიშნულების ეკოსისტემების შექმნას მუშაობის რეგულირებადი რეჟიმით ვხვდებით თვით წყლის გაწმენდის ორგანიზაციის დროსაც, რომელიც გამოიყენება სასმელი წყლის წყალმომარაგებისთვის. სასმელი წყლის წარმოება ბუნებრივი ნედლეულისაგან ყალიბდება ინდუსტრიის ერთ-ერთ ძლიერ დარგად. ამ წარმოების ერთ-ერთი მთავარი ტექნოლოგიური რგოლი არის გამწმენდი ნაგებობების მუშაობა, რომელიც უზრუნველყოფს ბიოლოგიურად სრულფასოვანი წყლის მიღებას. იგი აგებულია ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პროცესების გამოყენების საფუძველზე, რომლებიც ინტენსიფიცირდებიან ეკოსისტემის მოხერხებული კონსტრუქციით და მათი ექსპლუატაციის სრულყოფილი ტექნოლოგიებით.

წყალსატევებისა და წყალგამტარების ექსპლუატაცია ხშირად რთულდება ამა თუ იმ ბიოლოგიური დაბრკოლებებით. წყალსატევების ყვავილობა აუარესებს მათ სანიტარიული მდგომარეობას, დაბლა წევს წყლის ხარისხს, ართულებს წყალმომარაგების ორგანიზაციას. იგივე უარყოფითი შედეგები აქვს გაბარდვას, რომელიც ხშირად აუარესებს ნავიგაციის პირობებს, ხოლო არხებში დაბლა წევს მათ გამტარებლობის უნარს. გემების ფსკერის დაფარვა ანელებს მათ სვლას და ამას თან ახლავს საფარველის ბიოკოროზია. ჰიდრობიონტები დასახლდებიან რა სხვადასხვა წყალგამტარებში და მილებში, ახშობენ გასასვლელებს და მწყობრიდან გამოყავთ ისინი. დიდი მავნებლობა მოაქვთ ჰიდრობიონტებს, რომლებიც საშიში არიან სამედიცინო და ვეტერინარული თვალსაზრისით.

XV.1. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ეკოლოგიური ასპექტები

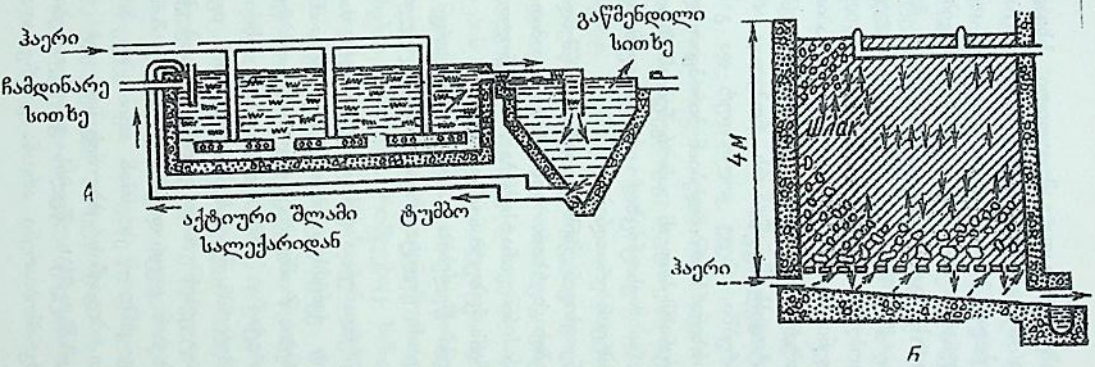
მინერალური ნივთიერებების შემცველი სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ძირითადად იყენებენ ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდებს (მჟავების ნეიტრალიზაცია, ქლორის საშუალებით დაჟანგვა, აქტივირებული ნახშირით ფილტრაცია, სხვადასხვა რეაგენტის საშუალებით დაკავშირება, კოაგულაცია გოგირდმჟავა ალუმინით, ჩამქრალი კირით და სხვა). ჩანადენები, რომლებიც შეიცავს დიდი რაოდენობით კვების მრეწველობის, ცელულოზის, სასოფლო-სამეურნეო და სხვა საწარმოების ორგანულ ნივთიერებათა ნარჩენებს, ექვემდებარებიან ბიოლოგიურ გაწმენდას. ამ მიზნით გამწმენდ ნაგებობებში იყენებენ სამ ფუნქციურ ელემენტს: აეროტენები, აეროფილტრები და დამჟანგველი ტბორები (გუბურები). არჩევანი განისაზღვრება გამწმენდი ნაგებობებისადმი კონკრეტული მოთხოვნილებებით. მაგალითად შეიძლება მოვიყვანოთ მოსკოვის ჩანადენების გაწმენდის ორგანიზაცია (აერაციის დოუბერეცის სადგური).

გამწმენდი ნაგებობის დახურულ არხში შემავალი წყალი ჯერ გადის ჯებირში, რომელიც აკავებს ყველა მსხვილ ობიექტს; მექანიზებული ნიჩბები აგროვებენ ჯებირზე დარჩენილ ყველა მასალას. ჯებირში გავლის შემდეგ ჩამდინარე სითხე გაივლის „ქვიშადამჭერში“, რომელიც ვერტიკალურადაა განთავსებული. აქედან წყლის ზედა შრეს იღებენ და ფსკერზე ილექება ქვიშა და სხვა მძიმე შენაწონები. შემდეგ ატარებენ „ცხიმდაჭერაში“, მსგავსად „ქვიშისდამჭერისა“, მაგრამ მასში წყალი შედის ზემოდან, ამით ის თავისუფლდება მსუბუქი ფრაქციებისაგან. ამის შემდეგ წყალი შედის მრგვალი პირველადი სალექარის ცენტრში, რომლის დიამეტრი 40 მეტრია, სიღრმე კი 5 მეტრი, მის ფსკერზე დამწდარ ლამს იღებენ სპეციალური ხელსაწყოთი. წყალი, რომელიც პირველადი სალექარების პერიფერიებიდან გაედინება, შედის აეროტენებში. თითოეული მათგანი 120 მეტრი სიგრძისაა, გააჩნიათ 5 მეტრამდე სიღრმე და 10 მეტრამდე სიგანე. ფსკერზე იმყოფება პერფორირებული კერამიკული ფირ-

ფიტები და ჰაერი, რომელიც ქვევიდან შემოდის და გაივლის რა მათ შორის მომცრო ბუშტუკების სახით, შედის წყლის სისქეში. 1 $მ^2$ დამდგარ ხსნარზე ეძლევა 5-7 $მ^3$ ჰაერი. აეროტენებში დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება „გააქტიურებული შლამის“ ფანტელები — ბაქტერიების, უმარტივესების და სხვა მიკროორგანიზმების შეჯგუფებები. ჟანგბადის სიჭარბის დროს ისინი ენერგიულად ეწევიან წყალში არსებული ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციას. ჰაერის ნაკადი, ერთი მხრივ, ქმნის მიკროორგანიზმებისათვის ხელსაყრელ ჟანგბადურ არეს, რომლებიც კონცენტრირდებიან აქტიური შლამის ფანტელებში, ხოლო მეორე მხრივ კი უზრუნველყოფს მათ არსებობას შეწონარებულ მდგომარეობაში. ამ დროს ორგანიზმები მაქსიმალურ კონტაქტში არიან ჩამდინარე წყალთან, რომელსაც მოაქვს მათთვის საკვები და მიაქვს ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტები. ამის შედეგად მიკროორგანიზმების მეტაბოლიზმი უახლოვდება მაქსიმალურად შესაძლებელს. ზოგჯერ აეროტენებში შეაქვთ ბიოგენები, თუ მათი დეფიციტი ლიმიტირებას უკეთებს მიკროორგანიზმების მინერალიზაციურ სამუშაოებს.

აეროტენებიდან წყალი შედის მეორეულ სალექარებში, რომლებიც ფორმით და ზომით მსგავსნი არიან პირველებისა. აქ, ფსკერზე დასალექი აქტიური შლამის ფანტელები გროვდებიან და ნაწილობრივ გამოიყენებიან აეროტენების დასამუშტად. მეორე ნაწილი შედის გამამკვრივებლებში, ხოლო შემდეგ მეთანტენკებსა და შლამის დასამუშავებელ ნაგებობებში.

მეთანტენკები დახურული აუზებია, რომლებშიც გადააქვთ შლამიანი ნალექები სალექარებიდან. მასის ხელოვნური გახურებით სწრაფად ხდება ანაერობული ბაქტერიების გამრავლება, რომელთა ცხოველქმედების შედეგადაც ხდება ცილების დაშლა ამინომჟავებად, გოგირდწყალბადის გამოყოფა, ცხიმოვანი მჟავების დადუღება, წარმოიქმნება ნახშირორჟანგი, მეთანი და წყალბადი.



სურ. 44. ჩამდინარე წყლების გაწმენდა.
ა - აეროტენიკის მოწყობილობისა და მუშაობის სქემა;
ბ - ქეროფილტრის მოწყობილობისა და მუშაობის სქემა.

ანაერობული დუღილის შედეგად გამოყოფილი სხვადასხვა საწვავი გაზი გამოიყენება სალექარიდან მეთანტენკებში ჩატვირთული მასების გასახურებლად. გამწმენდ ნაგებობებზე იყენებენ შედარებით მცირე სიმძლავრის ბიოფილტრებს – ნაგებობებს, რომლებშიც ჩამდინარე სითხე გარს უვლის ჩაძირული მარაგის ზედაპირს (ხრეში, წიდა, კრამიტი და სხვა), რომელიც დაფარულია ბიოაპკით აერობული მიკროორგანიზმების კოლონიიდან. ჰაერი ეძლევა ჩანადენი სითხის მიმართულების საპირისპიროდ (ნახ. 70). ჩატვირთული მარაგის გავლის შემდეგ გაჭუჭყიანებული წყალი მასზე ტოვებს შენაწონარს, რომელიც არ დაილექა პირველად სალექარებში, ასევე კოლოიდურ და გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს. ისინი სორბირდებიან ბიოაპკით და მინერალიზდებიან მიკროორგანიზმებით ან გამოიყენებიან ზრდისათვის. გადამუშავებული და უსიცოცხლო აპკი გამოიტანება გასაფილტრ ჩანადენ ხსნართან ერთად.

ბიოფილტრები ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან გაწმენდის სარისხით, ჰაერის მიწოდების ხერხით, მუშაობის რეჟიმით, (რეცირკულაციის არსებობა ან არარსებობა), ტექნოლოგიური სქემით (ერთი, ორი და სამსაფეხურიანი) და ა.შ.

ბიოგენებისაგან ჩანადენი წყლების გასაწმენდად კარგ შედეგებს იძლევა მაკროფიტების კულტივირება, კერძოდ ლერწამი, ლელქაში, ჭილობი.

ჩანადენი წყლების გაწმენდა უნდა უზრუნველყოფდეს მათ უვნებლობას წყალსატევების ეკოსისტემებისათვის. ამიტომ მართალი არიან ის მკვლევრები, რომლებიც თვლიან, რომ ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზდკ) დადგენილი უნდა იყოს არა წყალსატევების, არამედ ჩანადენების მიმართ. ამის იგნორირებას მივყავართ წყალსატევების პროგრესირებად გაჭუჭყიანებამდე და მათი ბიოცენოზების დეგრადაციამდე. მეორე მომენტი, რომელიც ითხოვს ყურადღებას – ეს არის თვით ზდკ-ს ნორმები. დღესდღეობით მათ ჰიგიენისტები ადგენენ და იცავენ მხოლოდ ადამიანს და ეკოსისტემებს. წყლის გაჭუჭყიანებისადმი ჰიდრობიონტები უფრო მგრძნობიარენი არიან, ვიდრე ადამიანი.

მაგალითად, სამედიცინო ზდკ სპილენძისა და ნიკელისათვის ტოლია 0,1 მგ/ლ-ის, თევზმეურნეობებისათვის კი 0,01 მგ/ლ-ის. ამიტომ აუცილებელია ზკდ-ს სწრაფად დადგენა. ბოლოს უნდა ითქვას, რომ ზკდ, რომელიც დამტკიცებულია ცალკეული წყალსატევების თავისებურებებიდან გამომდინარე, ხშირად სრულიად გამოუსადეგარია, ვინაიდან განსხვავება აღინიშნება თვითგაწმენდის უნარში.

XV.2. სასმელი წყლით წყალმომარაგების ეკოლოგიური საფუძვლები

ამჟამად ცნობილია, რომ მოსახლეობის მხოლოდ მცირე ნაწილი იყენებს ბუნებრივად სუფთა წყალს. როგორც უკვე ითქვა, წყლის ზოოლოგიური ხარისხი განისაზღვრება წყალსატევშიდა პროცესებით, განსაკუთრებით ბიოცენოზურით. გამომდინარე აქედან, მოსახლეობის უზრუნველყოფა კარგი სასმელი წყლით უფრო ეკოლოგიური (ჰიდრობიოლოგიური) პრობლემაა.

ეკოლოგიური მიდგომის გამოყენებისას პირველ რიგში წყალმომზადების ოპტიმალური რეჟიმის უზრუნველყოფაა საჭირო თვით წყალმომარაგების წყაროს ფარგლებში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ლაპარაკია ბიოცენოზური და სხვა წყალსატევშიდა პროცესების მართვაზე, რომლებიც საზღვრავენ წყლის ბიოლოგიური თვისების ფორმირებას. ვინაიდან დიდი წყალსატევის პირობებში წყლის საჭირო თვისების ფორმირებაზე კონტროლი ტექნიკურად ვერ ხორციელდება, წყალმომარაგების ტექნოლოგია ითვალისწინებს ოპერაციების დამატებით კომპლექსს. წყალი, რომელიც აიღება შესაბამისი წყაროებიდან, განიცდის დამატებით დამუშავებას, რომელიც უზრუნველყოფს საბოლოო პროდუქტის შესაბამისობას სტანდარტით დადგენილ მოთხოვნებთან.

ჩვენს ქვეყანაში სასმელ წყალზე გათვალისწინებულია ორგანოლეპტიკური, ქიმიური, ფიზიკური, პარაზიტოლოგიური, ბაქტერიოლოგიური და მრავალი სხვა მაჩვენებლების აღრიცხვა.

ცენტრალიზებული წყალმომარაგების წყაროსთვის უფრო მეტად იყენებენ მდინარეებს, წყალსაცავებსა და ტბებს. მათში გატარებული წყალმომზადების საერთო პრინციპი დადის წყალსატევის გაჭუჭყიანებისა და ევტროფიკაციისაგან დაცვისა და ერთდროულად მათში ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პროცესებისადმი მაქსიმალურად ხელსაყრელი რეჟიმის შექმნამდე. რადგანაც წყალსატევთა ტროფიის ხარისხი იზრდება მათი წყალშემკრები ფართობის გაზრდასთან ერთად, ეს უნდა გავითვალისწინოთ წყალმომარაგების წყაროების არჩევის დროს.

წყალმცენარეთა და ციანობაქტერიების მასიური გამრავლება ერთ-ერთი ფაქტორია, რომელიც აუარესებს სასმელი წყლის ხარისხს და ართულებს წყალმომარაგებას. წყალშემკრებში და ვამწმენდ ნაგებობებში წყალმცენარეების დიდი რაოდენობით შემოსვლა გვაიძულებს, ხშირად გავრეცხოთ ისინი (ზოგჯერ ყოველი 30-45 წუთის შუალედით). ფოტოტროფული პლანქტონის მასობრივი განვითარების გაფრთხილების ზომად შეიძლება გამოვიყენოთ წყალსატევების დაცვა იმ ნივთიერებების მოხვედრისაგან, რომლებმაც შეიძლება გაზარდოს წყალში საკვები მარილები. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაშინ, როცა წყალსატევები გარშემორტყმული არიან ნოყიერი სახნავი მიწებით და ზედაპირული ჩანადენი მდიდარია ბიოგენებით. თუ ახლოს არის ტყე, მაშინ აუცილებელია წყალსატევის დაცვა მასში ფესვებგამორეცხილი ნეებისა და ფოთლების მოხვედრისაგან. ბიოგენების შემოტანა წყალსადენებით შეიძლება შევამციროთ, თუ შევქმნით მათში უმაღლესი მცენარეების ბარდს. მაკროფიტები აკუმულირებენ ბიოგენებს თავის ქსოვილებში, რათა შემომსვლელი წყალი გახადონ ნაკლებად საჭირო წყალმცენარეებისა და ციანობაქტერიების გასამრავლებლად.

მაკროფიტების კულტივირება თვით წყალსატევში წყალმომარაგების წყაროში ახშობს წყალმცენარეების განვითარებას და ერთდროულად აძლიერებს თვითგაწმენდის პროცესებს წყლის აერაციის და ძისი დეტოქსიკაციის ხარჯზე. წყალსატევის ყვავილობასთან ბიოლოგიური ბრძოლის სხვა ფორმაა მათში თევზე-

ბის გამრავლება, კერძოდ კი ალგოფაგებისა. ისინი არა მხოლოდ აკუმულირებენ და ახდენენ ორგანულ ნივთიერებათა მინერალიზაციას, არამედ სხვადასხვა ობიექტების დაშლის საწყისი სტადიის ინიცირების წყალობით აჩქარებენ ბიოლოგიური თვითგაწმენდის პროცესებს. ამრიგად, თევზის მეურნეობამ წყალსატევზე გონივრულად დაყენებული სასმელი წყლის წყალმომარაგებით შეიძლება უზრუნველყოს წყლის ხარისხის გაუმჯობესება, რომელსაც თან ახლავს ძვირფასი საკვები ნედლეულის გამოსავლიანობა.

ბიოლოგიური თვითგაწმენდა შეიძლება გავაძლიეროთ მრავალი ჰიდრობიოლოგიური პროცესის მართვის საშუალებით. მაგალითად, დამრეცი ქვიშიანი ნაპირი, რომელსაც პერიოდულად ფარავს წყალი, თავადაა შესანიშნავი „გამწმენდი ნაგებობა“, ბიოფილტრის მსგავსად მომუშავე. ნაპირის დამცავი ტალღები ასველებენ ქვიშას, წყალი ფილტრაციას გადის ქვიშაში, და ორგანიზმები, რომლებიც ვითარდებიან გრუნტის ფორებში, ახდენენ არსებული ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციას.

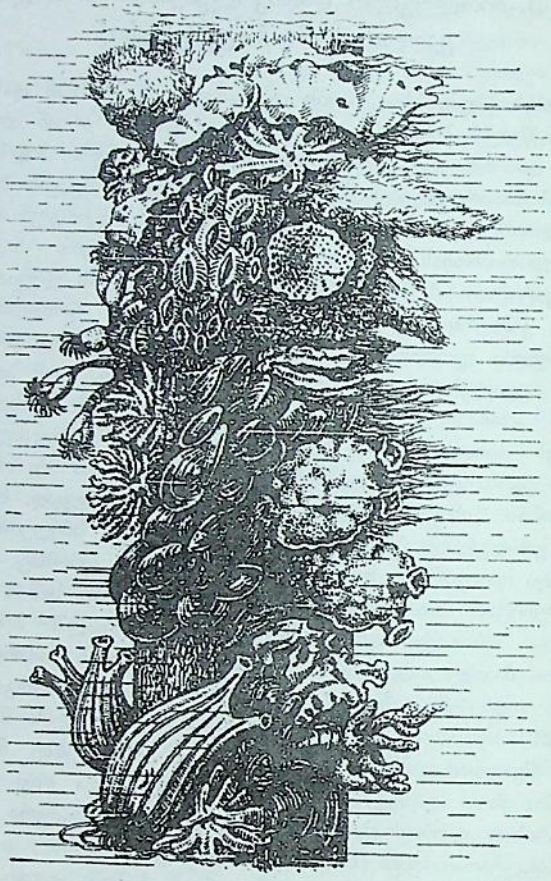
წყალმცენარეების მასიური განვითარების თავიდან ასაცილებლად ფართოდ იყენებენ წყალში შაბიამნის შეყვანას. წყალმცენარეთა უმრავლესობა, პროტოკოკების გამოკლებით, იღუპება, როცა მისი კონცენტრაციაში იგი 0,1-დან 0,6 მგ/ლ-ის ფარგლებში მერყეობს, რაც უვნებელია ადამიანისათვის, წყალს კი გემოს არ უცვლის. წყალმცენარეთა გამოჩენის შესაძლებელი დრო კარგად პროგნოზირდება ფრანცევის და გუსევას მიერ დამუშავებული მეთოდით. ამისათვის წყალსატევიდან იღებენ წყალს და ათავსებენ თერმოლუმინოსტატში, ე.ი. ისეთ პირობებში, როცა დაჩქარებულია წყალმცენარეთა მასიური გამოჩენის პროცესი (მაღალი ტემპერატურა, სადღეღამისო განათება). თერმოლუმინოსტატში დგინდება წყალმცენარეთა მასიური გამოჩენის დრო და მასში ბიოლოგიური პროცესების დაჩქარებისათვის საჭირო სიდიდე. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება განისაზღვროს, თუ როდის დაიწყება წყალმცენარეების მასიური გამრავლება გამოსაკვლევ წყალსატევში.

სასმელად გამოყენების მიზნით წყალსატევებიდან აღებული წყლის გაწმენდა მიმდინარეობს სამ ეტაპად. დასაწყისში იგი ხვდება სალექარებში, სადაც ილექებიან სხვადასხვა წვრილი თუ მსხვილი ნაწილაკები. სალექარების მუშაობის დასაჩქარებლად მათ აშენებენ ისეთი გაანგარიშებით, რომ წყალი იქ იმყოფებოდეს ყველაზე მეტად წყნარ მდგომარეობაში. ამ მიზნით მათ შიგნით ვერტიკალურ მდგომარეობაში დიდი რაოდენობით აყენებენ ტიხრებს, რათა ხელი შეეშალოს წყლის ჰორიზონტალურ დინებებს. იმისთვის, რომ დაჩქარდეს ნაწილაკების დალექვა, წყალში ამატებენ კოაგულანტებს (ჩვეულებრივ გოგირდმჟავას, თიხამიწას). დამწდარი წყალი შედის ფილტრებში. იგი არის ტვიშის ფენა, რომელიც მოთავსებულია ღორღისა და კენჭებისაგან შემდგარ დამჭერ შრეზე, რომელშიც მოთავსებულია წყალშემკრები მილები. გაფილტვრისას წყალი გადის ქვიშაში, შემდეგ კი იგი ხვდება მილებში. ქვიშაში გავლის დროს ფილტრაციის ეფექტურობა განისაზღვრება მის ზედაპირზე და ცალკეულ მარცვლებს შორის ფორებში ბიოლოგიური აპკის არსებობით, რომელიც შედგება ბაქტერიებისაგან, უმარტივესებისაგან და სხვა წვრილი ორგანიზმებისაგან. ქვიშის ფილტრში წყლის გავლის შემდეგ მასში რჩება არსებული ყველა ბაქტერიის 90%. ასეთი ფილტრები მოქმედებენ შედარებით ნელა, რამდენიმე კვირაში ერთხელ საჭიროებენ გაწმენდას. ფილტრების მუშაობის დაჩქარებისათვის მათზე ქმნიან მინერალურ აპკს. ასეთი ფილტრები მუშაობენ უფრო ჩქარა, მაგრამ მალე იჭედებიან, რადგანაც გასაფილტრი ორგანული ნივთიერება არ იშლება, ვინაიდან წყლის გაწმენდისას ის მუდმივ კონტაქტშია ბიოლოგიურ აპკთან. ფილტრაციის შემდეგ ხდება წყლის დეზინფექცია, ძირითადად ქლორირების გზით (ქლორიანი კირის ან ქლორის სსნარის დამატებით), რომელიც სწირად ტარდება ამონიზაციასთან შეხამებულად (დამატება NH_3).

XV.3. ბიოლოგიურ დაბრკოლებებთან ბრძოლის ეკოლოგიური საფუძვლები

ადამიანს სხვადასხვა სახის დაბრკოლებებს უქმნიან და ზიანს აყენებენ წყლის ბინადარნი. უკიდურესად საშიშნი არიან ადამიანისათვის და შინაური ცხოველებისათვის პათოგენური ჰიდრობიონტები. ისინი ართულებენ ნავიგაციას, აუარესებენ წყლის ხარისხს და წყალსატევის სანიტარიულ მდგომარეობას, ამცირებენ არხების გამტარუნარიანობას, ართულებენ ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ექსპლუატაციას. მავნე ჰიდრობიონტებთან ბრძოლას ეწევიან ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდებით, რომლებიც დაფუძნებულია ეკოლოგიურ ცოდნაზე. ფართო ეკოლოგიური მიდგომის აუცილებლობა ძლიერდება იმ ვითარებით, რომ ადამიანისათვის არასასურველი ცალკეული ორგანიზმების განადგურება არღვევს ბიოცენოზების სტრუქტურას, ამიტომ აუცილებელია მთელი ეკოსისტემის რეაქციის გათვალისწინება ამა თუ იმ ზემოქმედებისას. წინდაუხედავი ნაბიჯის გადადგმის შედეგად, სამწუხაროდ, განადგურდა ზოგიერთი „მავნე“ ცხოველი ხმელეთზე, რაც არ უნდა დავივიწყოთ წყალსატევებზე მუშაობის დროსაც.

სამედიცინო და ვეტერინარული მიმართულებით საშიშ ორგანიზმებთან ბრძოლის დროს, პირველ რიგში, წყალში ბინადართა მიმართ, მაგალითად, სისხლისმწოველი მატლების მიმართ ძირითადად იყენებენ ფიზიკურ, ქიმიურ, იშვიათად ბიოლოგიურ მეთოდებს. ბრძოლის ყველაზე გავრცელებულ ხერხებს წარმოადგენს წყალსატევებში მალარიის კოღოს მატლებზე ნავთობის მოსხმა, მათი დამტვერვა პარიზის მწვანეთი და სხვ. ზოგჯერ საკმარისად ეკონომიკური და ეფექტურია ბიოლოგიური ბრძოლა ამ მატლებთან გამბუზიის აკლიმატიზაციის გზით. კოლხეთის დაბლობებსა და აფხაზეთში, მალარიის საშიშ ადგილებში, ამ პატარა თევზებით მოცული იყო მთელი წყალსატევების 75%, და კოღო Anopheles-ის მატლების რაოდენობა გამბუზიით ამოჭმის შედეგად მკვეთრად შემცირდა.



სურ. 45. ხიმინჯი, რომელიც შემოსილია წყალმცენარეებით, მიდიებით, ზღვის რკოებით, ასციდიებით და სხვა ცხოველებით (ბოგოროვის მიხედვით, 1954).

სისხლის მწოველებთან, კერძოდ მალარიის გადამტანებთან ბრძოლის საკმაოდ ეფექტური საშუალებაა წყალსატევების გათევზიანება მცენარეჭამია თევზებით, რომლებიც ანადგურებენ მაკროფიტებს, რომელთა ბარდებშიც მიმდინარეობს კოღოს მასიური გამოჩეკა. განსაკუთრებით ნავიგაციაში სერიოზულ დაბრკოლებებს ქმნიან ორგანიზმები-შემომვლები. საკმარისია სულ მცირედი (400ეკზ/მ^2) დაფარვა ბალიანუსებით, რათა მათ მიერ შექმნილმა ხორკლიანმა ზედაპირმა შეამციროს ხომალდის სიჩქარე 16%-ით, გემების ფსკერის ძლიერი დაფარვის დროს, მათი სვლის სიჩქარე შესაძლებელია 50%-ით შემცირდეს. დაფარვა ხელს უშლის ჰიდროთვითმფრინავს წყლიდან მოწყვეტაში. მცირდება ჰიდროაკუსტიკური ხელსაწყოების მუშაობის ეფექტურობა, იწვევს სერიოზულ დაბრკოლებებს წყალგამტარი მილების ექსპლუატაციაში, როგორც გემებზე, ასევე ნაპირზე. შემოსვის ზედაპირზე დინების სიჩქარის მომატებისას თვით აქ მობინადრე ორგანიზმების სახეობრივი შემადგენლობა მკვეთრად ვიწროვდება. წყლის დინებები პირველ რიგში რეცხავენ იმ ცხოველებს, რომლებიც ცხოვრობენ მიუმაგრებლად და თავისუფლად ცოცავენ მიმაგრებულ ფორმებს შორის. დინების სიჩქარის შემდგომი მომატებისას ხდება იმ ორგანიზმების მოგლეჯა, რომლებიც არასაკმარისად მყარად იყვნენ მიმაგრებული, ასევე იმ ცხოველების მოგლეჯა, რომლებიც პერიოდულად გადადიან მიმაგრებულ ცხოვრების წესზე (მაგალითად მისაწოვრებიანი მოლუსკები). როცა სიჩქარე 0,5 მ/წ-ს აღემატება, სუბსტრატზე ვერ მაგრდებიან ისეთი ორგანიზმებიც კი, როგორებიცაა ულვაშფეხიანი კიბოების მატლები.

საკმაოდ მნიშვნელოვანია დამფარველებით მიყენებული დანაკარგი, რომლებიც სახლდებიან სხვადასხვა წყალგამტარში. ისინი ავიწროებენ მილებს, შლიან მათ კედლებს, არღვევენ სითბოცვლის პროცესს სამაცივრო დანადგარებში, აუარესებენ სასმელი წყლის ხარისხს წყალგაყვანილობის მაგისტრალებში.

დაფარვისაგან თავდაცვა მიიღწევა სხვადასხვა საშუალებით. ნაოსნობაში ყველაზე მეტი მნიშვნელობა აქვს გემის ფსკერის დაფარვას შხამიანი საღებავებით, რომლებიც შეიცავენ ვერცხ-

ლისწყალს და სპილენძს, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს დამფარველების დალექვას. არცთუ იშვიათად იყენებენ გემების შეყვანას მტკნარ წყალში, რომელშიც ზღვის ორგანიზმები საკმაოდ სწრაფად იღუპებიან. როცა ხომალდის კორპუსი ძლიერად იფარება, მის ფსკერს წმენდენ მექანიკურად მშრალი დოკირების დროს. მილების დაფარვის საწინააღმდეგოდ მათ ფარავენ შხამიანი საღებავებით ან თვით მილებს აკეთებენ სპილენძისაგან.

დიდი სამელიორაციო და თევზსამეურნეო მნიშვნელობის ეფექტი მიიღება წყალსატევებში მცენარეჭამია თევზების — თეთრი ამურის მოშენებით, ისინი თავიდან იცილებენ წყალსატევ-გამმაგრებლობის გაბარდვას. უნდა აღინიშნოს, რომ თეთრი ამურით მაკროფიტების ინტენსიურმა ამოჭმამ შეიძლება გამოიწვიოს წყალსატევების აყვავება, რადგანაც წყალმცენარეების განკარგულებაში აღმოჩნდება ბიოგენების დამატებითი რაოდენობა. ამიტომ რიგ შემთხვევებში წყალსატევებში თეთრ ამურთან ერთად სასარგებლოა შევიყვანოთ ალგოფაგი — თეთრი სქელშუბლა. თეთრი სქელშუბლები ევტროფიკაციასთან ბრძოლის საკმაოდ ეფექტური საშუალებაა. ისინი ჭამენ ყველა წყალმცენარეს და ციანობაქტერიას, ფილტრავენ რა საფილტრავი აპარატით, ისინი ინელებენ გამოყენებულ ობიექტებს.

ცნობილია, რომ ლურჯ-მწვანეები (ციანობაქტერიები) ტოქსიკურებია და ამიტომ მათ თევზები არ ჭამენ, შეჭმის შემთხვევაში ვერ ინელებენ, ან იწამლებიან. ეს საშიშროება პრაქტიკაში არ დამტკიცდა. მაგალითად, ხაუზანის წყალსატევში, როცა იქ მასიურად განვითარდნენ ლურჯ-მწვანეები, განსაკუთრებით ისეთები, რომლებიც ითვლებოდნენ ყველაზე „შხამიანად“ (Microcystis), ისინი შეადგენდნენ თეთრი სქელშუბლას საკვებ გუნდას 50-60%-ს (Алиев, 1970). კიდევ უფრო მეტი რაოდენობით (80-90%-მდე) აღმოჩნდნენ ლურჯ-მწვანეები გუბურებში გაზრდილი თეთრი სქელშუბლას ნაწლავებში. დადგენილია, რომ ლურჯმწვანეების მოხმარება, მათი დაშლადობა, შეთვისებადობა

ხასიათდება ჩვეულებრივი წყალმცენარეებისათვის დამახასიათებელი მაჩვენებლებით (Константинов и др 1976).

ყვავილობასთან ბრძოლის ერთ-ერთი ხერხი წყალმცენარეთა მექანიკური ამოღებაა წყალსატევიდან (Топачевский и др., 1975). ამოღებულ წყალმცენარეებს იყენებენ სხვადასხვა სამედიცინო პრეპარატის წარმოებისათვის და ასევე სასოფლო-სამეურნეო ცხოველებისათვის, როგორც საკვებ კონცენტრატს.

XV.4. ჰიდროსფეროს დაცვის ეკოლოგიური საფუძვლები

როგორც უკვე ითქვა, ჰიდროსფეროს დაცვაში იგულისხმება არა მისი შენარჩუნება საწყის მდგომარეობაში, არამედ მისი გარდაქმნა ადამიანის ინტერესებიდან გამომდინარე.

წყლის დაცვა უნდა გავიგოთ როგორც მოქმედება, რომელიც ხელს უწყობს საზოგადოების სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას მისი ჰიდროსფეროსთან ურთიერთქმედების ოპტიმიზაციის გზით. მას გააჩნია სამი ურთიერთდაკავშირებული ასპექტი: წყალმოხმარების ოპტიმიზაცია, წყალმოხმარება და ჰიდროეკოსისტემის მდგომარეობა. ყველა ეს ასპექტი, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს წყალსატევების დაბინძურებისაგან დაცვას.

ამჟამად წყალსატევების დაბინძურებისაგან დაცვის ძირითადი ფორმა არის ჩამდინარე წყლების გაწმენდა. მათში მავნე ნივთიერებების ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს (ზდკ) ადგენენ ადამიანის ჯანმრთელობის დაცვის მონაცემების მიხედვით (სამედიცინო და სანიტარიული ზდკ) და მთლიანად ეკოსისტემებისათვის ერთდროულად ფასდება წყლის ხარისხი თვით წყალსატევებში მისი ბინადრების თავისებურებების და ეკოსისტემების სტრუქტურული ფუნქციური მახასიათებლის გათვალისწინების საფუძველზე (დაბინძურების ბიოინდიკაცია). წყლის ხარისხის შეფასების დამატებითი საშუალებაა მისი გამოცდა ტოქსიკურობაზე სხვადასხვა ბიოტესტის გამოყენებით (ტოქსიკოლოგიური კონტროლი).

კაცობრიობა დღეს ფართოდ შეისწავლის ბიოსფეროს „სახლის“ მდგომარეობას, რომელშიც იგი ცხოვრობს (ეკოლოგია — ბიტყვიდან oikos — სახლი). საუკუნეზე მეტია არსებობს გამონათქვამი, რომელიც დღეს უფრო აქტუალურია, ვიდრე ადრე იყო, რომ „კულტურა, თუ იგი ვითარდება სტიქიურად და არა მიზანმიმართულად, თავის შემდეგ ტოვებს უდაბნოს“. სტიქიური ბუნებათსარგებლობის საშიში შედეგების თავიდან აცილებისათვის, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა დროულად ფიქსირდებოდეს ბიოსფეროში ცვლილებების განვითარების ტენდენციები, უნდა გვქონდეს ობიექტური მონაცემები „სახლზე“, რომელშიც ჩვენ ვცხოვრობთ, რათა გაუფრთხილებლობით არ მივიყვანოთ ის ავარიულ მდგომარეობამდე. ეს, კერძოდ, ეხება ბიოჰიდროსფეროსაც, მისი დაბინძურების ხარისხს და შედეგების გამოვლენას. რადგანაც ჰიდროსფერო წყლის ბუნებაში წრებრუნვის შედეგად ერთიანია, მისი მდგომარეობის შემოწმების სამსახური სდება მთელი კაცობრიობის პირველ ამოცანად, რამეთუ ჰიდროსფეროს სისუფთავეზეა დამოკიდებული თვით დღევანდელი ადამიანის და ზოგადად მცენარეული და ცხოველური სამყაროს ცხოველმყოფელობა. ამიტომაც დღევანდელობის გადასახედიდან მომავლისაკენ დღის წესრიგში დგება ისეთი პროგრამის შექმნა, რომელიც ერთ სისტემაში გააერთიანებს სხვადასხვა სახელმწიფოს. უნდა შეიქმნას გლობალური მონიტორინგის სისტემა (მონიტორგამაფრთხილებელი) — ბიოსფეროს მდგომარეობაზე მეთვალყურეობის სამსახური, კერძოდ ჰიდრობიოსფეროზე, მრავალი მაჩვენებლის მიხედვით, რომელთაგანაც ყველაზე უმნიშვნელოვანესია ბიოლოგიური.

ბიოლოგიური (ჰიდრობიოლოგიური) მონიტორინგის მონაცემები უნდა გახდეს ადამიანის სოციალური მოქმედების პროგრამის ოპტიმიზაციის საფუძველი წყლის არის ცვლილების საშიში შედეგებისაგან დასაცავად.

XV.5. წყალსატევების დაბინძურების ბიოლოგიური ინდიკაცია

წყალსატევების დაბინძურების ხარისხის შეფასება ხდება ორი მიმართულებით. ერთი მათგანი დაკავშირებულია შესაძლებელი ჰიგიენური, კერძოდ წყლის სასმელი თვისებების, გაუარესების გამოვლენასთან, მეორე, წყლის ეკოსისტემების დეგრადაციისაგან დაცვასთან (მათი პროდუქტულობის მახასიათებლის გაუარესება ან იმისი, რაც განსაზღვრავს წყლის თვისების ბიოლოგიურ ფორმირებას და ჰიდროსფეროს ჰომეოსტაზს). პირველი მიმართულებით ჰიგიენისტების, ხოლო მეორე მიმართულებით კი ჰიდრობიოლოგებისა მიერ გაწეული გამოკვლევები მჭიდროდ არიან ურთიერთკავშირში და ერთმანეთს ავსებენ წყალსატევების დაბინძურებისაგან დაცვის საერთო ამოცანების გადაწყვეტისას.

როგორც უკვე ითქვა, დაბინძურების ჰიდრობიოლოგიური ინდიკაციის დროს ფართოდ იყენებენ ფიზიკურ-ქიმიურ მეთოდებს (წყლის გამჭვირვალობის შეწონარებული რაოდენობის, გახსნილი გაზების კონცენტრაციის და სხვა ნივთიერებების განსაზღვრა). აღნიშნული მახასიათებლები იოლად გამოვლინდება და აქვს მკაცრად რაოდენობრივი გამოხატულება, მაგრამ ვერ იძლევიან უშუალო პასუხს იმაზე, თუ როგორი რეაქცია შეიძლება მისცეს ეკოსისტემამ ამა თუ იმ დამაბინძურებელზე. ამ მიმართულებით ბევრად სრულყოფილია ბიოლოგიური ინდიკაცია, რომელიც დაფუძნებულია თვით ეკოსისტემების მდგომარეობაზე, თუმცა მისი გამოყენება ხშირად იზღუდება საჭირო გამოკვლევების სირთულით და ასევე მიღებული მონაცემების დამუშავებისა და რაოდენობრივი გამოსახვის სიძნელით. ჰიდრობიოლოგიაში გამოყენებულ ბიოინდიკაციის მეთოდებს ამუშავებენ ორგანიზმების პოპულაციების და ბიოცენოზების დონეზე მიღებული ყველა მონაცემის შემდგომი სინთეზით.

ორგანიზმების დონეზე წყალსატევების დაბინძურებას, განსაკუთრებით კი ინტოქსიკაციას ადგენენ, უპირველეს ყოვლისა მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური კრიტერიუმების გამოყენე-

ბით. ქრონიკული ინტოქსიკაციის დროს სშირად შეინიშნება მახინჯი ფორმების ნაშიერები, მათი ცვლილება და ინტერსექსების გაჩოვლენა. ამ დროს მცირდება ინდივიდთა ზრდის ტემპი და ეცემა მათი ნაყოფიერება. დაბინძურების გავლენის შედეგად იცვლება ნივთიერებათა ცვლის დონე, მცირდება საკვების ათვისების ეფექტურობა, ასევე მცირდება ზრდაზე გამოყენებული საკვების ასიმილაციის ხარისხი, აღინიშნება მკვეთრი გაუარესება, რაც ინდივიდთა შეცვლილ ქცევით რეაქციებში გამოვლინდება. ამრიგად, სხვადასხვა ტოქსიკური ზემოქმედებისას ბენთოსტები იჩენენ ზედაპირზე ამოცურვის ტენდენციას და ასევე იცვლიან ფოტოტაქსისის ნიშანს უარყოფითიდან დადებითზე, შებრუნებული მიმართულებით იცვლება გეოტაქსისის ნიშანიც. ორივე შემთხვევაში მიიღწევა გადაადგილება წყლის იმ ფენაში, რომელსაც ბუნებრივ პირობებში აქვს ჰიდრობიონტთათვის უკეთესი ქიმიური მაჩვენებლები (ჟანგბადით უკეთესი გაჯერება, გოგირდწყალბადის, მეთანის არარსებობა და სხვა) მინიმალური ტოქსიკურობით. ჰიდრობიონტთა მწვავე მოწამვლების დროს დამახასიათებელია მათი პოზის, ცურვის ხერხების ცვლილება (მაგალითად, ინვერსია და თევზების სხეულის მდებარეობა).

ბიოცენოზურ დონეზე დაბინძურების ინდიკაცია ემყარება, უპირველეს ყოვლისა, ბინადართა ასაკობრივ და ტროფიკული სტრუქტურის ანალიზს. ტოქსიკოლოგიური სტრესი იწვევს მობინადრეთაგან ყველაზე ტოლერანტული სახეობების გამოთიშვას და ამით ბიოცენოზის მრავალსახეობა იკლებს. ეს დაკლება ძლიერდება ტროფიკული სტრუქტურის გამარტივებით და მასში მცირეოდენი კვებითი ჯაჭვების დომინირებით, რომელთა შორისაც ჰოლოზოინურები თამაშობენ ყველაზე ნაკლებ როლს. უპირატესად მიიღებიან გახრწნის ჯაჭვები, დესტრუქცია ყველაზე მეტად ჭარბობს პროდუქციაზე, ანაერობული პროცესები აღემატებიან აერობულს.

ბიოცენოზურ დონეზე დაბინძურების ბიოინდიკაციის ძირითადი გზა არის თანასაზოგადოებათა სახეობითი სტრუქტურის აღრიცხვა და მასში დამახასიათებელი ეკოლოგიური იერსახის

მქონე ამა თუ იმ ორგანიზმების მოძებნა. რ. კოლკვიცმა და მ. მარსონმა (Р. Кольквитц, М. Марссон, 1908) 1908 წელს გამოიყენეს ეს პრინციპი წყალსატევების დაბინძურების ხარისხის შესაფასებლად, რომელიც დამოკიდებული უნდა ყოფილიყო მათში სხვადასხვა ოქსიფილურობის მქონე ჰიდრობიონტების ყოფნა-არყოფნაზე, მათ მგრძნობელობაზე გარემომცველ არეში, წყალში გაუხრწნელი ორგანული ნივთიერებებისა და მათი დაშლის პროდუქტების შემცველობაზე.

კოლკვიტცისა და მარსონის სკალის მიხედვით წყალსატევები ან მათი ზონები ორგანული ნივთიერებებით დაბინძურების ხარისხით იყოფიან: **პოლი-, მეზო-, ოლიგოსაპრობულებად**. პოლისაპრობული წყლები ხასიათდებიან თავისუფალი ჟანგბადის თითქმის სრული არარსებობით, წყალში დაუშლელი ცილების არსებობით, მნიშვნელოვანი რაოდენობით გოგირდწყალბადისა და ნახშირბადის დიოქსიდის თანაობით. მეზოსაპრობულ წყალსატევებში გაჭუჭყიანება გამოხატულია უფრო სუსტად, დაუშლელი ცილები არ არის, გოგირდწყალბადი და ნახშირბადის დიოქსიდი ცოტაა, ჟანგბადი შესამჩნევი რაოდენობითაა. თუმცა წყალში არის აზოტის შემცველი ნაერთები, როგორიცაა ამონიაკი, ამინომჟავები და ამიდომჟავები. ოლიგოსაპრობულ წყლებში გოგირდწყალბადი არ არის, ნახშირბადის დიოქსიდი ცოტაა, ჟანგბადის რაოდენობა ახლოა ნორმალური გაჯერების სიდიდესთან, გახსნილი ორგანული ნივთიერებებიც პრაქტიკულად აღარაა. მეზოსაპრობული წყლები (წყალსატევთა ზონები) იყოფიან α და β **მეზოსაპრობულებად**. ამ შემთხვევაში პირველ რიგში გვხვდება ამონიაკი, ამინო- და ამიდომჟავები, მაგრამ აქ უკვე შეინიშნება ჟანგბადის არსებობაც.

კოლკვიტცის და მარსონის სისტემის სრულყოფა, უპირველეს ყოვლისა, სდებოდა მისი გაფართოებისა და დამაბინძურებლების მაჩვენებლების დაზუსტების გზით. შემოიღეს განსაკუთრებით სუფთა კატარობული წყლების კატეგორია (ჟანგბადით ზეგაჯერება, CO_2-ისა და H_2S-ის არყოფნა), საპრობულობის ზონის მახასიათებლის სახით დაიწყეს ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის

ბაქტერიის რიცხობრიობისა და ჟანგბადის ბიოქიმიური მოხმარების (ჟბმ) სიდიდის გამოყენება. ხუთი დღე-ღამის განმავლობაში ჟანგბადის მოხმარება ($ЖБМ_5$) კატარობული წყლებისათვის ახლოა 0-თან, ოლიგო-, α -მეზო-, β-მეზო- და პოლისაპრობული ზონებისათვის იგი შესაბამისად 1,4,7, და 40 მგ/ლიტრზე ნაკლებია, ნაწლავის ჩხირის ჯგუფის ბაქტერიები შედიან ამ ზონების წყალში შესაბამისად 10, 50, 100, 1000 და 20000 ეკზ/მლ-ზე მეტი (Сладечек, 1967).

სანეობრივი ნაირგვარობის მაჩვენებლებისა და დაბინძურების შეფასებისათვის საინფორმაციო ინდექსების გამოყენება რთულდება ექსტრემალური მდგომარეობის დროს. მაგალითად, სიცოცხლე უკიდურესად ღარიბდება ცხელ წყაროებში, პერსონალურ წყალსატევებში, მღვრიე მდინარეებში, მკაცრ ყინულოვან პირობებში და სხვა შემთხვევაშიც. გარდა ბიოცენოზების სტრუქტურული თავისებურებებისა, დაბინძურების ინდიკაციისათვის შეიძლება გავითვალისწინოთ მრავალი ფუნქციური მახასიათებელი. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის ჟანგბადის ბიოქიმიური მოხმარება, ე.ი. ორგანული ნივთიერების აერობული დესტრუქციის სიდიდე, რომლის განსაზღვრასაც გააჩნია საუკუნეობრივი ისტორია და წყლის ხარისხის ბიოლოგიური ანალიზის ერთერთი გავრცელებული ელემენტთაგანია.

XV.6. ტოქსიკოლოგიური კონტროლი

ჩამდინარე წყლები ჩვეულებრივ შეიცავენ სხვადასხვა ტოქსიკურ ნივთიერებას, ამიტომ აუცილებელია თვალი ვადევნოთ იმას, რომ მათი კონცენტრაცია და წყლის გადაშვების სიდიდე არ აღემატებოდეს დასაშვებ ზღვრებს. მომავალში ინდუსტრია უნდა გადავიდეს ბრუნვით (ჩაკეტილ) წყალმომარაგებაზე და უნარჩენო ტექნოლოგიაზე, როცა ერთი საწარმოს ნარჩენები გამოიყენება მეორისათვის ნედლეულად, და საბოლოოდ მთლიანი მატერიალური მასა, რომელიც შემოდის გადამამუშავებელ სისტემაში, იქიდან გამოდის საჭირო პროდუქტების სახით. ასეთი ტექნოლო-

გების შექმნა და რაც კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია, მრეწველობის შესაბამისი გარდაქმნა, ე.ი. ყოველგვარი არსებულის ახლით შეცვლა, ითხოვს გრანდიოზულ დანახარჯებს და ამიტომ იგი რეალურია მხოლოდ შორეული პერსპექტივისათვის. მაგრამ ეს ერთადერთი პერსპექტივაა და მას ალტერნატივა არ გააჩნია. საბოლოოდ ასეთი ტექნოლოგია უფრო ხელსაყრელია, რადგან ტოქსიკანთა უმრავლესობა უძვირფასესი ნედლეულია და გარდა ამისა, მოიხსნება გამწმენდი ნაგებობების მშენებლობის საჭიროება, რომელთა ღირებულება აღწევს მთელი საბსრების მეოთხედს ან მესამედს, რომელიც უნდა დაიხარჯოს თანამედროვე წარმოების შესაქმნელად. უნარჩენო ტექნოლოგიების ინდუსტრიის შექმნის პრინციპი თანდათან რეალიზდება, მაგრამ ჯერ აუცილებელია მოვახდინოთ იმის ეკოლოგიური კონტროლი, რაც გაგვაჩნია რეალურად. აუცილებელია იყოს მეცნიერულად დასაბუთებული შეხედულებები ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებზე, ანდა ზდკ იმ სხვადასხვა ნივთიერებისათვის, რომლებიც სხვადასხვა გზით ხვდებიან წყალსატევებში.

ზდკ-ის დადგენას შეიძლება მივუდგეთ სხვადასხვა პოზიციიდან. დაბინძურებიდან წყლის დაცვის წესებში ძირითადად გათვალისწინებულია სამედიცინო ზდკ, ე.ი. იკრძალება ის კონცენტრაციები, რომლებიც საშიშია ადამიანის ორგანიზმისათვის, წყლის სასმელად თუ სხვა მიზნებისათვის გამოყენებისას. ასეთი ზდკ-ის შემოღება, ბუნებრივია, იყო უპირველესი ამოცანა ადამიანის კეთილდღეობის უზრუნველსაყოფად. შემდეგი ნაბიჯი იყო ზდკ-ის დამუშავება შინაური ცხოველებისა და სამეურნეოდ მნიშვნელოვანი ჰიდრობიონტებისათვის, კერძოდ კი თევზებისათვის. ადამიანის კეთილდღეობის გაგების თანამედროვე დონე გვკარნახობს, რომ აუცილებელია ზდკ-ის დადგენა ეკოსისტემებისათვის, ვინაიდან მათი დეგრადაცია და დარღვევა იწვევს წარმოუდგენელ ცვლილებებს ბიოსფეროში — ადამიანის საბინადრო არეში.

ტოქსიკოლოგიური კონტროლის პრობლემა ძალიან რთულია, რადგანაც გაჭუჭყიანებაზე რეაქციის სტრუქტურული და ფუნქციური მაჩვენებელი უკიდურესად მრავალრიცხოვანია, არაერთგვარია

სხვადასხვა ცოცხალი სისტემისათვის და სხვადასხვა ტოქსიკანტის მიმართ. იბადება კითხვა ტოქსიკურობის კრიტერიუმზე, რომლის ორიენტაციით შეიძლება შესაბამისი გამოკვლევების გამართვა და პოპულაციებისა და ბიოცენოზების ინდიკატორული ორგანიზმების შერჩევა. ტოქსიკურობის კრიტერიუმის სახით წამოყენებულია ინდივიდთა არა გადარჩენა, არამედ სახეობათა შენარჩუნება, ე.ი. ინდივიდთა ნორმალური კვლავწარმოება რამდენიმე თაობაში შთამომავლობის თვისების გაუარესების გარეშე. როგორც სამართლიანად აღნიშნავს სტროგანოვი (Н.С. Строганов, 1972), ეს კრიტერიუმი ძირითადია, ხოლო სხვები კი, რომლებიც ითვალისწინებენ ცალკეულ ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ რეაქციებს, უნდა მივიჩნიოთ, როგორც დამატებითი, გარკვეული ხარისხით, რაც გარკვეულწილად ორგანიზმებში ბიოქიმიურ, ბიოფიზიკურ და ფიზიოლოგიურ ცვლილებებს შორის რეაგირების მექანიზმების ახსნის საშუალებას მოგვცემს.

იმ შემთხვევაში, როცა საჭიროა მოხდეს სწრაფი და ტოქსიკურობის დაახლოებითი შეფასება, იყენებენ ექსპრეს-მეთოდს, რომელიც დამუშავებულია ი.ი. ნიკიტინსკის და ვ.ი. დოლგოვის მიერ (Я.Я. Никитинский, В.И. Долгов, 1913). მეთოდის არსი დამყარებულია ობიექტების გადარჩენის განსაზღვრაზე (თევზები, უხერხემლოები, მცენარეები) გამოსაცდელი ნივთიერებების სხვადასხვა კონცენტრაციებისას და დღე-ღამის ან რამდენიმე დღის განმავლობაში. მიღებულ შედეგებს ადარებენ კონტროლთან. გადარჩენის მაჩვენებლის სახით ჩვეულებრივ იღებენ 50% ან 100% საცდელ ინდივიდებს. მწვავე ტოქსიკურობაზე გამოცდის შედეგების განსაზღვრა ექსპრეს-მეთოდით არაა აუცილებელი ზდკ-ის დასადგენად. ეკოსისტემებისათვის საჭიროა განისაზღვროს ტოქსიკურობის ძირითადი კრიტერიუმები, ამ დროს ისინი უნდა დაუკავშირდნენ წყალსატევებთან ჩანადენების წყალს, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესამჩნევი იქნება ეკოსისტემების დაშლა, რომელიც წყლის ჩასაშვები ადგილიდან დაიწყება, ხოლო მეორეული დაბინძურებისა და სხვა პროცესების შედეგად მოხდება მისი უფრო შორს გავრცელება (Галазий, 1973).

XV.7. ჰიდრობიოლოგიური მონიტორინგი

წყლის ეკოსისტემების გაუარესების ხარისხის შეფასება დამაბინძურებლების ან სხვა ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენის დროს ამჟამად შეიძლება ჩამოყალიბდეს მხოლოდ წყალსატევების გამოყენების პრაქტიკული ფორმების ამა თუ იმ სიზუსტის მიხედვით. გაცილებით რთულია ბიოსფერულ ასპექტში ჰიდროეკოსისტემების ხასიათისა და სტრუქტურულ-ფუნქციური მნიშვნელობის ცვლილებების შეფასება. ახლა ძნელია ჩამოვაყალიბოთ მოთხოვნა ეკოსისტემების ოპტიმალურობაზე, როგორც ბიოსფეროს ბლოკებზე, თუმცა ზოგიერთი მდგომარეობა უკვე ნათელია.

ბუნებრივი წყლის ეკოსისტემების ეკოლოგიური კეთილდღეობის მაჩვენებელს შეიძლება წარმოადგენდეს კარგად განვითარებული ბიოტური წრებრუნვა, რომელიც იწყება ფოტოსინთეზით და გააჩნია ორი ქვესისტემა: ამოჭმის ქსელი და დაშლის ქსელი. ამოჭმის ქსელი ხასიათდება კონსუმენტების მიერ იმ ორგანიზმების შედარებით სრული მოხმარებით, რომლებიც ეკუთვნიან წინა ტროფიკულ დონეს, სადაც ჭარბობს მაღალორგანიზებული მრავალუჯრედიანი ცხოველები. აერობული პროცესები ჭარბობენ ანაერობულებს და ორგანული ნივთიერებების დაგროვება გრუნტში მინიმალურია. ორგანული ნივთიერებებით ეკოსისტემის გადატვირთვის დროს ან ტოქსიკანტების შესვლისას, რომლებიც იწვევენ ცხოველთა დაღუპვას, დომინირებას იწყებს გახრწნის ქსელი. ამოჭმის ქსელი იკვეცება, ხოლო ზოგიერთ შემთხვევაში საერთოდ ამოვარდება, ბიოტური წრებრუნვა ხორციელდება შევიწროებულ საფუძველზე, უფრო მეტი ხარისხით იწყებენ მოჭარბებას ანაერობული პროცესები.

ეკოსისტემები დეტრიტული წრებრუნვით უფრო მდგრადები არიან, ვიდრე საძოვრული ჯაჭვებით. ამ უკანასკნელთა შორის ევტროფულები უფრო მდგრადებია, ვიდრე ოლიგოტროფულები. ამიტომ ეკოლოგიური ნორმირება, უპირველეს ყოვლისა, დაფუძნებული უნდა იყოს ბიოტური წრებრუნვის საძოვრული შემადგენლის შენახვაზე, ე.ი. პირველ რიგში პელაგიალის ცხოვ-

ელების, განსაკუთრებით მაღალორგანიზებული კიბოსნაირების, თევზებისა და სხვა (Камшилов, 1983).

ეკოლოგიური მონიტორინგის ორგანიზაციისათვის პირველ რიგში შეიძლება გამოვიყენოთ ჰიდროქიმიური და ჰიდროფიზიკური დაკვირვებების მონაცემები. მონაცემები, წყალში ცალკეული იონებისა და მოლეკულების კონცენტრაციაზე, ტემპერატურაზე, გამჭვირვალობაზე და სხვა ფიზიკურ პარამეტრებზე საჭიროა, მაგრამ არასაკმარისია, რათა შეფასებულ, პროგნოზირებულ იქნეს წყლის ეკოსისტემების ცოცხალი კომპონენტების მდგომარეობა, რომლის ცვლილებაში ტენდენციები სწორედაც რომ შეადგენენ ჰიდრობიოლოგიური მონიტორინგის დედააზრს.

ჰიდრობიონტებიდან კარგი ჰიდრობიოლოგიური მონიტორინგის ობიექტად შეიძლება გამოდგნენ ის ჯგუფები, რომლებიც შედიან სხვა არეების საზღვრებთან ფორმირებულ თანასაზოგადოებაში (ატმოსფერო, ხმელეთი). ისინი განსხვავდებიან სახეობრივი ნაირგვარობით, მაღალი რაოდენობრივი მაჩვენებლებით, პირველები ეჯახებიან გარეგან ზემოქმედებებს და მგრძნობიარედ რეაგირებენ მათზე (Зайцев, 1979).

სხვადასხვა ფაქტორის ზემოქმედებისას წყლის ეკოსისტემების შესაძლებელი ცვლილების პროგნოზირება და ამის საფუძველზე ჰიდროსფეროსთან დამოკიდებულების გენერალური სტრატეგიის დამუშავებისას არც ერთი წუთით არ შეიძლება დავივიწყოთ ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლის დარღვევის საშიშროების შესახებ ბუნებასა და ადამიანს შორის. სხვათა შორის, დღეს ასეთი ბალანსი ყველგან ირღვევა, კერძოდ ბიოსფეროს პოტენციური ენერგია იხარჯება თითქმის 10-ჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე პირველადი პროდუცირების პროცესის დროს მიმდინარეობს მისი დაგროვება. ადამიანი სტაბილიზაციას უნდა უკეთებდეს ბუნებასა და საზოგადოებას შორის დამოკიდებულების ცვლას, მისი ადეკვატურობის, ბუნების შესაძლებლობებისა და საზოგადოების ინტერესების შერწყმის საფუძველზე.

ლიტერატურა:

1. ალექსიძე ნ., ეკოლოგიური ბიოქიმიის საფუძვლები, თბ., 1999
2. ქაჯაია გ., ბიოსფერო და საზოგადოება, თბ., 1997
3. ელიავა ირ., ნახუცრიშვილი გ., ქაჯაია გ., ეკოლოგიის საფუძვლები, თბ., 1992
4. კეცხოველი ნ., მკერდში დაჭრილი ბუნება, თბ., 1979
5. ყურაშვილი ბ., ვისწავლოთ ცხოველთა სამყაროს დაცვა, თბ., 1990
6. **Грайдель Т.,** Крутцен П., Меняющаяся атмосфера. Ж. В мире науки, №11, 1989
7. **Захаров И.А.,** Экологическая генетика и проблемы биосферы, Л. д. 1984
8. **Лагидзе Г.,** Грузия: экономика и окружающая среда. Докл. Эвроп. Комиссии ООН, 1995
9. **Мазманиди Н.,** Экология рыб Черного моря и нефть. Батуми, 1997
10. **Березина Н.А.** "Гидробиология". Советская наука. 1953
11. **Константинов А.С.** "Общая гидро-биология", Москва, 1986
12. **Саут Р., Уиттик А.** "Основы альгологии", Издательство "Мир". 1990
13. **Грожимека Б.** "Экономические очерки о природе и человеке". "Прогресс". 1988
14. **Зенкевич Л.А.** Биология морей СССР. М., 1963
15. **Киселев И.А.** Планктон морей и континентальных. Л., 1968, т.1, 1980, т.2
16. **Никольский Г.В.** Экология рыб. М., 1974
17. **Никольский Г.В.** Структура вида и закономерности изменчивости рыб. М., 1980
18. **Одум Ю.** Основы экологии. М., 1975
19. **Пианка Э.** Эволюционная экология, М., 1981
20. **Строганов Н.С.** Экологическая физиология рыб. М., 1962
21. **Хатчинсон Д.** Лимнология. М., 1969
22. **Dussart B. Limnologie** – D'etude eaux continentales. Paris 1966

23. **Hutchinson G.** Treatise on Limnology, v.I, New York, London, 1957, v.2, 1966
24. **Авакян Ю.Г.** Нектон. Киев, 1976
26. **Бардач Дж., Ритер Дж.,** Макларни У. Аквакультура. М., 1978
27. **Беклемишев К.В.** Экология и биогеография пелагиали. М., 1969
28. **Биргер Т.Н.** Метаболизм водных беспозвоночных в токсической среде. Киев, 1979
29. **Вернадский В.Н.** Биосфера. М., 1967
30. **Виноградов М.Е.** Вертикальное распределение океанического зоопланктона. М., 1968
31. **Гаевская Н.С.** Роль высших растений в питании животных водоемов. М., 1966
32. **Галковская Г.А., Сущаея Л.М.** Рост водных животных при переменной температуре. Минск. 1981
33. **Гершанович Д.Е., Муромцев А.М.** Океанологические основы биологической продуктивности мирового океана. Л.. 1982
34. **Горбенко Ю.А.** Экология морских организмов перифитона. Киев, 1977
35. **Гусев М.В.** Биология синезеленых водорослей, М., 1968
36. **Заика В.Е.** Сравнительная продуктивность гидробионтов. Киев, 1983
37. **Зайцев Ю.П.** Жизнь морской поверхности. Киев, 1970
38. **Ивлева И.В.** Температура среды и скорость энергетического обмена у водных животных. Киев, 1981
39. **Иоганзен Б.Г., Лаптев И.П., Львов Ю.А.** Экология, биогеоценлогия и охрана природы. Томск, 1979
40. **Максимов В.Н., Федоров В.Д.** Применение методов математического планирования эксперимента при отыскании оптимальных условий культивирования микроорганизмов. М., 1969
41. **Моисеев П.А.** Биологические ресурсы Мирового океана. М., 1969
42. **Никольский Г.В.** Теория динамики стада рыб. М., 1974

43. **Поликарпов Г.Г.** Радиоэкология морских организмов. М., 1964
44. **Романенко В.Д., Арсан О.М., Соломатина В.Д.** Кальций и фосфор в жизнедеятельности гидробионтов. Киев, 1982
45. **Романенко В.Д., Евтушенко Н.Ю., Кощарь Н.И.** Метаболизм углекислоты у рыб. Киев, 1980
46. **Романенко В.Н., Кузнецов С.И.** Экология микроорганизмов пресных водоемов. Л., 1974
47. **Смирнов А.И.** Биология, размножение и развитие тихоокеанских лососей. М., 1975
48. **Строганов Н.С.** Физиологическая приспособленность рыб пониженной температуры. М., 1956
49. **Сущеня Л.М.** Количественные закономерности питания ракообразных. Минск, 1975
50. **Федоров В.Д.** О методах изучения фитопланктина и его активности. М., 1979
51. **Харитонова Н.Н.** Биологические основы интерсификации прудивого рыбоводства. Киев. 1984
52. **Хмелева Н.Н., Голубева А.П.** Продукция кормовых и промысловых ракообразных. Минск, 1984
53. **Хочачка П., Сомеро Дж.** Стратегия биохимической адаптации. М., 1977
54. **Шилов И.А.** Эколого-физиологические аспекты микроэволюции водных животных. М., 1977

შინაარსი

შესავალი 3

I თავი. ჰიდრობიოლოგიის ზოგადი კურსი 5

I.1. ჰიდრობიოლოგიის საგანი, მეთოდი და ამოცანები 6

I.2. ჰიდრობიოლოგიის ზოგადი პრინციპები და ცნებები ... 12

I.3. ჰიდრობიოლოგიის წარმოშობა და განვითარება 23

II თავი. ჰიდროსფერო როგორც სიცოცხლის გარემო და მისი ბინადარნი 29

II.1. ჰიდრობიონტების არსებობის ფიზიკურ-ქიმიური პირობები 29

II.2. წყლისა და გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები ... 29

II.3. სიმკვრივე, სიბლანტე და წყლის ზედაპირული დაჭიმულობა 31

II.4. წყლის თერმული და ოპტიკური თვისებები 34

II.5. გრუნტის ფიზიკურ-ქიმიური თვისებები 37

II.6. ბუნებრივი წყლების შემადგენელი ნივთიერებები 41

II.7. ფიზიკურ-ქიმიური მოვლენები წყალსატევებში 59

II.8. წყლის წნევა და ჰიდროდინამიკა 59

II.9. სინათლის აღქმა ჰიდრობიონტების მიერ 65

II.10. სინათლის პირობები წყალში 65

II.11. ბგერა, ელექტროობა და მაგნიტიზმი 66

III თავი. წყალსატევები და მათი ბინადარნი 68

III.1. მსოფლიო ოკეანე და მისი ბინადარნი 69

III.2. სხვადასხვა განედების ბინადარნი 80

III.3. შემტკნარებული ზღვების ბინადარნი 81

III.4. კონტინენტური წყლები და მათი ბინადარნი 82

III.5. ტბები 86

III.6. ტბისა და ჭაობის ბინადარნი 90

III.7. ხელოვნური წყალსატევები 91
III.8. სარწყავი სისტემის არხები და წყალსატევები 94
III.9. მიწისქვეშა წყლები და მათი ბინადარნი 96
III.10. გამოქვაბულის (მღვიმის) წყლები 96
IV თავი. ჰიდრობიონტთა სასიცოცხლო ფორმები ... 98
IV.1. პლანქტონი და ნექტონი 99
IV.2. ბენთოსი და პერიფიტონი 108
IV.3. შეწონარებულებით დაფენისაგან /წაყრისაგან/ დაცვა .. 109
IV.4. პელაგობენთოსი, ნეისტონი და პლეისტონი 112
V თავი. ჰიდრობიონტთა ცხოველქმედების ეკოლოგიური საფუძვლები 118
VI თავი. წყლისა და მარილების ცვლა ჰიდრობიონტებში 135
VI.1. გამოშრობისაგან თავდაცვა და გამომშრალ მდგომარეობაში გადარჩენა..... 136
VI.2. გამოშრობისაგან თავის არიდება 136
VI.3. ტენიანობის შემცირებასთან ადაპტაცია 137
VI.4. გამოშრობისას გადარჩენა 138
VI.5. ოსმოსური გაუწყლოებისა და გაწყლიანებისაგან თავდაცვა 139
VI.6. ოსმოიზოლაციისა და ოსმოსური გარემოს შერჩევა 140
VI.7. უჯრედშიგა იზოოსმოსურობა და ოსმოკონფორმაცია . 141
VI.8. ოსმორეგულაცია 143
VI.9. მარილიანობის ცვლა 145
VI.10. პასიური მარილცვლა 145
VI.11. აქტიური მარილცვლა 146
VI.12. წყლის მარილიანობის ეკოლოგიური მნიშვნელობა 151
VI.13. ჰიდრობიონტთა მდგრადობა მარილიანობის მიმართ 151

VI.14. ჰიდრობიონტთა მდგრადობა წყლის მარილიანობის ცვლილების მიმართ 153
VI.15. სხვადასხვა მარილიანობის წყლის ბინადარნი 155
VII თავი. ჰიდრობიონტთა სუნთქვა 156
VII.1. გაზთა ცვლასთან ჰიდრობიონტთა ადაპტაცია 158
VII.2. სასუნთქი ზედაპირების გაზთშეღწევადობისა და ფართობის გადიდება 158
VII.3. სასუნთქი ზედაპირების აერირება 159
VII.4. ნახშირორჟანგისა და ჟანგბადის ტრანსპორტი ორგანიზმში 161
VII.5. ფიზიოლოგიური ადაპტაციები 163
VII.6. ბიოქიმიური ადაპტაციები 164
VII.7. სუნთქვის ეფექტურობა და ინტენსიურობა 167
VII.8. სხვადასხვა სახის ჰიდრობიონტებში გაზთა ცვლის ინტენსიურობა 168
VII.9. გაზთა ცვლის ინტენსიურობის დამოკიდებულება გარეგან პირობებზე 169
VII.10. სუნთქვის ეფექტურობა 172
VII.11. ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ ჰიდრობიონტების მდგრადობა და ამოწყვეტის მოვლენები 173
VII.12. ჰიდრობიონტთა ჟანგბადის დეფიციტის მიმართ მდგრადობა 173
VII.13. გაგუდვები 175
VIII თავი. ჰიდრობიონტთა ზრდა, განვითარება და ენერგეტიკა 177
VIII.1. ზრდა 177
VIII.2. სხვადასხვა ფაქტორის გავლენა 181
VIII.3. განვითარება 184
VIII.4. ფორმები 184
VIII.5. ხანგრძლივობა 185

VIII.6. ზრდისა და განვითარების ენერგეტიკა 186
VIII.7. ენერგიის ტრანსფორმაციის ინტენსიურობა 187
VIII.8. ენერგიისა და საკვების გამოყენების ეფექტურობა 187
VIII.9. ენერგიის ენთროპიზაცია 189
VIII.10. ინდივიდთა ენერგობალანსი 191
IX თავი. ჰიდრობიონტთა პოპულაციები და ჰიდრობიოცენოზები 193
IX.1. ჰიდრობიონტთა პოპულაციების სტრუქტურა და ფუნქციური თავისებურებები 193
IX.2. პოპულაციის სტრუქტურა 195
IX.3. სიდიდე და სიმჭიდროვე 195
IX.4. ქრონოლოგიური სტრუქტურა 200
IX.5. ასაკობრივი სტრუქტურა 200
IX.6. სქესობრივი და გენერაციული სტრუქტურა 202
IX.7. ინდივიდთა სხვადასხვა ხარისხობრიობა 203
IX.8. შიგაპოპულაციური დამოკიდებულება 205
IX.9. პირდაპირი ბრძოლა და ურთიერთდახმარება 206
IX.10. კონკურენცია და ბიოქიმიური ინჰიბირება 207
IX.11. გუნდისა და გროვების წარმოქმნა 207
IX.12. ორგანული ნივთიერების პროდუქცია და ენერგიის ტრანსფორმაცია 209
IX.13. პროდუცირების ტემპი და ეფექტურობა 209
X თავი. ჰიდრობიონტთა პოპულაციების ალწარმოება და დინამიკა 211
X.1. შობადობა 212
X.2. სიკვდილიანობა და გადარჩენა 218
X.3. ჩანასახთა გადარჩენა 219
X.4. პოსტემბრიონურ პერიოდში გადარჩენა 222
X.5. პოპულაციის ზრდა 223

X.6. განუსაზღვრელი ზრდა 224
X.7. ქრობადი ზრდა 225
X.8. პოპულაციის ბიომასისა და რიცხობრიობის დინამიკა .. 225
X.9. დღეღამური დინამიკა 227
X.10. სეზონური დინამიკა 227
X.11. პლანქტონური წყალმცენარეების სეზონური დინამიკა 228
X.12. ზოოპლანქტონის სეზონური დინამიკა 228
X.13. ზოობენთოსის სეზონური დინამიკა 229
X.14. წლიური დინამიკა 229
X.15. არაპერიოდული ცვლილებები 231
XI თავი. ჰიდრობიოცენოზები 233
XI.1. ჰიდრობიოცენოზთა სტრუქტურა 234
XI.2. სახეობრივი სტრუქტურა 235
XI.3. ზომითი სტრუქტურა 237
XI.4. ტროფიკული სტრუქტურა 239
XI.5. სივრცითი ქოროლოგიური სტრუქტურა 240
XI.6. ჰიდრობიოცენოზებში პოპულაციათშორისი დამოკიდებულება 241
XI.7. ნეიტრალიზმი, კონკურენცია და ამენსალიზმი 242
XI.8. ენერგიისა და ნივთიერების ტრანსფორმაცია 247
XI.9. ტრანსფორმაციის არხები 247
XI.10. ზღვებისა და კონტინენტური წყალსატევების ძირითადი ბიოცენოზები 249
XI.11. თბილი წყლის ევტროფული გაერთიანებები 257
XI.12. კონტინენტური წყალსაცავების ბიოცენოზები 257
XII თავი. წყალთა ეკოსისტემები 263
XII.1. წყლის ეკოსისტემების სტრუქტურული და ფუნქციური თავისებურებები 264

XII.2. ცოცხალი და გახევებული კომპონენტების ურთიერთქმედება 266
XII.3. ბიოგეოქიმიური ციკლები 269
XII.4. რკინისა და მანგანუმის წრებრუნვა 276
XII.5. ორგანული ნივთიერებების კვლავწარმოქმნა და ეკოსისტემების ენერგობალანსი 277
XII.6. ფოტოსინთეზის ენერგეტიკული უზრუნველყოფა ... 279
XII.7. ფოტოსინთეზის ქიმიური ბაზა 282
XII.8. ფოტოსინთეზის სიდიდე და მისი განსაზღვრის მეთოდები 286
XII.9. ფოტოსინთეზის ეფექტურობა და ინტენსივობა 289
XII.10. ეკოსისტემის დინამიკა 292
XII.11. სუქცესია როგორც ეკოსისტემური პროცესი 293
XII.12. ეკოსისტემების ფლუქტუაცია და ტრანსფორმაცია 297
XIII თავი. წყლის ეკოსისტემების ბიოლოგიური პროდუქტულობა და მისი ამაღლების გზები 299
XIII.1. პირველადი პროდუქცია 301
XIII.2. გამოსახვისა და შეფასების ხერხები 302
XIII.3. პირველადი პროდუქციის ეფექტურობა 303
XIII.4. სხვადასხვა წყალსატევში პირველადი პროდუქციის სიდიდე 304
XIII.5. მეორეული პროდუქცია 305
XIII.6. გამოთვლის მეთოდები 305
XIII.7. მეორეული პროდუქტულობის ტემპი და ეფექტურობა 307
XIII.8. სხვადასხვა ჰეტეროტროფული ჯგუფების პროდუქცია 307
XIII.9. ჰიდროსფეროს ბიოლოგიური რესურსები, მათი ათვისება და აღწარმოება 308

XIII.10. ჰიდრობიონტთა მსოფლიო რეწვა 309
XIII.11. სარეწ ჰიდრობიონტთა ბუნებრივი კლავწარმოების ეფექტურობის ამაღლება და დაცვა 312
XIII.12. ჰიდრობიონტთა აკლიმატიზაცია 314
XIII.13. აკვაკულტურა 316
XIII.14. მეთევზეობა ტბებსა და წყალსაცავებში 321
XIII.15. თევზების ლიმნოკულტურა 323
XIII.16. სატბორე მეთევზეობა 325
XIII.17. მტკნარი წყლის თევზების ოჩხური და აუზური გამოზრდა 327
XIII.18. თევზების მარიკულტურა (ზღვის კულტურა) 328
XIII.19. უხერხემლოთა აკვაკულტურა 329
XIII.20. წყალმცენარეთა კულტივირება 331
XIV თავი. სუფთა წყლისა და წყლის ეკოსისტემის დაცვის პრობლემის ეკოლოგიური ასპექტები 334
XIV.1. წყალსატევების გაჭუჭყიანება 336
XIV.2. რადიონუკლიდები 340
XIV.3. ნავთობი 341
XIV.4. პესტიციდები 342
XIV.5. მძიმე მეტალები და სხვა ნივთიერებები 344
XIV.6. წყალსატევების ანთროპოგენური ევტროფიკაცია და თერმოფიკაცია 347
XIV.7. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის გამოვლენა და მიზეზები 348
XIV.8. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის თავიდან აცილება 351
XIV.9. წყალსატევების თერმოფიკაცია 352
XIV.10. წყალსატევთა ბიოლოგიური თვითგაწმენდა და წყლის ხარისხის ფორმირება 355
XIV.11. ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაცია 356

XIV.12. წყლის განათება და ბიოსედიმენტაცია 359
XIV.13. ბიოლოგიური დეტოქსიკაცია 360
XIV.14. წყლის ფოტოსინთეზური აერაცია და მისი გამდიდრება მეტაბოლიტებით 363
XV თავი. ჰიდროსფერო და მისი დაცვა 367
XV.1. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ეკოლოგიური ასპექტები 369
XV.2. სასმელი წყლით წყალმომარაგების ეკოლოგიური საფუძვლები 373
XV.3. ბიოლოგიურ დაბრკოლებებთან ბრძოლის ეკოლოგიური საფუძვლები 377
XV.4. ჰიდროსფეროს დაცვის ეკოლოგიური საფუძვლები 381
XV.5. წყალსატევების დაბინძურების ბიოლოგიური ინდიკაცია 383
XV.6. ტოქსიკოლოგიური კონტროლი 386
XV.7. ჰიდრობიოლოგიური მონიტორინგი 389
ლიტერატურა 391

გამომცემლობის რედაქტორები: ზ. გიორგაძე
თ. გაბელაია
ტექნიკური რედაქტორი თ. ფირცხელანი
კორექტორი მ. ვარამაშვილი
პირ. ნაბეჭდი თაბახი 25,25
სააღრ.-საგამომცემლო თაბახი 17,34
ფასი სასელშეკრულებო
შეკვეთა № [illegible] ტირაჟი 500

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,
380028, თბილისი, ი.ჭავჭავაძის გამზ., 14.

დაიბეჭდა თბილისის უნივერსიტეტის
სარედაქციო-სალუბლიკაციო კომპიუტერულ სამსახურში
380028, თბილისი, ი.ჭავჭავაძის გამზ., 1.

Онианн Джаба Ардеванович

ОБЩАЯ ГИДРОБИОЛОГИЯ

(на грузинском языке)

Издательство Тбилисского университета
Тбилиси 2000