ზელიმხან კერესელიძე

ზღვებისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგია



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 2003

უაკ (UDC) 577.356
ჯ411

პიდროსფეროს სიცოცხლის დაცვისათვის ბრძოლა, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს წყლის ეკოლოგიის დარგის განვითარებას და ეკოლოგიური განათლების დონის ამაღლებას. აქედან გამომდინარე, დღეს სტუდენტებისათვის სასელმძღვანელოებისა და დამხმარე სასელმძღვანელოების შედგენა წყლის ეკოლოგიის დარგში მეტად საჭირო და საშური საქმეა.

წიგნში განხილულია: წყლის ეკოლოგიის ძირითადი ცნებები; წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები წყალსატევების პელაგიალისა და ბენთალის სიცოცხლის პირობებთან; გარემოს ფაქტორთა გავლენა წყლის ორგანიზმების არსებობაზე; კვება და წყლის ორგანიზმების კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება; წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობა; წყალსატევების დაჭუჭყიანება და სუფთა წყლის პრობლემა.

წიგნი იმითაცაა საყურადღებო, რომ მასში წყლის გარემოს ძირითადი ფაქტორების განხილვისას, გარდა საყოველთაოდ ცნობილი პრინციპებისა და ცნებებისა, ფართოდაა წარმოდგენილი საქართველოს წყალსატევების კომპლექსური პიდრობიოლოგიური კვლევის შედეგები უკანასკნელი სუთი ათეული წლის მანძილზე, რაც დამხმარე სახელმძღვანელოს ორიგინალობის მაჩვენებელია.

გათვალისწინებულია სტუდენტებისათვის, უფროსი კლასის მოსწავლეთათვის, პედაგოგებისა და წყლის ეკოლოგიით დაინტერესებული ფართო მკითხველისათვის.

რედაქტორი ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი გ. ქაჯაია

რეცენზენტები: ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი,
პროფესორი ჯ. ონიანი

ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი ე. ყავაძე

რეკომენდებულია დამხმარე სასელმძღვანელოდ თსუ-ს მეთოდსაბჭოს მიერ.

1901000000
608(06)-03
ISBN 99940-20-00-5

შესავალი

დედამიწის ზედაპირის ფართობის უდიდესი ნაწილი (70 %) უკავია წყალს, რომელიც წარმოდგენილია ოკეანეების, ზღვების და კონტინენტალური წყალსატევების სახით (ტბები, წაყლსაცავები, ტბორები, გუბურები, ჭაობები, მდინარეები, მიწისქვეშა წყლები). წყლის სამყარო (პიდროსფერო) მეტად თავისებური სასიცოცხლო გარემოა, რომელშიც ჩაისახა სიცოცხლე და იგი გავრცელებულია მასში მთელ სიღრმეზე – ატმოსფეროსა და ლითოსფეროსაგან განსხვავებით, სადაც სიცოცხლის გავრცელება შეზღუდულია. პიდროსფეროში სიცოცხლე ერცელდება წყლის ზედაპირიდან ყველაზე ულრმეს წერტილამდე (მარიანის ღრმული – 11055 მ.)

ზღვებისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგია ზოგადი პიდრობიოლოგიის (შეისწავლის მთელი პიდროსფეროს სიცოცხლის განვითარების ზოგად კანონზომიერებებს) ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია, რომელიც სწავლობს მარილიანი და მტკნარი წაყლსატევების (ზღვებისა და ტბების მაგალითზე) გარემოსა და მის ბინადართა ურთიერთდამოკიდებულების ხასიათს და აბიოტური და ბიოტური გარემოს ურთიერთმემოქმედების თავისებურებებს. აქ მეტად საინტერესოა შედარებითი ეკოლოგიის თვალსაზრისით მტკნარი და მლაშე წყლის – ამ ორი მარილიანობის გარემოს სიცოცხლის პირობების და შესაბამისად სიცოცხლის განვითარების განსხვავებული ხასიათი. მარილიანობის ფაქტორი, როგორც დავინახავთ, უდიდეს როლს თამაშობს ამ შემთხვევაში – სწორედ იგი განსაზღვრავს წყალსატევებში სიცოცხლის თვისობრივსა და რაოდენობრივ სტრუქტურას. მეტად საინტერესოა ამ კუთხით ე.წ. ესტუარიები (მდინარეების შესართავი უბნები ზღვებში), სადაც ხდება მარილიანობის საკმაოდ მკვეთრი და დიდ ფარგლებში ცვალებადობა (გამტკნარების პროცესი), რაც თავის მხრივ, რა თქმა უნდა, თავის დაღს ასვამს სიცოცხლეს (პირველ რიგში სიცოცხლის თვისობრივსა და რაოდენობრივ სტრუქტურას).

წიგნში წყლის გარემოს ძირითადი ფაქტორების განხილვისას გარდა საყოველთაოდ ცნობილი პრინციპებისა და ცნებებისა, ფართოდაა წარმოდგენილი საქართველოს წყალსატევების კომპლექსური ეკოლოგიური კვლევის შედეგები უკანასკნელი ხუთი ათეული წლის მანძილზე.

წიგნის შექმნაში უდიდესი როლი მიუძღვის მის რედაქტორს პროფესორ გია ქაჯაიას, რისთვისაც მას უღრმეს მადლობას მოვახსენებთ.

თავი I

წყლის ეკოლოგიის ძირითადი ცნებები

1. წყალი, როგორც სასიცოცხლო გარემო

წყალს ახასიათებს მთელი რიგი ისეთი თვისებები, რომლითაც ის განსხვავდება სხვა ქიმიური ნივთიერებებისაგან და რომელთაც აქვთ უდიდესი ეკოლოგიური მნიშვნელობა ჰიდრობიონტების (წყლის ორგანიზმები) სიცოცხლისათვის. ასეთია უპირველეს ყოვლისა, წყლის თერმული (სითბური) თვისებები: დიდი ხვედრითი სითბოტევადობა, ცუდი სითბოგამტარებლობა და გაყინვისას გაფართოების უნარი. წყლის სითბოტევადობა ტოლია 4190 ჯოულ. (კგ.კ). დიდი ხვედრითი სითბოტევადობის გამო წყალი დიდი რაოდენობით მთანთქავს სითბოს, მაგრამ ცუდი სითბოგამტარებლობის გამო გასცემს მას გარემოში ძალზე ნელა. ამ თვისებების მნიშვნელოვანი გამოელინებაა წყალსატევების დიდი თერმული მდგრადობა და ამის გამო გარემო პირობების ნელი თანდათანობით ცვალებადობა. ყოველივე ამას უდიდესი სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს ჰიდრობიონტებისათვის, რომელთა უმეტესობა ცივსისხლიანი (პოიკილოთერმული) ორგანიზმებია. წყლის დიდი ხვედრითი სითბოტევადობა კი განაპირობებს ხმელეთთან და ატმოსფეროსთან შედარებით ჰიდროსფეროში სითბოს დიდ მარაგს. თუ რამდენად დიდია სითბოს მარაგი ჰიდროსფეროში ჩანს შემდეგი მაგალითიდან: 1 ლიტრი წყლის 1°C-ით გაცივებისას გამოიყოფა სითბოს ისეთი რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 3000 ლიტრი ჰაერის 1°C-ით გასათბობად. აქედან ნათელია, თუ რა გაელენას ახდენენ ოკეანის თბილი დინებები მიმდებარე სანაპიროს კლიმატზე.

დაბალი სითბოგამტარებლობა განაპირობებს ტემპერატურის სუსტ გავრცელებას წყლის ღრმა ფენებში. ამის შედეგად წარმოიშობა ტემპერატურული სტრატიფიკაცია, რომელიც ხელს უშლის თხელწყლიან წყალსატევებშიც კი ფსკერამდე წყლის გათბობას.

ძალზე დიდია ყინულის დნობის ხვედრითი ფარული სითბო, რომელიც $3,35 \times 10^5$ ჯოულ/კგ-ია.

აღსანიშნავია წყლის ანომალური თვისება – გაცივებისაგან გაფართოება +4°C-დან 0°C-დე., რითაც წყალი განსხვავდება სხვა სითხეებისაგან, რომლებიც გაყინვისას ყველაზე დიდი ხვედ-

რითი წონისანია. წყლის ეს თვისება განაპირობებს იმ უმნიშვნელოვანეს მოვლენას, რომ წყალი გაყინვისას არ იძირება და იყინება წყლის მსოლოდ ზედაპირი, რომელიც ქვედა ფენებს იცავს შემდგომი გაცივებისაგან.

წყალს გაცილებით მეტი სიმკვრივე (10^3 კგ/მ^3) აქვს, ვიდრე ჰაერს (1,3 კგ/მ^3). ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს პიდრობიონტების სიცოცხლისათვის. ამის გამოა, რომ ცხოველთა და მცენარეთა ძალიან დიდი რაოდენობა მთელი სიცოცხლის მანძილზე შეწონილ (შეტივტივებულ) მდგომარეობაშია. წყლის დიდი სიმკვრივე განაპირობებს პიდრობიონტების აგებულების მთელ რიგ თავისებურებებს: მათ შორის გუსვედება ისეთი ფორმები, რომლებიც მოკლებული არიან როგორც შინაგან, ისე გარეგან ჩონჩხს, აქვთ რბილი, ფამარი სხეული (სიფონოფორები, მედუზები, სავარცხლურები).

წყალსატევების სიცოცხლეზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის მასების სხვადასხვა სახის მოძრაობანი: ზედაპირული და ფსკერული დინებები, წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია და სხვ., რომლებიც თავის მხრივ სხვადასხვა ფაქტორებითაა გაპირობებული. ამ მხრივ მნიშვნელოვან ფაქტორებს განეკუთვნება: ქარები წყალსატევის ზედაპირზე, დედამიწის ბრუნვა თავისი ღერძის გარშემო. ზღვის წყლის სხვადასხვა სიმკვრივე, რასაც ტემპერატურისა და მარილიანობის ცვალებადობა განაპირობებს, ასევე ხმელეთის კონფიგურაცია და ფსკერის პროფილი. იმ დროს როცა ხმელეთზე ნაყოფიერსა და მწირ (უდაბნო) მიწებს უკაეიათ პრაქტიკულად უცელელი მდგომარეობა, წყალსატევებში კი ზონის მოსახლეობა იცვლება დინებების ზემოქმედებით, წყლის სხვადასხვაგვარი გადაადგილებების შედეგად ხდება წყალსატევებში გაზების, გახსნილი ორგანული და მინერალური ნივთიერებების, ტემპერატურის განაწილება, ფსკრული დანალექების გადანაწილება და ფორმირება.

წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია განსაკუთრებით ინტენსიურად ხორციელდება თხელწყლიან უბნებში, ამიტომ განსაკუთრებით მდიდარია სიცოცხლით სანაპირო რაიონები და შელჩები – 150-200 მ-ის სიღრმემდე. სანაპირო ზონაში (შელფის ზონა), რომელიც მსოფლიო ოკეანის მთელი აკვატორიის 7,6%-ია, მსოფლიო რეწვის 86% მოდის. ძალზე დიდი როლს ასრულებს წყლის მოძრაობა პიდრობიონტების განსახლებაში. დინებებს გადააქვთ დიდ მანძილზე ცხოველები, მათი კვერცხები და ლავრები, მცენარეები და მათი სპორები

ფსკერის უხერხემლოთა ლარვების ღრეიფი ნაპირებიდან 400-500 კმ-ზე გრძელდება მოკლეთმიანი კი განედური დინებების საშუალებით უფრო დიდ მანძილზე (400-5000 კმ) გადაიტანება.

პიდროსფეროში სიცოცხლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გამოვლინებაა წნევა, რომელიც წყლის ზედა ფენებისაგან ქვემოთ მდებარე ფენებზე და ყველა ჩაძირულ საგანზე ხორციელდება (პიდროსტატიკური წნევა). მღვის წყლის 10 მეტრის სიმაღლის სვეტის წნევა 1 სმ^2 ზედაპირზე შეადგენს $1{,}01 \times 10^5$ პა-ს. ამგვარად უღიდეს ოკეანურ სიღრმეებში წნევა ძალზე დიდია. მრავალი მღვის ცხოველი ცხოვრობს სიღრმისა და წნევის დიდ დიაპაზონზე. მაგალითად, მუცელფეხიანი მოლუსკი Natica groënlandica გავრცელებულია 3 მ-დან 2300 მ-ის სიღრმეზე, ხოლო ჭია Priapulus caudatus 10 მ-დან 7000 მ-დე. ლაბორატორიული ცდები გვიჩვენებს, რომ თხელწყლიან ზონაში მცხოვრებ ორგანიზმებს აქვთ უნარი აიტანონ დიდი წნევა. მაგალითად, ზოგიერთი აქტინიები (თავფუსიანი მოლუსკები) და მღვის ვარსკვლავები (კანეკლიანები), რომლებიც მიმოქცევის ზონაში ცხოვრობენ, უძლებენ წნევის აწევას 10 მპა-მდე, ხოლო ხოჭო მცურავის ლარვები გარკვეულ ხანს უძლებენ წნევას 60 მპა-მდე.

სუნთქვის პირობები წყლისა და ხმელეთის ორგანიზმებისათვის არსებითად განსხვავებულია. ხმელეთზე 1 ლ ჰაერი შეიცავს 210 მლ ქანგბადს. ე.ი. 20-30-ჯერ მეტს, ვიდრე 1 ლ წყალი. ქანგბადის დაბალი შემცველობის გამო ჰიდრობიონტების დიდი ნაწილი — ციესისხლიანი (პოიკილოთერმული) ფორმებია, რომლებშიც ნივთიერებათა ცვლა მიმდინარეობს უფრო ნაკლებინტენსიურად, ვიდრე თბილსისხლიან (ჰომოიოთერმულ) ცხოველებში.

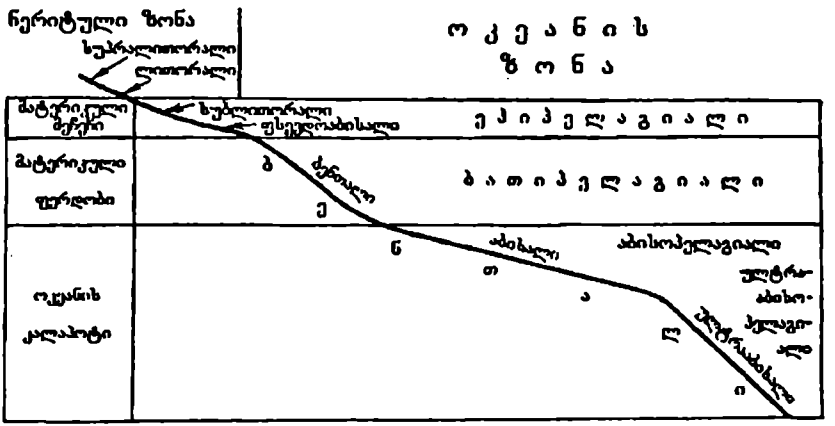
2. წყალსატევის ბიოტოპები

თითოეულ სახეობას არსებობისათვის აუცილებლად სჭირდება როგორც ფიზიკურ-ქიმიური, ისე ბიოლოგიური გარკვეული პირობები. ამიტომ სახეობის განაწილება წყალსატევში მჭიდროდაა დაკავშირებული გარკვეულ ადგილსამყოფელთან — ბიოტოპთან (bios სიცოცხლე, topos ადგილი).

ბიოტოპი. წყლის სისქესა და ფსკერზე გარკვეული მოცულობის ან ფართობის ადგილია (რაიონია), რომელიც სასიცოცხლო პირობების ერთგვაროვნებით გამოირჩევა. ბიოტოპი შეიძლება

იყოს როგორც არაორგანული, ისე ორგანული ხასიათის (მაგალითად პარაზიტებში). წყალსატევებში გამოირჩევა ორი ძირითადი ბიოტოპი: ფსკერი – ბენთალი (benthos – სიღრმე) და წყლის სისქე – პელაგიალი (pelagos – ზღვა).

წყალსატევებში არსებობის პირობები სიღრმესთან ერთად მნიშვნელოვნად იცვლება. შესაბამისად იცვლება მოსახლეობის თვისობრივი და რაოდენობრივი სტრუქტურა. იცვლება ასევე მოგიერთი მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური თავისებურებები (საკვების მოპოვებისა და გადამუშავების ხერხები, მორფოლოგია, გამრავლების ხასიათი და სხვ.). სიღრმის მიხედვით ამ განსხვავებებს მიეყაყართ თანმიმდევრობით ტანლაგებული და ვერტიკალურად ერთმანეთის შემცველი სასიცოცხლო ზონების ჩამოყალიბებამდე.



სურ. 1. *მსოფლიო ოკეანის ბენთალისა და პელაგიალის ეკოლოგიური ზონები.*

<u>ზღვების ბენთალი</u>. ზღვის ფსკერის დანაწილების ერთიანი. საერთოდ მიღებული სქემა დღემდე არ არის. სხვადასხვა სქემების გათვალისწინებით ზოგადი სურათი ასეთია (იხ. სურ. 1).

მატერიკული თავთხელი ანუ მეჩეჩი მეიცავს თანამიმდევრობით 3 ზონას: სუპრალითორალურ, ლითორალურ და სუბლითორალურ ზონებს. მეჩეჩის ქვედა საზღვარი ოკეანის სხვადასხვა უბნებში სხვადასხვაა: საშუალოდ 200-მდე აღწევს; ზოგჯერ კი, 500-

800 მ-დე ეშვება (ჩრდილოეთის ზღვები, ანტარქტიკის ზღვები), მეჩეჩის საშუალო სიგანე 70 კმ-ია. ხოლო უდიდესი სიგანე კი – 1200 კმ (ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანის ზღვები).

სუპრალითორალური ზონა (supra – ზემოდან, მაღლა) თავისებური ოლქია ზღვისა და ხმელეთის საზღვარზე. ის განლაგებულია მაქსიმალური მოქცევის დონეზე მაღლა. სუპრალითორალი მთლიანად იშარება წყლით ქარების დროს, ხოლო ჩვეულებრივ მოქცევის ზემოქმედების ქვეშაა. ამ ზონის მოსახლეობა თვისობრივი შემადგენლობით ღარიბია, ხოლო ცალკეული წარმომადგენლების რიცხოვნობა კი ზოგჯერ ძალზე დიდია.

ლითორალი (litus – სანაპირო), ანუ მიქცევა-მოქცევის ზონა. ღრუის ცვალებადობის მიქცევა-მოქცევის ამპლიტუდა საშუალოდ 0,5-2,0 მ-ია. მსოფლიო ოკეანის ზოგიერთ რაიონებში მოქცევის სიმაღლე აღწევს 12-16 მ-ს. მაქსიმალური სიდიდე აღნიშნულია კანადაში, მდინარე პატიკოდნაკის ყურეში 18,5 მ. მშრალი ზონის სიგანე უმეტესად არ აღემატება 10-15 მ-ს; ზოგიერთ ზღვებში კი იგი რამდენიმე კმ-ს აღწევს. ლითორალისათვის დამახასიათებელია ყველა ფიზიკურ-ქიმიური ფაქტორების არამდგრადობა. ამის გამო მისი მცხოვრებნი კარგად არიან შეგუებული საარსებო პირობების პერიოდულ ცვალებადობას: მრავალ ლითორალში მცხოვრებ უხერხემლოებსა და თევზებს შეუძლიათ ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე გაძლონ უწყლოდ ე.ი. ამფიბიური ყორმებია. ასეთებია თევზებიდან ზოგიერთი სახეობები Blenniidae-ს ოჯახიდან – ზღვის ძაღლები. ტროპიკული თევზები – პერიოფთალმუსები პაერის გარემოში ძლებენ 37 საათამდე.

სუბლითორალი (sub – ქვეშ) განლაგებულია ლითორალის ქვემოთ. მისი სიგანე მეჩეჩის (თავთხელის) სიგანეშია დამოკიდებული და მერყეობს რამდენიმე კმ-დან ასეულ კმ-დე. სუბლითორალს ყოფენ ზედა და ქვედა ქვეზონებად. პირველში დიდია განათებულობა, ტემპერატურის სეზონური ცვალებადობა საკმაოდ მნიშვნელოვანია – განსაკუთრებით კი ზომიერ სარტყლებში; აღინიშნება ფსკერული დანალექების დიდი ნაირგვარობა. 50-60 მ-ის ქვემოთ განლაგებულია ქვეზონა, რომელიც მეჩეჩის ბოლომდე გრძელდება. აქ ტემპერატურა სეზონურ ცვალებადობას თითქმის მოკლებულია. მკვეთრად ეცემა განათებულობა, ჭარბობს შლამიანი დანალექები.

ბათიალი (bathus – ღრმა) განლაგებულია კონტინენტური (მატერიკული) ფერდობის ფარგლებში, რომელიც უმეტესად 1700 მ-ის სიღრმემდე ერცელდება, ხოლო მაქსიმალურად კი 2500-3000 მ-დე. ბათიალის წილად მოდის მსოფლიო ოკეანის მთელი ფართობის 14,5%. ფსკერის ეს მონაკვეთი გამოირჩევა ძალზე რთული რელიეფით: ციცაბოდ დაქანებულ ხრამებს ენაცვლება ბრტყელი კბოდეები. ძალზე მრავალრიცხოვანია ღრმად შეჭრილი დაბლობები – კანიონები და მთის ქედები. წყლის მასებს ბათიალის ფარგლებში აქვთ მუდმივი ტემპერატურა და მარილიანობა, კარგად გაჯერებული ჟანგბადით.

აბისალი (abyssos – უძირო). ბათიალსა და აბისალს შორის 2500-3500 მ-ის სიღრმეზე არსებობს კარგად გამოხატული გარდამავალი ოლქი. აქ სდება ფაუნის ნახტომისებური ცვლა. მისი სახეობრივი შემადგენლობის ყველაზე მკვეთრი ცვლილებები აღნიშნულია 3000 მ-ის სიღრმეზე. სწორედ აქ ვაღის აბისალის ზედა საზღვარი. ტროპიკებთან ახლოს ის უფრო ღრმად ეშვება და ეკვატორის ფარგლებში 4800 მ-ის სიღრმემდე აღწევს. აბისალურ მონას უკავია ოკეანური ტაფობის ფართო სივრცე. მის წილად მოდის მსოფლიო ოკეანის ფართობის 82%-მე მეტი. აბისალის სპეციფიური ნიშანია საარსებო პირობების დიდი მონოტონურობა. წყლის ტემპერატურა მერყეობს 1,2-3,6°C-შორის. საკვები რესურსები ძალზე შეზღუდულია, ჟანგბადის შემცველობა მაღალია, ზღვრულ სიღრმეებზე პიდროსტატიკური წნევა აღწევს 600 პა-ს.

ულტრააბისალი. 6000 მ-ის სიღრმეზე კარგადაა გამოხატული ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის ცვლა, რამაც შექმნა საფუძველი გამოყოფილიყო ულტრააბისალური ზონა, რომლის ქვედა ზღვარი ემთხვევა ოკეანის მაქსიმალურ სიღრმეს (მარიანის ღრმული, 11055მ.). ფსკერი მოიცავს ღრმულებს და კუნძულისებრ რაკლებს. ღრმულების პროფილი ასო U-ს ფორმისაა. მათი ფსკერი თითქმის პორიზონტალურია, სიგანე არ აღემატება რამდენიმე კმ-ს და მხოლოდ ზოგჯერ აღწევს 20-40 კმ-ს. ღრმულთა ფერდობები ძალიან ძლიერაა დანაწევრებული, გამოირჩევა რთული რელიეფით და დანალექების დიდი ნაირგვარობით. ღრმულთა რაიონებისათვის დამახასიათებელია დიდი სეისმურობა. 27 ცნობილი ღრმულიდან 21 წყნარ ოკეანეშია. გარემოს უმრავლესი ფაქტორებით (ტემპერატურა, მარილიანობა, ჟანგბადის შემცველობა და სხვ.). ულტრააბისა-

ლი პრაქტიკულად არ განსხვაედება აბისალისაგან. სპეციფიურია აქ მხოლოდ ჰიდროსტატიკური წნევა, რომელიც აღწევს 1100 პა-ს.

ზღვების პელაგიალი. ზღვების წყლის სისქე ჰორიზონტალური მიმართულებით ორ ზონად იყოფა: სანაპირო ანუ ნერიტული (nerites — სანაპირო) და ოკეანური ზონა.

ნერიტული ზონა განლაგებულია თავთხელის ანუ მეჩეჩის თავზე. მისი წყლები სისტემატურად მდიდრდება ბიოგენური ელემენტებით და ორგანული ნივთიერებებით კონტინენტიდან მდინარეული ჩამონადენებისა და წყლის ვერტიკალური ცირკულაციის გზით. ოკეანურ ზონასთან შედარებით ნერიტული ზონის მოსახლეობა თვისობრივი და რაოდენობრივი თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად მდიდარია. ზღვის სანაპირო ზოლის პელაგიალში ცხოვრობენ ულვამტოტიანი კიბოები და ციბრუტელები. ნერიტული ფაუნის მნიშვნელოვანი კომპონენტია ფსკერის უხერხემლოთა პელაგური ლარვები. ბენთოსის მრავალი სახეობის ინტენსიური ტოფობის პერიოდში მათი ლარვები შეადგენენ ფაუნის 80-99,5%, ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებში არსებობის პირობების მნიშვნელოვანი სეზონური ცვლილებების გამო წყალმცენარეები და მრავალი უხერხემლო ცხოველები წარმოქმნიან სპორებს და მოსვენებულ სტადიებს, რომელთაც მოკლებული არიან ოკეანური ზონის მცხოვრებნი.

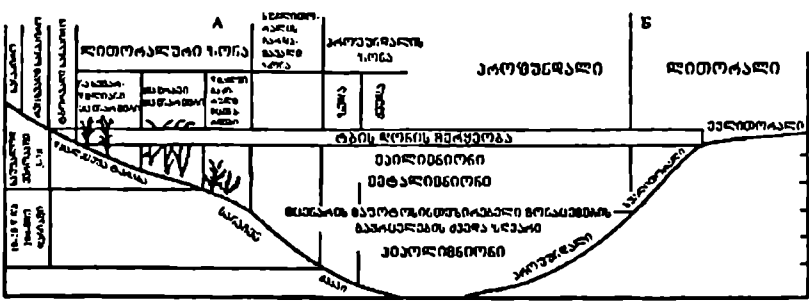
ნერიტულსა და ოკეანურ ზონებს შორის საზღვრები ხასიათდება სეზონური მერყეობით: გაზაფხულზე ნერიტული სახეობები გამტკნარებულ წყლებთან ერთად ოკეანური სიღრმეებისაკენ ვრცელდებიან კონტინენტური დინებების (გაზაფხულზე, წყალდიდობების დროს მდინარეების მომძლავრება) ზემოქმედებით, შემოდგომაზე კი ამ სახეობათა გაერცელების საზღვარი ნაპირისაკენ ვადმოინაცვლებს.

ოკეანური ზონა მოიცავს პელაგიალის ყველა დანარჩენ სივრცეს. ზონის ფაუნის 80-90%-ს ნიჩაბფეხიანი კიბოები შეადგენენ. სიღრმესთან ერთად ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებით მიმდინარეობს პიდრობიონტების თვისობრივი და რაოდენობრივი სტრუქტურის ცვალებადობა. პელაგიალის ბიოლოგიური ზონალობის საერთო სქემა ასეთია: ზედაპირული ზონა — ეპიპელაგიალი 0-150 (200) მ. გარდამავალი შრე — მეზოპელაგიალი: 150(200) — 750(1000) მ; ღრმაწყლიანი ზონა — 750

(1000) მ-ს ქვემოთ; მოიცავს ზედა ქვეზონას, ანუ აბისოპელაგიალი 2500 (3500) მ-ზე ქვემოთ. პელაგიალში ფსკრული ფაუნისაგან განსხვავებით არ გამოიყოფა ულტრააბისალი, რამდენადაც არ არის შემჩნეული ამ ზონისათვის სპეციფიური სახეობები.

პელაგიალის სპეციფიური თავისებურებაა (განსაკუთრებით ზღვის) ბიოტოპების მოძრაობა: მათი საზღვრები იცვლიან მდებარეობას სეზონურად და წლების მანძილზე. განსაკუთრებით მკვეთრადაა გამოხატული ეს მოვლენა ზედაპირულ პორიზონტებში (150-200 მ-ის სიღრმემდე).

ტბების ბენთალი და პელაგიალი. მიღებულია ტბების ბენთალის დაყოფა 3 ვერტიკალურ ზონად: ლითორალი, სუბლითორალი და პროფუნდალი (სურ. 2).



სურ. 2. *ტბების ბენთალისა და პელაგიალის ეკოლოგიური ზონები* **A** *– ზერნოვის (1949);* **Б** *– Ruthner (1962).*

ლითორალი – ფსკერის ნაწილია – დასახელებული მცენარეულობით, რომელიც სხვადასხვა ეკოლოგიურ ჯგუფს მიეკუთვნება. ლითორალის ქვედა საზღვარი 3-7 მ-ის სიღრმეზე გადის. ამ ზონის მოსახლეობა ნაირგვარია და რაოდენობრივად მდიდარი.

სუბლითორალი – ერცელდება 10-12 მ-ის სიღრმემდე. ამ ზონისათვის დამახასიათებელია ფსკერის მკვეთრი დაქანება (დამრეცი ზედაპირი). სინათლის უკმარისობის გამო მცენარეები აქ პრაქტიკულად არ გვხვდება.

პროფუნდალი – ეს ტბების ტაფობია (ქვაბური). ამ ზონის პირობები გამოირჩევა დიდი მუდმივობით, ჭარბობს შლამიანი გრუნტი მრავალ ტბაში აღინიშნება ქანგბადის მნიშვნელოვანი

დეფიციტი. პროფუნდალის მოსახლეობა თეისობრივად ღარიბია, მაგრამ ხშირად აღწევს დიდ რიცხოვნობას ორგანული ნარჩენების სიმდიდრის გამო, რომელიც წარმოადგენს სირონომიდების ლარვების, მცირეჯაგრიანი ჭიების და ორსაგდულიანი მოლუსკების – ამ ზონის ძირითად მცხოვრებთა საკვებს.

ტბებში წყლის სისქე-პელაგიალი – პორიზონტალური მიმართულებით ორ ზონად იყოფა: სანაპირო ზონა, რომელიც ლითორალის თავზეა განლაგებული და პელაგიური ზონა, რომელიც ტბის დანარჩენ სივრცეს მოიცავს.

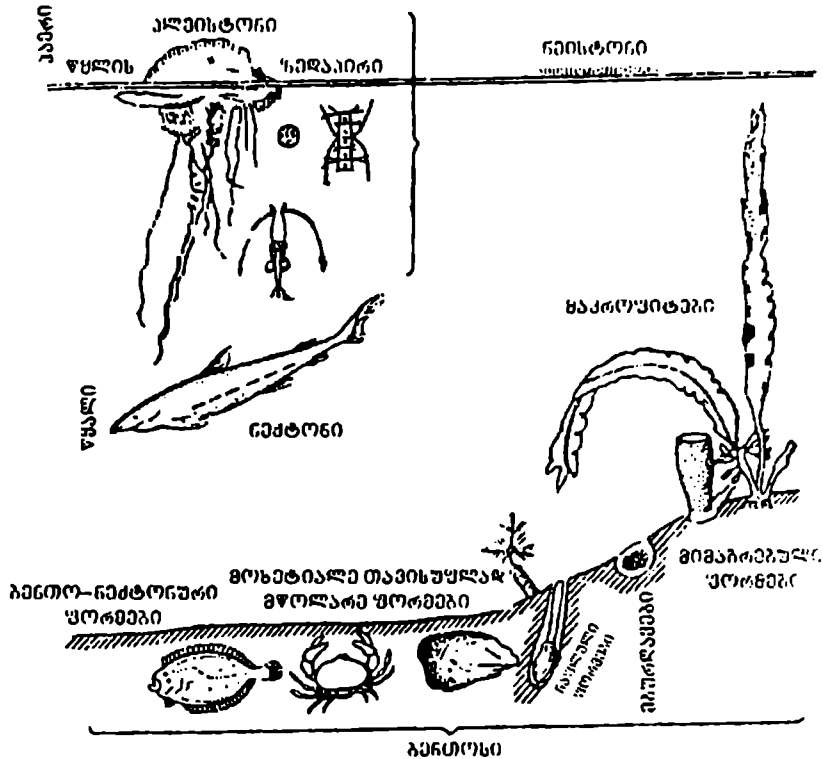
3. ჰიდროსფეროს მოსახლეობის ძირითადი სასიცოცხლო ფორმები

ეკოლუციის მანძილზე პიდრობიონტები სამ ძირითად აღგილსამყოფელს შეეთვისნენ: წყლის ზედაპირულ აპკს, წყლის სისქეს და ფსკერს. ცალკეულ ამ ბიოტოპიდან, რომელთაც სხვადასხვა სასიცოცხლო პირობები აქვთ, მოსახლეობას განუვითარდება სპეციფიური ადაპტაციური ნიშნები და ის ფორმირდება ამა თუ იმ სასიცოცხლო ფორმებად (სურ. 3). წყლის სისქეში ზედაპირიდან ქვემოთ განსახლებულია ძირითადი სასიცოცხლო ფორმები: ნეისტონი, პლეისტონი, პლანქტონი, ნექტონი.

პლანქტონი (planktos – მოტივტიეე) მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმების ერთიანობაა (ფიტოპლანქტონი და ზოოპლანქტონი) – უმეტესად მიკროსკოპული ფორმები, რომლებიც ცხოვრობენ წყლის სისქეში შეტივტიეებულ მდგომარეობაში და დინების წინააღმდეგობის გადალახვა არ შეუძლიათ. ზოგჯერ პლანქტონს მიაკუთნებენ ხოლმე მცირე ზომის ნაკლებად მოძრავ თევზებსაც, რომელთაც ხანგრძლივად მოძრაობა არ შეუძლიათ და უმეტესწილად წყლის დინებით გადაადგილდებიან (მანათობელი ანჩოუსები, ჯუჯა საირა), ასევე ზოგიერთ აქტიური ცურვის შეზღუდული მესაძლებლობების თევზებს. (მთვარა თევზი, მუცელნემსა) და ასევე ყველა პელაგიური თევზების ლარვულ ფორმებს – ლიფსიტებს.

ნექტონი (nectos – მცურავი) განეკუთნება დიდი ზომის აქტიურად მცურავი ორგანიზმები, რომელთაც კარგად აქვთ განვითარებული მოძრაობის ორგანოები, შეუძლიათ გადალახონ ნებისმიერი ძალის დინება და წყალში განაივითარონ დიდი სიჩქარე (60

მ/სთ-დან 120 კმ/სთ-დე). ნექტონს ქმნიან ძირითადად თევზები (ელაგური), ზღვის ძუძუმწოვრები (დელფინები, ვეშაპები) და ფეხიანი მოლუსკები.



სურ. 3. *წყალსატევების მოსახლეობის ძირითადი სასიცოცხლო ფორმები.*

პლეისტონი (ბერძნ. plein – ცურვა ნასევრად ჩაძირულ მდგომარეობაში). ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ორგანიზმები, რომელთა სხეულის ნაწილი მუდმივად იმყოფება წყლის ზემოთ, ნაწილი კი ჩაძირულია წყალში. ყველაზე ტიპური პლეისტონური ორგანიზმებია სიფონოფორები (მათი პნევმატოფორი [illegible]

წყალს ზემოთაა, ხოლო ხისებრ დატოტვილი სხეული ჩაძირულია წყალში. გადააღგილდებიან ისინი დინების სამუალებით – პნევმატოფორი მართლაც იალქნის ფუნქციას ასრულებს). მთვარა თევზსაც, რომელიც ზემოთ პლანქტონში მოვიხსენიეთ, ზოგი პლანქტონს და ზოგი პლეისტონს მიაკუთნებს. იალქნის როლს თევზის შემთხვევაში მათი დიდი ზომის მარაოსებრი ბურგის ფარული ასრულებს, რომელსაც საკვების ძებნის მომენტში გაშლის და გადაადგილდება.

ნეისტონი – (nein – ცურვა) – წყლის აპკთან დაკავშირებული ორგანიზმები, რომელთა ნაწილი წყლის აპკზე ზემოდანაა დასახლებული (ეპინეისტონი – ძირითადად ზრდასრული მწერები) და ნაწილი კი წყლის აპკს ქვემოდანაა მიმაგრებული (ჰიპონეისტონი – ძირითადად მწერთა ლარუული ფორმები). წყლის აპკი მეტად არამყარი ბიოტიპია და ქარებისა და ღელვის დროს აღვილად ინგრევა. ფაქტიურად ის დროებითი ბიოტიპია და მოსასლეობაც დროებითი ბიოცენოზი.

წყალში მეტიეტიევებულ ორგანიზმებსა და არაცოცხალ მასალას (ტრიპტონი) – ერთად სესტონი ეწოდება. (Sestos – გაბნეული, განთესილი).

ბენთოსი (benthos – სიღრმე) წყალსატევების ფსკერის მოსახლეობაა. ცხოვრების ნირის მიხედვით ბენთოსს 6 ჯგუფად ყოფენ: 1. მოძრავი ფორმები, 2. ფსკერზე მწოლარე ფორმები, 3. ჩაფლული ფორმები, 4. მბურღავები, 5. ბენთო-ნექტონური ფორმები. 6. მიმაგრებული ფორმები ამ უკანასკნელ ჯგუფში განსაკუთრებით გამოყოფენ ე.წ. პერიფიტონს ანუ შემონამარდების მოსახლეობას (peri – ირგვლივ, phitos – მცენარე). პერიფიტონს მიეკუთვნება მიკროსკოპული მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები, რომლებიც სახლდებიან წყალში ჩაძირულ ნებისმიერ მკვრივ საგნებზე (ხეზე, ქვებზე, მცენარეებზეც) და ქმნიან ერთგვარ შემონამარდებს – მჭიდროდ დასახლებულ მასას – ერთგვარ ბიოცენოზს – ძირითადად მიმაგრებული ფორმებია – ორსაგდულიანებიდან – მიდიები). პერიფიტონი დიდ დაბრკოლებებს ქმნის წყალქვეშა ტექნიკური ნაგებობების ფუნქციონირებისას. მაგალითად, მიწისქვეშა არხების, ჰიდროელექტროსადგურების ჩამკეტი ფარების მედაპირზე დასახლებისას.

მთელი რიგი ბენთოსური ფორმები ცხოვრობენ წყლის დონის ზემოთ სანაპიროს სილაში. სიცოცხლის ამ ფორმამ მიიღო სახელ-

წოლება ფსამონი (psammos – სილა). ცალკეულ სილის ნაწილაკებს შორის არსებული სიერცე ამოვსებულია წყლით, რომელიც განსხვავდება ქიმიური შემადგენლობით გარშემო არსებული თავისუფალი წყლისაგან. ასეთი წყლებისათვის დამახასიათებელია სიხისტის, ტუტიანობის გაზრდა, ორგანული ნივთიერებების მეტი შემცველობა, სხვადასხვა მინერალური შენაერთების ნაირგვარობა და დიდი რაოდენობა. ფსამონის შემადგენლობა ძალზე ნაირგვარია, მაგრამ სპეციფიური ფორმები მასში არ შეიმჩნევა. კოსტინენტური წყალსატევების ფსამონის დამახასიათებელ წარმომადგენლებს განეკუთვნება: წყალმცენარეები, ინფუზორიები, ციბრუტელები, ჭიები, მწერთა ლარვები დ სხვანი. ზღვის პლიაქების სილისათვის დამახასიათებელია: ინფუზორიები, ჭიები, კიბოსნაირები, მოლუსკები. ფსამონის წარმომადგენელთა უმრავლესობა მიკროსკოპული ფორმებია – ჭიისებური სხეულით.

4. ჰიდრობიონტების დამოკიდებულება გარემოს ფაქტორებთან

გარემოს სხვადასხვა ელემენტებს, რომლებიც გარს აკრავს ორგანიზმებს და ზემოქმედებენ მათზე – ფაქტორები ჰქვია. ისინი იყოფა აბიოტურ და ბიოტურ ფაქტორებად. აბიოტურ ფაქტორებს განეკუთვნება: წყლის გამჭვირვალობა, წყალში გახსნილი გაზები, წყლის აქტიური რეაქცია, წყლის ტემპერატურა, სინათლის პირობები, წყალში გახსნილი მინერალური და ორგანული ნივთიერებები. ბიოტური ფაქტორებია: ორგანიზმების ურთიერთმოქმედებები – კეებითი ურთიერთდამოკიდებულება (მტაცებლები, კონკურენტები საკვებისა და აღგილსამყოფელისათვის) ანტროპოგენული ფაქტორი (ადამიანის ზემოქმედება ჰიდროსფეროზე) ფაქტორებიდან წამყვანი მნიშვნელობა ენიჭება ზოგიერთს: წყალში გახსნილ მინერალურ და ორგანულ ნივთიერებებს. საერთო მარილიანობას, გაზებს, აქტიურ რეაქციას, ტემპერატურას, სინათლეს, საკვებს. ჰიდრობიონტების ნაწილს აქვს უნარი იარსებოს გარემოს მეტად ცვალებად პირობებში და მათ ეერიეკები (eurys – ფართო) ჰქვიათ და ნაწილი კი ადაპტირებულია ფაქტორთა მცირე ფარგლებში ცვალებადობასთან. მათ სტენოეკები (stenos – ვიწრო) ჰქვიათ. ამგვარად, ეკოლოგიური ვალენტობა ანუ ორგანიზმების უნარი, დასა-

სილღეს და იცოცხლოს ვარემოს ფაქტორთა ცვალებადობის სხვადასხვა ფარგლებში – ევრიეკებისათვის დიდია და სტენოეკებისათვის მცირე.

ვარემოს უმნიშვნელოვანეს ფაქტორებთან შესაბამისობაში ჰიდრობიონტები შემდეგნაირად შეიძლება დაიყოს: ტემპერატურის მიმართ: ევრითერმული და სტენოთერმული ფორმები, სინათლის მიმართ: ევრიფოტური და სტენოფოტური ფორმები, ჟანგბადის მიმართ: ევრიოქსიგენური და სტენოოქსიგენური ფორმები, აქტიური რეაქციის მიმართ: ევრიონური და სტენოიონური ფორმები. მარილიანობის მიმართ: ევრიჰალინური და სტენოჰალინური ფორმები, სიღრმის მიმართ: ევრიბათური და სტენობათური ფორმები, საკვების მიმართ: ევრიფაგური და სტენოფაგური ფორმები.

ცალკეული სახეობის ორგანიზმები ამა თუ იმ ფაქტორებთან დაწყობილებულების მიხედვით ერთი ფაქტორის მიმართ დიდი ეკოლოგიური პლასტიურობით გამოირჩეიან, ვიდრე სხვა ფაქტორის მიმართ. მაგალითად, კოლო Chaoborus -ის ლარვები წარმოადგენენ მტკნარი წყლის ფორმებს, ე.ი. ისინი სტენოჰალინური ფორმებია. ამასთან ერთად იგივე საობორესის ლარვები ევრიოქსიგენური ფორმებია, რადგანაც მათ შეუძლიათ დიდი ხნის მანძილზე გაძლონ ისეთ გარემოში, სადაც თითქმის სრული უჟანგბადობაა.

ორგანიზმებს, რომელბიც ფაქტორთა უმეტესობის მიმართ გამოირჩევიან დიდი პლასტიკურობით, ევრიბიონტური ფორმები ქქვიათ.

5. ცნება ჰიდრობიონტების პოპულაციებისა და ბიოცენოზების შესახებ

ჯაშუაოფა ცოცხალი მატერიის ორგანიზაციის ოთხი ძირითადი საფეხური: 1. მოლეკულურ-გენეტიკური. 2. ონტოგენეტიკური, სადაც სიცოცხლის ერთეულია ინდივიდი. 3. პოპულაციურ-სახეობრივი. პოპულაცია (ფრანგულად population – მოსახლეობა) ეწოდება ერთი სახეობის ინდივიდთა ერთობლიობას მრავალი თაობის განმავლობაში გარკვეულ ტერიტორიაზე დასახლებულს. 4. ბიოცენოტიკური. ბიოცენოზი (bios – სიცოცხლე, kanios – მოგადი) წარმოადგენს კომპლექსს, რომელიც აერთიანებს ფიტოცენოზს, ზოოცენოზს და სათანადო ტერიტორიას (ბიოტოპი). ამ ცენოზების შემადგენლობაში შეღიან სხვადასხვა სახეობების ცენოზები.

წყალსატევებში ყველა ურთიერთმოქმედი ცენოზების ერთობლიობა განიხილება, როგორც ერთიანი ეკოლოგიური სისტემა (ეკოსისტემა).

პოპულაციის მიერ დაკავებული ტერიტორიის სიდიდე ძლიერ ცვალებადობს პოპულაციის ინდივიდთა სახეობის მიხედვით. ხშირ შემთხვევაში ის დამოკიდებულია ინდივიდთა მოძრაობის ხარისხზე ე.წ. ინდივიდუალური აქტიურობის რადიუსებზე. მაგალითად, ქაშაყისათვის ეს რადიუსი რამოდენიმე ასეულ კილომეტრს შეადგენს, უკბილო ვეშაპისათვის კი რამოდენიმე ათასი კილომეტრია.

პოპულაციების რაოდენობრივი დახასიათებისათვის იხმარება ცნებები – სიდიდე და სიმჭიდროვე. პოპულაციის სიდიდე განისაზღვრება მასში შემავალი ინდივიდების რიცხოვნობითა და ბიომასით. ერთი სახეობის ინდივიდებს აქვთ ძალზე დიდი რიცხოვნობა და მცირე ბიომასა (მაგალითად: ბაქტერიები, წყალმცენარეები, უმარტივესები) სხვა სახეობის შემთხვევაში კი მცირე რიცხოვნობა და დიდი ბიომასა (მსხვილი უხერხემლოები, თევზები, ბღვის ძუძუმწოერები). პოპულაციის სიმჭიდროვე – ეს მოცემული სახეობის ინდივიდთა რიცხვია, რომელიც მოცულობის ან ფართობის ერთეულზე მოდის. ინდივიდთა რაოდენობა შეიძლება გამოხატულ იქნეს მათი რიცხვით. მასით ან ენერგეტიკული ერთეულებით (მაგალითად, კალორიებით).

პოპულაციის სიმჭიდროვისა და რიცხოვნობის შენარჩუნება სათანადო დონეზე ხორციელდება სხვადასხვა გზებით. არსებობის პირობების გაუარესებისას ხორციელდება პოპულაციის რიცხოვნობის თვითრეგულაცია: ეცემა ინდივიდთა ზრდის ტემპი, სქესობრივი სიმწიფე დგება გვიან, იზრდება სიკვდილიანობა, სწორად იცვლება გამრავლების ტემპი. მაგალითად, ულვაშტოტიანი კიბოები ბედმეტად სწრი პოპულაციის პირობებში პართენოგენეზული გამრავლებიდან გადადიან სქესობრივ გამრავლებაზე, პარალელურად მცირდება მდედრების რიცხვი.

პოპულაციის ნორმალური არსებობისათვის მისი სიმჭიდროვე საკმაოდ მაღალი უნდა იყოს. თუ სიმჭიდროვე ეცემა გარკვეული კრიტიკული დონის დაბლა, პოპულაცია არა მარტო არ იზრდება, არამედ არ ძალუძს თავისი რიცხოვნობის შენარჩუნებაც კი. ამ შემთხვევაში ძნელდება მოიძებნოს საწინააღმდეგო სქესის ინდივიდები, პოპულაციის თავდაცვითი თვისებების გამომუშავება და

სხვ. ეს გარემოება აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული, რადგან ადამიანი თავისი მოქმედებით ხშირად ამცირებს პოპულაციის რიცხოვნობას იმ დონემდე, როცა მისი დაღუპვა გარდაუვალი ხდება.

პოპულაციის შიგნით ინდივიდთა ურთიერთობის ფორმები საკმაოდ ნაირგვარია:

კონკურენცია საკვების ნაკლებობისას აღმოცენდება. კონკურენციის სიმწვავეს ანელებს ცხოველების ასაკის, სქესის, ფიზიოლოგიური მდგომარეობის მიხედვით საკვებზე მოთხოვნილება. ურთიერთდახმარება განსაკუთრებით მკვეთრადაა გამოსატული იმ ცხოველებში, რომლებიც ქმნიან შეჯგუფებას, მაგრამ ადგილი აქვს ცალად ფორმებშიც. მაგალითად, კამჩატკის კიბორჩხალას მამრები ეხმარებიან მდედრებს ჯავშნისაგან გათავისუფლებაში. პირდაპირი ბრძოლა უმეტესად კანიბალიზმითაა გამოხატული და შემჩნეულია იმ დროს, როცა პოპულაცია საკვებით ცუდადაა უზრუნველყოფილი. იგი წარმოიშობა, აგრეთვე პოპულაციის ინდივიდებს შორის თავმესაფრის ძებნისას. ერთი ინდივიდების განვითარების ინჰიბირება (შეზღუდვა) სხვების მეტაბოლიზმის პროდუქტებით ხშირად ხელს უშლის პოპულაციის სიმჭიდროეის ზრდას.

<u>პოპულაციის რიცხოვნობის ანუ სიმჭიდროეის დინამიკა</u>. ინდივიდების რიცხოვნობის ზრდა მისი დამამუხრუჭებელი მიზეზების გამორიცხვის შემთხვევაში მიდის გეომეტრიული პროგრესიით. მაგალითად, ინფუზორია პარამეციუმის ერთი ინდივიდი სიცოცხლის რამოდენიმე დღის მანძილზე, დაყოფისა და შვილეული უჯრედების შექმნის გზით, ქმნის პროტოპლაზმის ისეთ მასას, რომელიც მოცულობით 10000-ჯერ სჭარბობს დედამიწის სფეროს. მაგრამ პოპულაციის პოტენციალურ ზრდას უპირისპირდება ინდივიდთა ნამდვილი (რეალური) ზრდა, რომელიც შეადგენს პირველის უმცირეს ნაწილს. მიღებულია, რომ ბუნებრივი პოპულაციების რიცხოვნობის მერყეობა (ცვალებადობა) წარმოადგენს ავტომატურად რეგულირებულ პროცესს, რომელსაც წარმართავენ აბიოტური და ბიოტური ფაქტორები (საკვები, მტრები, პარაზიტები).

რიცხოვნობის არაპერიოდული ცვალებადობა გაუთვალისწინებელი ხასიათისაა და ის შეიძლება განპირობებული იყოს წყალსატევების გაჭუჭყიანებით ან ინტენსიური რეწვით.

პოპულაციის რიცხოვნობის პერიოდული მერყეობა არის დღეღამური, სეზონური, მრავალწლიური. რიცხოვნობის დღეღამური ცვალებადობა განსაკუთრებით მკვეთრადაა გამოელენილი მცირე ზომის ორგანიზმების პოპულაციებში, რომელთაც მოკლე სასიცოცხლო ციკლი აქვთ (ბაქტერიები, წყალმცენარეები, უმარტივესები). მათი უმრავლესობის გამრავლების პიკი დილის საათებზე მოდის. რიცხოვნობის სეზონური დინამიკა უმეტეს შემთხვევაში კლიმატური პირობებითაა გაპირობებული (წლის მანძილზე მზის რადიაციის ინტენსიობის ცვალებადობა). მნიშვნელობა აქვს ბიოტურ ფაქტორებსაც: ზრდისა და გამრავლების თავისებურებებს, მტაცებლების გავლენას. მაგალითად, კონტინენტალურ წყალსატევებში გარკვეულ პერიოდებში ხდება სხვადასხვა მწერების ზრდასრული ფორმების (იმაგოთა) მასობრივი გამოფრენა. გენერაციის რიცხვის მიხედვით ამ მწერების რიცხოვნობის შემცირება აღინიშნება 1-დან 4-ჯერ წელიწადში. პოპულაციის რიცხოვნობის მერყეობა რამდენიმე წლის მანძილზე მკვლევართა უმრავლესობის მიერ კლიმატური ფაქტორებითაა ახსნილი — კერძოდ კი, მზის აქტიურობით, რომელიც ისაბღვრება მის ზედაპირზე ლაქების რიცხვით. ციკლის ხანგრძლივობა, რომლის დროსაც ლაქების რიცხვი იცვლება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე, იცვლება 7-დან 16 წლამდე. ეს პიპოთეზა კარგად ხსნის მრავალი თევზის რიცხოვნობის პერიოდულ მერყეობას. ასე მაგალითად, ი. ბერმანმა აჩვენა, რომ ამურის გორბუშას ყველაზე ძლიერი სატოფო მიგრაციები ხდება მზის მაქსიმალური აქტიობის პერიოდში, როდესაც ამურზე შემჩნეულია ზაფხულში წყლის ტემპერატურის ზრდა.

წყლის ბიოცენოზებს თავის სტრუქტურაში აქვთ ნიშნები. რომლებიც საერთოა ხმელეთის ბიოცენოზებთან. ამასთან მნიშვნელოვანი განსხვავებაცაა მათ შორის. წყლის გარემოში ბატონობს ზოოცენოზები. ჰიდროსფეროში ცხოველების მასა მცენარეთა მასას დაახლოებით 19-ჯერ სჭარბობს, ხოლო ხმელეთის ბიოცენოზებში კი მცენარეების მასა დაახლოებით 100-ჯერ ჭარბობს ცხოველებისას.

ყველა საარსებო გარემოში შემჩნეულია ორგანიზმების ქიმიური ურთიერთდამოკიდებულება, რომელიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წყლის გარემოში: ორგანიზმები და, უპირველეს ყოვლისა, მცენარეები სიცოცხლეში და დაშლის შეზღუდვა [illegible]

სხვადასხვაგვარ ორგანულ ნივთიერებებს. ხშირ შემთხვევაში სახეობის რიცხოვნობის რეგულაციაში ქიმიურ შემოქმედებას ენიჭება ძირითადი როლი, რაც გაპირობებულია იმით, რომ ეს ნივთიერებები შეიცავენ ვიტამინებსა და ნაირგვარ ანტიბიოტიკებს. ასევე წყალში გასხნილ ორგანულ ნივთიერებებს, როგორც საკვებს დიდი მნიშვნელობა აქვს ჰიდრობიონტებისათვის.

ხმელეთის ორგანიზმებისაგან განსხვავებით ჰიდრობიონტებს ხშირად ჟანგბადის დეფიციტის პირობებში უხდებათ ცხოერება, ამიტომაც მკვეთრად განსხვავდებიან მათგან.

წყლის ბიოცენოზების სტრუქტურის ზოგიერთი ნიშნები. *სახეობრივი სტრუქტურა*. ბიოცენოზების სახეობრივი შემადგენლობა უმეტეს შემთხვევაში ძალზე ნაირგვარია; ბიოცენოზში უმეტესად ბატონობს ერთი ან რამდენიმე სახეობა (დომინირებული ფორმები) ბიოცენოზების სახეობრივი ნაირგვარობა აიხსნება ისტორიული მიზეზებით და არსებობის პირობებით.

ბიოცენოზების ფორმირების პროცესში სახეობათა რიცხვის თანდათანობითი ზრდის ტენდენცია შეიმჩნევა. სახეობათა დიდი რიცხვი ევოლუციის პროცესში ადრე ჩამოყალიბებული ბიოცენოზებისთვისაა დამახასიათებელი. ასეთი ბიოცენოზები ხასიათდება დიდი მდგრადობით, ამასთან მომწიფებული ბიოცენოზები შეიძლება დროის მანძილზე დაინგრეს სასიცოცხლო გარემოს შეცვლის შედეგად ან ადამიანთა ზემოქმედებით.

ა. ტინემანის წესით გარემოს არახელსაყრელ პირობებში ბიოცენოზი წარმოდგენილია სახეობათა მცირე რიცხვით, რომლებიც თავის მხრივ დიდი რიცხოვნობით ხასიათდებიან — ეს ხდება საკვების სიუხვის პირობებში. გარემოს ხელსაყრელ პირობებში კი ბიოცენოზში შედის ბევრი სახეობა, რომლებიც ინდივიდების მცირე რიცხვით გამოირჩევიან.

ბიოცენოზში შემავალ პოპულაციებს შორის არსებობს დამოკიდებულებების სხვადასხვა ტიპები.

ნეიტრალიზმი — დამოკიდებულების ტიპია, რომლის დროსაც ორი ან რამდენიმე სახეობა — ერთად მცხოერები — სრულიად დამოუკიდებელნი არიან და ერთმანეთზე არავითარ გაელენას არ ახდენენ.

კონკურენცია — სახეობათა მეტოქეობაა, როდესაც ერთი სახეობა მეორეზე არახელსაყრელ გავლენას ახდენს. კონკურენცია ჩნდება საკვებისათვის, ადგილსამყოფელისათვის და სხვა. სახეო-

ბებს შორის კონკურენცია მით უფრო ძლიერია, რაც უფრო ახლოს არიან ისინი ერთმანეთთან ეკოლოგიით. ამასთან, ხშირ შემთხვევაში, სახეობები, რომელთაც აქვთ ერთნაირი კვებითი მოთხოვნილებები, შეიძლება ერთად ცხოვრობდნენ კონკურენციის გარეშე. ეს იმის გამო ხდება, რომ სახეობებს უკავიათ სხვადასხვა ეკოლოგიური ნიშა. ამ ტერმინით აღინიშნება სახეობის ეკოლოგიური მახასიათებლების ერთიანობა – მისი არსებობის ყველა პირობები. სასეობათა ეკოლოგიური მახასიათებლების ცოდნა საშუალებას იძლევა რაციონალურად გამოვიყენოთ წყალსატევების საკვები რესურსები. მაგალითად, ზოგიერთი ქვეყნების საგბორე მეურნეობებში, სადაც თევზების რაოდენობა აღწევს 5000 კგ/ჰა-ს, ამრაელებენ ერთდროულად 5-6 სახეობას, რომლებიც მათი კვებითი მოთხოვნების შესაბამისად ისეა შერჩეული, რომ ტბორის ყველა ეკოლოგიური ნიშა დაკაეებულია: ერთი სახეობა ბენთოსს ითვისებს, მეორე პლანქტონს, მესამე მაკროფიტებს და ა.შ.

<u>მუტუალიზმი</u> (Mutuus - ურთიერთ.) როცა სასეობებს ბრდისა და გამრაელების უნარი აქვთ მხოლოდ ერთმანეთთან ყოფნის პირობებში – ისინი სიმბიოზურად ცხოვრობენ.

<u>თანამშრომლობა ანუ პროტოკოოპერაცია</u> – დამოკიდებულების ტიპია, როცა ცალკეულ სახეობას შეუძლია დამოუკიდებელი არსებობა, რითაც ბიოცენოზში სარგებლობა მოაქვს. მაგალითად, ცნობილია თევზების 26 სახეობა და კიბოსნაირების რამდენიმე სახეობა რომლებიც დიდი ზომის თევზების ექტოპარაზოტებით იკვებებიან, რითაც ისინი სანიტრების ფუნქციას ასრულებენ.

<u>კომენსალიზმი (commensal – თანამცხოვრები)</u> – თანაცხოერება, როცა ერთი სახეობა სარგებლობს ამ თანაცხოვრებით, ხოლო მეორესათვის ამ თანაცხოვრებას არაეითარი სარგებლობა არ მოაქვს. კომენსალებია მრავალი ზღვის უხერხემლოები, განსაკუთრებით კი მჯდომარე ფორმები. მაგალითად, ზღვის კუები და აქტინიები, რომლებიც მოლუსკების ნიჟარაზე არიან მიმაგრებული.

<u>პარაზიტიზმი</u> – ერთი სასეობის არსებობა მეორის ხარჯზე. პარაზიტი აფერხებს მასპინძლის ზრდასა და გამრაელებას და შეიძლება ის დაღუპვამდე მიიყვანოს.

<u>მტაცებლობა</u> – ზოგიერთ პოპულაციებში დამოკიდებულების ძირითადი ტიპია. მტაცებელსა და მსხეერპლს შორის არსებობს მოძრაეი წონასწორობა. მტაცებელი პოპულაციიდან ანადგურებს

პირველ რიგში, როგორც წესი, ხანდაზმულსა და ავადმყოფ ინდივიდებს; ხშირად მსხვერპლი ხდებიან ახალგაზრდა ინდივიდები. სრული განადგურებიდან გადარჩენაში მსხვერპლს ეხმარება თავდაცვითი შეგუების სისტემა. მაგალითად, ციბრუტელა ჭიას — Brachionus pala-ს მესამე თაობას ჯავშანზე უნვითარდება გრძელი ეკლები, რის გამოც მტაცებელ ფორმას — Asplanchna priodonta-ს უჭირს მისი საკვებად გამოყენება.

წყლის გარემოს ძირითადი ბიოცენოზებია პელაგიალი და ბენთალი. რომლებიც არსებითად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. პელაგიალის ბიოცენოზებისათვის დამახასიათებელია ის, რომ ადვილად ერევიან ერთმანეთში. ისინი მნიშვნელოვანი სეზონური ცვლილებებით ხასიათდებიან, რაც მოკლე სასიცოცხლო ციკლითა და მიგრაციებითაა გაპირობებული. ფსკერის ბიოცენოზები ნაკლებადაა დამოკიდებული სეზონური ცვალებადობებისაგან. ამასთან, ისინი მჭიდროდ არიან დაკავშირებული პელაგიალის ბიოცენოზებთან. მათი აყვავების ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორია მათს ზემოთ წყლის მასის არსებობა, რომელიც მდიდარია ორგანული ნივთიერებებით.

თავი II

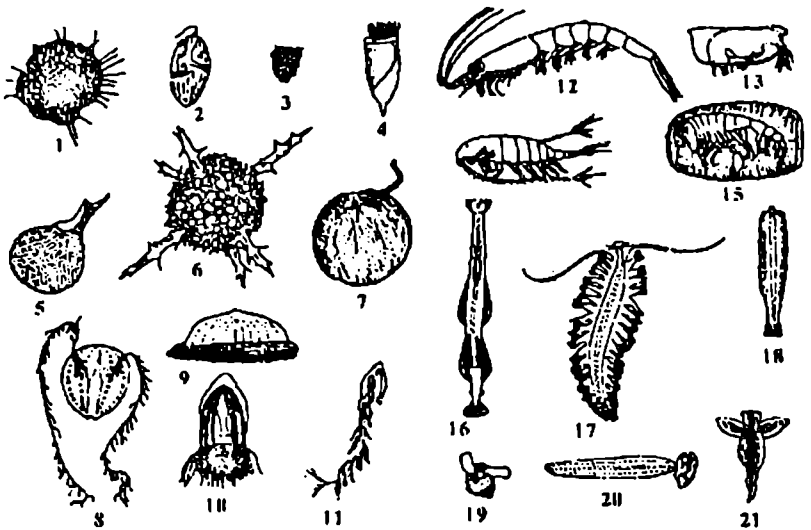
წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები წყალსატევების პელაგიალის და ბენთალის სიცოცხლის პირობებთან

1. პლანქტონი

წყლის სისქეში შეტივტივებულმა ცხოვრებამ პლანქტონურ ორგანიზმებს გამოუმუშავათ სხვადასხვაგვარი ადაპტაციები, რომლებიც მათ მუდმივი ტივტივის საშუალებას აძლევეთ. პლანქტონური ორგანიზმები ემორჩილებიან წყალში ტივტივისა და ცურვის ფიზიკურ კანონებს. როგორც ცნობილია, წყალში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა, რომელიც ტოლია მის მიერ გამოდევნილი წყლის წონისა, რის გამოც სხეული კარგავს თავისი მასიდან იმდენს, რამდენსაც იწონის ამ სხეულის მოცულობის სითხე. ჩაძირული სხეული, რომლის მასაც ტოლია მის მიერ გამოდევნილი სითხის მასისა, კარგავს მთელ თავის მასას და ამიტომ მოდის ტივტივის მდგომარეობაში. თუ სხეულის მასა მეტია მის მიერ გამოდევნილი სითხის მასაზე, მაშინ იგი იძირება. თუ სხეულის მასა ნაკლებია მის მიერ გამოდევნილი წყლის მასაზე, მაშინ სხეული ამოისროლება სითხის ზედაპირზე და ნაწილობრივ ამოდის მის ზემოთ. პლანქტონის უდიდესი უმრავლესობის ხვედრითი წონა ძალზე ახლოსაა წყლის ხვედრით წონასთან, მაგრამ მაინც ოდნავ მეტია მასზე (1,01-1,06 გ/სმ^3).

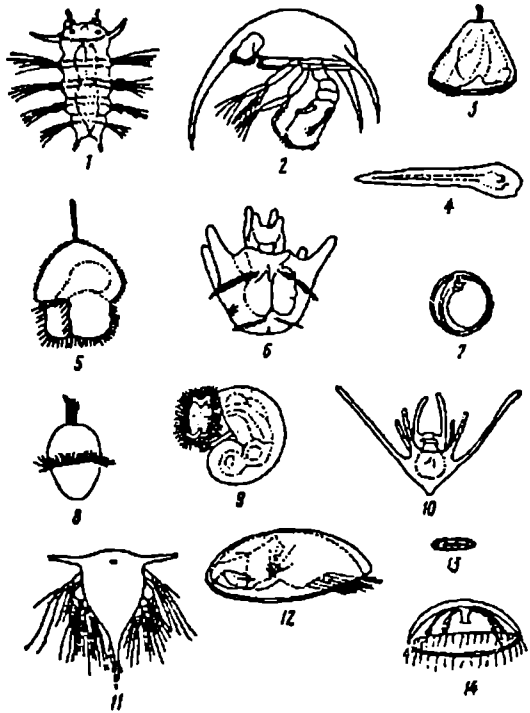
ჩაძირვის სიჩქარე დამოკიდებულია აგრეთვე სხეულის ხვედრით ზედაპირზე, რომელიც თავის მხრივ სხეულის აბსოლუტური ზედაპირის ფარდობაა მის მოცულობასთან. რაც მეტია სხეულის ხვედრითი ზედაპირი, მით მეტად განიცდის გარემომცველი გარემოს ნაწილაკებთან ხახუნს. ჩაძირვის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს სხეულის სიბრტყის მდებარეობა ჩაძირვის მიმართულების მიმართ, ე.ი. ჩაძირვის სიჩქარე დამოკიდებულია სხეულის ვერტიკალური პროექციის სიდიდეზე. რაც მეტია სხეულის ვერტიკალური პროექცია, მით ნაკლებია ჩაძირვის სიჩქარე. ამ ორ სიდიდეს სხეულის ხვედრით ზედაპირსა და ვერტიკალურ პროექციას ვ. ოსვალდმა ფორმის წინააღმდეგობა უწოდა. სხეულის ჩაძირვის

სიჩქარე სხვა ფაქტორებთან ერთად დამოკიდებულია წყლის სიბლანტეზე, რომელიც თავის მხრივ წყლის ნაწილაკების (მოლეკულების) ერთმანეთზე ხახუნითაა გაპირობებული. წყლის სიბლანტე დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და მინერალიზაციის სარისხზე. ასე მაგალითად, 0°C-ზე იგი ორჯერ მეტია, ვიდრე 25°C-ზე, ხოლო NaCl-ის კონცენტრულ ხსნარში ჩაძირვის სიჩქარე ორჯერ უფრო ნაკლებია, ვიდრე გამოხდილ წყალში. (სურ. 4 და 4').



სურ. 4. *ბღვის პოლოპლანქტონის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975)*

უმარტივესები: 1 - Globigerina, 2 Gymnodinium, 3- Stenosomella, 4 Favella, 5,6- Protocystis, 7 - Noctiluca. ნაწლავღრუიანები: 8 - Pleurboachia, 9 - Vellela, 10 - Aglanta, 11 - Diphyes. კიბოსნაირები: 12 - Euphausia, 13 - Conchecia, 14 - Calanus, 15 - Phronemia. სხვა ჯგუფები: 16 - Sagitta, 17 - Tomopteris, 18 - Nectonemertes, 19 - Limacina, 20 - Clione, 21 - Oicopleura.



სურ 4(1). *ზღვის მეროპლანქტონის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975)*

1 - ჭია Platunereis-ის ლარვა, 2 - კიბორჩხალა Emerita zoc, 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 ეარსკვლავას თავისუფლად მცურავი ლარვა Pluteus, 11 - Nauplius კიბოსნაირთა წარმომადგენელი, ჯავშნით მცურავი ცხოველი, 12 - ციპრისული ლარვა, რომელიც ნაუპლიუსის განვითარების შემდეგი სტადიაა კიბოსნაირებში, კერძოდ, ულვაშფეხიანებში. 13 - Platnula, planus - ორშრიანი პელაგიური ლარვა ნაწლაელრუიანებიდან, 14 - პიდროიდების მედუზოიდური სტადია.

ტიუტიეის ფორმულები. ე. ოსეალდმა სხეულის ჩაძირვის სიჩქარის დამოკიდებულება წყალში ზემოდაღნიშნულ ფაქტორებთან გამოხატა შემდეგი ფორმულით:

$$\text{ჩაძირვის სიჩქარე} = \frac{\text{ნარჩენი წონა}}{\text{ფორმის წინააღმდეგობა} \times \text{შინაგანი ხახუნი}}$$

ოსეალდის ფორმულას ეძახიან ტიუტიეის ფორმულას, რამდენადაც მასში გათვალისწინებულია პირობები, რომელებიც გაელესას ახდენენ პლანქტონის ჩაძირვის სიჩქარეზე, რომელთაც აქვთ უნარი თავიანთი ხვედრითი წონა დაუახლოონ წყლის ხვედრით წონას და ეს მაშინ, როცა მათ ყოველთვის არა აქვთ მოძრაობის ორგანოები. ამასთან პლანქტონური ორგანიზმების უმრაელესობა აქტიური მცურაებია და მათი ხვედრითი წონა ჭარბობს წყლის ხვედრით წონას. პლანქტონური ულვამტოტიანების გამოკვლევის საფუძველზე რ. ვოლტერეკმა გამოიყვანა ცურვის ფორმულა:

$$\text{ჩაძირვის სიჩქარე} = \frac{\text{ნარჩენი წონა} \times \text{მოძრაობა და მართვა ქვემოთ}}{\text{ხახუნის წინააღმდეგობა} \times \text{მოძრაობა და მართვა ზემოთ}}$$

ხახუნის წინააღმდეგობაში იგულისხმება ფორმის წინააღმდეგობა და გარემოს სიბლანტე. რ. ვოლტერეკის მიხედვით ზოოპლანქტონის უმრაელესი წარმომადგენლების ტიეტიე დამოკიდებულია მოძრაობის ორგანოების მუშაობაზე: როცა სამოძრაო აპარატი გამოირთვება, ორგანიზმი იწყებს ჩაძირვას ნელა. დიდი მნიშვნელობა აქვს ზოოპლანქტონური ორგანიზმების უნარს წარმართოს თავისი მოძრაობა სხეულის სხვადასხვა სახის დანამატებისა და გამონაზარდების საშუალებით, რომლებიც საჭისა და სტაბილიზატორის როლს თამაშობენ. მაგალითად, დაფნიებში ჩაჩი და მუკრო, ბოსმინებში — პირველი წყვილი ანტენები და ქედი.

<u>მეტეპაში ხვედრითი წონის შემცირებისათვის</u>. პლანქტონური ორგანიზმებისათვის განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ხვედრით წონას, რომელზედაც დამოკიდებულია ე.წ ნარჩენი წონა. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ხვედრითი წონა არამდგრადი სიდიდეა. ის იცვლება ტემპერატურასთან დამოკიდებულე-

ებით, რაც დაკავშირებულია ნივთიერებათა ცელის პროცესებთან, რომლებიც სხვადასხვანაირად მიმდინარეობს სხვადასხვა ტემპერატურაზე; დამოკიდებულია ასაკზე. მაგალითად, პელაგური თევზების კვერცხები ემბრიონების განვითარების მიხედვით თანდათან მძიმე სდება.

პლანქტონური ორგანიზმებისათვის დამახასიათებელია წყლის დიდი შემცველობა. ზოგიერთ მოტივტივე ფორმების ორგანიზმებში წყლის შემცველობა აღწევს 97-99 % (მედუზები, სავარცხლურები, სალპები და სხვ.) წყლის სიუხვე ამ ფორმებს არაჩვეულებრივად გამჭვირვალეს ხდის. განსაკუთრებით დიდი გამჭვირვალობით ხასიათდებიან მტაცებლები (ზოგი Calanoida, Leptodora, კოლო Chaoborus – ის ლარვები). მათი სხეული ატარებს დაცემული სხივის 90 % -ს.

წყლით მდიდარი ლორწოვანი და ლაბოვანი გარსებით დაფარვა.

გარსები ხშირად აღემატებიან ზომით თვით ორგანიზმს და დამახასიათებელია მრავალი მტკნარი წყლის წყალმცენარეებისათვის (ლურჯმწვანე, მწვანე) ციბრუტელებისათვის (Conochilus, Rattulus), კიბოსნაირებისათვის (Holopedium) და მრავალი სხვა ორგანიზმისათვის (აპენდიკულარიები, პიროსომები და სხვ.). ლაბოვან გარსებს ტივტივის გარდა სხვა ფუნქციებიც აქვს ზოჯერ. მაგალითად აპენდიკულარიებში ლორწოსგან იქმნება საჭერი ქოხი.

მრავალი პიდრობიონტის ხვედრითი წონა მცირდება ციტოპლაზმიდან მძიმე იონების გამოძევებით და მსუბუქი იონების მაღალი კონცენტრაციით. ხვედრითი წონის შემცირება ხდება გაჟანგბადისა და ცხიმის დაგროვებით. სხეულში პაერის ჩანართები გვხვდება მცენარეთა და ცხოველთა სულ სხვადასხვა ჯგუფში და ისინი ქმნიან სრულყოფილ პიდროსტატიკურ აპარატს. პლანქტონური ორგანიზმები სხვადასხვა მექანიზმებით ცელიან გაზის მოცულობას და ამით თავიანთ ხვედრით წონას. მრავალ მწვანე და ლურჯმწვანე წყალმცენარეებში (მათ ჯრედებში) გვხვდება პაერის ვაკუოლები. სიფონოფორებს აქვთ პნევმატოფორები, რომლებიც ამცირებენ სხეულის მასას იმდენად, რომ მათი სხეული ნაწილობრივ წყლის ზედაპირზე ამოტივტივდება. ზოგიერთ კოლოს ლარვებს გააჩნიათ ერთგვარი გაზის აპარატი რამდენიმე წყვილი ბუშტების სახით, რომლებიც ტრაქეალური სისტემის გაგანიერებას წარმოადგენს.

სხეულში ნივთიერებათა ცვლის ისეთი მსუბუქი პროდუქტის დაგროვება, როგორიცაა ცხიმი, პლანქტონურ ორგანიზმებში ფართოდაა გავრცელებული. პლანქტონური წყალმცენარეები სამარაგო ნივთიერების სახით სახამებლის მაგიერ აგროვებენ ცხიმს. ძალზე მდიდარი არიან ცხიმით პლანქტონური კიბოსნაირები (ულვაშტოტიანი და ნიჩაბფეხიანი კიბოები). ძალზე დიდია ცხიმის შემცველობა თევზების პელაგიურ ქვირითში.

ხვედრითი წონის შემცირება ხერხდება აგრეთვე სხეულში მძიმე წარმონაქმნების – კირის, კაჟის რედუქციის გზით: კაჟოვანი წყალმცენარეების ჯავშანი ძალზე მცირე რაოდენობით შეიცავს კაჟს. ასევე პელაგიური ულვაშტოტიანებისა და ციბრუტელების ჯავშანი მეტად თხელი და გამჭვირვალეა. ზოგიერთ მუცელფეხიან და ორსაგდულიან მოლუსკებს, კანეკლიანებსა და სხვა უხერხემლოებს, რომლებიც შეტივტივებულ ცხოვრებას ეწევიან, ნიჟარა და ჩონჩხი ძალზე შემცირებული აქვთ ან სულ არა აქვთ.

ხშირად ხვედრითი წონის შემცირება პლანქტონურ ორგანიზმებში მიიღწევა არა ერთი, არამედ რამდენიმე შეგუებითი საშუალებებით. ასე, მაგალითად, ხაობორუსის (კოლო) ლარვებს კანი ძალზე მდიდარი აქვთ წყლით, ამასთან ერთად რედუცირებულია ჩონჩხი და აქვთ ჰაერის ჩანართები.

პლანქტონური ორგანიზმები აქტიურ მოძრაობას ახორციელებენ წამწამების, მოლტების და კუნთების მეკუმშვის საშუალებით. წამწამები ეფექტურია 50-200 მიკრონის ზომის ორგანიზმებში (უმარტივესები, უხერხემლოთა ლარვები). მათ უმრავლესობას დიდი რაოდენობით აქვთ სხეულზე წამწამები და მოლტები. მაგალითად, კანეკლიანების ლარვებს უნვითარდებათ მოციმციმე ზონარები, რომლებიც მრავალ წამწამს შეიცავს და 10-ჯერ სჭარბობს სხეულის სიგრძეს.

<u>პლანქტონური ორგანიზმების ჯგუფები ზომის მიხედვით.</u> პლანქტონში ჭარბობს მცირე ზომის მიკროსკოპული ფორმები (იხილეთ სურ. 4 და სურ. 5). ცნობილია, რომ ხვედრითი ზედაპირი ორგანიზმების ზომის უკუპროპორციულია. ამ ადაპტაციით პლანქტონური ორგანიზმები ბრძდიან ფორმის წინააღმდეგობას ე.ი. ქმნიან მოტივტივე ცხოვრებისათვის ხელსაყრელ პირობებს. ზომის მიხედვით პლანქტონური ორგანიზმები იყოფა ჯგუფებად:



სურ. 5. *გბებისა და გუბერების პლანქტონის წარმომადგენლები (ოდუმის მიხედვით, 1975).*
А - ფიტოპლანქტონი; Б - ზოოპლანქტონი

1 - Spirogira, 2 - Zignema, 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 - Acontholcberis.

მეგალოპლანქტონი (megalos უზარმაზარი), მათი ზომა 1 მ-ზე მეტია, აქ შედის ზღვის ორგანიზმები: მაგალითად, მედუზა – Cyanea arctica, რომლის ძაბრის დიამეტრი 2 მ-ს აღწევს. ეენერას სარტყელი – Cestus wenerus – ასეუე 2 მ-დე სიგრძის.

მაკროპლანქტონი (macros – დიდი, მსხვილი) – ზომები 1-100 სმ-დე. ასეთებია მედუზები, გარსიანები, რიგი უმაღლესი კიბოსნაირები და სხვ.

მეზოპლანქტონი (mesos – სამუალო) – ზომები 1-10 მმ. ამ ჯგუფში შედიან კიბოსნაირები, ზოგიერთი ჭია, მთელი რიგი ფსკერული უხერხემლოების ლარვები.

მიკროპლანქტონი (micros – მცირე). ზომები 0,05-1 მმ-დე. განეკუთვნება ფიტოპლანქტონის ძირითადი მასა, ციბრუტელა ჭიები, უმარტივესები და სხვ.

ნანოპლანქტონი (nannos – ჯუჯა). ზომები 0,05 მმ-ზე ნაკლები. ასეთებია: ბაქტერიები, შოლტოსნები, უმარტივესები, წყალმცენარეები.

პლანქტონის კონვერგენტული ჯგუფები. მოტივტიეე ორგანიზმების სვეღრითი ზედაპირის ბრდას ხელს უწყობს აგრეთვე სხეულის გარკეული ფორმა, რომელიც წარმოადგენს კონვერგენტულს. ხეეღრითი ზედაპირი იზრდება სხეულის ერთი ან ორი ღერძის გაზრდით. პირველ შემთხვევაში პლანქტონურ ორგანიზმებს წაგრძელებული, ჩხირისებური ფორმა აქეთ (დიატომები, ლურჯმწვანეები და სხვა მცენარეები, საგიტები, ზოგიერთი ულვაშტოტიანები და სხვ.). ერთი ღერძის წაგრძელება ხორციელდება აგრეთვე ძაფისებური ან ლენტისებური კოლონიის შექმნით, რომელიც ხშირად წყალმცენარეებში გვხვდება, ხოლო ცხოველებიდან – სალპებში. ყველა ამ ორგანიზმს ჰორიზონტალური განწყობა აქვს წყალში. მეორე შემთხვევაში პლანქტონისათვის ძალზე ჩვეულებრივია დისკოსებური ფორმის, ფირფიტისებური ფორმის სხეულები. ასეთებია მრავალი კაეოვანი და პერიდინოვანი წყალმცენარეები, სხეულის გაბრტყელებული ფორმა ახასიათებთ რადიოლარიებს, მედუზებს, ფსკერის უხერხემლოთა პელაგიურ ლარვებს და სხვ.

ხვეღრითი ზედაპირი იზრდება აგრეთვე გამონაზარდებისა და ეკლების წარმოქმნით. პლანქტონის თითქმის ყველა სისტემატიკურ ჯგუფში გვხვდება სახეობები, რომლებიც შეიარაღებულნი არიან ეკლებით, ნემსებით, გრძელი გამონაზარდებით და სხვა დანამატებით. ჩვეულებრივ ისინი ასრულებენ ხვეღრითი ზედაპირის

გაზრდის ფუნქციას, ხოლო ზოგჯერ საჭისა და სტაბილიზატორის როლსაც თამაშობენ (დაფნიების მუკრო და თაგის ჩაჩი, ბოსმინების პირველი წყვილი ანტენები).

პლანქტონის ეკოლოგიური ჯგუფები. სასიცოცხლო ციკლის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: ჰოლოპლანქტონს (golos მუდმივი) და მეროპლანქტონს (meros — ნაწილი). პირველს მიეკუთვნება ორგანიზმები, რომელთა მთელი აქტიური ცხოვრება პელაგიალში მიმდინარეობს; მსოლოდ მათი მოსვენებული სტადიებია (კვირტები, კვერცხები და სხვ.). ფსკერზე მეორე ჯგუფში შედიან ორგანიზმები, რომლებიც პელაგიალში ცხოვრობენ მხოლოდ თავიანთი განვითარების რომელსამე სტადიაზე (ფსკერის უხერხემლოთა პელაგური ლარვები. წყალმცენარეები, რომლებიც ხან ფსკერზე არიან და ხან პელაგიალში — ბოგიერთი ლურჯმწვანეები).

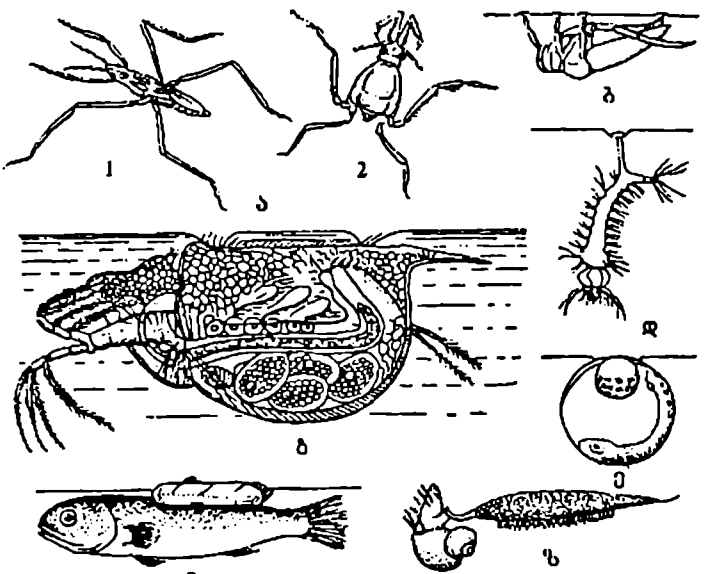
2. ნეისტონი

წყლის აპკთან დაკავშირებული მოსახლეობა იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად: ეპინეისტონი და ჰიპონეისტონი (სურ. 6). ეპინეისტონს განეკუთვნება წყლის ზედა მხარეს მცხოვრები ორგანიზმები, რომლებიც ხასიათდებიან სხეულის უსველებადი თვისებებით. ასეთებია: რწყილები — წყლის მზომელები, რომელთა ნაწილი ცხოვრობს მტკნარ წყლებში (Gerris, Hydrometra) და ნაწილი კი ოკეანურ წყლებში (Halobates, ბუზები — Ephydra და სხვ.).

ჰიპონეისტონს განეკუთვნება ორგანიზმები, რომლებიც წყლის ყველაზე ზედა 5 სმ-ის შრეში ცხოვრობენ. ჰიპონეისტონს განეკუთვნებიან: თევზების ქვირითი, თევზების ლარვები და ლიფსიტები, მრავალი უხერხემლოების ლარვები, უმარტივესები, ბოგიერთი ჭიები, მოლუსკები და კიბოსნაირები. ასაკის მიხედვით ეს ყველაზე ახალგაზრდა სასიცოცხლო ფორმაა ბღვაში.

წყლის ზედაპირული აპკის ზემოთ მცხოვრებნი (ეპინეისტონი) იმყოფებიან მზის გაძლიერებული რადიაციისა და წყლის მასების დიდი მოძრაობის პირობებში, ორგანული ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაციის პირობებში. დიდი თავისებურებებით ხასიათდება ჰიპონეისტონის სიცოცხლის პირობებიც: 5 სანტიმეტრიანი აპკის ქვეშა შრე ნთქავს მზის რადიაციის თითქმის ნახევარს. ამასთან ერთად ზედა სანტიმეტრიანი შრე ნთქავს ყველა ინფრაწითელ და

ულტრაიისფერი სხივების დიდ ნაწილს. ამგვარად, აქ დიდი რაოდენობითაა ბიოლოგიურად აქტიური სხივები. ზედაპირულის ქვედა შრე არაცოცხალი ორგანული ნივთიერებებით (აონ) და განსაკუთრებით მისი სხნადი ფრაქციით (ხონ) მდიდარი უბანი წარმოადგენს სრულიად თავისებურ ბიოტოპს. ზედაპირულსა და ზედაპირულის ქვედა შრეში ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია ასჯერ და ათასჯერ სჭარბობს უფრო ღრმა შრეების კონცენტრაციას. არაცოცხალი ორგანული ნივთიერებების წყარო აქ სხვადასხვაა: მკვდარი ხმელეთის ორგანიზმები და ძირითადად მწერები; მკვდარი პლანქტონური ორგანიზმები, ხმელეთიდან ჩამორეცხილი სხვაღასხვა სახის ორგანული მასალა.



სურ. 6. *ეპინეისტონის და ჰიპონეისტონის ორგანიზმები*

ა – Hydrometra: 1 – მტკნარი წყლის; 2 – ოკეანის; ბ - Noconecta; გ – Scapholeberis; დ – Culex-ის ლარვა; ე – კეფალის ქვირითის მარცვალი; ვ – კეფალის ლიფსიტა; ზ – მოლუსკი Iantina.

გახსნილი ორგანული ნივთიერებების (ხონ) რაოდენობის გაზრდის საქმეში წყლის ზედაპირზე დიდ როლს ასრულებენ გაზის ბუშტუკები, რომლებიც სისტემურად ჩნდებიან წყლის სისქეში სხვადასხვა მიზეზებით: ტალღების ზემოქმედებით, ტემპერატურის მერყეობით, ფოტოსინთეზით, ორგანიზმთა ნარჩენების ხრწნით და სხვ. გაზის ბუშტუკები ადსორბირებენ გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს – აღწევენ წყლის ზედაპირს და აქ, როგორც წესი, სკდებიან. პროცესი გრძელდება უწყვეტად და ამის გამო წყალსატევების ზედაპირი დაფარულია სხვადასხვა სისქის ორგანული აპკით. ქარის დროს ზედაპირული ორგანული აპკი ირღვევა და ქაფდება. ქაფი არაცოხალი ორგანული ნივთიერებების ნარევია, რომელიც აერთიანებს გახსნილ, კოლოიდურ და შეტივტიევებულ ნივთიერებებს. ზღვის ზედაპირზე ქაფის სიუხვე კარგად ასახავს არაცოხალი ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობას წყალში. ქაფი წყალმცენარეებისა და სხვადასხვა ცხოველების ლარვების ზრდის მასტიმულირებელი ფაქტორია.

პიპონეისტონის წარმომადგენლებს შორის ყველაზე მასობრივი ჯგუფია საპროფიტული ბაქტერიები. მათი რიცხოვნობა ზედაპირულის ქვედა შრეში ასეულ და ათასეულობით მეტია, ვიდრე უფრო ღრმა შრეებში. აქ კონცენტრირებულია უმარტივესები, ყველა ფსკერული უხერხემლოების ლარვები, ქვირითი, თევზთა ლარვები. ასევე დიდი რიცხოვნობით გამოირჩევა აქ თევზთა ლიფსიტები და ნიჩაბფეხებიანი კიბოსნაირები, რომლებიც თავის მხრივ მცირე ზომის ფორმებით იკვებებიან. ამ ზედაპირულ შრეს ხშირად ზღვების ინკუბატორს უწოდებენ. ძლიერი რადიაციის გამო ზედაპირულ შრეში მწვანე მცენარეებისათვის არახელსაყრელი პირობებია, რის გამოც ისინი ამ შრეში მცირე რიცხოვნობით ხასიათდებიან. ფიტოპლანქტონის ყველაზე ინტენსიური ფოტოსინთეზი 10-15 მეტრის შრეში ხორციელდება. ზედაპირულ შრეებში ორგანიზმებს ეხმარება სხეულის საფარის უსველადობა, რის შედეგად ზედაპირული დაჭიმულობის ძალები არეგულირებენ მათ ცურვას.

მტრისაგან თავის დასაცავად ნეისტონურ ორგანიზმებს გააჩნიათ სხვადასხვა შეგუებანი, რომელთა შორის განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული შენიღბვის ორი სახე: კრიპტიზმი (გარემოს შესაბამის ფერად შეფერება) და მიმეზია (ფონის ცალკეულ ელემენტებთან მიბაძვა). ძალზე მრავალრიცხოვანია ნეისტონში

გამჭვირვალე ორგანიზმები, ქვირითი და თევზის ლიფსიტები, უმდაბლესი და უმაღლესი კიბოსნაირები. კრიპტიზმის უფრო მეტად გავრცელებულ ნაირსახეობას განეკუთვნება ორგანიზმები, რომლებიც შეფერილი არიან ცისფერ და მწვანე ფერებად. ცხოველები თავდასაცავად ფართოდ იყენებენ ორმაგ შეფერვას: სხეულის ზედა მხარე წყლისფრადაა შეფერილი, ქვედა მხარე კი ვერცხლისფრად.

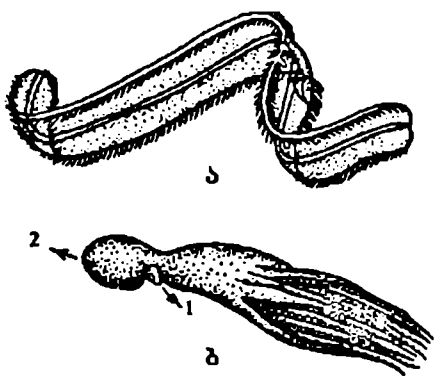
მიმიზიის მაგალითს წარმოადგენენ ცხოველები, რომლებიც ბაძავენ (იმიტირებენ) ისეთ საგნებს, როგორიცაა პაერის ბუშტები, ქაფის ბოჭკოები, მცურავი წყალმცენარეები და სხვა. ზოგი ლიფსიტა იმიტირებს პაერის ბუშტებს, ზოგი მედუზა — ქაფის ნაწილებს.

ი. პ. გაიცევის გამოკვლევით ზღვაში წყლის ზედაპირული შრე დიდ როლს თამაშობს უსერხემლოებისა და თევზების მრავალი სახეობის გამრაელების საქმეში. სწორედ აქ მიმდინერეობს ცხოველთა მრავალი სახეობის განვითარების აღრეული სტადიები, რომელთა შეჯგუფებასა და თავმოყრას ამ შრეში ხელს უწყობს აქ საკვების სიუხვე. უხვადაა აქ სხვადასხვა მიკროორგანიზმი, რომლებიც არაცოცხალი ორგანული ნივთიერებების ზედაპირზე, როგორც საკვებ არემე ვითარდებიან. დიდი მნიშვნელობა აქვს ქაფის ბიოლოგიურად აქტიურ თვისებებს — ისინი აჩქარებენ პიდრობიონტების ზრდა-განვითარებას. ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი სხივები კი მასტიმულირებელ როლს ასრულებენ ახალგაზრდა ფორმების ზრდა-განვითარებაზე.

3. ნექტონი

ნექტონი შედგება პიდრობიონტების ისეთი სახეობებისაგან, რომლებიც ცხოვრობენ პელაგიალში და აქვთ აქტიური გადაადგილების უნარი. მიუხედავად წყლის დინებისა, ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან პელაგიური თევზები, ვეშაპისნაირნი, ფარფლფეხიანები, თავფეხიანი მოლუსკები. ნექტონის მოძრაობის სიჩქარე დიდია; ასე მაგალითად, თევზებში ის აღწევს 130 კმ/სთ (ზვიგენები). თავფეხიან მოლუსკებში 40-50 კმ/სთ. ნექტონური ცხოველების უმეტესობისათვის გადაადგილების დიდი სიჩქარე მიიღწევა გარსშემოვლებადი (თითისტარისებური ანუ ტორპედისებური) სხეულის ფორმით. ხახუნის ძალა მცირდება კანზე ლორწოს გამოყოფით (თევზები, თავფეხიანი მოლუსკები) ან კანის განსაკუთრებული აგებუ-

ლების გამო (დელფინები). გარემოსა და ნექტონური ცხოველების სხეულის სვეღრითი წონების შეფარდება სხვადასხვა ორგანიზმებში განსხვავებულია: საცურაე ბუშტს მოკლებული თევზების, დელფინების, თაეფეხიანი მოლუსკების, კუების ხვეღრითი წონა წყალზე მეტია. თევზების უმეტესობის სვეღრითი წონა უახლოვდება წყლის ხვეღრით წონას, სოლო ვეშაპების სვეღრითი წონა წყალზე ნაკლებია. პირველი ჯგუფის ცხოველებმა გამოიმუშავეს ადაპტაციები, რომლებიც მათს ჩაძირვას უშლიან ხელს. მაგალითად, მრავალი თევზის ღვიძლში ხღება ცხიმის დაგროვება: გვიგენებში ღვიძლი სხეულის 30 %-ია და 80 % ცხიმს შეიცავს, რომელიც მდიდარია ფრაქციებით, რომლის ხვეღრითი წონა 0, 86 გ/სმ^3 -ია. მრავალ კალმარს მანტიის ქვეშ უნვითარდებათ სიღრუე, რომელსაც სხეულის მოცულობის 60 % უკავია. იგი გაეხებულია სითხით, რომლის სვეღრითი წონა 1,01 გ/სმ^3 -ია. იმ დროს, როცა ბღვის წყლის ხვეღრითი წონა 1,27 გ/სმ^3 -ია.



სურ. 6[1]. *წყლის ორგანიზმების მოძრაობა*
ა - საეარცხლურა, ბ - რეაფუხა. 1 წყლის ჰაელის მიმართულება;
2 - ცხოველის მოძრაობის მიმართულება.

ცხოველებს, რომელთა ხვეღრითი წონა წყლის სვეღრით წონას უახლოვდება, უპირველესად თევზებს — კარგად აქვთ განვითარებული საცურაეი ბუშტი. ძალზე მნიშვნელოვანია თევზების სხეულში

ცხიმოვანი ჩანართები. ძალიან დიდია ცხიმის შემცველობა დელფინებში, ეშაპისნაირებში. მაგალითად, ლურჯი ვეშაპის საერთო წონიდან (120 ტონა) ცხიმზე მოდის 30-50 ტონა. ნექტონურ ორგანიზმებს ახასიათებთ სამი სახის მოძრაობა: 1. მთელი სხეულის კლაკვნით (გველთევზები), 2. ბერკეტების საშუალებით, რომელთა როლს კიდურები ასრულებს (თევზები, ვეშაპები, ფარფლფუსიანები) და 3. რეაქტიული მოძრაობა (თავფუსიანი მოლუსკები). (სურ. 6[1]).

ნექტონური ცხოველების უმეტესობა ცურავს სხეულის უკანა ნაწილის გველისებური კლაკნით, წინა ნაწილი კი ამ დროს სუსტად ირხევა მარჯვნიდან მარცხნივ, გველისებური მოძრაობისას წარმოიშობა დიდი ხახუნი, რის გამოც ცურვა არაა სწრაფი. ასეთი სახით მოძრაობენ უმეტესად ლელიანის ფორმები.

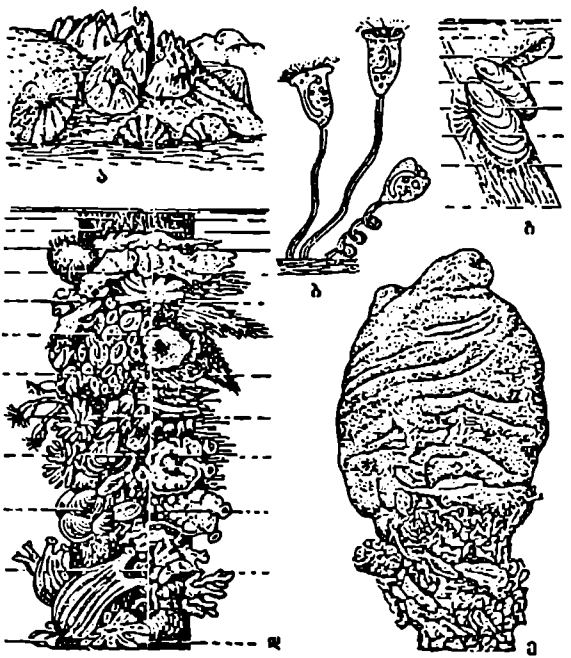
ბერკეტული მოძრაობა დამახასიათებელია ბენთო-ნექტონური ცხოველებისათვის (ზოგიერთი უმაღლესი კიბოსნაირები, მწერები). მოძრაობის ეს ფორმა ფართოდაა გავრცელებული პლანქტონურ ორგანიზმებში (ულვაშტოტიანები და ნიჩაბფეხიანები) მოძრაობის ორგანოებს წარმოადგენს კიდურები და ანტენები.

ძალზე ეფექტურია რეაქტიული ცურვა, რომელიც ახასიათებთ როგორც პელაგიალის მცხოვრებთ (მედუზები, თავფეხიანი მოლუსკები), ასევე მთელ რიგ ნექტო-ბენთოსურ ცხოველებს. მოძრაობა ამ შემთხვევაში ხორციელდება გამოტყორცნილი წყლის ჭავლის ენერგიის ხარჯზე. ასეთი მოძრაობა ახასიათებთ ძირითადად თავფეხიან მოლუსკებს. ზოგიერთ თევზსა და თავფეხიან მოლუსკს აქვს გარემოში ურენისა და ხტომის (პლანირების) უნარი. ამ გზით ისინი თავს იცავენ მტაცებლებისაგან. მაგალითად, კალმარები და რეაფეხები მტაცებელი თევზებისაგან (მაგ. თინუსები) თავდასხმის სამიშროებისას პლანირებენ 50 მ-დე 5 მ-ის სიმაღლეზე. მფრინავ თევზებს აქვთ ძლიერ განვითარებული მკერდის ფარფლები და მათი საშუალებით შეუძლიათ 10 წამის განმავლობაში 100 მ-დე გაიფრინონ.

4. ბენთოსი

<u>მიმაგრებული ფორმები ანუ ეპიფაუნა</u>. წყლის ფაუნის მრავალი წარმომადგენელი ეწევა მიმაგრებულ ცხოვრებას (სურ. 7). ზოგი მათგანი მუდმივადაა მიმაგრებული სუბსტრატს, ზოგი კი

დროებით. წყალს მიაქვს მიმაგრებული ცხოველებისათვის საკვები პლანქტონისა და სესტონის სახით და ხელს უწყობს მათს განახლებას – მიმოაქვს რა მათი კვერცხები და ლარვები დინებების საშუალებით. მიმაგრების სამუალებები სხვადასხვაა. მრავალი ორსაგდულიანი მოლუსკი (Pinna, Mytilus, Dreissena) გამოყოფს წებოვან სითხეს, რომელიც სწრაფად მაგრდება წყალში და ქმნის



სურ. 7. *მიმაგრებული ცხოველები:*

ა – Balanus; ბ – Vorticella; გ – Mytilus;
დ – ხიმინჯი – წყალმცენარეებისა და უხერხემლოების შემონაზარდებით; ე – Hyalocynthia (ასციდია).

მოქნილ ბისუსურ ძაფებს. ღრუბლები, პოლოთურიები, მღვის შრომანები და ზოგიერთი გარსიანები სუბსტრატს ემაგრებიან ფესვისმაგვარი დანამატებით. ბალანუსები და რიგი სხვა ცხოველები მკვრივ-

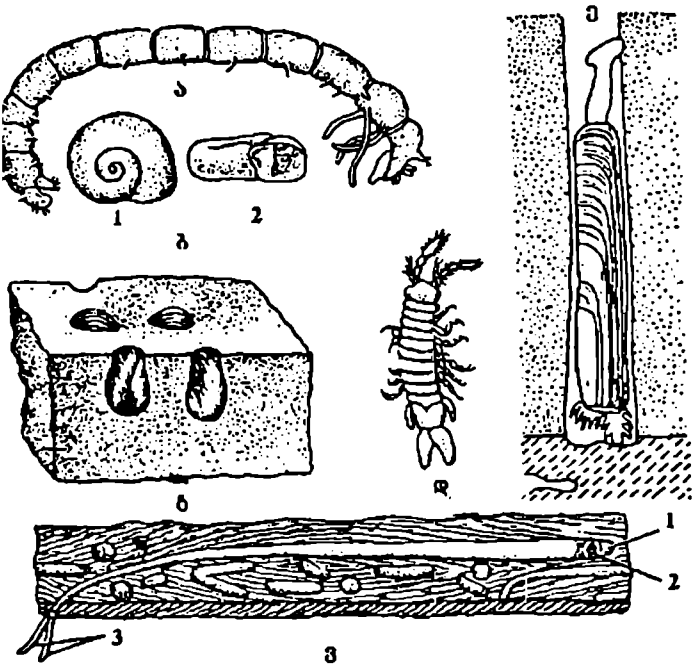
რად შეეზრდებიან სუბსტრატს კიროვანი ლანჩით, ხოლო ზღვის იხვები კი რქისებური ფუძით.

მიმაგრებულ ფორმებს გამოუმუშაედათ გარკვეული ადაპტაციები. თითქმის ყველამ დაკარგა კიდურები, ან თუ შემორჩათ – ასრულებენ სხვა ფუნქციას. ასე, მაგალითად, ულვაშფეხსიანებში კიდურები ასრულებენ საკვების დაჭერის ფუნქციას. მიმაგრებული ფორმების უმეტესობას რედუცირებული აქვს მხედველობის და წონასწორობის ორგანოები. პარალელურად კი შესების ორგანოები აღწევენ სრულყოფილებას. რიგი შეგუებანი ხელს უწყობს საკვების მოპოვებას. მრავალ ცხოველს სხეულის ზედა – თავისუფალ ბოლოებზე უნეითარდება საჭერი ანუ საგაცი ძაბრი, რომელიც გარსშემორტყმულია ჯაგრების ან წამწამების რიგით, მრავალ მიმაგრებულ ცხოველს აქვს წაგრძელებული სხეული, რომელიც ზოგჯერ ღეროზეა მოთავსებული (ინფუზორიები, ღრუბლები, ნაწლაელღრუიანები, ზოგიერთი კანეკლიანები). მრავალი მიმაგრებული ცხოველისათვის დამახასიათებელია კოლონიური ცხოვრების ფორმა (ხისებური).

მიმაგრებული მცენარეებისა და ცხოველების კომპლექსს, რომელიც დასახლებულია წყალქვეშა მკერივ სუბსტრატზე (წყალში ჩაძირული ბოძები, ქვები, სხვა ხელოვნური წყალქვეშა ნაგებობები), შემონაზარდები პქვია (პერიფიტონი). შემონაზარდების ძირითადი კომპონენტებია ღრუბლები, ჰიდროიდები, ხავსელები, მრავალჯაგრიანები, ულვაშფეხიანები, კიბოსნაირები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, გარსიანები, ზოგიერთი წყალმცენარეები. ზოგჯერ შემონაზარდებში გვხვდება მოძრავი ცხოველებიც: კიბორჩხალები, ლაყუჩიანი მოლუსკები, სხვადასხვა ჭიები და კიბოსნაირები, მცენარეებისა და ცხოველების სახეობათა საერთო რიცხვი, რომელიც შემონაზარდებში ცხოვრობს, 2000-ს აღწევს. ბიომასის მიხედვით კი დომინირებულია 3-5 სახეობა. ზღვებში შემონაზარდების მასობრივი ფორმებია: ბალანუსები, ორსაგდულიანი მოლუსკები (Mytilus, Mytilaster, Dreissena), ხავსელებისა და ჰიდროიდების ზოგიერთი სახეობა.

შემონაზარდებში ორგანიზმების საერთო მასა, როგორც წესი, მნიშვნელოვნად მეტია სხვა ბიოტიპების მოსახლეობის ბიომასაზე. მაგალითად, მიდიების მასამ შეიძლება მიაღწიოს 100 კგ/მ^2-ს, ბალანუსებისა 40 კგ/მ^2-ს, ჰიდროიდების მასამ შეიძლება მიაღწიოს

)²-ს. შემონაზარღები დიდ წინააღმდეგობებს ქმნიან გემე
ობაში, პიდროტექნიკური ნაგებობების ექსპლოატაც
გემებისა და სამრეწველო საწარმოების წყალგამ
ში და სხვ. შემონაზარღები მნიშვნელოვნად ამცირე
ს მოძრაობის სიჩქარეს – ამ დროს სითბოს ხარ
ბა 30-50%-ით, იზრდება მექანიზმების ცვეთა, რომლე
ბენ გადატვირთვით. მიკროორგანიზმების სხვადას
ბის მოქმედებით იზრდება მეტალური ზედაპირის კოროზ



სურ. 8. *ჩაფლული, თავისუფლად მწოლარე და მბურღავი ორგანიზმები:*

ა – Chironomus plumosus -ის ლარვა; ბ – Planorbis: 1. ხედი ზემოდან
2. ხედი გვერდიდან; გ – Petricola lithophaga დ – Chelura; ე – Sol
ვ – Teredo navalis: 1. საგდული, 2. პირის ხვრელი, 3. სიფონები.

შემონაზარდების წინააღმდეგ ბრძოლის სხვადასხვა მეთოდებს იყენებენ: აწარმოებენ გემების კორპუსის გაწმენდას. ფარავენ შემონაზარდებიან ბედაპირს შხამის შემცველი საღებავებით. გარდა ამისა იყენებენ ისეთ ფიზიკურ მეთოდებს, როგორიცაა ულტრაბგერა, ელექტრული დენი, ელექტრომაგნიტური ველი. ძალმე ეფექტურად მოქმედებს წყალსაღენების გარეცხვა ცხელი ან ქლორიანი წყლით.

მბურღავი ორგანიზმები. ეს ორგანიზმები იყოფა ქვისა და ხის მბურღავებად. ისინი უმეტესად ზღვის ბინადარნია; მტკნარ წყლებში იშვიათად გეხვდება.

ქვის მბურღავებს შორის გვხვდება წყალმცენარეები (მწვანე, ლურჯმწვანე), სოკოები, ღრუბლები, ჭიები, კიბოსნაირები, მოლუსკები, ზოგიერთი ზღვის ზღარბები, წყალმცენარეები და სოკოები ბურღავენ კირისა და ქვიშის ქანებს. ბურღვის დროს ისინი გამოყოფენ სხვადასხვა მჟავებს, რომლებიც მლიან რბილ ქანებს. ცხოველური ქვის მბურღავები ბურღავენ სუბსტრატს ქიმიური და მექანიკური გზით. ისინი ჩადიან სუბსტრატში რამდენიმე სმ-ის სიღრმეზე. ზოგიერთი ღრუბელი გამოყოფს ნახშირმჟავას, ზღვის ზღარბები ბურღავენ ბაკანის (ჯაგმანის) ნემსებით. ორსაგდულიანი მოლუსკები ბურღვისათვის იყენებენ როგორც ქიმიურ, ისე მექანიკურ საშუალებებს. მათი საგდულები წინა ბოლოში მრავალრიცხოვანი კბილაკებითაა შეიარაღებული და ხერხს მოგვაგონებს.

სხვადასხვა ქვის მბურღავების, ძირითადად კი ორსაგდულიანი მოლუსკების გემოქმედებით სანაპიროს კლდეები გადაიქცევა ხოლმე ღრუბლისებრ მასად. მათს სამუშაოს ამთავრებს ზღვა. ქვის მბურღავები ანგრევენ სხვადასხვა პიდროტექნიკურ ნაგებობებს, რომლებიც ბეტონისა და აგურისაგანაა აგებული.

ხის მბურღავებს განეკუთვნება ორსაგდულიანი მოლუსკები Pholadidae-ს და Teredinidae-ს ოჯახებიდან და ზოგიერთი კიბოსნაირი (Limnopia, Chelura, Sphaeroma). ხის პიდროტექნიკურ ნაგებობებს და გემებს ყველაზე დიდ ზიანს აყენებენ Teredinidae-ს ოჯახის წარმომადგენლები – გემის ჭიები, რომლებიც ეკუთვნის გვარებს: Teredo, Bancia, Nausitora. ტერედინიდების პელაგური ლარვის განვითარება რამოდენიმე კვირას გრძელდება, რის შემდეგ ლარვები ემაგრებიან ხის სუბსტრატს და მასში იწყებენ ჩაბურღვას. გრდასრული ფორმების ცხოვრება გრძელდება ხის სისქეში.

მოლუსკების სხეული ასეთი ცხოვრების გამო ჭიისებური ფორმისაა, ნიჟარა შენარჩუნებულია მხოლოდ სხეულის წინა ნაწილში, საგდულების ფეხი დაფარულია კბილანებითა და ნემსისებური ქედით. მოლუსკების ფეხი მისაწოვრადაა გარდაქმნილი, რომლითაც ის ბურღვის დროს ხეს ემაგრება. გარეთ გამოყოფილი აქვს მხოლოდ ჟრჟელი სიფონები ტერედინიდების მასობრივი გამრავლების დროს მათ მიერ სის დაბინავება 1-1,5 თვეში სდება: წყობიდან გამოდიან მცირე ზომის გემები, ინგრევა ბღვის ნავსადგურის ნაგებობები. ტერედინიდები სტენოთერმული და სტენოჰალინური ორგანიზმებია. ამიტომ ისინი არ გუსდება მომლამო წაყლსატევებში და მაღალი განედის ზღვებში. გემის ჭიისაგან ხის დასაცავად გამოყენებულია მთელი რიგი მეთოდები: მექანიკურ მეთოდებს განეკუთვნება სხვადასხვა სახის მოპირკეთებანი. მაგალითად, მცირე ზომის გემების კორპუსის ბედაპირი იფარება რამდენიმე ფენის ფანერით, რომელთა შორის ტოლისა და ნაბდის ანუ ქეჩის ფენებია. ასეთი მოპირკეთება იცავს გემებს 3-4 წლის მანძილზე. ხიმინჯების დასაცავად გამოყენებულია ბეტონის მოპირკეთება. განსაკუთრებით ეფექტურია ქიმიური მეთოდები: ხეს გაჟღენთავენ ტენდიპედიდეებისათვის შხამიანი ნივთიერებებით, რომლებიც თითქმის არ იხსნება წყალში, განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული და გამოყენებული კრეოზიტი — კუპრის გამოხდის პროდუქტი. კარგად იცავს ხეს მბურღაეებისაგან მისი კანი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ალკალოიდებს. ტერედინიდების ლარვებთან ბრძოლისათვის რეკომენდებულია მცირე ზომის გემების რამდენიმე დღით მტკნარ წყალში შეყვანა, რომლის შედეგად გემის კორპუსზე მიმაგრებული ლარვები იღუპებიან.

<u>ჩაფლული ცხოველები</u> — ინფაუნა. გრუნტში ცხოერება მტრებისაგან თავდაცვის საშუალებაა. ამ ჯგუფს განეკუთვნებიან მრავალი ორსაგდულიანი მოლუსკები და კანეკლიანები, უმეტესობა ჭიები, რიგი მწერთა ლარვები და ზოგიერთი თევზები. ცხოველები ეფლობიან ნაწილობრივ ან მთლიანად, დროებით, ან მუდმივად. გრუნტში დროებით ცხოერობენ ზოგიერთი კიბოსნაირები (კიბორჩხალები, კრევეტები), თავფეხიანი მოლუსკები, კანეკლიანები, თევზები (კარასი). გრუნტის მუდმივ ბინადრებს განეკუთვნებიან მრავალი ორსაგდულიანი მოლუსკები, ჭიები და სხვ. ისინი სხვადასხვა სიღრმეზე ეფლობიან. მაგალითად, ხირონომიდების ლარვე-

ბი 40 სმ-დე სიღრმეში ჩადიან, ორსაჭდულიანი მოლუსკი Solen-ი კი 2 მ-დე სიღრმეს აღწევს.

ცხოველები, რომლებიც გრუნტის ზედაპირზე ცხოვრობენ – ონფაუნა

ამ ჯგუფს განეკუთვნება ფორმები, რომლებიც ცურავენ ფსკერთან ახლოს და იყენებენ სუბსტრატს საყრდენად (კამბალები, სკაროსები, ღორჯოები და რიგი უხერხემლოები). ორგანიზმები, რომლებიც ფსკერზე გადაადგილდებიან (კიბორჩხალები და სხვა ათფეხები, მუცელფეხიანი მოლუსკები, ჭიები, კანეკლიანები და სხვ.). გრუნტზე თავისუფლადმწოლარე ცხოველები (ზოგიერთი მოლუსკი). მტრებისაგან თაედასაცავად ონფაუნის წარმომადგენლებს გამოუმუშაედათ ნაირგვარი შეგუებითი საშუალებები: თავშესაფრის მოწყობა გარსის, მილის ან ნიჟარის სახით; სხეულის ზედაპირის დაფარვა მრავალრიცხოვანი ეკლებითა და ნემსებით; გარემოს ფონისა და რელიეფის შესაბამისი მასკირება დაბოლოს მასიური შეჯგუფუებების წარმოქმნა, რომლებიც შეიძლება იყოს მუდმივი, ან დროებითი. ასეთ შეჯგუფებებში ცხოველები ხშირად ერთიმეორეზე წვანან რამოდენიმე რიგად (ოფიურები, ზღვის ზღარბები, კიბოსნაირები, მოლუსკები).

როგორც ჩანს ასეთი შეჯგუფებები იცავენ ამ სახეობის ცხოველებს. განსაკუთრებით, ახალგაზრდა თაობას მტრისაგან, გარემოს არახელსაყრელი ფიზიკური ფაქტორებისაგან – მაგალითად, გარემოს ტემპერატურის დაცემისაგან.

ზომის მიხედვით არჩევენ ბენთოსის რამდენიმე ჯგუფს: მაკრობენთოსი – 2 მმ-ზე მეტი ზომის ორაგნიზმები, მეზობენთოსი – რომელთა ზომა 0,1 – 2მმ-ია; მიკრობენთოსი აერთიანებს 0,1 მმ-ზე ნაკლები ზომის ორგანიზმებს.

ფსამონი. მიკროსკოპული ორგანიზმებია, რომლებიც ცხოვრობენ კონტინენტალური წყალსატევებისა და ზღვების სანაპირო ზოლში – კერძოდ, პლაჟებზე, ქვიშაში, რომელიც სველდება წყლის მხეფებით. მტკნარი წყლებისა და ზღვების ქვიშიანი პლაჟები ძალზე მჭიდროდაა დასახლებული. მაგალითად, კურშის ყურეში მხეფების ზონაში მიკროსკოპული ფაუნის რაოდენობა აღწევს 13,6 მლნ. ეკზ. $მ^2$, ხოლო ბიომასა 23 $გ/მ^2$. ფსამონის ორგანიზმების საცხოვრებელი გარემოს თავისებურებას წარმოადგენს გარემო ფაქტორების განსაკუთრებული არამუდმივობა: მნიშვნელოვანი დღეღამური და სეზონური მერყეობა, რომელიც დამოკიდებულია ამი-

ნდის პირობებზე. კონტინენტალურ წყალსატევებში ფსამონის ორგანიზმების ძირითადი მასა ცხოვრობს 10-30 სმ-ზე. მათი რაოდენობა სულ ზედა ფენებში და ფსკერულ ფენებში მცირდება. უმეტესად დასახლებულია ქვიშის ის ფენები, სადაც სილის მარცვლების დიამეტრი 0,2-2,0 მმ-ია.

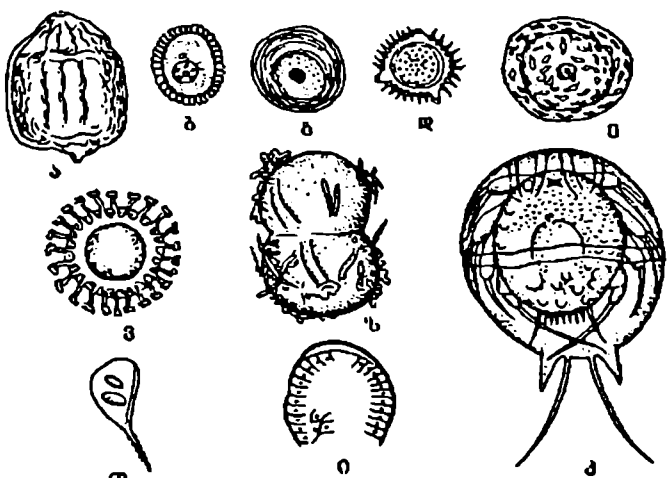
ფსამონის ასეთი შრეებრივი განაწილება განპირობებულია შემდეგი ფარემოებით: სილის მარცვლების (ნაწილაკები) უფრო მეტი ზომის შემთხვევაში სილის შთანთქმის უნარი უმნიშვნელოა იმისათვის რომ დააკაეოს წყალი, სოლო უფრო მცირე ზომის. შემთხვევაში – პორების მოცულობა ძალზე მცირეა იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს სიცოცხლისათვის საკმარისი წყლის ცირკულაცია მათში.

თავი III
ბარემოს ფაქტორთა გავლენა წყლის ორგანიზმების არსებობაზე

1. ურთიერთდამოკიდებულება წყალში გახსნილ მარილებსა და ჰიდრობიონტებს შორის

ა. სხვადასხვა მარილიანობის წყალსატევთა დახასიათება

წყლის მარილიანობის მიხედვით ყველა ბუნებრივი წყალსატევი და მათი მოსახლეობა იყოფა შემდეგ ტიპებად: მტკნარი (0,5‰-დე), მოლაშო ანუ მიქსოჰალინური (0,5-30‰-დე), მღვიის (ეუჰალინური) – 30-40‰, ზემლაშე (ჰიპერჰალინური) – 40‰-ზე მეტი.



სურ. 9. წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები არასელსაყრელი საარსებო პირობების მიმართ.

ა – ციბრუტელა Philodinaroseola – სრულიად გამომშრალი; ბ -დ – უმარტივესთა ცისტები. ე – ღრუბელის – Spongilla lacustris -ის გემულა; ვ – ხავსელას - Cristatella mucedo -ს სტატობლასტი; ზ-კ – ნიჩაბუეხიანი კიბოების გამძლე კვერცხები; თ – Daphnia pulex -ის ეფიპიუმი; ი – Diaptomus-ის მოსვენებული კვერცხის განივი განაკვეთი.

40‰-ზე მეტი მარილიანობის წყალსატევებს ყოფენ – ჰიპერ-ჰალინურ (რომელთა მარილიანობა 75-80‰-დეა) და ულტრაჰალი-ნურ (80‰-ზე მეტი – 250-300‰-დე) წყალსატევებად.

ყველაზე მეტია თვისობრივი განსხვავება ბღვისა და მტკნარი წყლის მოსახლეობებს შორის, რომელთა წარმომადგენლებითაც სდება მომლაშო და ზემლაშე წყალსატევების ფლორისა და ფა-უნის ფორმირება (იხ. სურ.9).

<u>მტკნარი წყალსატევები</u>. მტკნარ წყლებში გასხნილი ნივთიე-რებებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია კარბონატები და სულფატე-ბი. ღიდ ბიოლოგიურ როლს თამაშობს კალციუმი. სმირად ის წა-რმოადგენს შემზღუდველ ფაქტორს, რადგანაც მრავალი ორგანიზ-მისათვის (მოლუსკები, კიბოსნაირები) აუცილებელია ნიჟარის ან ჯავშნის აგებისათვის. წყალი ითვლება ხისტად, თუ 1 ლ შეიცავს 25 მგ კალციუმზე მეტს და რბილად, როცა Ca-ის შემცველობა არ აღწევს 9 მგ-ს. წყალსატევები, რომელთა მარილიანობა 0,05 ‰ -ს არ აღემატება, ითვლება აჰალინურ (უმარილო) წყალსატევებად. მაგალითად, სფაგნური ჭაობები.

მტკნარი წყლების მოსახლეობის ერთ-ერთი ყველაზე მეტად დამახასიათებელი თავისებურებაა სახეობრივი სიღარიბე. ასე, მა-გალითად, მტკნარ წყლებში საერთოდ არ გვხვდება კანეკლიანე-ბი, გარსიანები; ხოლო ღრუბლები, ნაწლავღრუიანები და სხვანი გვხვდება სახეობათა მცირე რიცხვით. ამასთან ერთად საკმაოდ ფართოდაა მტკნარ წყლებში გავრცელებული მწერები, ნიჩაბფეხი-ანები, ულვაშტოტიანები, ამფიბიები. უპირატესად მტკნარ წყლებ-ში გვხვდება მცირეჯაგრიანი ჭიები, ციბრუტელა ჭიები, ფილტვია-ნი მოლუსკები. მტკნარი წყლის წყალმცენარეები და უხერხემლო-ები ხასიათდებიან ფართო გეოგრაფიული გავრცელებით, ამიტომ მათს სახეობრივ შემადგენლობაში არ შეინიშნება შესამჩნევი გა-ნედური განსხვავება. ამ ორგანიზმების კოსმოპოლიტიზმი გაბისა-ბღერება იმით, რომ უმეტეს მათგანს გამოუმუშავებათ ადაპტაციე-ბი პასიური განსახლებისათვის, გამოზამთრებისთვის; მშრალი პე-რიოდების გადატანა მოსვენებულ მდგომარეობაში ცისტების შექ-მნის გზით (წყალმცენარეები, უმარტივესები, ზოგიერთი ნიჩაბფე-ხიანები), შინაგანი კვირტებით (სპონგიები, ბრიოზოები). ლატენტუ-რი კვერცხებით (პიდრები, ფოთოლფეხიანი კიბოები, ციბრუტელე-ბი). ყველა ამ წარმოქმნის მოსვენებული სტადია შეიძლება გაგრ-

ძელდეს 1-2 წელი და მეტი. თევზები, უმაღლესი კიბოსნაირები, ზოგიერთი ნიჩაბფეხიანები Calanoida-ს ქვერიგიდან მოკლებული არიან მოსეენებულ სტადიებს და, როგორც წესი, ცხოვრობენ მცირე ზომის შემოსაზღერულ არეალებში ე.ი. გავრცელების ოლქებში.

მომლაშო წყალსატევები. წყალსატევების ასეთ ტიპს განეკუთვნება ე.წ. ესტუარიები (მდინარის შესართავი, რომელსაც აქვს ვიწრო ზღვის ყურის ფორმა), ფართო ზღვის ოლქები დიდი მდინარეების შესართავთან ახლოს, მრავალი შინაგანი ზღვები (ბალტიის, აზოვის და სხვ.) მტკნარი და ზღვის წყალსატევებისაგან განსხვავებით მომლაშო წყალსატევები ხასიათდება მარილიანობის რეჟიმის არამდგრადობით.

მომლაშო წყალსატევების მოსახლეობას სამი ჯგუფი შეადგენს: ზღვის ევრიჰალინური ფორმები, მტკნარი წყლის ევრიჰალინური და სპეციფიკური მომლაშო წყლების ფორმები.

ზღვის ევრიჰალინურ ფორმებს შეუძლიათ გაუძლონ მარილიანობის შემცირებას 5-8‰ -დე. ასეთებია მაგალითად, ორსაგდულიანი მოლუსკები: Mytilus edulis, Cerastoderma lamarcki, მრავალი ნიჩაბფეხიანი, დიატომები და პერიდინეები. ხშირად ზღვის ფორმები ქმნიან მომლაშო წყალსატევების ძირითად მოსახლეობას (მაგალითად, ბალტიისა და აზოვის ზღვებში). ზოგიერთ მტკნარი წყლის წარმოშობის ორგანიზმებს შეუძლიათ 6-8‰ -ის პირობებში არსებობა (ზოგიერთი ლურჯმწვანე წყალმცენარეები, ციბრუტელები, ულვაშტოტიანი კიბოები და ხირონომიდების ლარვები). სპეციფიკური მომლაშო წყალსატევების ორგანიზმები, უმრავლეს შემთხვევაში, სტენოჰალინური ფორმებია. სამხრეთის ზღვების ფაუნაში ამ ჯგუფს განეკუთვნებიან Amphipoda, Cumacea, Mysidocea, Isopoda, Bivalvia (დრეისენა, მონოდაკნა და სხვ.) თევზებიდან ქაშაყისნაირთა და ღორჯოსნაირთა წარმომადგენლები.

სახეობრივი შემადგენლობით მომლაშო წყალსატევების მოსახლეობა მნიშვნელოვნად ღარიბია მტკნარი და ზღვის წყლების მოსახლეობასთან შედარებით. ზღვისა და მტკნარი წყლების მოსახლეობის ფართო გავრცელებას მომლაშო წყლებში ხელს უშლის, უპირველეს ყოვლისა, მარილთა შემადგენლობის ცვალებადობა. ზღვის ფორმებისათვის არახელსაყრელია წყალსატევების სიღრმის შემცირება, მათი ტემპერატურული რეჟიმის არამდგრადობა. ამის გამო ზღვის ორგანიზმების სახეობათა რიცხვი მცირ-

დება 90-95%-ით. ამასთან ერთად, მოგიერთი სახეობის მომებიც მცირდება. მაგალითად, M. edulis და C. lamarcki ნიჟარები ბალტიის მღვიმე (2-6‰-ს პირობებში) 2-4-ჯერ მცირე მომისაა, ვიდრე იგივე სახეობების ნიჟარები კილის ბუსტიდან, სადაც მარილიანობა 15%-ია. შესაძლებელია, რომ მომათა მემცირება დაკავშირებულია მომლაშო წყლებში მოგიერთი ორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლიობის შემცირებასთან. მაგალითად, C. lamarcki, ჩრდილო ატლანტიკაში 9 წლის ასაკამდე ცოცხლობს, აზოვის მღვიმე კი 5 წლამდე.

მომლაშო წყლების მოსახლეობა, მიუხედავად სახეობრივი სიღარიბისა, ხასიათდება დიდი რიცხოვნობით, რაც გაპირობებულია იმით, რომ აქ მცსოერებ ფორმებს არა პყავთ კონკურენტები კვებასა და ადგილსამყოფელში. ამიტომ სწორედ მიქსოპალინური სახეობები გამოიყენება განსაკუთრებით ინტენსიურად რეწვაში. მაგალითად, ატლანტიკის ოკეანის ჩრდილო ამერიკის ნაპირებზე თევზის რეწვის 63% ესტუარიებზე მოდის. ამ რაიონებში ერთმანეთს ერევა მღვიმა და მტკნარი წყლები, ხოლო მიქცეეა-მოქცეეის დინების საშუალებით მედაპირული წყლები მდიდრდება ბიოგენებით, რაც განაპირობებს მაღალ ბიოლოგიურ პროდუქციულობას.

მარილიანობის მრდის მემოქმედება მტკნარი წყლის მოგიერთი ფორმის ბიოლოგიაზე (ცისარტყელოვანი კალმახის მაგალითზე). მარილიანობის ფაქტორი, რომ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია პიდრობიონტების მრდა-განვითარებაში — ეს დასტურდება მეტად საინტერესო ექსპერიმენტებით, რომლებიც ტარდებოდა წლების მანძილზე თევზმეურნეობისა და ოკეანოგრაფიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის საქართველოს განყოფილებაში (ქ. ბათუმი).

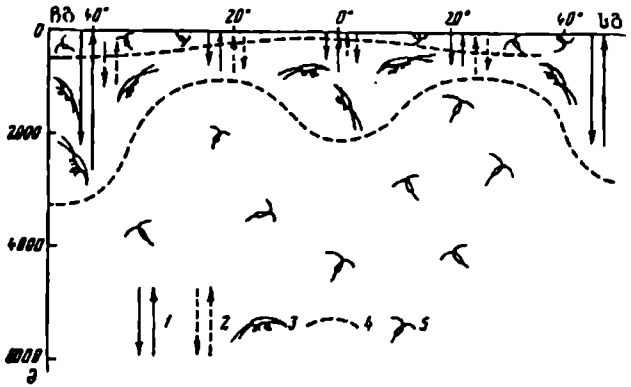
მტკნარი წყლის სახეობის — ცისარტყელოვანი კალმახის ჩასასმელი მასალა (ლიფსიტები) ხანგრძლიეი დროის მანძილზე (1-2 წელიწადი) გამოზარდეს მტკნარი წყლის თანდათანობით გამარილიანების პირობებში (0,5%-დან 17-18%-მდე). მოხდა ადაპტაცია და აღმოჩნდა, რომ ამ მტკნარწყლიანი ფორმების მრდა-განვითარებისათვის სწორედ 17-18%-ს გარემოა საჭირო. ასეთი მარილიანობის პირობებში ცისარტყელოვანი კალმახის მრდის ტემპი დაახლოებით 3-ჯერ გაიზარდა და მრდასრული თევზების მასა კი 1,5-2,5 -ჯერ ჭარბობდა — ამავე სახეობის მტკნარ წყალში გამომრდილი ეგზემპლარების მასას.

ზღვის წყალსატევები. ზღვის წყალი ხასიათდება საკმაოდ სტაბილური და რთული ქიმიური შემადგენლობით, ზღვის წყალში შემჩნეულია თითქმის ყველა ქიმიური ელემენტი, რომელთა უმეტესობა უმნიშვნელო რაოდენობითაა წარმოდგენილი. ნატრიუმის ქლორიდის წილად მოდის ყველა გახსნილი მარილის 77,8%.

ზღვის წყლის მოსახლეობა სხვა ტიპის წყალსატევებისაგან განსხვავდება მეტად დიდი თეისობრივი ნაირგვარობით. ცხოველთა ცნობილი 63 კლასიდან ოკეანეში ცხოვრობს 52, რომელთა შორის მხოლოდ ზღვის ფორმებისაგან შედგება 31 კლასი. დამახასიათებელია ისიც, რომ სუბსტრატზე მიმაგრებული და მბურღავი ფორმები მხოლოდ ზღვის წყალში ცხოვრობენ. ბენთოსური უსერხემლოების პელაგური ლარვები, რომლებიც მეზოპლანქტონს განეკუთვნებიან, დამახასიათებელია მხოლოდ მოგიერთი მტკნარი წყლის სახეობებისათვის და ტიპობრივია თითქმის ყველა ზღვის უხერხემლოებისათვის, რომლებიც ცხოვრობენ ზომიერსა და ტროპიკულ ოლქებში.

პელაგიალის მოსახლეობა. პლანქტონის სხვადასხვა წარმომადგენელთა გავრცელების საზღვრები ოკეანურ პელაგიალში ვერტიკალური და პორიზონტალური მიმართულებით არაა მკვეთრად გამოხატული. არსებობენ ფართო, გარდამავალი ოლქები, რომლებშიც ერთი ჯგუფის ორგანიზმები თანდათანობით იცვლება მეორე ჯგუფის ფორმებით. ყველაზე მკვეთრადაა გამოხატული ორი ვერტიკალური ზონა: პროდუქციის შემქმნელი — საშუალოდ 200მ-დე, სადაც თავმოყრილია ფიტოპლანქტონი და მომხმარებელი, რომელიც მოიცავს დანარჩენ სიღრმეს. ზღვის ფიტოპლანქტონში სახეობათა რიცხვით და მასობრიობით ჭარბობენ (დომინირებულია) კაჟოვანები, პერიდინეები; უფრო ნაკლები მნიშვნელობისაა კოკოლიტოფორიდები, მცირე რაოდენობითაა ლურჯმწვანეები. ზოოპლანქტონში ბატონობს რაოდენობრივად ნიჩაბფეხიანები, უმეტესად კალანოიდა. დიდი მნიშვნელობა აქვს ევფაუზიებს, მიზიდებს, ამფიპოდებს და ნაწლაელრუიანებს, რომლებიც 400-დე სახეობას შეადგენენ და ხშირად უზარმაზარ შეჯგუფებებს ქმნიან. აღსანიშნავია მეზო და მაკროპლანქტონის ვერტიკალურ განაწილებაში არსებითი განსხვავება (იხ. სურ. 10). მეზოპლანქტონის ძირითადი მასა ცხოვრობს 750 მ-დე სიღრმეში. აქ მისი ბიომასა ასეული მგ/მ^3 შეადგენს. უფრო ღრმად მეზოპლანქტონი ძალზე ცოტაა.

ზედა ფენები ფიტოპლანქტონით მკვებავი ფორმებითაა დასახლებული. საშუალო სიღრმეების ოლქში (500 მ და უფრო ღრმად) ძირითადი მნიშვნელობა მტაცებლებს ენიჭებათ. აბისალისათვის კი დამახასიათებელია მცირე ზომის ფორმები, რომლებიც დეტრიტით იკვებებიან. მაკროპლანქტონი (კიბორჩხალები, თავფეხიანი მოლუსკები, ზოგიერთი თევზი და მათი ლიფსიტები) ყველაზე დიდ დაჯგუფებებს ქმნის 500, 1500 და 2000 მ-ზე. მათ ძირითად საკვებს შეადგენს მეზოპლანქტონი და სხვადასხვა ორგანული ნარჩენები. მაკროპლანქტონი აწარმოებს ზედაპირულ ფენებში ვერტიკალურ კვებით მიგრაციებს.



სურ. 10. *მეზო და მაკროპლანქტონის განაწილების სქემა (ოკეანის მერიდიანულ ჭრილში).*

1 მეზოპლანქტონის დღეღამური ან სეზონური მიგრაციების ამპლიტუდა; 2 — მაკროპლანქტონის დღეღამური მიგრაციების ამპლიტუდა (ექოლოტური ჩანაწერების მიხედვით); 3 — მაკროპლანქტონის კონცენტრაციის ზონა; 4 — მაკროპლანქტონის კოცენტრაციის ზონის საზღვარი; 5 — მეზოპლანქტონის ბატონობის ზონა.

ბენთალის მოსახლეობა. ოკეანის ფსკერის ერთ-ერთი ყველაზე პროდუქციული ზონა ლითორალია. მისი მოსახლეობის შემადგენლობაში შედიან ცხოველთა და მცენარეთა ათასობით სახეობები. მცენარეებს შორის დომინირებენ მრავალწლიანი ფუკოიდები და ზოგიერთი წითელი წყალმცენარეები. გამოყოფენ უხერხემ-

ლოების დასახლების 3-დან 8 სარტყელს. თითოეული მათგანის ძირითად ბირთვს 1-3 სახეობა ქმნის. ასეთი განაწილების ვერტიკალური ზონალობა დამოკიდებულია სახეობების უნარზე გაუძლონ ამა თუ იმ ფაქტორთა ცვალებადობას. არსებითი მნიშვნელობა აქვს კვებით ურთიერთდამოკიდებულებას. მაგ: დიდი ზომის მიდიებსა და ზღვის კუჭებს არ შეუძლიათ ლითორალის ზედა შრეებში ცხოვრება, რადგანაც არა აქვთ საკვების მოპოვების პირობები. სესტონი – მათი საკვები მოქცევის შხეფების გამო ვერ აითვისება. კლდიან ლითორალზე მცენარეთა მასა აღწევს 1მ²-ზე ათეულობით კგ-ს; ხოლო ცხოველთა მასა რამდენიმე კგ/მ². ლითორალში იკვებება მრავალი თევზი, რომელთაც სარეწაო მნიშვნელობა აქვთ. ძალზე მდიდარია მცენარეებით სუბლითორალის ზედა ქვეზონა, რომელიც 20-30 მ-დე ეშვება. აქვე თავმოყრილია რამდენიმე ათეული მეტრის სიგრძის მცენარეები და უხერხემლოების ძირითადი მასა. უხერხემლოების სახეობრივი ნაირგვარობა ძალზე დიდია – ასიათას სახეობამდე, ხოლო ბიომასა აღწევს მრავალ კგ-ს 1მ² -ზე.

სუბლითორალის ქვედა ქვეზონისათვის დამახასიათებელია ის, რომ იგი თითქმის მოკლებულია მცენარეულობას და მხოლოდ ტროპიკებში ეშვება 180 მ-დე. უხერხემლოების ბიომასა მერყეობს 100-დან 300 გ/მ³-დე და ზოგჯერ აღწევს 700 გ/მ³ -ს. სუბლითორალური სახეობების მნიშვნელოვანი ნაწილი ვრცელდება მეჩეჩის (თავთხელი) ფარგლებს გარეთ – კონტინენტალურ ფერდობზე. (500-1000 მ-ის სიღრმემდე). ამასთან ერთად ღრმაწყლიანი ფაუნა მსოფლიო ოკეანის ზოგიერთ რაიონებში გვხვდება ამ პორიზონტებზე. სუბლითორალში, უმეტესად მის ზედა ქვეზონაში, თავმოყრილია თევზების სარეწაო მარაგი და მასთან ერთად უხერხემლოებისა და მცენარეთა სარეწაო მარაგიც.

ოკეანის ბათეალის ზონაში ხდება ფაუნის სახეობრივი შემადგენლობის ცელა და მისი რაოდენობის შემცირება. აქ გამოიყოფა 2 ქვეზონა: პირველი ვრცელდება 200-300 მეტრიდან 1000-1500 მ-დე. მეორე მოიცავს მატერიკული (კონტინენტალური) ფერდობის დანარჩენ ნაწილს. მოსახლეობის რიცხოვნობა აქ 2-4 -ჯერ დაბალია, ვიდრე პირველ ქვეზონაში. ზედა და ქვედა ქვეზონების ბათიალისათვის საერთოა სახეობების მხოლოდ 4%. ბენთოსის ბიომასა ზედა ქვეზონაში შეადგენს რამდენიმე ათეულ გრამს 1მ² -ზე,

ხოლო ქვედა ქვეზონაში კი ეცემა 1მ^2 -ზე გრამის მეათედ ნაწილამდე. მსოფლიო ოკეანის მრავალ რაიონში ზედა ბათიალი წარმოადგენს პროდუქციულ ოლქს, რომელშიც ცხოვრობს თევზების მრავალი სახეობა.

ბენთალის მთელი მოსახლეობის 3% მოდის აბისალზე. ბიომასა მერყეობს 0,1-დან 1გ/მ^2 -მდე. ტროპიკულ ზონაში კი არ აღემატება 0,05 გ/მ^2. სახეობების რიცხვით აბისალის ფაუნაში პირველ ადგილზე დგანან კანეკლიანები, უპირველეს ყოვლისა ჰოლოთურიები, რომელთა წილად მოდის მთელი ბენთოსის ბიომასის 50% და ყველა სახეობის უხერხემლოების 60%. თევზებს შორის აბისალში 52% ენდემებია.

ულტრააბისალის მცხოვრებთა შორის ამჟამად ცნობილია 900-მდე სახეობა. ეს სამჯერ ნაკლებია აბისალის მოსახლეობაზე. მათ შორის 60% ენდემებია. 9 კმ-ზე უფრო ღრმად რეგისტრირებულია მრავალუჯრედიანი ცხოველების 70-მდე სახეობა, ხოლო 10 კმ-ზე უფრო ღრმად – 16 სახეობამდე; ამასთან ენდემურ ფორმებზე მოდის 88 %. ულტრააბისალში გავრცელების მიხედვით პირველ ადგილზე დგანან პოლოთურიები, მეორეზე – მრავალჯაგრიანი ჭიები. მრავალუჯრედიანი ცხოველების მასა, რომლებიც ცხოვრობენ ზომიერი და მაღალი სარტყლების მაღალპროდუქტიულ რაიონებში 6-8 კმ-ის სიღრმეზე, აღწევს 2-5 გ/მ^2, ზოგჯერ კი 10 გ/მ^2 -ს ჭარბობს. ტროპიკული ოლქის ორგანიზმების მასა 1 მ^2-ზე მხოლოდ 1 გ-ის მეათედ ან მეასედს აღწევს. ფსკერის ფაუნაში დიდი მნიშვნელობა აქვთ უმარტივესებს და უპირველეს ყოვლისა კი ფორამინიფერებს (ნიჟარიანი უმარტივესები). მათი ბიომასა 6 კმ-ზე ღრმად მერყეობს 2-დან 10 გ/მ^2-დე. მსოფლიო ოკეანის სხვადასხვა რაიონებში ულტრააბისალური ფაუნის განეითარებაში რაოდენობრივი განსხვავებები დაკავშირებულია კვების პირობებთან და ფსკრულ დანალექებში ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობასთან.

<u>პიპერპალინური წყალსატევები</u>. პიპერპალინური წაყლსატევები ქვაბურის (ტაფობის) წარმოშობის მიხედვით იყოფა ზღვისა და კონტინენტალურ წყალსატევებად. პირველნი წარმოადგენენ ზღვისგან გამოყოფილ ნაწილებს, მათში მტკნარი წყალი არ შედის, აორთქლება დიდია და მარილიანობა თანდათანობით იზრდება (მაგალითად, ყარა ბოღაზ გოლი, კასპიის ზღვისგან გამოყო-

ფილი ნაწილი. მარილიანობა აღწევს 250-280 %-ს) ამის მაგალითია ასევე სივაშის ტბა (აზოვის ზღვა).

კონტინენტალური (მატერიკული) ჰიპერჰალინური წყალსატევების წარმოშობის ძირითადი პირობები: გაუმდინარი ქვაბურის არსებობა, მშრალი კლიმატი, წყალსატევის წყალშემკრები აუზის ნიადაგების გარკვეული ქიმიური შემადგენლობა. კონტინენტალური, ჰიპერჰალინური წყალსატევები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ფართობით, მარილთა შემადგენლობით და კონცენტრაციით. ასეთი წყალსატევები გეხვდება აუსტრალიის მშრალ რაიონებში, სამხრეთ ამერიკაში და აზიის უდაბნოებში, ავარიის ნახევარკუნძულზე მდებარეობს მსოფლიოში ყველაზე ღრმა ჰიპერჰალინური წყალსატევი – მკვდარი ზღვა, რომლის სიღრმე 300 მ-დეა და მარილიანობა – 275 %.

ჰიპერჰალინური წყალსატევების მარილიანობა მნიშვნელოვნად ცვალებადობს სეზონურად: ნალექებით მდიდარ პერიოდში 1,5-2,0 -ჯერ მცირდება, ხოლო მშრალ პერიოდში შესაბამისად იზრდება. ჰიპერჰალინურმა წყალსატევებმა, რომლებშიც მარილიანობა 100 %-ს ჭარბობს მიიღეს სახელწოდება – გადამლაშებული ან ზემლაშე წყალსატევებისა. მათი მარილიანობა ახლოსაა გაჯერებულთან. ზოგჯერ მათ ვარდისფერი დაპკრავთ ან წითელი, რაც გაპირობებულია ბაქტერია Serratia salinaria-ს მასობრივ გამრავლებასთან. ზემლაშე ტბებს აქვთ დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა – მათში ხდება სხვადასხვა მინერალური შენაერთების მოპოვება. ქიმიური შემადგენლობის მიხედვით ეს წყალსატევები იყოფა 3 ძირითად ტიპად: ქლორიდული, კარბონატული და სულფატური. დიდი ზომის ქლორიდული ტბებია ელტონი და ბასკუნჩაკი. ელტონის ტბაში საორიენტაციო გაანგარიშებით NaCl-ის მარაგი აღწევს 500 მილიონ ტონას, ხოლო სულფატური ტიპის ისეთ აუზში, როგორიცაა ყარა-ბოღაზ გოლი – მირაბოლიტის ($Na_2SO_4 . 10H_2O$) მარაგი აღწევს 3,5 მილიარდ ტონას. ჰიპერჰალინური წყალსატევების მოსახლეობა, სადაც არსებობის პირობები ექსტრემალურია, ძალზე ღარიბია სახეობებით, მაგრამ მდიდარია რაოდენობრივად. ზღვის წარმოშობის წყალსატევები (40-70%-ს მარილიანობით) დასახლებულია ეერიჰალინური ზღვის სახეობებით.

კონტინენტალურ წყალსატევებში (100%-მდე მარილიანობა) ცხოერობენ მცირე რაოდენობით მტკნარწყლიანი წარმოშობის ევრიჰალინური ფორმები. ასეთებია ზოგიერთი ულვაშტოტიანი კი-

ბოსნაირები და მწერები (Nepa, Sialis, Artemia salina, Arctodiaptomus salinus, Brachionus müller და სხვ.).

100%-ზე მაღალი მარილიანობის პირობებში ჰიპერჰალინურ წყალსატევებში მათი წარმოშობის მიუხედავად ცხოვრობს სახეობათა ერთი და იგივე კომპლექსი, რომლებიც ქმნიან მტკნარწყლიანი წარმოშობის ჰალობიონტთა ჯგუფს. ჰალობიონტებს განეკუთვნება ვოლვოქსოვანი წყალმცენარეები Dunaliella salina და Asteriomonas gracialis ინფუზორია Fabrea salina, ფოთოლფეხიანი კიბო Artemia salina, ბუზის – Ephidra riparia -ს ლარვები, ხოჭო Ochtebius - ის მრდასრული ფორმები და ლარვები. მრავალი ჰიდრობიონტები გამოირჩევიან განსაკუთრებული ევრიჰალინურობით. მაგალითად, Artemia salina შეიძლება არსებობდეს 270%-ის პირობებში, ჰიპერჰალინურ წყალსატევებში, რომელთა მარილიანობა 270%-ზე მეტია, გვხვდება მხოლოდ მცენარეული ორგანიზმები.

საქართველოში, რომელიც საერთოდ მდიდარია ტბებით, საკმაოდ მრავალრიცხოვანი ჰიპერჰალინური წყალსატევები გეხვდება. ამ წყალსატევების დიდი ნაწილის გამტკნარება მოხდა წლების მანძილზე და ისინი ამჟამად სათევზემეურნეო მნიშვნელობისანია. ხდებოდა ყოფილი მლაშე და ზემლაშე ტბების აუზის დაცლა მარილიანი წყლისაგან, ქვაბურის გამორეცხვა და მისი შევსება მტკნარი წყლით, რის შედეგადაც გაჩნდა ახალი ტიპის წყალსატევები ანუ ხელოვნური წყალსატევები, სადაც მოხდა ახალი ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმის ფორმირება, რამაც თავის მხრივ განაპირობა სიცოცხლის ფორმირების მეტად საინტერესო თავისებურებანი. ასეთი ყოფილი მლაშე ტბებია: კუმისის ტბა, ნაღარბამევის ტბა, დედოფლისწყაროს ტბა. ასეთივე მლაშე ტბები მოექცა თბილისის მღვის ფსკერზე, რამაც გარკვეული გაელენა მოახდინა ახლადშექმნილი წყალსაცავის ჰიდრობიოლოგიურ რეჟიმზე.

განსაკუთრებით საინტერესო გამოდგა კუმისის ტბის ყოფილი ჰიპერჰალინური წყალსატევის (150-200%) აღგილზე ახალი წყალსატევის გაჩენა. ყოფილი ტბის „სამკურნალო ტალახი" ცნობილი იყო თავისი სამკურნალო თვისებებით და მეტად ეფექტურ შედეგებს იძლეოდა რევმატიული დაავადებების მკურნალობაში – ასეთ ტაფობში მტკნარი წყლის (მდ. მტკვრის წყალი წყალსაქაჩი არხებით) შეგუბებას მოჰყვა წყალსატევის ძალზე მაღალი ბიოლოგიური პროდუქტიულობა (სამუალოდ თევზის წლიური პრო-

დუქცია აღწევდა 900 ტონას); რომელიც საქართველოს ყველა ტიპის დამდგარ წყალსატევებს ჭარბობდა.

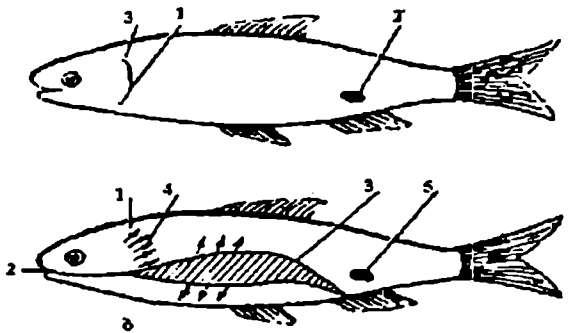
საქართველოს დღეისათვის მაინც შემორჩა პიპერჰალინური წყალსატევები (სართიჭალის ტბები, ჯვრის მონასტერთან მდებარე ტბა და სხვ.), რომელნიც გამოირჩევიან ძალზე მაღალი მარილიანობით (150-250 %) და ჰიდრობიონტთა სახეობების ძალზე სპეციფიური ერთეული სახეობებით. საქართველოს პიპერჰალინური წყალსატევების ყველაზე გავრცელებული და ტიპური ჰალობიონტებია: ფოთოლფეხიანებიდან — Artemia salina, ნიჩაბფეხიანებიდან Arctodiaptomus salinus და ციბრუტელა ჭიებიდან Brachionus salinus.

ბ. ოსმორეგულაციის პროცესები ჰიდრობიონტებში

ყველა წყლის ცხოველები თავისი ოსმორეგულატორული ხასიათის გარეგანი მარილიანობის ცვალებადობასთან დამოკიდებულების მიხედვით იყოფიან ორ ჯგუფად: პოიკილოოსმოსური (პოიკილოს — ჭრელი) და ჰომოიოოსმოსურ (ჰომოიოს — მსგავსი, ერთგვაროვანი) ფორმებად. პირველი ჯგუფის ორგანიზმების შინაგანი გარემო (სისხლი, ლიმფა, ჰემოლიმფა, ცელომური სითხე) იმყოფება გარემომცველ გარემოსთან შედარებით ოსმოსურ წონასწორობაში. მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ცხოველები, რომელთაც შეუძლიათ შინაგანი გარემოს ოსმოსური წნევის დაჭერა ისეთ დონეზე, რომელიც განსხვავდება გარემომცველი გარემოს ოსმოსური წნევისაგან. ოსმოსური რეგულაცია ჩვეულებრივ ხორციელდება სპეციალიზირებული უჯრედებით, რომლებიც განლაგებულია საფარველზე, ლაყუჩებზე, ნაწლავის ცალკეულ მონაკვეთებზე ანდაც გამომყოფი ორგანოების კედლებზე ე.ი. ორგანოებზე, რომელთაც გარეგან გარემოსთან აქვთ კონტაქტი. მონოფუნქციონალური ოსმორეგულატორული ორგანოები ჰიდრობიონენტებს, როგორც წესი, არ გააჩნიათ.

პოიკილოოსმოსურ ცხოველებს განეკუთვნება უმრავლესობა ზღვის უხერხემლოები (უმაღლესი კიბოსნაირების გარდა) და ასევე ზოგიერთი ხერხემლიანები (მიქსინები, ზოგი ამფიბია). ყველა ამ ორგანიზმისათვის დამახასიათებელია გარემომცველ გარემოსთან შედარებით მცირედი ჰიპერტონია. იზოტონიის შემთხვევაში შეუძლებელი იყო გარედან წყლის მეღწევა შიგნით და შესაბამისად მარდის გამოყოფა და მეტაბოლიზმის პროდუქტების გამოტანა. შინაგანი ჰიპერტონიის დაბალი ხარისხის დროს ზღვის

ილოოსმოსური ორგანიზმები ნორმალურად ფუნქციონირ
წყლის აქტიური მოთხოვნილების გარეშე. პოიკილოოსმოსუ
ხემლოებში შინაგანი გარემოს ოსმოსური წნევა შეინარჩ
ჩეულებრივ მინერალური იონებით, ხოლო ზოგიერთ ხერხ
ნებში კი ის ნახევარზე მეტად შენარჩუნებულია ორგანულ
იერებებით, უპირველეს ყოლისა შარდოვანათი.



სურ. 11. *ოსმორეგულიაცია ძვლიან თევზებში.*

ა — მტკნარწყლიანი თევზების პიპეროსმოსური რეგულიაცია წყალი (1) ოსმოსური გრადიენტის მიხედვით შედის ორგანიზმის შიდა გარემოში და გამოიდევნება პიპოტონური შარდის (2) სახით. ნატრიუმი შიდა გარემოდან ლაყუჩების საშუალებით აქტიურად გამოიდევნება; ბ — ზღვის თევზების პიპოოსმოსური რეგულიაცია. წყალი (1) ოსმოსური გრადიენტის მიხედვით ტოვებს ორგანიზმს. დანაკარგი შეივსება ზღვის წყლის (2) სმით, რომელიც შეიწოვება კუჭში (3), გამტკნარდება ლაყუჩებში ნატრიუმის სეკრეციის ხარჯზე (4) და გამოიდევნება იზოტონური შარდის (5) სახით.

ჰომოიოოსმოსურ ცხოველებს შორის შინაგანი და გარეგა ოსური წნევის სიდიდეების შეუარდებით ანსხვავებენ ჰიპე იკებსა და პიპოტონიკებს. პირველებში შინაგანი გარემოს ი ური კონცენტრაცია მაღალია გარეგანზე. მათ განეკუთვნ ღა მტკნარი წყლის ცხოველები და მომლამო წყალსატევებ ვალი მცხოვრებნი. მათი ოსმორეგულატორული მექანიზმებ

მოქმედება მიმართულია იქითკენ, რათა სული შეუშალონ (დააბრკოლონ) ქსოვილების გაუწყლოვანება. (სურ. 11).

ცხოველებს მარილების შესანარჩუნებლად და მათი მარაგის გასამდიდრებლად თავიანთ სხეულში გააჩნიათ სხვადასხვა ადაპტაციები. ეს მიიღწევა საფარველის გამტარებლობის დაქვეითებით, გარედან იონების აქტიური სორბციით და მათი აქტიური რეაბსორბციით, შარდის წარმოქმნით, რომელიც პიპოტონურია სისხლის პლაზმის მიმართ. ამასთან მტკნარი წყლის მოგიერთ კიბორჩხალებში ჰიპეროსმოსური რეგულაცია სორციელდება იონების რეაბსორბციის გარეშე, რადგან მათი შარდი სისხლის პლაზმის იზოტონურია, ძირითად ფუნქციას ასრულებენ ლაყუჩების მასორბირებელი სტრუქტურები. რაც მეტია ოსმოსური წნევის სხვაობა მტკნარი წყლის ცხოველების გარემოსა და ორგანიზმს შორის, მით უფრო ენერგიულად გამოდევნიან ისინი სხეულის შიგნით მოხვედრილ წყალს. მაგალითად, პარამეციუმი გარემოში NaCl-ის კონცენტრაციის აწევით 0-დან 10%-დე ამცირებს წყლის გამოყოფას ერთი საათის მანძილზე სხეულის მოცულობაში 30-ჯერ.

პიპოტონიკებს ეკუთვნიან რიგი ზღვის ცხოველები: ზოგიერთი უხერხემლოები (მიზიდები, ცალკეული ათფეხა კიბოები) ძვლიანი თევზები, ქვეწარმავლები და ძუძუმწოვრები, ასევე ჰიპერპალინური წყალსატევების ყველა მცხოვრებელები, გარემომცველი გარემოს ფიზიკური ძალები მიმართულია ორგანიზმის გაუწყლოვნებისაკენ და ამიტომ პიპოტონიკების ოსმორეგულატორული სისტემები მუშაობენ როგორც გამამტკნარებლები. ცხოველები სვამენ წყალს, რომელიც შეიწოვება სისხლში ნაწლავის კედლების გზით. უხერხემლოები გამოყოფენ გედმეტ მარილებს ჰიპერტონული შარდის გამოყოფის პროცესში. ზღვის ძვლიან თევზებში თირკმელები გამოყოფენ სისხლის პლაზმასთან დამოკიდებულებით იზოტონურ შარდს, ხოლო წყალთან ერთად მოხვედრილი მარილების ჭარბი რაოდენობა გამოიყოფა ლაყუჩების განსაკუთრებული უჯრედებით. ჰიპოტონიკების ოსმორეგულიაციის უნარი ასევე გაპირობებულია გარეთა საფარველის წყლისა და მარილებისათვის სუსტი გამტარებლობით.

პომოიოოსმოსური ორგანიზმების უმრავლესობა და მრავალი პოიკილოოსმოსური ორგანიზმები – ეურიჰალინურებია. ზოგიერთ პომოიოოსმოსურ ორგანიზმს აქვს უნარი გარეგან მარილიანობასთან დამოკიდებულებით გადავიდეს ოსმორეგულაციის ერთი ტი-

პიდან მეორეზე, ანდაც მეწყვიტოს ოსმორეგულატორული მექანიზმების მოქმედება. ასე, მაგალითად, გამსვლელი თევზები – ორაგულისნაირნი მარილიანობის მომატებისას გადადიან რეგულაციის ჰიპეროსმოსური ტიპიდან პიპოოსმოსურზე. პოიკილოოსმოსურ ცხოველებში არ არის კარგად განვითარებული ოსმორეგულაციის აპარატი და გარეთა საფარველი ადვილად გამტარია წყლისა და მარილებისათვის, ამიტომ მათ არა აქვთ უნარი შეინარჩუნონ გარემომცველი გარემოსაგან დამოუკიდებელი სხეულის სიღრუის სითხის ოსმოსური წნევა. ამასთან ორგანიზმს აქვს უნარი ნორმალური ცხოველმოქმედებისა სიღრუის სითხის კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი ცვალებადობის პირობებში. მაგალითად, ზღვის ვარსკვლავა – Asterias rubens უძლებს მარილიანობის დაცემას 23 %-დე, ამასთან მისი სიღრუის სითხის კონცენტრაცია მცირდება 1,5-ჯერ, ხოლო სასიცოცხლო პროცესები მიმდინარეობს ნორმალურად.

ოსმორეგულატორული მექანიზმების გენეტიკური განვითარების გამო ონტოგენეზში ევრიჰალინურობა იზრდება. მაგალითად, ზრდასრული კიბო Calanipeda aquae dulcis აზოვის ზღვაში ცხოვრობს 0-დან 12,5%-ს პირობებში, ხოლო მათი მოზარდი ფორმები 5-დან 10%-მდე.

საერთო ოსმოსურ კონცენტრაციასთან ერთად პიდრობიონტები იტანენ გარეგანი გარემოს სხვადასხვა იონთა ზემოქმედებას. ორგანიზმებში სიღრუის სითხის იონური შემადგენლობა არსებითად განსხვავდება გარეგან გარემოს ასეთსავე შემადგენლობისაგან. მაგალითად, ვირთევზაში სიღრუის სითხეში კალიუმის შემადგენლობა 2,5 -ჯერ მეტია, მაგნიუმის კი 9-ჯერ ნაკლები, ვიდრე ზღვის წყალში. განსხვავებულია ცალკეული იონების ურთიერთშეფარდება სხვადასხვა სახეობის ცხოველებში, რომლებიც ერთსა და იმავე წყალსატევში ცხოვრობენ, რადგანაც ორგანიზმები ამორჩევით გამოყოფენ ერთსა და მეორე იონებს. იონური რეგულაცია ორგანიზმის მიერ ხორციელდება, როგორც პასიურად, ასევე აქტიურად. პირველ შემთხვევაში ძირითადი მნიშვნელობა აქვს სხვადასხვა იონების მიმართ სხეულის საფარველის სხვადასხვაგვარ გამტარებლობას. ტემპერატურის მომატებასთან ერთად იონების მიგრაციის სიჩქარე უჯრედულ მემბრანებში იზრდება. იონური რეგულაცია აქტიურად ხორციელდება სპეციალური უჯრედებით, რომლებიც ამორჩევითად მიიტაცებენ წყლი-

დან გარკვეულ იონებს ან, პირიქით, გამოყოფენ მათ სიღრუის სითხიდან. ეს უჯრედები მოიპოვება ან სპეციალურ ექსკრექტორულ ორგანოებში, ან განლაგებულია სხეულის ზედაპირზე. მაგალითად, Artemia salina -სთვის იონების ექსკრექცია პირველი 10 წყვილი ლაყუჩების ეპითელიუმში, ხოლო მასში იონების შეღწევა ხდება ნაწლავის ეპითელიუმის გზით. ძვლიან თევზებში იონების მიტაცება ან გამოყოფა ხორციელდება კეის-ვილმეროეის უჯრედებით, რომლებიც ლაყუჩებშია განლაგებული. გარემომცველი გარემოს მარილიანობისაგან დამოკიდებულებით ამ უჯრედების ფუნქციები იცვლება. მრავალ კიბოსნაირებსა და მწერებში ერთსა და იმავე უჯრედებს აქვთ უნარი ორგანიზმების ბიოლოგიური მოთხოვნილებების შესაბამისად მიიტაცონ ან გასცენ იონები.

8. ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია

ქიმიური ელემენტების მიგრაციას, რომელიც ხორციელდება ბიოსფეროს შემქმნელი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედეგად, ეწოდება ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია. ბიოსფერო აკად. ვ. ი. ვერნადსკის განმარტებით, – ეს არის დედამიწის შედარული გარსი, რომელიც სიცოცხლითაა დაკავებული და თვისობრივად მის მიერ გარდაქმნილი. ბიოსფერო თავისი შემადგენლობით რთული, არაერთგვაროვანია და მოიცავს 3 ძირითად კომპონენტს: ცოცხალი ნივთიერება – ყველა ორგანიზმის მასის ერთიანობა, რომელნიც დასახლებული იყვნენ ჩვენს პლანეტაზე ამა თუ იმ მომენტში; ბიოგენური ნივთიერება – ორგანული და მინერალური პროდუქტები, რომელნიც ცოცხალი ნივთიერების მიერაა შექმნილი (ქვანახშირი, საპროპელი, ტორფი), ბიოკოსური ნივთიერება – მინერალური შენაერთები, რომლებიც წარმოქმნილია ცოცხალი ორგანიზმების არაცოცხალ ბუნებასთან ურთიერთმოქმედების შედეგად (დანალექი ქანები, თიხა, ატმოსფეროსა და წყლის ქვედა ფენები).

ბიოსფერო აღწევს დედამიწაზე შემორტყმულ 3 გარსში: ატმოსფეროში, ლითოსფეროში და ჰიდროსფეროში. ბიოსფეროს საზღვრები იქმნება მასში ორგანიზმების გაერცელების არეალით: ლითოსფეროში ისინი აღწევენ 2-3 კმ-ის სიღრმეზე, ატმოსფეროში 20-23 კმ-დე და მხოლოდ ჰიდროსფეროა მთელ სიღრმეზე დასახლებული. ბიოსფეროს არსებობის მანძილზე (მილიარდი წლები) ცოცხალმა ნივთიერებამ მზის ენერგიის უზარმაზარი რაოდენობა გარდაქმნა ქიმიურ და მექანიკურ ენერგიად და შეუ

ცნობლად გარდაქმნა პლანეტის სახე. ორგანიზმების უზარმაზარი ენერგია გაპირობებულია მისი ისეთი დამახასიათებელი თვისებებით, როგორიცაა გამრავლების დიდი სიჩქარე, ნივთიერებათა ცელის ინტენსიობა, სხვადასხვა პირობებისადმი განსაკუთრებული შემგუებლობა.

ბიოსფეროში ცოცხალი და მინერალური ელემენტების ურთიერთმოქმედება გამოელინდება ელემენტების ბიოგენურ მიგრაციაში და გამოიხატება კვებაში, სუნთქვაში, გამრავლებაში, სიკვდილში, ცოცხალი ორგანიზმების გახრწნაში. სხვადასხვა ორგანიზმაციის ორგანიზმების რთულ ურთიერთმოქმედებაში, ბიოგენურ მიგრაციაში ჩართულია სხვადასხვა მინერალური ელემენტების დიდი რაოდენობა, რომელთა შორის წამყვანი როლი ეკუთვნის ნახშირბადს, წყალბადს, ამოტს, ფოსფორს, გოგირდს. მათთან ერთად ცხოველმოქმედების პროცესში ორგანიზმები იყენებენ: კალიუმს, კალციუმს, მაგნიუმს, რკინას, სპილენძს, მარგანეცს, მოლიბდენს, კობალტს და სხვ. გეოლოგიური დროის მსვლელობისას ბიოსფეროს ცოცხალი ნივთიერების მასა იზრდება. თანამედროვე ეპოქაში დედამიწის სამივე გარეთა გარსის ქიმიური შემადგენლობის ფორმირებაში ძირითად როლს თამაშობს ცოცხალი ნივთიერება. განსაკუთრებით დიდია ეს მოქმედება ჰიდროსფეროში, სადაც ცოცხალი ნივთიერების მთელი რაოდენობის $\frac{9}{10}$-ია თავმოყრილი.

მღვის წყლებში ნაპოვნია 70 ელემენტი, რომელთაგან 46 მათგანის შემცველობა იმდენად მცირეა, რომ ჯამში ისინი შეადგენენ მხოლოდ 0,02 გ/ლ-ს. ჰიდრობიონტებს აქვთ განსაკუთრებული უნარი შთანთქონ და დაიგროვონ თავიანთ სხეულში სხვადასხვა ელემენტები, რომლებიც წყალში ძალზე მცირე რაოდენობითაა. ზოგიერთი მიკროელემენტი შემჩნეული იქნა ჯერ ორგანიმებში და შემდეგ წყალში. ჰიდრობიონტებში შეიმჩნევა სხვადასხვა ნივთიერების დაგროვებისას ამორჩევის უნარი: ზოგიერთ შენაერთებს აგროვებენ, ხოლო სხვას კი თავისუფლად ატარებენ სხეულში. ქიმიური ელემენტების შემადგენლობა ხშირად ჰიდრობიონტებში ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე წყალში. მაგალითად, მარგანეცისა და ლითიუმის კონცენტრაცია ნიჩაბფეხიან კიბოსნაირებში ათიათასჯერ, ხოლო რკინის, კაქის, ვერცხლის მილიონჯერ მეტია წყალთან შედარებით. რვაფეხებში სისხლი შეიცავს 18-23,5 % სპილენძს, იმ დროს როცა წყალში მისი რაოდენობა შეადგენს მხოლოდ 0,001 %-ს.

სხეულში ქიმიური ელემენტების რაოდენობის მიხედვით კონცენტრატორი ორგანიზმები ვ. ი. ვერნადსკის მიერ იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად. 1. ორგანიზმები, რომლებიც იგროვებენ თავის სხეულში ელემენტებს მათი სხეულის სველი წონის 10%-ზე მეტი რაოდენობით. ასეთებია, მაგალითად, დიატომეები (კაჟოვანები), რომელთა სხეულში კაჟის ჰიდრატის ზეჟანგი სხეულის 20%-მდეა, ხოლო რადიოლარიებში – 60%-მდე. კალციუმის კონცენტრატორებია კოკოლიტოფორიდები, წითელი კიროვანი წყალმცენარეები, კანელიანები, მოლუსკები. ამ ორგანიზმებში კალციუმის შემცველობა მერყეობს სველი ნივთიერებების მასის 38-დან 50%-დე.

2. ორგანიზმები, რომლებშიც ცალკეული ელემნტების კონცენტრაცია ათჯერ ნაკლებია, ვიდრე პირველი ჯგუფის ორგანიზმებში, ხოლო ასჯერ და ათასჯერ მეტია, ვიდრე მთლიანად ბიოსფეროს ცოცხალ ნივთიერებებში, ეკუთვნიან მეორე ჯგუფის ორგანიზმებს. ასეთებია იოდის კონცენტრატორები (ზოგიერთი ღრუბლები, მარჯნები, წითელი და რუხი წყალმცენარეები). სპილენძს აგროვებენ მოლუსკების მრავალი სახეობები და კიბოსნაირები. ბაქტერიების, ფიტოპლანქტონის და მრავალი პლანქტონური და ბენთოსური უხერხემლოების მოქმედების შედეგად მღვის წყლიდან გამოიყოფა: რკინა, მარგანეცი, კობალტი, ნიკელი, მოლიბდენი და ა.შ. სულ 35-დე ელემენტი და იკრიბებიან ისინი ე.წ. რკინა-მარგანეცის საბადოს სახით ოკეანის ფსკერზე. ეს საბადოები ფარავენ ოკეანის ფსკერზე უზარმაზარ ფართობებს 3000-6000 მეტრზე. მათი მარაგი აღწევს მრავალ ათას მილიარდ ტონას.

ჰიდრობიონტები სხეულში სხვადასხვა ელემენტის დაგროვებით ამდიდრებენ გარემოს სხვადასხვა ორგანული და არაორგანული შენაერთებით. ეს ნივთიერებები – მეტაბოლიზმისა და დაშლის პროდუქტებია. მათი სიკედილის შემდეგ ყველაზე დიდ როლს ამ პროცესში თამამობენ ბაქტერიები და ფიტოპლანქტონი, რამდენადაც მათი მეტაბოლიზმი გარემოდან უფრო ნაკლებადაა იზოლირებული.

ელემენტების ბიოლოგიური მიგრაციის შესწავლას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მღვის წყლები წარმოადგენენ ქიმიური რესურსების კოლოსალურ წყაროს. მაგალითად, საერთო შემცველობა ისეთი ელემენტისა, როგორიცაა ეოლფრამი, მსოფლიო ოკეანეში შეადგენს 140 მილიარდ ტონას.

ამჟამად, ზღვის წყლიდან მოიპოვება ისეთი ელემენტები, როგორებიცაა: ნატრიუმის ქლორიდი და სულფატი. მაგნიუმის მარილები, მეტალური მაგნიუმი, ბრომისა და კალიუმის მარილები. დამუშავებულია ელემენტების მოპოვების მეთოდები რკინა-მარგანეცის კონკრეციებიდან. ეს წარმონაქმნები შეიცავენ 24%- მარგანეცს, 14%- რკინას, 0,5%- სპილენძს, 1,4%- ნიკელს, 0,5%- კობალტს. გაანგარიშებულია, რომ წყნარი ოკეანის საბადოების მარაგს შეუძლია უზრუნველყოს ადამიანის გაზრდილი მოთხოვნები სპილენძზე 6000 წელს, ალუმინზე 20000 წელს; რკინა-მარგანეცის საბადოების მოსაპოვებლად დამუშავებულია ღრმაწყლიანი დარგირების მეთოდი და ჰიდრავლიკური ხერხი, რომლებიც საშუალებას იძლევიან ღღეღამის მანძილზე 5000ტონამდე კონკრეციის მიღებისა.

ბუნებრივი წყლების სუსტი ხსნარების გადამუშავება წარმოადგენს სერიოზულ ტექნოლოგიურ სიძნელეს, ამიტომ ოკეანის წყლებში მცირე რაოდენობით არსებული ელემენტების მოპოვება შეიძლება არაპირდაპირი გზით ე.ი. ორგანიზმი-კონცენტრატორების გზით, რომლებიც ასრულებენ „ცოცხალი მადნის“ ფუნქციას. მაგალითად, კალიუმის მარილებისა და სხვა შენაერთების წყაროს წარმოადგენენ რუსი წყალმცენარეების სხვადასხვა სახეობები: 1 ტ მშრალი წყალმცენარეები შეიცავენ 170 კგ კალიუმს, 9 კგ-დე ფოსფატებს და თითქმის 3 კგ კალიუმის იოდიდს. უკანასკნელი 10000 წლის მანძილზე ბიოსფეროში წარმოიშვა და განვითარდა ქიმიური ელემენტების მიგრაციის ახალი ფორმა, რომელიც დაკავშირებულია ტექნიკის გავლენასთან. გეოქიმიური პროცესები, რომლებიც ტექნიკით ხორციელდება თავისი მასშტაბებით უახლოვდება ბუნებრივს.

ამჟამად კაცობრიობის წინაშე დგას უმნიშვნელოვანესი ამოცანა მუსტად და უმაღლესი ხარისხით განსაზღვროს ადამიანის გარემომცველ გარემოსთან ურთიერთმოქმედების სტრატეგია, შეგნებულად დაამყაროს მასთან თავისი ურთიერთკავშირი, დაგეგმოს და დაარეგულიროს ის, მოახდინოს პროგნოზი არა მარტო უშუალო, არამედ შორეული გავლენისა, მისი სამეურნეო მოქმედების ბუნებაზე და მიიღოს რა ეს მხედველობაში, საიმედოდ უზრუნველყოს მის მიერ ბუნებისათვის მიყენებული ზიანის კომპენსაცია. ამრიგად, მიმდინარეობს ბიოსფეროს გარდაქმნა ნოოსფეროდ, ანუ გონიერების სფეროდ.

2. ურთიერთდამოკიდებულება წყალში გახსნილ გაზებსა და ჰიდრობიონტებს შორის

ა. გაზების აბიობენური და ბიობენური წყაროები წყალში

ბუნებრივ წყალსატევებში გაზები გახსნილ მდგომარეობაში არიან. მათგან ორგანიზმებისათვის ყველზე მეტი მნიშვნელობა აქვთ: პირველ რიგში ქანგბადს. შემდეგ ნასშირორჟანგს, გოგირდწყალბადს და სხვ. გაზები ატმოსფეროდან დიფუზიის გზით იხსენებიან წყალში, გარდა ამისა ისინი წარმოიშობა წყლის სისქეში და ფსკერულ დანალექებში. ინტენსიური ვულკანური მოქმედების რაიონებში ნახშირორჟანგი და სხვა გაზები წყალში ხვდებიან დედამიწის ქერქიდან. ატმოსფეროდან გაზები წყალში იხსნება თავიანთი პარციალური წნევით, რაც სხვადასხვა გაზებში განსხვავებულია და ამიტომ სსნადობაც სხვადასხვაა. ასე, მაგალითად, ქანგბადისათვის ის უფრო მაღალია, ვიდრე ნახშირორჟანგისათვის, ამიტომ მათი თანაფარდობა ატმოსფეროსა და წყალში სხვადასხვაა. გაზების ხსნადობა დამოკიდებულია ტემპერატურასა და მარილიანობაზე. მათ მიმართ ხსნადობა უკუპროპორციულ დამოკიდებულებაშია. რაც მაღალია ტემპერატურა და მარილიანობა, მით დაბალია გაზების ხსნადობა და პირიქით.

ქანგბადი. ჰიდრობიონტების აბსოლუტური უმრავლესობისათვის ქანგბადი მათი არსებობის აუცილებელი პირობაა. ატმოსფეროში ქანგბადის ნორმალური შემცველობის დროს (210 მლ/ლ) — 0°C-ის და 1% მარილიანობის პირობებში 1 ლ წყალში იხსნება 10,29 მლ O_2. ტემპერატურისა და მარილიანობის გაზრდით წყალში ქანგბადის ნორმალური შემცველობა მცირდება. ასე, მაგალითად, 20°C-ის დროს და 4%-ს პირობებში ის ტოლია 5,18 მლ/ლ-სა. ქანგბადის უფრო ძლიერი წყაროა წყალში ქლოროფილიანი მცენარეების მოქმედება სინათლეზე — ფოტოსინთეზი. წყალმცენარეთა ინტენსიური განვითარების შემთხვევაში (მაღალი რიცხოვნობის დროს) ხდება წყლის გადაჯერება ქანგბადით. ასე, მაგალითად, აზოვის ზღვაში ქანგბადით გადაჯერებამ შეიძლება მიაღწიოს 300%-ს, ხოლო ახალი მიწის ზოგიერთ ტბებში აღნიშნულია ქანგბადით გადაჯერება 322%-მდე. წყლის ზედაპირულ შრეებში ჩვეულებრივ ქანგბადის ნაჯერობა აღწევს 100%-ს. ქანგბადის ვერტი-

კალური განაწილება როგორც ტბებში, ასევე ზღვებში დამოკიდებულია წყლის ვერტიკალურ ცირკულაციაზე და დინებებზე.

ნახშირორჟანგი. CO_2-ის გასხნის პროცესი ფიზიკური მოვლენაა იმ შემთხვევაში, როცა წყალს აქვს ნეიტრალური ან მჟავე რეაქცია. რადგან უმეტესობა წყალსატევებისათვის (ტბები, ზღვები) დამახასიათებელია ტუტე რეაქცია (7,6 – 8,3 -PH), მაშინ ნახშირორჟანგის ნაწილი გახსნის ოდენობის მიხედვით შედის სხვადასხვა მარილების შემადგენლობაში და გადადის დაკავშირებულ მდგომარეობაში. საერთო ჯამში წყალში გროვდება დიდი რაოდენობის CO_2, რომლისგანაც თავისუფალი CO_2 შეადგენს მხოლოდ მეათედ ნაწილს, ხოლო მისი დანარჩენი რაოდენობა არსებობს კარბონატებისა და ბიკარბონატების სახით.

ნახშირორჟანგის მნიშვნელოვანი ნაწილი იქმნება სხვადასხვა ბიოლოგიური პროცესების დროს (ჰიდრობიონტების სუნთქვა და სხვადასხვა ორგანული ნივთიერებების ხრწნა), ხოლო ეულკანური პროცესების დროს დიდი რაოდენობით მოედინება დედამიწის ქერქიდან. CO_2-ის მაღალი შემცველობა მომშხამველია ცხოველებისათვის, ამიტომ მრავალი წყაროები, რომელთა წყლები გაჯერებულია CO_2-ით, უსიცოცხლოა.

გოგირდწყალბადი. გოგირდწყალბადის (H_2S) წყარო წყალსატევებში ორი პროცესია: გოგირდის შემცველი ორგანული ნივთიერებების დაშლა და სულფატების აღდგენა. ორივე ეს პროცესი მიმდინარეობს ბაქტერიების მონაწილეობით. ამგვარად, გოგირდწაყლბადი წარმოიშობა მხოლოდ ბიოგენური გზით. რამდენადაც H_2S ეკუთვნის აღვილად ქანგვად გაშებს, ამიტომ დიდი რაოდენობით ის მხოლოდ ანაერობულ პირობებში გროვდება წყლის ვერტიკალური ცირკულაციის არ არსებობისას.

ზღვის აუზებში გოგირდწყალბადი წარმოიქმნება გოგირდის აღდგენისას სულფატებიდან დესულფირებული ბაქტერიებით, რომლებიც ანაერობულ პირობებში ცხოვრობენ (Microspira aestuaria და სხვ.). ზოგიერთ შიდა ზღვებში ამ გაზის რაოდენობა, რომელიც იქმნება ბაქტერიების მოქმედებით, ძალზე დიდია (მაგალითად, შავ ზღვაში). მტკნარ წყალსატევებში, სადაც წყალი მცირე რაოდენობით შეიცავს სულფატებს, H_2S-ის წარმოქმნაში ძირითადი მნიშვნელობა აქვთ ლპობის ბაქტერიებს. მათი მოქმედება ძირთადად ფსკერზე მიმდინარეობს, სადაც დიდ რაოდენობით გროვდება ხრწნა-

დი ცილოვანი ნივთიერებები. პიდრობიონტების უმეტესობისათვის ეოგირდწყალბადი მცირე რაოდენობითაც მომწმსამველია. ძალზე მდგრადი არიან მის მიმართ მხოლოდ დაშუშყიანებული წყლების მცხოვრებნი.

ბ. წყლის ორგანიზმების სუნთქვის პროცესები და მათი სასუნთქი ორგანოების აგებულება

პიდრობიონტები, ისევე როგორც ხმელეთის მცხოვრებნი, ჟანგბადის მოთხოვნილების მიხედვით იყოფიან აერობებად და ანაერობებად.

აერობული ორაგნიზმების ნივთიერებათა ცვლა სორციელდება მათს სხეულში შემავალი ცილების, ცხიმების და ნახშირწყლების დაჟანგვის შედეგად. ანაერობებში კი დულილის პროცესების შედეგად ხდება ნახშირწყლების გახლეჩა; ცილებისა და ცხიმების გამოყენება უმნიმნელოა. ანაერობული გახლეჩეის პროცესების ენერგეტიკული ეფექტი ათჯერ დაბალია ჟანგვით პროცესებთან შედარებით.

აერობები იყოფა ევრი – და სტენოოქსიბენურ ფორმებად. ევრიოქსიბენურ ფორმებს შეუძლიათ არსებობა, როგორც ჟანგბადით გადაჯერების პირობებში, ისე მისი უკმარისობის დროს და მისი სრული არასებობის დროსაც. ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს აერობული ცვლიდან ანაერობულზე ნაწილობრივ გადასვლას. მაგალითად, ბღვის ლითორალის მცხოვრებთათვის მიქცევის დროს. ამგვარად, ამ ორგანიზმებს აქვთ მეტად ლაბილური სუნთქვის სისტემა, რაც საშუალებას აძლევს მათ სწრაფად შეცვალონ ნივთიერებათა ცვლის ფორმა ე.ი. გარდაქმნან ნივთიერებათა ცვლა.

სტენოოქსიბენურ ფორმებს შეუძლიათ არსებობა ჟანგბადის მხოლოდ გარკვეული კონცენტრაციის პირობებში; მაგალითად, ოლიგოსაპრობული წყალსატევების მცხოვრებნი (კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვ.) ვერ უძლებენ ჟანგბადის შემცველობის დაცემას 3-4 მლ/ლ-ზე დაბლა.

წყალი ჟანგბადის დაბალი შემცველობის გამო (საშუალოდ 30-ჯერ ნაკლებია ატმოსფეროსთან შედარებით) და გაზის დაბალი დიფუზიის სიჩქარის გამო (ეს პროცესი 320 ათასჯერ ნელი პროცესია ატმოსფეროსთან შედარებით) საკმაოდ არახელსაყრელი გარემოა სუნთქვის პროცესებისათვის. ამის გამო პიდრობიონტებს ჩამოუყალიბდათ მთელი რიგი რთული ადაპტაციები, რითაც უზრუნველყოფენ მათთვის აუცილებელ სუნთქვის ინტენსიობას.

წყლის ორგანიზმების სუნთქვა ხორციელდება ან მთელი სხეულის ზედაპირით ან სპეციალური სუნთქვის ორგანოებით (ლაყუჩები, ტრაქეები, ფილტვები).

მთელი სხეულის ზედაპირით დიფუზიური სუნთქვა ძალზე ნელი პროცესია და სორციელდება დიდი ხვედრითი ზედაპირის მქონე ორგანიზმებში. ქანგბადის დეფიციტის პირობებში ზოგიერთი პიდრობიონტი გადადის სუნთქვის სხვა ფორმაზე. მაგალითად, ტუბიფიციდები O_2-ის შემცველობის 0,5-0,6 მლ/ლ-დე შემცირებისას წყვეტენ კეებას და მათი ნაწლავი იღებს თავზე სუნთქვის ფუნქციას. ერთ-ერთი ადაპტაცია სასუნთქი ზედაპირის ძალზე თხელი აგებულებაა.

სუნთქვის სპეციალური ორაგნოები უმეტეს შემთხვევაში წარმოადგენენ სხეულის გარეგან გამონაზარდებს და მათი ჩამოყალიბება სდება სხვა ორგანოების სხვადასხვა ნაწილების ხარჯზე: კიბოსნაირებში კიდურების ხარჯზე; ჭრიჭინების, ჭიების, პოლოთურიების ლარვებში – ნაწლავის ხარჯზე; მრავალჯაგრიანებში და ზოგიერთ სხვა ჭიაში. თავის დანამატების ხარჯზე. სასუნთქი ორგანოების აგებულება დიდი ნაირგვარობით გამოირჩევა. ისინი განლაგებულია სხეულის სულ სხვადასხვა ნაწილებზე.

<u>შეგუებულობანი გარემოს აერაციისათვის</u>. სუნთქვის ნორმალური პროცესისათვის ორგანიზმებს აუცილებლად სჭირდებათ კონტაქტი კარგად აეროზულ გარემოსთან. პიდრობიონტების უმრავლესობა მოძრაობს გარემოში: წამწამიანი საფარველის მქონე ორგანიზმები (წამწამიანი ინფუზორიები, ღრუბლები, ციბრუტელები, მრავალი უხერხემლოს ლარვები) შეუჩერებლად მუშაობენ ამ დანამატებით: მოლუსკები, რომელთაც აქვთ ლაყუჩები (ქტენიდიები), რომლებიც დაფარულია მოციმციმე ეპითელიუმით და გარსიანები ატარებენ წყალს თავიანთ ლაყუჩის სიღრუეში; უმდაბლეს და უმაღლეს კიბოსნაირებში მუდმივ მოძრაობამია მათი კიდურები, რომლებზედაც განლაგებულია ლაყუჩები; ზოგიერთი ცხოველები, მაგალითად, ოლიგოხეტები ქმნიან წყლის ნაკადს თავიანთი სხეულის მოძრაობით.

<u>პიდრობიონტების შეგუებულობანი ატმოსფერული ჟანგბადით სუნთქვისათვის</u>. მრავალ პიდრობიონტებს აქვთ უნარი შეათავსონ ერთმანეთთან წყალში გასსნილი და ატმოსფერული ჟანგბადით სუნთქვა. ეს მოელენა შეიმჩნევა მცენარეებში, რომლებსაც აქვთ მცურავი და წაყლში ჩაძირული ფოთლები. მცურავი ფოთლები შთანთქავენ ატმო-

სფეროს ქანგბადს. ამასთან მათ ბაგეები განლაგებული აქვთ მხოლოდ მეღა, ატმოსფეროსკენ მიმართულ მხარეზე, იმ დროს, როცა ხმელეთის მცენარეებში ბაგეები განლაგებულია ორივე მხარეს ან ქვედა მხარეს. ბაგეების რიცხვი წყლის მცენარეებში იზრდება ხმელეთის მცენარეებთან შედარებით 3-4-ჯერ. წყალში ჩაძირული ფოთლები მოკლებულია ბაგეებს, სამაგიეროდ მათი საფარველი 5-20-ჯერ თხელია სმელეთის მცენარეებთან შედარებით და უფრო გამტარია გაზებისათვის.

მრავალი ცხოველისათვის კომბინირებული სუნთქვა წარმოადგენს შეგუებულობას გარემოსთან. სადაც სუნთქვის პირობები ცვალებადია, მაგალითად, ფილტვიანი მოლუსკები ქანგბადით მდიდარ წყალში სუნთქავენ ლაყუჩებით, ხოლო ქანგბადის უკმარისობისას კი გადადიან სასუნთქი მილით – ატმოსფერული ქანგბადით სუნთქვაზე ან სსვა შეგუებულობაზე. ორგვარადმსუნთქავი თევზები (Dipnoi) სუნთქავენ ლაყუჩებით და ფილტვებით. ატმოსფერული ჰაერით სუნთქვის უნარი აძლევს საშუალებას მოგიერთ ჰიდრობიონტებს მოახდინონ გადაადგილება წყლის გარემოდან ხმელეთის გარემოში კვებისა და განსახლებისათვის. კიბოგანდეგილთა წარმომადგენელს – პალმის ქურდს (Birgus latro) აქვს ორმაგი სუნთქვის აპარატი. სასუნთქი სილრუის ზედა ნაწილი მას გარდაქმნილი აქვს ფილტვებად. ხოლო ქვედაზე შენარჩუნებულია ლაყუჩები. მას აქვს უნარი პალმებზე აცოცდეს და მოიპოვოს ქოქოსის კაკალი.

8. სუნთქვის ინტენსივობა

ქანგბადის მოთხოვნილების სიდიდე დამოკიდებულია იმ ენერგეტიკულ ხარჯებზე, რომლებიც ორგანიზმების ცხოველმოქმედების პროცესში მიმდინარეობს. მათი საერთო ჯამი განსაზღვრაეს ნივთიერებათა ცვლის სიდიდეს. ანსხვავებენ სხვადასხვა ტიპის ცვლას: ძირითადს, სტანდარტულს, აქტიურს და საერთოს. ძირითადი ცვლა იმ მშიერი ცხოველების (და არა იმ ცხოველებისა, რომლებიც შიმშილობენ) ენერგეტიკული დანახარჯებია, რომლებიც მოსვენებულ მდგომარეობაში იმყოფებიან. სტანდარტული ცვლა, რომელიც სიდიდით ახლოსაა ძირითადთან, ახასიათებს უმრავე მშიერ ცხოველს, რომლებიც მკაცრად გარკვეულ პირობებში (ტემპერატურულში) იმყოფებიან. აქტიურ ცვლას შეესაბამება მოძრავი ცხოველის სუნთქვის სიჩქარე. ძირითადი და აქტიური ცვლის ჯამი გვაძლევს საერთო ცვლის სიდიდეს.

ჰიდრობიონტების სუნთქვის ინტენსიობა ვარირებს სხვადასხვა სახეობის წარმომადგენლებში; ის იცვლება ერთსა და იმავე ასაკის, სქესის, ფიზიოლოგიური მდგომარეობის, გარემომცველი გარემოს ფაქტორების მიხედვით.

აბიოტური ფაქტორებიდან გაზთა ცვლის ინტენსიობაზე ყველაზე მეტ გავლენას ახდენენ: ტემპერატურა, ჟანგბადის შემცველობა, მარილიანობა, PH და სხვ. ბიოტურ ფაქტორებს შორის დიდი მნიშვნელობა აქვს ინდივიდების კონცენტრაციას და მათი ურთიერთმოქმედების ხასიათს.

ტემპერატურის მომატებისას უმეტეს შემთხვევაში რჩება საკმაოდ სტაბილური და შემდგომ კვლავ იზრდება, როცა გაევლილია გარკვეული ტემპერატურული ზღურბლი – დამახასიათებელი ცალკეული სახეობისათვის.

გარემოში გარკვეული მნიშვნელობის ქვემოთ ჟანგბადის შემცველობის დაცემა იწვევს ჰიდრობიონტებში გაზთა ცვლის ინტენსიობის დაცემას. სხვადასხვა სახეობის ინდივიდებში ეს კანონზომიერება ვლინდება სხვადასხვა ხარისხით. მთელ რიგ ჰიდრობიონტებში გაზთა ცვლის ინტენსიობა პრაქტიკულად არაა დამოკიდებული გარემომცველ გარემოში ჟანგბადის შემცველობაზე. ამის მაგალითია Daphia magna, Tubifex, მრავალჯაგრიანები Hypania და სხვა ცხოველები.

მარილიანობის გავლენა გაზთა ცვლის სიდიდეზე ხშირად დაკავშირებულია ოსმორეგულაციის პროცესებთან: მარილიანობის მერყეობის დროს იზრდება ოსმორეგულატორული მექანიზმების მუშაობა და ამას თან ახლავს გაზთა ცვლის მომატება; თუ მარილიანობის ცვალებადობა თრგუნავს ორგანიზმების ცხოველმოქმედებას, მათი სუნთქვის ინტენსიობა ეცემა.

გამდინარე წყალსატევებში მცხოვრები ორგანიზმების გაზთა ცვლის ინტენსიობა მნიშვნელოვნად მაღალია, ვიდრე მათი ახლობელი ფორმებისა, რომლებიც დამდგარ წყალსატევებში ცხოვრობენ. ასევე განსხვავებულია სუნთქვის ინსტენსიობა ჯგუფად მცხოვრებ ინდივიდებისა და ცალკეულად მცხოვრებთა შორის. მაგალითად, ცალკეული ლიფსიტებისა და მრდასრული თევზების, უხერხემლოების მოთხოვნილება ჟანგბადისა 3-4-ჯერ მეტია, ვიდრე ჯგუფებში. ნავარაუდებია, რომ გაზთა ცვლის ინტენსიობის დაცემა ინდივიდებისა ჯგუფებში დაკავშირებულია მათი მოძრაობის შემცი-

რებასთან; შეიძლება ეს მოელენა გაპირობებულია ასევე საკუთარი მეტაბოლიტების მაინჰიბირებელ ზემოქმედებაზე.

ჰიდრობიონტთა უმეტესობისათვის – თევზებისა და უხერხემლოებისათვის დამახასიათებელია გაზთა ცვლის რიტმულობა, რომელიც წარმოადგენს აღაპტაციას, როგორც გარემოს ფაქტორების პერიოდულ ცვალებადობასთან (დღეღამური, სეზონური). ასევე პროცესს, რომელიც თვით ორგანიზმში სდება. (კვება, გამრაველება, კანის ცვლა, მიგრაცია). ასე, მაგალითად იმ ცხოველებში, რომელთაც ღამის ცხოვრების ნირი აქვთ, სუნთქვის ინტენსიობის მაქსიმუმი დება სწორედ ღამის საათებში, ხოლო დღის ცხოვრების ნირის ცხოველებში საწინააღმდეგო სურათია.

ლითორალისა და ზედა სუბლითორალის მცსოვრებლებში სუნთქვის რიტმი დაკავშირებულია მიქცევისა და მოქცევის შენაცვლებასთან. ჟანგბადის მოთხოვნილების მინიმუმი აღინიშნება მიქცევის ბოლოს, ხოლო მისი მაქსიმალური მოთხოვნილება – მოქცევის მაქსიმალური დონის დროს.

გაზთა ცვლის ინტენსიობის პერიოდული მერყეობა შეიმჩნევა ორგანიზმის ფიზიოლოგიური მდგომარეობის ცვალებადობასთან კავშირში. მაგალითად, ვეხსახსრიანებში ჟანგბადზე მოთხოვნილება იზრდება ყოველი კანის ცელის და კეერცხის დებისას.

დ. გაზთა ცვლა – ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლის მაჩვენებელი

ნიეთიერებათა ცვლისათვის ორგანიზმს აუცილებლად სჭირდება ენერგია, რომელსაც ის ღებულობს უპირველეს ყოვლისა სუნთქვის დროს – შთანთქავს რა ჟანგბადს. ენერგიის რაოდენობაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ იმ კალორიების რაოდენობით, რომლებიც თავისუფლდება ძირითადი ნივთიერებების ცხიმების, ცილების, ნახშირწყლების წვისას. 1 გ. ღახარჯულ ჟანგბადზე ამ რაოდენობის გამოანგარიშებამ მოგვცა ძალზე მსგავსი სიდიდეები. მაგალითად, ნახშირწყლების სრული დაჟანგვისას გამოიყოფა 3,53 კალ/მგ O_2. ესაა ენერგიის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა ნივთიერების დაჟანგვისას – შეფარდებული მოხმარებული ჟანგბადის მასაზე (მგ-ში) და იწოდება ოქსიკალორიულ კოეფიციენტად. მისი სამუალო მნიშვნელობა 3,38 კალ/მგ O_2.

ამგვარად, ჰიდრობიონტების მიერ ჟანგბადის მთანთქმის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა დადგინდეს პირველ მიახლოებაში მათი ცელის ინტენსიობა და საკვებზე მოთხოვნილება.

ორგანიზმების გაზთა ცელის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ იმის შესახებ თუ რა ნივთიერებების ხარჯზე იღებენ ისინი ენერგიას. ე.ი. წარმოდგენას გვაძლევს საკვების ქიმიურ შემადგენლობაზე. ნახშირწყლებით კვებისას ორგანიზმი გამოყოფს იმდენსავე ნახშირორჟანგს, რამდენ ჟანგბადსაც შთანთქავს. ცილებით კვებისას ორგანიზმი გამოყოფს იმდენ ნახშირორჟანგს (მოცულობით), რომ მისი შეფარდება მოხმარებულ ჟანგბადთან შეადგენს 0,77-0,82; ცხიმების მოხმარებისას –0,7. სუნთქვის დროს გამოყოფილი CO_2-ის მოცულობის შეფარდება მოხმარებული ჟანგბადის მოცულობასთან წარმოადგენს სიდიდეს, რომელსაც სუნთქვის კოეფიციენტი ჰქვია (სკ ან DK). როდესაც სკ 1-ზე მეტია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ცელა მნიშვნელოვან წილად ხორციელდება დუღილის პროცესების შედეგად – გარემოში, სადაც O_2 -ის დიდი დეფიციტია. ასეთ შემთხვევაში სკ მნიშვნელობა აღწევს 8,10 და მეტს. სკ სიდიდეზე გავლენას ახდენენ ტემპერატურა და სხვა ფაქტორები.

<u>ჰიდრობიონტების ადაპტაციები ჟანგბადის დეფიციტთან</u>. ჰიდრობიონტებს გააჩნიათ რიგი შეგუებულობანი, რითაც უძლებენ ჟანგბადის დროებით დეფიციტს, იტანენ ანაერობულ პირობებს სანგრძლივი პერიოდის მანძილზე. სრული უჟანგბადობის პირობებში ორგანიზმები ანოქსიბიოზის მდგომარეობაში ვარდებიან, რომელიც ანაბიოზის ფორმას წარმოადგენს. ამ პერიოდში ჰიდრობიონტებში ხდება გლიკოგენის გახლეჩა, რასაც თან ახლავს რძისმჟავას წარმოქმნა. ანაერობულ პირობებში გლიკოგენის რეზერვებზე მოთხოვნილება ორგანიზმში იზრდება 10-ჯერ უფრო სწრაფად, ვიდრე აერობულ პირობებში.

მრავალ ჰიდრობიონტში ცელის რეგულაცია ხორციელდება სხეულის ზომისა და მერყეევი მოძრაობის რიტმის შეცვლით. მაგალითად, მცირეჯაგრიან ჭიებში ჟანგბადის დეფიციტის დროს ძალზე გრძელდება სხეული, საცეცები, ამბულაკრალური ფეხები და ძლიერდება სხეულის რყევითი მოძრაობანი (მაგ. Tubifex). იგივე ხდება ნაწლავღრუიანებში (პიდრები, აქტინიები), კანეკლიანებში. გარემოში ჟანგბადის შემცველობის შემცირებისას 5-დან 1 მლ/ლ-

დე ტუბიფიციდების სხეულის სიგრძე იზრდება 2-3 -ჯერ და ისინი იწყებენ რყევით მოძრაობებს, რომელთა რიცხვი 47-48 წუთში.

როცა ქანგბადის მემცველობა გარემოში მღვრულ რაოდენობას უახლოვდება, ჰიდრობიონტები იწყებენ სხვადასხვა შეგუებითი საშუალებებით ატმოსფერული ქანგბადის გამოყენებას. თევზები წყლის მედაპირიდან ყლაპაენ ჰაერის ბუშტებს, რომლებიც ლაყუჩებში გამავალ წყალს ამდიდრებენ ქანგბადით. ზოგიერთ ჭრიჭინათა ლარვები ამოდიან წყლის მედაპირზე, იტაცებენ ანუსის გზით ჰაერს და იმით ამდიდრებენ სწორ ნაწლავში არსებულ წყალს ქანგბადით. ასეთივე ხერხია შემჩნეული პოლოთურიებში.

სხვადასხვა ბიოტოპების მცხოვრებთა გამძლეობა ქანგბადის დეფიციტის მიმართ სხვადასხვაა. უფრო გამძლენი არიან ფსკერის ორგანიზმები, რომლებიც შლამში ცხოვრობენ, სადაც წყლის სუსტი აერაციაა. ქანგბადის მღვრული კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად იცვლება ჰიდრობიონტებში ასაკის მიხედვით და ასევე განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე. ის მცირდება მრდასრულ ფორმებში. ზოგიერთი თევზების ლიფსიტებში ქანგბადის მღვრული რაოდენობა ჯერ იზრდება, შემდეგ კი ეცემა. უმეტესწილად ქანგბადის მღვრულ კონცენტრაციაზე გავლენას ახდენს ტემპერატურა. ტემპერატურის გაზრდით ცელის პროცესები ჩქარდება და შესაბამისად იზრდება ორგანიზმების მოთხოვნილება ქანგბადზე.

3. ბაბუდვები

ქანგბადის დეფიციტის ან სრული უქანგბადობის პირობებში, რასაც თან ახლავს ისეთი მომშხამელი გაზების დაგროვება, როგორიცაა გოგირდწყალბადი, მეთანი, ნახშირორჟანგი. წყალსატევის მოსახლეობის მასობრივ ამოწყვეტას გაგუდვა ჰქვია. მომშხამელი გაზების კონცენტრაციის გაზრდა დაკავშირებულია ქანგბადის კონცენტრაციის შემცირებასთან. გაგუდვები შეიძლება წარმოიშვას (მოხდეს) ნებისმიერ წყალსატევებში (ტბორები, ტბები, ზღვები). ზოგიერთ წყალსატევებში გაგუდვები მეორდება რეგულარულად – წლიდან წლამდე, სხვებში ჩნდება იშვიათად. როდესაც გაგუდვები დიდ ფართობზე ვრცელდება, სერიოზულ ზიანს აყენებს თევზმეურნეობას.

არჩევენ ზაფხულის და ზამთრის გაგუდვას. ზაფხულის გაგუდვები ემთხვევა ფიტოპლანქტონის მაქსიმალურ განვითარებას.

მცირე ზომის კარგად გამთბარ ევტროფულ ტბორებში, ტბებში. წყალსაცავების გარკვეულ უბნებში ბაფხულის გაგუდვები ხშირად წარმოიშობა ღამით. დღისით ამ წყალსატევების წყალი ხშირად გადაჯერებულია ჯანგბადით ინტენსიური ფოტოსინთეზის შედეგად, ხოლო ღამით მისი შემცველობა სწრაფად მცირდება ერთის მხრივ ცხოველების ინტენსიური სუნთქვის გზით და მეორეს მხრივ იხარჯება ორგანული ნარჩენების მინერალიზაციის პროცესზე. ბაფხულის გაგუდვები ხდება ზოგიერთ მომლამო წყალსატევებში (აზოვის, კასპიის ზღვები). ამ გაგუდვების მიზეზია წყლის სისქის ხანგრძლივი სტრატიფიკაცია, რაც ხელს უშლის ფსკერული ფენების აერაციას შლამის ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის პირობებში ჟანგბადის მუდმივი ხარჯვისას.

ზამთრის გაგუდვების ძირითადი მიზეზია ფსკერის დანალექების ორგანულ ნივთიერებათა მინერალიზაციის დროს ჟანგბადის შთანთქმა (მოხმარება, ხარჯვა). გაგუდვები ჩვეულებრივ დგება ზამთრის ბოლოს. მტკნარ წყალსატევებში მთელი რიგი ნიშნები მოწმობენ მათს მოახლოებას. უკვე შედარებით ჟანგბადის მცირე დეფიციტის დროს წყალსატევების ყინულით დაფარული ზედაპირის ჭრილებში მიისწრაფიან ატმოსფერული ჟანგბადის წყაროსკენ ჯერ წყლის რწყილები, უფრო გვიან კი თევზები. ჟანგბადის ნაკლებობის მიმართ ყველაზე გამძლე ფორმებია წყლის ხოჭოები, ისინი მიაშურებენ წყლის ჭრილობებს უკვე ძლიერი გაგუდვის პირობებში.

როგორც ზამთრის, ასევე ბაფხულის გაგუდვები წამოიშობა წყალსატევების ძლიერი დაჭუჭყიანებისას საწარმოო და საყოფაცხოვრებო შენაკადებით (ჩამდინარე წყლები).

განსაკუთრებულ შემთხვევებს წარმოადგენს ზამთრის გაგუდვები მდ. ობსა და მის შენაკადებზე. გაგუდვის ზონა მოიცავს უშველებელ სივრცეს მდ. ობსა და მდ. ირტიშს შორის ფართობით 1,5 მლნ. კმ^2. ობზე გაგუდვა იწყება დეკემბრის ბოლოს – იანვრის დასაწყისში, მდ. კეტის შესართავთან. ჯერ წყალს ყინულის ქვეშ ეძლევა მძაფრი სუნი და ჟანგის გემო. შემდეგ ყინულის ქვედა მხარეს ჩნდება რუხი ნაღები და მალე წყალი მთლიანად იღებს რუხ შეფერილობას, რომელიც თანდათან ინტენსიური ხდება. ეს დაკავშირებულია წყალში უხსნადი რკინის პიდროჟანგის ($FeOH_3$) არსებობასთან. ამ მოვლენების პარალელურად წყალში მკვეთრად მცირდება ჟანგბადის შემცველობა; ის არ აღემატება 5-6% (7 მგ O_2/ლ). გაგუდვა გრძელდება ქვე-

მოთ – მდინარეში 30-40 კმ/დღეღამეში სიჩქარით. თებერვლის ბოლოსა და მარტის დასაწყისში გაგუდვითი მოვლენები შემჩნეულია ობის ღაბლობზე. გაგუდვა მოიცავს ობი-ირტიშის აუზის მრავალ დიღსა და მცირე მდინარეს. მთავრდება ის მაისსა და იენისის დასაწყისში, მდინარეებში ახალი, წყალღიდობის წყლების მომატებისას. ასეთი გაგუდვების მიზეზებია: დასაველეთ ციმბირის ღაბლობის დიდი სიერცეების დაჭაობება, რომლებიც მდ. ობის დინების მიმშნელოყანი ნაწილის წყალშემკრებ ფართობს წარმოადგენენ: მდ. ობის მრავალ მდინარეთა წყლებში დიდი რაოდენობის გუმინური ნივთიერებების შემცველობა, რომლებიც მდიდარია რკინის შენაერთებით; ამ მდინარეთა წყლებში ჟანგბადის უმნიშვნელო შემცველობა განსაკუთრებით ძლიერ მცირდება ზამთარში. მდ. ობი თავის შუა დინებაში ზედაპირის გაყინვის პერიოდში (ე. წ. ყინულქვეშა პერიოდი) თითქმის მთლიანად გადადის გრუნტის წყლებით კვებაზე; გრუნტის წყლები კი მოკლებულია ჟანგბადს. მდინარის ზედა წელიდან მოტანილი ჟანგბადი იხარჯება გუმინური შენაერთების მინერალიზაციაზე და რკინის შენაერთებზე. ჭაობის წყლების გაელენა მდ. ობისა და სხვა მდინარეების ჟანგბადის რეჟიმზე შემჩნეულია ზაფხულშიც, როცა ჟანგბადის შემცველობა წყალში ხშირად ეცემა 57-60% ნაჯერობამდე.

გაგუდვის გავლენა ობისა და მისი შენაკადების ფლორასა და ფაუნაზე არც ისე დამღუპველია, როგორც ამას ვარაუდობდა XX საუკუნის დასაწყისში მრავალი მკელევარი. დადგენილი იქნა, რომ მიუხედავად იმისა, რომ გაგუდვის პერიოდში ჟანგბადის შემცველობა ეცემა 2-3%-ით ნორმასთან შედარებით, ფსკერის უხერხემლოები კარგად ეგუებიან ამ დეფიციტს, ხოლო თევზების დიდი ნაწილი აწარმოებს შემოდგომა-ზამთრის მიგრაციებს ძირითადი ტოტიდან შენაკადი სისტემის იმ ტოტებში, სადაც არ არის გაგუდვის მოელენა.

ჟანგბადის დეფიციტის დადგომამდე დიდი ხნით ადრე თევზები ტოვებენ გაგუდვის რაიონებს და მიდიან გამოსაზამთრებლად მდინარის სულ ზედა წელში, სადაც ძლიერი დინებაა და ჟანგბადის მაღალი შემცველობა. მიუხედავად ყოველწლიური გაგუდვებისა, ამ ზონის წყალსატევები ხასიათდებიან საკმაოდ მაღალი ბიოლოგიური პროდუქტიულობით, ხოლო თევზის რეწვის სანედლეულო ბაზა მდგრად მდგომარეობამია.

3. ტემპერატურის როლი წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეში

ტემპერატურის საერთო დიაპაზონი, რომლის პირობებშიც შესაძლებელია სიცოცხლე წყლის გარემოში, დიდია. ზღვებში ორგანიზმები იმყოფებიან ნორმალურ სასიცოცხლო და სამოქმედო გარემოში -3,3°C-ის პირობებში, სოლო პიპერპალინურ წყალსატევებში -7,5°C-ის პირობებში. ცხელ წყაროებში ზოგიერთი ბაქტერია და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები არსებობენ +89,5 – +93°C-ის პირობებში.

ამგვარად, ორი უკიდურესი სიდიდე –7,5°C – +93°C (ე.ი. 100,5°C) წარმოადგენს საერთო ტემპერატურულ დიაპაზონს წყალში სიცოცხლისას.

ა. ზღვის წყალსატევები

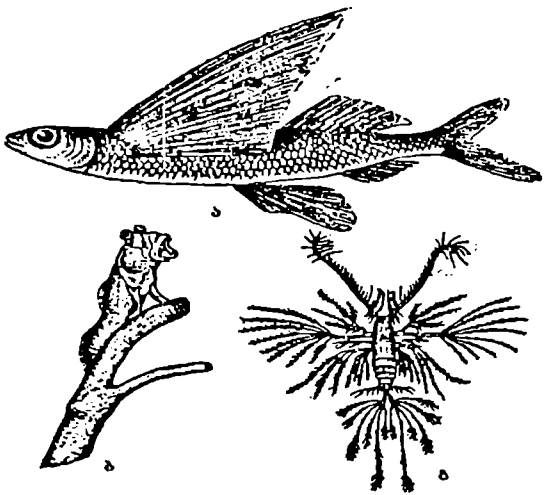
ტემპერატურის განაწილების მიხედვით მსოფლიო ოკეანეში (ზედა 200 მეტრის შრეში) გამოყოფენ 5 ტემპერატურულ ოლქს: 1. ტროპიკულს. 2. ჩრდილო ზომიერს – ბორეალურს; 3. სამხრეთ ზომიერს – სუბტროპიკულს. 4. ჩრდილო პოლარულისპირას – არქტიკულს და 5. სამხრეთპოლარულის პირას – ანტარქტიკულს. ოლქებს შორის საზღვარი მკვეთრად არ არის გამოყოფილი, ამიტომ გამოყოფენ კიდევ გარდამავალ ოლქებს: ორ სუბტროპიკულს, ტროპიკულსა და ზომიერ ოლქებს შორის; სუბარქტიკულსა და სუბანტარქტიკულს – პოლარულისპირა და ზომიერ ოლქებს შორის; ძირითად ტემპერატურულ ოლქებს შორის საზღვარს რთული მოხაზულობა აქვს, რაც გაპირობებულია ცივი და თბილი დონეების ურთიერთმოქმედებით. ეს საზღვრები მნიშვნელოვანწილად პირობითია და მხოლოდ ზოგად წარმოდგენას გეაძლევს ოკეანეში ორგანული სამყაროს განაწილების შესახებ.

ტროპიკული ოლქი. ტროპიკული ოლქის ასტრონომიულ საზღვრად მიღებულია რაკისა და კოზერგის ტროპიკები (23°,5′ – ჩ. გ. და 23°,5′ ს.გ.). ამასთან ტროპიკული წყლები თავისი ხასიათით შორს გადიან ამ გეოგრაფიული საზღვრებიდან. ამიტომ მიღებულია საზღვრის სახით 15°C-იანი იზოთერმა წლის ყველაზე ცივი თვისათვის (ჩრდილო ნახევარსფეროში – თებერვალი, სამხრეთში – აგვისტო). ტროპკული ოლქის ფართობი შეადგენეს მსოფლიო ოკეანის საერთო ფართობის 53% წყლის ტემპერატურა სეზონების

მიხედვით იცვლება 1-2°C-ით და, ამგვარად, ტროპიკების თერმული რეჟიმი გამოირჩევა დიდი მუდმივობით. ტროპიკული ზონის სამხრეთსა და ჩრდილო ნაწილებში არსებობს ანტიციკლონური წრებრუნვის ორი უზარმაზარი ოლქი. ისინი ხასიათდება მდგრადი სტრატიფიკაციით, წყლის გადაადგილება ხდება მხოლოდ ქარის ხარჯზე და არ ერცელდება 50 მ-ზე ღრმად. ეს ხელს უშლის ბიოგენური ელემენტების მედაპირზე ამოტანას. ანტიციკლონური ოლქის წყლები თითქმის მოკლებულია ფოსფატებს და სხვა საკვებ მარილებს.

ტროპიკების ზედაპირული წყლების ბიოგენებით გამდიდრებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მინერელური შენაერთებით მდიდარი ცივი წყლების ამოსვლას 100-300 მ-ის სიღრმიდან. ამ მოვლენას ეწოდება აპველინგი. აპველინგი იქმნება როგორც ნაპირებზე, ისე გამლილ ოკეანეში. სანაპირო აპველინგი წარმოიშობა, როგორც პასატური ქარების დევნილი ეფექტი. მისი მოქმედების რაიონებში ზედაპირული წყლების ტემპერატურა 6-8°C-ზე დაბალია. უფრო ძლიერი სანაპირო აპველინგები არსებობენ კალიფორნიის, პერუს, ჩრდილო-დასავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთ აფრიკის ნაპირებზე. ოკეანური აპველინგი წარმოიშობა შემხვედრი მიმართულების დინების საზღვარზე. ატლანტიკაში ოკეანური აპვილინგის საზღვარი გადაჭიმულია სამხრეთ განედის 6-5°-დან ჩრდილოეთის განედის 7-8°-დე.

ტროპიკული წყლების ჰიდროქიმიის სპეციფიურ თავისებურებას წარმოადგენს ნახშირმჟავა კალციუმის რეჟიმი. მაღალი ტემპერატურის პირობებში გაბების ხსნადობა წყალში მცირდება, ამიტომ ნახშირორჟანგის – CO_2-ის რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ნახშირმჟავა კალციუმის გახსნისათვის, არ არის საკმარისი. ამის გამო ზედაპირული წყლები გადაჯერებულია $CaCO_3$-ით, რომელსაც ცხოველები და მცენარეები აღვილად ითვისებენ თავიანთი ჩონჩხის ასაგებად. ორგანიზმების სიკვდილის შემდეგ ტროპიკული ზღვების თხელწყლიან რაიონებში გროვდება ორგანიზებულ $CaCO_3$-ის უდიდესი რაოდენობა. მაგალითად, მარჯნის რიფებში ყოველწლიურად ილექება 1 $მ^2$-ზე რამდენიმე კგ $CaCO_3$: კარბონატული დანალექები – გლობიგერინული და პტეროპოიდური შლამი (პირველს ქმნის უმარტივესების ჯავშანი, მეორეს ფრთაფეხიანი მოლუსკების ნიჟარები) იქმნება მეჩეჩის ფარგლებს გარეთ, 4000 მ-ის სიღრმეზე. უფრო ღრმად ის არ გვხვდება, რადგან ცივ წყლებში ორგანიზმთა კიროვანი ჩონჩხი იხსნება.



სურ. 12. *ტროპიკული ოლქის მოგიერთი ბინადარნი:*

ა – მფრინავი თევზი (ოჯ. Exocoetidae);
ბ – მლამის ხტუნია (Periophtalmus);
გ – Augaptilis (Copepoda);

ტროპიკული ოლქის დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს ბიოტოპების დიდი ნაირგვარობა, რომელთა შორის განსაკუთრებული სპეციფიურობით გამოირჩევა მანგოს ბარდები და მარჯნის რიფები.

ოკეანის ტროპიკული ოლქის მოსახლეობა გამოირჩევა განსაცვიფრებელი სახეობრივი ნაირგვარობითა და სიმდიდრით (სურ. 12). აქ ცხოვრობს მცენარეთა და ცხოველთა რამდენიმე ათეული ათასი სახეობა. მიუხედავად იმისა, რომ თანამედროვე ეპოქაში ტროპიკული ოლქი დაყოფილია კონტინენტებით, მისი ფაუნა ხასიათდება საკვირველი ერთიანობით. ცირკუმ-ტროპიკული გავრცელებით ხასიათდებიან არა მარტო ოჯახები და გვარები, არამედ ბევრი სახეობაც. ზოგიერთი მსხვილი სისტემატიკური ჯგუფების მცენარეები და ცხოველები ბინადრობენ მხოლოდ ტროპიკებში. (მარჯნები, პლანქტონური მრავალჯაგრიანები, მფრინავი თევზები და მრავა-

ლი სხვანი) განსაკუთრებული ნაირგვარობით გამოირჩევა მარჯნის რიფების მოსახლეობა.

ტროპიკული ორგანიზმების თავისებურებებიდან აღსანიშნავია სხვა ოლქებთან შედარებით შხამიანი და შხამის მატარებელი ფორმების მნიშვნელოვანი რიცხვი. ძალზე სამიშია შხამიანი პერიდინეები (Gimnodinium brevis, goniaulax და სხვ.) და ლურჯმწვანე წყალმცენარეები. პერიდინეების მასობრივი გამრავლება იწვევს მოლუსკების, რომელიც ცნობილია ე.წ. „წითელი მოქცევის“ სახით. „აყვავილება“ მოიცავს ნერიტულ ზონაში უზარმაზარ სივრცეს რამდენიმე ათასი კვადრატული კმ ფართობით. ხშირად ამ პერიოდში შემჩნეულია ბღვის მოსახლეობის მასობრივი ამოწყვეტა. მრავალი უხერხემლო (ორსაგდულიანი მოლუსკები), რომლებიც ასეთი წყალმცენარეებით იკვებებიან, თვითონ იქცევიან შხამიან ფორმებად. ტოქსიკური ნივთიერებები, რომლებიც პერიდინეების უჯრედებში ჩამოყალიბდება, ჯერ კიდევ არაა საკმარისად შესწავლილი. თავისი მოქმედებით ისინი ახლოს არიან ბოტულინთან. ძალზე შხამიანებია ზოგიერთი ნაწლაქრუიანები – ცნობილია 70-დე სახეობა (მედუზები, სიფონოფორები). კანეკლიანთა შორის ცნობილია 66 სახეობა, მოლუსკებში – 45. სავარაუდოა, რომ ტროპიკული ცხოველების ტოქსიკურობა წარმოადგენს მრავალრიცხოვანი მტაცებელებისაგან თავდაცვის საშუალებას.

ტროპიკული წყლების ფლორისა და ფაუნის არაჩვეულებრივი სასეობრიეი სიმდიდრის ასახსნელად არსებობს მთელი რიგი პიპოთეზები. აკად. ლ. ა. ზენკევიჩი თვლის, რომ ამ მოვლენის ძირითადი მიზეზებია უკანასკნელი გეოლოგიური პერიოდების მანძილზე კლიმატის უმნიშვნელო ცელა და ტროპიკების მოსახლეობის სიძველე. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ოკეანური სივრცეებისა და სანაპირო თხელწყლიანი ბოლის უდიდეს ფართობს, რის შედეგად იქმნება არსებობის პირობების განსაკუთრებული ნაირგვარობა. ა. ფიშერი ცოტა სხვანაირად ხსნის ამ მოელენას. რა თქმა უნდა, დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე კლიმატის მდგრადობას იმ დროს როცა ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებში გამყინვარების პერიოდში მოხდა. კლიმატის მრავალგმისი მერყეობა, რამაც გამოიწვია ორგანიზმების მთელი რიგი ჯგუფების ამოწყვეტა. ამ ფაქტორთან ერთად მუდმივად მაღალი ტემპერატურები და მათი მცირე ფარგლებში ცვალებადობა

სეზონურად, ხელს უწყობენ უფრო მაღალი მუტაციების განვითარებას, ვიდრე ეს ხდება ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებში. ლანდშაფტის ნაირგვარობა ა. ფიშერის აზრით საკმაოდ მნიშვნელოვანია ზომიერ სარტყლებშიც, სადაც განათებულობისა და სხვა ფაქტორების სეზონური ცვალებადობა განაპირობებს ეკოლოგიური ნიშების რაოდენობის ზრდას ე.ი. ამა თუ იმ სახეობისთვის ხელსაყრელი ადგილსამყოფელის რაოდენობის ზრდას.

ტროპიკების ბენთალში ვითარდება სპეციფიური ბიოტოპები, რომლებიც ოკეანის სხვა ოლქებისათვის არაა ცნობილი. მათ შორის განსაკუთრებული სპეციფიურობით გამოირჩევიან მარჯნის რიფები და მანყოს ბარღები.

რიფისწარმომქმნელი მარჯნების დიდი ნაწილი ეკუთვნის Madreporaria -ს რიგს. მათი განვითარებისათვის ოპტიმალური პირობებია: 20,5°C-ზე არანაკლები ტემპერატურა, მარილიანობა 27-დან 40‰-დე, სუფთა, გამჭვირვალე წყლები, სიღრმე 50-60 მ. მარჯნის რიფები წარმოადგენს ორგანიზმების მასობრივ დასახლებას კირიანი ჩონჩხით. მადრეპორული მარჯნების გარდა ღომინირებენ კიროვანი წყალმცენარეები – წითელი (ლითოთამნიონი და სხვ.) და მწვანე (გალიმედა და სხვ.), მრავალრიცხოვანი ღრუბლები, მრავალჯაგრიანები, მოლუსკები და სხვა ორგანიზმები. კიროვანი წყალმცენარეები გამოირჩევიან დიდი ზრდის ტემპითა და ნივთიერებათა ცვლის მაღალი სიჩქარით. კირის ჩამოყალიბების სიჩქარე მათში უფრო მაღალია, ვიდრე მარჯნებში, ამიტომ სწორედ ისინი ქმნიან რიფის კარბონატული ქანების ძირითად მასას. რიფის წარმომქმნელი მარჯნები განსაკუთრებით ძლიერაა განვითარებული წყნარ ოკეანეებში, სადაც მათ თითქმის აესტრალიის მომის ფართობი უკავიათ.

რიფისწარმომქმნელი მარჯნების ბიოტოპებზე იქმნება არსებობის პირობების განსაცვიფრებელი ნაირგვარობა. დაუსრულებელი კოლონიები და მარჯნის ცალკეული ტოტები ქმნიან მრავალ თავშესაფარს. მიმაგრებული ცხოველები ნახულობენ აქ ძალზე მოხერხებულ ადგილსამყოფელს. ძალზე მრავალრიცხოვანია მბურღავი ორგანიზმები: წყალმცენარეები, ღრუბლები, ჭიები და სხვ. აქ ცხოვრობენ მთელი რიგი გიგანტური ცხოველები, რომლებიც ტროპიკული ზღვების სხვა ბიოტოპებში არ გვხვდება. მარჯნების ზოგიერთი სახეობების კოლონიები აღწევენ 4მ-ის სიმაღლეს. აქ-

ტინიას დისკოს დიამეტრი ზოგჯერ 1მ-ს ჭარბობს: ორსაგდულიანი მოლუსკის Tridacna-ს საგდულების სიგრძე 2მ-ზე მეტია და წონა 250 კგ-ს აღწევს. ძალზე თავისებურია იხტიოფაუნა. თეუზები გამოირჩევიან კამკამა, ჭრელი შეფერადებით და უცნაური ფორმით. მრავალი მათგანი იკვებება მარჯნებით — კბეჩს და აქუცმაცებს რა მათ თავისი ძლიერი ყბებით.

რიფების მრავალი მცხოვრებნი — მარჯნები, აქტინიები, მოლუსკები — არსებობენ სიმბიოზში მიკროსკოპულ წყალმცენარეებთან — პერიდინეებთან (ზოოქსანტელა) და მწვანე წყალმცენარეებთან (ზოოქლორელა) ერთად. მათი რიცხოვნობა იმდენად დიდია, რომ ცხოველთა ქსოვილები შეღებილია ყავისფრად ან მწვანედ. სიმბიონტი წყალმცენარეების მემეეობით უხერხემლოებს აქვთ ავტოტროფული კვების უნარი, როგორც ქლოროფილის მატარებელ მცენარეებს. ამასთან ერთად წყალმცენარეებს მარჯნის ჩონჩხში კირის ენერგული დალექვის უნარი გააჩნიათ.

სიცოცხლის განვითარების დონით მარჯნის რიფების ბიოცენოზები განეკუთვნება დედამიწაზე ყველაზე მდიდარ ბიოცენოზებს. ი. ი. სოროკინის გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მათი არაჩვეულებრივად მაღალი პროდუქტიულობა აიხსნება შემდეგი მიზეზებით: რიფების ნივთიერებათა ცელაში უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს მიკროფლორა (წყალმცენარეები და ბაქტერიები). ფოტოსინთეზის პროცესში ორგანული ნივთიერება იქმნება ძირითადად პერიფიტონითა და მიკროფიტობენთოსით და არა დიდი ზომის წყალმცენარეებითა და ფიტოპლანქტონით. მარჯნის თანასაზოგადოებისათვის დამახასიათებელია ფართო, პოროვანი ზედაპირი, რომელზედაც ინტენსიურად ვითარდება პერიფიტონი, რომლის ძირითად მასას შეადგენენ ლურჯმწვანე წყალმცენარები და დიატომები; დიდია აქ ბაქტერიების რიცხოვნობაც. ძალზე დიდია წყალმცენარეებისა და ბაქტერიების რაოდენობა დანალექებში. ბაქტერიები. იყენებენ რა წყალში ორგანული ნივთიერებების მდგრად ფორმებს და კვების პროცესში ახდენენ რა მათს მინერალიზაციას, ამდიდრებენ გარემოს ბიოგენებით. პელაგიალის თანასაზოგადოებებისაგან განსხვავებით. რიფების თანასაზოგადოება ფასდება არა გარეგანი ფიზიკურ-ქიმიური, არამედ შინაგანი ბიოლოგიური ფაქტორებით. არსებობის პირობები აქ ფორმირდება ორგანიზმების ინტენსიური მოქმედების გავლენით.

ბენთალის მეორე სპეციფიურ ბიოტოპს ტროპიკებში ქმნის მანგოს ბარდები, რომლებიც აკად. ლ. მენკევიჩის გამოთქმით ქმნიან „ტროპიკული სანაპიროების ლითორალურ ტყეებს". მანგოს ბარდები (ბუჩქები და ხეები) ეითარდებიან მოქცევისაგან დაცულ ადგილებში, განსაკუთრებით მდინარეთა მესართავეებში და შლამიან გრუნტებზე. მანგოს ბარდებს აქვთ საჰაერო ფესვების რთული სისტემა. ამ ბიოტოპის მოსახლეობა შედგება მღვის, მომლამო წყალსატევების, მტკნარი წყლისა და ხმელეთის ფორმებისაგან; აქ მრავალადაა ამფიბიური ფორმები (კიბორჩხალები, თევზები — შლამის ხტუნია და სხვ.). ძალზე ნაირგვარია გრუნტის მოსახლეობა, მაგრამ უფრო მდიდარია ფაუნა მანგოს ტოტებსა და საჰაერო ფესვებზე. მიმაგრებული ცხოველები (ულვაშფეხიანი კიბოები, მრავალჯაგრიანები, აქტინიები, ღრუბლები, ხამანწკები). მრავალმრიან ხალიჩად ფარავენ მანგოს მთელ ზედაპირს. ტროპიკული ბენთალის ამ მაღალპროდუქტიული რაიონების ორგანიზმების ბიომასა აღწევს 1მ^2-ზე რამდენიმე კილოგრამს, ხოლო სხვა რაიონებში კი არ აღემატება რამდენიმე ათეულ გრამს.

ტროპიკული ოლქის ფიტოპლანქტონის მნიშვნელოვან წარმომადგენლებს განეკუთვნება კაჟოვანები, კოკოლიტოფორიდები, პერიდინეები, ლურჯმწვანეები, ხოლო ზოოპლანქტონისათვის დამახასიათებელია ნაწლავღრუიანები (განსაკუთრებით სიფონოფორები), ნიჩაბფეხიანები, ფრთაფეხიანი და ქედფეხიანი მოლუსკები, გარსიანები (მრავალრიცხოვანი მანათობელი პიროზომები).

ორგანიზმების რაოდენობრივი განაწილება პელაგიალში ძალზე არათანაბარია. უზარმაზარ სივრცეებზე, რომლებიც ანტიციკლონური წრებრუნვებითაა მოცული, ზოოპლანქტონის მასა 0-100 მ-ის შრეში შეადგენს 25-60 მგ/მ^3-ს. აპველინგის ზონებში ის აღწევს 1 გ/მ^3-ს და მეტს. ამასთან ამ მარალპროდუქტიულ ოლქებს უკავიათ ტროპიკული პელაგიალის მთელი ფართობის მხოლოდ 7%-დე. ტროპიკული ოლქის პელაგიალში სიცოცხლის სუსტი განეითარების მიზეზია წყლების ვერტიკალური სტრატიფიკაცია მთელი წლის მანძილზე და ამასთან დაკავშირებული წყლის ზედა ფენების ბიოგენური ელემენტებით სიღარიბე.

<u>ზომიერი და პოლარულისპირა ოლქები</u>. ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებს შორის ტემპერატურულ საზღვრად მიღებულია ნულოვანი იზოთერმა ზაფხულის პერიოდში. ბორეალურ ოლქში ჩრ-

დილოეთის საზღვარი გადის ჩრდილოეთის განედის 50 და 60°-შორის. ნოტალურ ოლქში სამხრეთის საზღვარი გადის სამხრეთის განედის 50 და 60°-შორის. ზომიერ სარტყლებში ტემპერატურის სეზონური მერყეობა მნიშვნელოვანია: ბორეალურ ოლქში 8-12°C, ნოტალურში 6-8°C.პოლარულისპირა ოლქებში ზედაპირული წყლების ტემპერატურა წლის მანძილზე ახლოსაა 0°C-თან, ხოლო მისი სეზონური მერყეობა არ აღემატება 2-3°C. ზომიერი და პოლარულისპირა ოლქების მოსახლეობა თეისობრივი თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ტროპიკების ფლორასა და ფაუნას.

ბიპოლარული და ამფიბორეალური არეალები. წყეტილი გავრცელების ასეთი ტიპები დამახასიათებელია ორივე ნახევარსფეროს ზომიერი სარტყლის მრავალი ორგანიზმისათვის.

ბიოპოლარული ეწოდება წყეტილი გავრცელების ისეთ ტიპს, როდესაც გვარის, ახლობელი სახეობის და ერთი და იგივე სახეობის წარმომადგენლები ცხოვრობენ ორივე ნახევარსფეროს ზომიერ სარტყლებში და არ გვხვდება ისინი ტროპიკულსა და პოლარულისპირა ოლქებში. ბიპოლარული გავრცელება ახასიათებთ მრავალი წყლისა და ხმელეთის ცხოველებსა და მცენარეებს. ზღვებში მათ განეკუთვნება პელაგური და ბენთოსური ორგანიზმები, მიმაგრებულები და მოძრავნი. თხელწყლიანი და აბისალური სიღრმეების მკვიდრნი. უხერხემლოთა შორის ცნობილია 100-ზე მეტი ბიპოლარული სახეობა (მაგალითად, Balanus balanus, Mytilus edulis, Clione limacina). თევზებიდან მათ განეკუთვნება ანჩოუსები, ვეიგენები და სხვ. ამ ჯგუფს ეკუთვნის ძუძუმწოვრების 12 სახეობა (ეშაპები, მღვისკატები და სხვ.).

ატლანტიისა და წყნარი ოკეანის ზომიერ ოლქებში ცხოვრობენ საერთო ან ახლობელი სახეობები, რომლებიც არ გვხვდება ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანის მთელ სიგრძეზე. წყეტილი გავრცელების ამ ტიპს აკად. ლ. ს. ბერგმა უწოდა ამფიბორეალური (ამფი – ორივე მხრიდან). ამფიბორეალური არეალი ახასიათებთ ქაშაყს, ვირთევზას, ნავაგას, კამბალას და სხვ. უხერხემლოთა შორის ცნობილია 10-ზე მეტი ამფიბორეალური სახეობა: მაგალითად კიბორჩხალა Pandalus borealis; კანეკლიანები Salaster endeca, Cucumaria frondosa, ზოგი Isopoda. ამ უკანასკნელთა ზოგი სახეობები ცხოვრობენ 4000 მ-დე სიღრმეში. ღრმაწყლიანი ამფიბორეალური

ცხოველების უმეტესობა ეურიბატური ფორმებია და მათი გაერცელების შედა ზღვარი სუბლითორალშია განლაგებული.

აკად. ლ. ბერგის საერთოდ მიღებული ჰიპოთეზის მიხედვით წყვეტილი გავრცელების ორივე ტიპი გამყინვარების პერიოდში მსოფლიო ოკეანის კლიმატის შეცვლის შედეგია. ბიპოლარობა აღმოცენდა იმის გამო, რომ წყლის ზედა ფენების ტემპერატურის დაცემა გავრცელდა ტროპიკულ ოლქშიც. ამის გამო ხელსაყრელი პირობები შეიქმნა ზომიერი ოლქის მცხოვრებთა ერთი ნახევარსფეროდან მეორეში მიგრაციისა ე.ი. გარკვეულ პერიოდში მოისსნა ტემპერატურული ბარიერი. ამასთან ტროპიკულ ოლქში ტემპერატურის დაცემა არ იყო ისეთი ძლიერი და ხანგრძლივი. რომ მსგავსი მიგრაციები შეძლებოდათ პოლარულისპირა ოლქების მცხოვრებთ.

გამყინვარების შემდგომ ეპოქაში კლიმატის დათბობის გამო სიცივის მოყვარული ორგანიზმებისათვის ტროპიკებში შეიქმნა არსებობის არახელსაყრელი პირობები და ისინი ამოწყდნენ, ან ზომიერ ოლქებში გადაინაცვლეს. ასე წარმოიშვა წყვეტილი არეალები.

სახეობებს, რომელთაც ამჟამად ამფიბორეალური გავრცელება აქვთ, მესამეული პერიოდის ბოლოს და მეოთხეულის დასაწყისში, ჰქონდათ უწყვეტი გავრცელება ატლანტის ოკეანიდან წყნარ ოკეანემდე მთელს უზარმაზარ ოლქში ე.ი. ჩრდილო ყინულოვან ოკეანეშიც. არქტიკის კლიმატი იმ დროს იყო მნიშვნელოვნად რბილი: წყლის ტემპერატურა ამჟამინდელთან შედარებით 5-10°C-ით მაღალი იყო. გამყინვარების პერიოდში ტემპერატურის მკვეთრმა დაცემამ გამოიწვია არქტიკის მოსახლეობიდან ბორეალური ფორმების გაქრობა: მათი ნაწილი ამოწყდა, ნაწილმა კი გადაინაცვლა ზომიერი კლიმატის ოლქში.

<u>პლანქტონი</u>. ფიტოპლანქტონის ძირითად ჯგუფს შეადგენენ კაჟოვანი წყალმცენარეები; მხოლოდ ზაფხულში მნიშვნელოვანი რაოდენობით ვითარდებიან პერიდინეები და სხვა ჯგუფის წარმომადგენლები. ზოოპლანქტონში ბატონობენ მცენარისმჭამელი ნიჩაბფეხიანები, რომელთა წილად მოდის მთელი პლანქტონის რაოდენობის 80%; იმ დროს როცა ტროპიკებში მხოლოდ 30%-ია. მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ აგრეთვე ევფაუზიიდები. ტროპიკულ ოლქთან შედარებით მგატაცებელი ფორმები ნაკლებია და მათ განეკუთვნებიან ჯაგარყბიანები, მედუზები. სავარცხლურები. ამასთან ზოგიერთ წყლებში ისინი ვითარდებიან მასობრივი რაო-

დენობით. სეზონური მოვლენები პელაგიალის ჰიდრობიონტების სიცოცხლეში მკვეთრადაა გამოხატული – განსაკუთრებით შომიერ სარტყელში.

განსაკუთრებული ყურადღების ღირსია ანტარქტიკული ოლქის პლანქტონი. წყალმცენარეებს შორის დომინირებენ დიატომეები. ისინი ვითარდებიან არა მარტო წყალში, ყინულშიც კი. ეს ე.წ. ყინულის ფლორა შედგება მიმაგრებული ფორმებისაგან (Pleurosigma, Nitzschia და სხვ.) და ნამდვილი პლანქტონური ფორმებისაგან (Coscionodiscus, Biddalphia და სხვ.). წყალმცენარეები სახლდებიან ყინულის ქვედა ზედაპირზე და იჭრებიან მის სიღრმეში 70-100 სმ-ზე. ყინულოვან ბიოტოპში წყალმცენარეების რიცხოვნობა ძალზე დიდია – 40 მილიონამდე უჯრედი ლიტრში, – იმ დროს როცა წყალში მათი რაოდენობა უმნიშვნელოა. დიატომეები შეღებავენ ხოლმე ყინულს მოყავისფრად სხვადასხვა ინტენსიობით. ეს მუქი შეფერება ხელს უწყობს ყინულის სწრაფად დნობას. წყალმცენარეები არღვევენ ყინულის სტრუქტურას – ქმნიან რა მასში სიღრუეებს და ამით ამცირებენ მის გამძლეობას. წყალმცენარეების თანასაზოგადოება ცხოვრობს ექსტრემალურ პირობებში: ბიოგენების შემცველობა ყინულში მრავალჯერ დაბალია, ვიდრე ღია წყალში. აქ განათებულობა წყლის ზედაპირთან შედარებით უმნიშვნელოა. მიუხედავად ამისა ანტარქტიკის პელაგიალზე ყინულოვანი ფლორის გავლენა ძალზე დიდია. ყოველწლიურად მდნობარე ყინულის რაიონები აქ შეადგენენ ამ ოლქის ფართობის 49%. ყინულის დაშლის დროს წყალმცენარეთა უდიდესი რაოდენობა ხვდება წყალში და მრავალი მათგანი აგრძელებს თავის არსებობას, როგორც პლანქტონური ფორმა და ხელს უწყობს „აყვავილების" დაწყებას.

მოოპლანქტონში ბატონობენ მცენარისმჭამელი კიბოსნაირები: ნიჩაბფეხიანები Calanoida-ს ქვერიგიდან და ევფაუზიასებრნი (ყველაზე მასობრივი ფორმაა Euphausia superba – კრილი). უფრო ნაკლები მნიშვნელობა აქვთ ასევე ფიტოპლანქტონით მკვებავ სალპებს. მტაცებლებს შორის უფრო მრავალრიცხოვანია Amphipoda -დან ჰიპერიდიები.

ბენთოსი. ბენთალის მოსახლეობის დამახასიათებელი ჯგუფებია – უმაღლესი კიბოსნაირები Amphipoda და Isopoda. Decapoda ძალზე მრავალრიცხოვანია ტროპიკებში, ცივ წყლებში წარმოდგენილია სა-

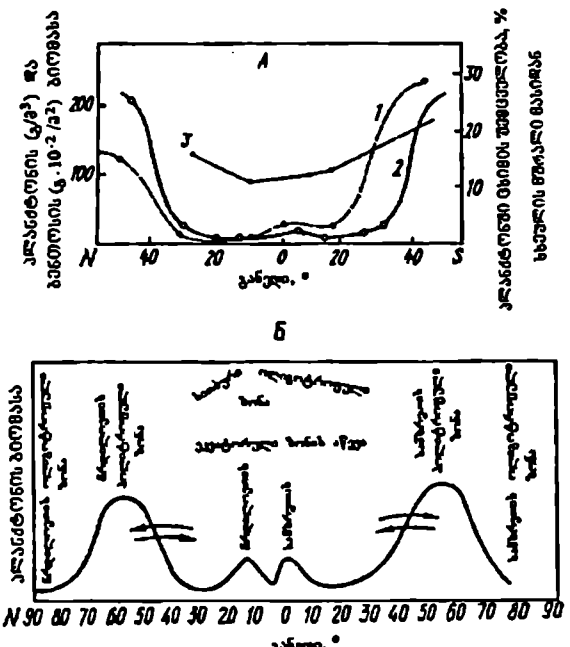
ხეობათა ნაკლები რიცხვით. ბენთოსში დიდ როლს თამაშობენ კანქლიანები: ბღვის ვარსკვლავები, ოფიურიები, ჰოლოთურიები.

ზომიერი და მაღალი განედების ბიოცენოზებისათვის დამახასიათებელია 1-3 სახეობის მკვეთრი სიჭარბე — იმ დროს, როცა ტროპიკულ თანასაზოგადოებებში ძნელია დომინირებული ფორმების გამოყოფა.

ძალზე თავისებურია ანტარქტიკული წყლების არსებობის პირობები და მოსახლეობა. თავთხელზე (მეჩეჩზე) 600-700 მ-დე სიღრმეში ჭარბობს აისბერგებითა და ყინვარებით მოტანილი მსხვილადმსხვრეველი მასალა. საპირებიდან ოკეანის სიღრმეში ერცელდება ცივი წყლები, რომლებიც იწვევენ ძლიერ ფსკრულ დინებებს. მათ გააქვთ სიღრმეში მცირე ზომის შეწონილი მასალა და დეტრიტი. მეჩეჩზე მრავალრიცხოვანი ღრმულებია (1000 მ-დე სიღრმის), რომელთა ფსკერზე წყლის ტემპერატურა -1,95°-დე ეცემა. მხოლოდ ზაფხულის პერიოდში იწევს ტემპერატურა +1-2°C-დე. მიუხედავად აქ არსებული სიცოცხლის პირობების დიდი სიმკაცრისა. განცვიფრებას იწვევს ანტარქტიკის ხმელეთის მოსახლეობასთან შედარებით სანაპირო წყლების სიცოცხლის დიდი სიმდიდრე და მრავალფეროვნება. სახეობათა რიცხვის მიხედვით ანტარქტიკული წყლების ბენთოსი 2-3 -ჯერ სჭარბობს არქტიკული წყლების ბენთოსს. აქ ბევრია ენდემური ფორმები; ისინი შეადგენენ საერთო სახეობების 60-70% და ზოგიერთ ჯგუფში (Pontopoda) — 90% - საც კი. სუბლითორალის ზოგიერთ რაიონებში წყალმცენარეები სქელი ხალიჩის სახით ფარავენ ფსკერის დიდ სივრცეებს. (Monostroma, Phyllopoda და სხვ.). მათი გავრცელების ქვედა ზღვარი დაახლოებით 40 მ-ის სიღრმეზეა. უხერხემლოებს შორის ჭარბობს მიმაგრებული ფორმები. ქვიან გრუნტზე დიდი რაოდენობით ვითარდებიან ღრუბლები, ჰოლოთურიები, ასციდიები, აქტინიები, რბილი მარჯნები და სხვ. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვთ ღრუბლებს — ისინი მთელი ბენთოსის 90% შეადგენენ. ბენთოსური ორგანიზმები მნიშვნელოვანი ზომებითაც გამოირჩევიან: ზოგიერთი ასციდიების სიგრძე 1 მ-ს აღწევს; 75 სმ-ის დიამეტრის მინისებრი ღრუბლები 120 სმ-ის სიმაღლეს აღწევენ.

ანტარქტიკული ზღვების მოსახლეობის თავისებურებანი განისაზღვრება შემდეგი მიზეზებით: ამ ზღვების ძრავალი წარმომადგენელი წარმოშობილია წყნარი და ინდოეთის ოკეანეების ფა-

უნისტურად მდიდარი ოლქების მოსახლეობისაგან. ჩრიდლო ყ
ლოვანი ოკეანის დასახლება კი მიმდინარეობდა სახეობებით ღ
ბი ჩრდილო ატლანტიკიდან. მნიშვნელობა ჰქონდა იმ გარემოება
რომ ანტარქტიკის ნაპირების კლიმატი და მოსაზულობა ნაკლე
იცვლებოდა ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე და ამიტომ აქ შ
ვრები ორგანიზმების ევოლუცია არ გაწყვეტილა. ჩრდილო ყ
ლოვანი ოკეანის ისტორია კი ხასიათდება კლიმატისა და მარი
ანობის მნიშვნელოვანი და მრავალგზის ცვლილებებით.



სურ.13. ბენთოსის ($A_1 1$) პლანქტონის (А 2 და Б) და პლანქტონის ცხომიანობის ($A_1 3$) ბიომასების ცვალებადობა დაბალი განედებიდან მაღალი განედებისაკენ. $A_1 1$ – ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); $A_1 2$ – ბოგოროვის მიხედვით (1960); $A_1 3$ – ბოგოროვისა და ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); Б – ზენკევიჩის მიხედვით.

ფაუნისა და ფლორის რაოდენობრივი განაწილება. ზომიერი და პოლარულისპირა ოლქების მოსახლეობა რაოდენობრივად ძალზე მდიდარია და მრავალჯერ ჭარბობს ტროპიკულ ოლქს. პოლარული ოლქების პელაგიალში ზოოპლანქტონის მასა გაბაფხულ-ზაფხულის მაქსიმუმის პერიოდში აღწევს მრავალ ასეულ მილიგრამს $მ^3$-ში (0-100 მ-ის შრეში) მაგალითად ბარენცის ზღვაში მისი საშუალო სიდიდე 250-300 მგ/$მ^3$, ხოლო მაქსიმალური კი 700 მგ/$მ^3$-ს აღწევს; გრელანდიის ზღვაში 240-400 მგ/$მ^3$-ია. გაცილებით მეტია ზოოპლანქტონის ბიომასა ანტარქტიკულ წყლებში — 10-20 გ/$მ^3$, ხოლო ევფაუზიდების შეჯგუფების აღგილებში აღწევს 30 გ/$მ^3$.

ზომიერი განედების პელაგიალში ზოოპლანქტონის ბიომასა მერყეობს 500-დან 1000 მგ/$მ^3$-დე, ხოლო მისი მაქსიმალური სიდიდე ჭარბობს 8 გ/$მ^3$. (სურ. 13.).

ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებში ძალზე დიდია ბენთოსის სიმჭიდროვე. ზომიერი განედების სუბლითორალში 100 მ-ის სიღრმეზე მისი ბიომასა საშუალოდ შეადგენს 200-300 გ/$მ^2$, მაქსიმალური ბიომასა კი ჭარბობს 2-3 კგ/$მ^2$-ს. არქტიკის ზღვებში ის უფრო მაღალია: 50 მ-ის სიღრმემდე ბენთოსის ბიომასა მერყეობს 500 კგ/$მ^2$-დე. 100-150 მ-ის სიღრმეზე კი 400-500 გ/$მ^2$ -ზე დაბლა არ ეცემა.

ცივწყლიანი ოლქების ფაუნის და ფლორის რაოდენობრივი სიმდიდრე განისაზღვრება მთელი რიგი მიზეზებით. ძალზე დიდია წყლის სეზონური ვერტიკალური ცირკულაციის მნიშვნელობა. ის ძალზე ინტენსიურია და მოიცავს წყლის სიღრმეებს 200-250 მ-დე, რაც განაპირობებს ბიოგენების ამოტანას ფსკერული ფენებიდან ზედაპირულ ფენებში. აქ ხდება მათი დაგროვება შემოდგომა-ზამთრის პერიოდში. ამგვარად, გაბაფხულზე ზედაპირულ შრეებში იქმნება განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობები ფიტოპლანქტონის განვითარებისათვის. ტროპიკულ ზღვებში კი წყალმცენარეების მიერ ბიოგენური ელემენტების ხარჯვა მიმდინარეობს მთელი წლის მანძილზე და საკვები მარილების დაგროვების პერიოდები ფაქტიურად არ არსებობს. ბიოგენური ელემენტების რეჟიმში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს განსაკუთრებით ატლანტიკის ბორეალურ ოლქში მდინარეული შენაკადები. ფოსფატებისა და ნიტრატების კონცენტრაცია ანტარქტიკულ ზღვებში „აყვავეილების“ პერიოდში კი მეტია, ვიდრე ჩრდილო ნახევარსფეროს ზომიერ წყ-

ლებში მამთარში. ამ წყლების გამდიდრება ბიოგენური ელემენტებით ხდება ფსკრული წყლების ეერტიკალური ცირკულაციის გზით.

ბ. მატერიკული წყალსატევები

კონტინენტალური წყალსატევები, პირველ რიგში ტბები ტემპერატურული რეჟიმისა და წყლის მასების ცირკულაციის ტიპისაგან დამოკიდებულების მიხედვით იყოფა 4 ტიპად: ტროპიკული, ზომიერი ოლქების, პოლარულისპირა და თერმული.

ტროპიკული წყალსატევები. ტროპიკული წყალსატევებისათვის დამახასიათებელია მუდმივი მაღალი ტემპერატურა უმნიშვნელო სეზონური ცვლილებებით. ზედაპირულსა და ფსკერულ შრეებს შორის ტემპერატურული განსხვავება უმნიშვნელოა. სეზონური მოვლენები ამ წყალსატევების სიცოცხლეში ისაზღვრება წვიმების პერიოდებით, რომლებიც 5-6 თვეს გრძელდება. ამ დროს ხმელეთიდან ჩამოიტანება საკვები ნივთიერებების დიდი რაოდენობა, რომელიც დიდ გავლენას ახდენს წყალსატევების სიცოცხლის პირობებზე.

ტროპიკული ტბების მცხოვრებთა შორის სტენოთერმულ სახეობებთან ერთად ძალზე მრავალრიცხოვანია კოსმოპოლიტები. ისინი დომინირებულია წყალმცენარეთა და უხერხემლოთა შორის. მაგალითად, ჩადის ტბისათვის აღწერილია ციბრუტელების 37 სახეობა, რომელთაგან მხოლოდ ხუთია სპეციფიური ტროპიკული სახეობა; დანარჩენები კოსმოპოლიტებია. ტროპიკულ იხტიოფაუნაში კი ჭარბობს ენდემები, რომელთა სახეობრივი ნაირგვარობა ძალზე დიდია. ასე, მაგალითად, ბრაზილიის ეკვატორულ ოლქში ცხოვრობს თევზების 1383 სახეობა, ტანგანიკის ტბისათვის აღწერილია 242 სახეობა, ხოლო ჩვენი ქვეყნის — საქართველოს ტერიტორიაზე კონტინენტალურ წყალსატევებში ცხოვრობს მხოლოდ 169 სახეობა.

ტროპიკული წყალსატევების მოსახლეობაში აღსანიშნავია მღვის წარმომობის სახეობების მნიშვნელოვანი რიცხვი: მვიგენები, სკაროსები, კიბოსნაირნი, კიბორჩხალები, ხამანწკები და სხვ. მღვის ორგანიზმების ენერგიულ ჩასახლებას ტროპიკების მტკნარ წყლებში განაპირობებს ხელსაყრელი თერმული რეჟიმი, სანაპირო რაიონებში საკვების სიუხვე ე.ი. მღვის ორგანიზმებმა უნდა გამოიმუშაონ ადაპტაციები მხოლოდ ერთი მათთვის არახელსაყრელი ფაქტორის დაბალი მარილიანობის მიმართ.

ზომიერი სარტყელების წყალსატევები. ზომიერი სარტყელების წყალსატევებისათვის დამახასიათებელია ტემპერატურის მკვეთრი სეზონური მერყეობა წყლის ზედაპირულსა და ფსკერულ ფენებს შორის ტემპერატურული სხვაობა მნიშვნელოვანია – განსაკუთრებით ღრმაწყლიან წყალსატევებში. ჩრდილო და სამხრეთ ნახევარსფეროების ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მსგავსების მიუხედავად მათი კონტინენტალური წყალსატევების მოსახლეობას ცოტა რამ აქვთ საერთო ერთმანეთთან. ჩრდილო ნახევარსფეროს წყალსატევების ფლორისა და ფაუნის ფორმირებაში დიდი კვალი დატოვა გამყინვარების ეპოქამ. მესამეულ პერიოდში, რომელიც გამოირჩეოდა რბილი კლიმატით, ბორეალური ოლქის წყალსატევები დასახლებული იყო სითბოსმოყვარული (თერმოფილური) ფორმებით. მეოთხეულ პერიოდში, ძლიერი აცივების შედეგად, სითბოსმოყვარული ფორმები ამოწყდა მთელს ტერიტორიაზე, რომელიც დაფარული იყო მყინვარით ე.ი. ევროპისა და ჩრდილო ამერიკის დიდ ნაწილში. აზიაში სქელი ყინულის ფენა არ ყოფილა, მაგრამ კლიმატი იყო ისეთი მკაცრი, რომ სითბოსმოყვარული ორგანიზმების უმრავლესობა მას ვერ შეეგუა. მესამეული პერიოდის ფლორა და ფაუნა შემოინახა მხოლოდ ზოგიერთ ოლქებში, რომელთაც გამყინვარება ვერ შეეხო: ხმელთაშუა ზღვის სანაპიროებზე, შუა აზიაში, შორეულ აღმოსავლეთში, ჩრდილოეთ ამერიკის სამხრეთ ნაწილში. დანარჩენ უზარმაზარ ტერიტორიაზე დასახლება დაიწყო მხოლოდ მყინვარის უკან დახევის შემდეგ. ამ განთავისუფლებულ ოლქებში შეიჭრნენ უპირველეს ყოვლისა ის ორგანიზმები, რომელთაც მოსვენებული სტადიების საშუალებით შეეძლოთ პასიური გავრცელება ე.ი. კოსმოპოლიტები. მესამეული პერიოდის რელიქტები ამჟამად თავმოყრილია მცირე ოლქებში, მათი არეალები წვეტილია.

სამხრეთ ნახევარსფეროს კონტინენტალური წყალსატევების მოსახლეობა ჯერ კიდევ არასრულადაა შესწავლილი. აქ არ გვხვდება მრავალი ჯგუფები, რომლებიც ჩრდილო ნახევარსფეროში ფართოდ არიან გავრცელებული: ქორჭილასნაირნი, ქარიყლაპიასნაირნი, სიგისნაირნი. სხვა ოჯახებითა და გვარებითაა წარმოდგენილი კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვა უხერხემლოები.

პოლარულისპირა და მაღალმთიანი წყალსატევები. წლის უდიდეს პერიოდში ეს წყალსატევები ყინულითაა დაფარული.

წლის მანძილზე ეს წყალსატევები ყინულისაგან თავისუფლდებიან სულ 1,5-2 თვე, ხოლო ანტარქტიკული ოაზისების ტბები კი მხოლოდ 2-3 კვირა. წყლის ზედა ფენების ტემპერატურა შაფხულში არ აღემატება 10°C, ხოლო სამუალო კი 3,3-3,7°C.

ამ წყალსატევების ფაუნა და ფლორა სახეობათა ნაირგვაროვნებით ჩამორჩება ზომიერ სარტყლებს. ორგანიზმებს ძალზე ხანმოკლე საველეტაციო პერიოდის, დაბალი ტემპერატურის ხანგრძლივი მემოქმედების და სხვა არახელსაყრელ ფაქტორთა მიმართ გამოუმუშაედათ მთელი რიგი ადაპტაციები. ციბრუტელებისა და უმდაბლესი კიბოსნაირებისათვის დამახასიათებელია განვითარების სწრაფი ტემპი და მოკლე სასიცოცხლო ციკლი. სიცოცხლის ხანგრძლიობა უფრო დაბალ განედებთან შედარებით შემცირებულია 3-5 -ჯერ. მაღალმთიანი წყალსატევების მცხოვრებლებს ულტრაიისფერი რადიაციისაგან თავდასაცავად უნეითარდებათ გაძლიერებული პიგმენტაცია. ბრდასრულ ორგანიზმებს შეუძლიათ გაუძლონ დაბალ ტემპერატურებსა და წყლის გაყინვას. ციბრუტელები. მწერთა ლარვები, მოლუსკები, ზოგიერთი თევზები ყინულში მრავალდღიანი ყოფნის შემდეგ შეიძლება დაუბრუნდნენ სიცოცხლეს. ამ ორგანიზმებს დაბალი ტემპერატურის მიმართ გამძლეობის მექანიზმები სხვადასხვანაირი აქვთ. ორგანიზმების სიცივის მიმართ დამოკიდებულების მიხედვით გამოიყოფა 4 ჯგუფი:

1. სიცივის მიმართ დაბალი წინააღმდეგობის გამწვევი ფორმები — არასიცივეამტანები.

2. სახეობები, რომელთაც შეუძლიათ სხეულის სითხის გადაცივებას გაუძლონ (ზოგჯერ თვეების მანძილზე), ხოლო ვერ იტანენ სითხის ნაწილობრივ კრისტალიზაციასაც — სიცივეამტანები. სიღრუის სითხის გაყინვის ტემპერატურა -3, -4°C-ია. გადაცივების ყველაზე დაბალი ტემპერატურა -7°C-ია.

3. სახეობები, რომლებიც იტანენ გადაცივებას სხეულის სითხის ნაწილობრივი კრისტალიზაციით — ყინვაგამძლეები.

4. სახეობები კი, რომლებიც იტანენ ღრმა გადაცივებას, შეადგენენ მეოთხე ჯგუფს. ისინი იტანენ ვიტრიფიკაციას ანუ სხეულის სითხის გაყინვას მინისებრ ყინულად და აქვთ ანაბიოზის უნარი (დიდი სიჩქარით გაყინვისას სხეულის სითხე გადადის მკვრივ მდგომარეობაში კრისტალიზაციის სტადიის გარეშე; წარმოიქმნება მინისებური ნივთიერება). ვიტრიფიკაციის მდგომარეობაში ყოფნა

მცირე ზომის ორგანიზმებისათვისაა დამახასიათებელი და ღგება ის ქსოვილებში წყლის შემცველობის შემცირების შედეგად. სიცივეგამძლეობა და ყინვაგამძლეობა განისაზღვრება სიღრუის სითხეების ქიმიური შემადგენლობის შეცვლით. გამოზამთრებისათვის მზადებისას მრავალ ორგანიზმში იზრდება გლიკოგენის შემცველობა, რომელიც გლიცერინის წარმოქმნის წყაროს წარმოადგენს. გლიცერინი ასუსტებს ყინულის კრისტალების შექმნის პროცესს, ცვლის მათს სტრუქტურას, ზრდის გადაცივების უნარს, აქვეითებს სიღრუის სითხეების გაყინვის ტემპერატურას. მაგალითად, მწერებში მაღალი ტემპერატურის დროს პემოლიმფაში არ არის გლიცერინი, ხოლო ზამთარში მისი შემცველობა აღწევს 10-25%.

თერმული წყალსატევები. ანსხვავებენ შედარებით თერმულ წყალსატევებს ანუ სუბთერმულ წყალსატევებსა და აბსოლუტურ თერმულ წყალსატევებს. პირველ ტიპს ეკუთვნის წყალსატევები, რომელთა ტემპერატურა პაერის საშუალო წლიურ ტემპერატურაზე მაღალია, მაგრამ მათი ტემპერატურა არ აღემატება +37°C. ამ წყალსატევების ტემპერატურა შეიძლება +20°C-ზე ნაკლები იყოს ე.ი. ისინი შეიძლება იყვნენ შედარებით ცივი წყალსატევები. აბსოლუტურ თერმულ წყალსატევებს ყოველთვის აქვთ ისეთი ტემპერატურა, რომელიც აღემატება ჩვენს პლანეტაზე ატმოსფეროს მაქსიმალურ საშუალო წლიურ ტემპერატურას, რომელიც +37°C-ად ითვლება. საერთოდ კი, სიცოცხლე თერმებში რეგისტრირებულია +93°C-დე.

+40°C-ზე დაბალი ტემპერატურის მქონე წყალსატევების ფლორა და ფაუნა ნაირგვარია და ამ ოლქისათვის დამახასიათებელი ფორმებისაგან შედგება. ცხოველებისათვის ტემპერატურის ზღვრად ითვლება +50-52°C. თერმულ წყლებში უხერხემლოთა ძირითადი ჯგუფებია მწერები (განსაკუთრებით Ephydridae, Hydrophylidae),მოლუსკები, ჭიები. მათი უმრავლესობა სხვა ტიპის წყალსატევთა მცხოვრებთაგან განსხვავებით მცირე ზომებით გამოირჩევა. ზოგიერთ ბაქტერიას და წყალმცენარეს – განსაკუთრებით კი ლურჯმწვანეებს შეუძლიათ +89,5°C-ზე არსებობა. დადგენილია, რომ მაღალორგანიზებულ ფორმებთან შედარებით დაბალორგანიზებული ფორმები მაღალი ტემპერატურის მიმართ მეტი ამტანობით გამოირჩევიან. ამ მხრივ განსაკუთრებით მგრძნობიარენია თბილისისხლიანები.

მაღალი ტემპერატურები იწვევენ შეუქცევად პროცესებს ცილოვან კომპლექსებში. ცილების მედედების ტემპერატურა უმეტესად დამოკიდებულია მათში წყლისა და მარილების რაოდენობაზე: მარილების დაბალი მემცველობისას ის ქვეითდება, წყლის შემცველობის დაქვეითება კი მნიშვნელოვნად მაღლა სწევს მას. მაგალითად, ქათმის კერცხის გაუწყლოვანებული ცილა 1 საათის მანძილზე +100°C-ის პირობებში იკვრება (დედდება) მხოლოდ. მაღალი ტემპერატურის დამღუპველი მოქმედება ცხოველებზე დაკავშირებულია არა მარტო უჯრედების თბურ დაშიანებასთან, არამედ ორგანიზმში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობის დარღვევასთან. ასე, მაგალითად, ტემპერატურის აწევა იწვევს ქანგბადზე მოთხოვნილების გაზრდას; სასუნთქი ზედაპირიდან O_2-ის მიღება არასაკმარისი ხდება და ორგანიზმი გაგუდისაგან იღუპება.

6. ტემპერატურის ზემოქმედება ჰიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე

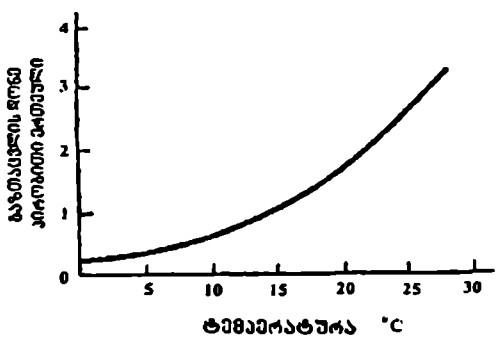
გარემოს ტემპერატურა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეში. ის გავლენას ახდენს ზრდაზე, განვითარებაზე, გამრავლებაზე, ნივთიერებათა ცვლაზე, ბიოლოგიურ ციკლებზე და ცხოველმოქმედების სხვა მხარეებზე.

ჰიდრობიონტები, ისე როგორც ხმელეთის ორგანიზმები, სითბოს ცვლის ტიპის მიხედვით იყოფიან პოიკილოთერმულ და ჰომოიოთერმულ ორგანიზმებად. ჰომოიოთერმულებს გააჩნიათ სითბოს რეგულაციის მექანიზმების მორფოლოგიური და ფიზიოლოგიური კომპლექსები, რომელთა მეშვეობით მათი სხეულის ტემპერატურა ნაკლებადაა დამოკიდებული გარემოზე: ასეთებია წყლის ძუძუმწოვრები. *პოიკილოთერმული* ორგანიზმების სხეულის ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურისგან ნაკლებად განსხვავდება და უკანასკნელის მეცელისას იცვლება სხეულის ტემპერატურაც. პოიკილოთერმულებს განეკუთვნება ჰიდრობიონტების აბსოლუტური უმრავლესობა (უხერხემლოები, თევზები).

გარემოს ტემპერატურის ცვალებადობა პოიკილოთერმულ ორგანიზმებში იწვევს ნივთიერებათა ცვლის ინტენსიობის ზრდას. ის გარკვეულ ფარგლებში ემორჩილება ვანტ-ჰოფის კანონს, რომლის მიხედვით ქიმიური რეაქციების სიჩქარე 10°C-ით ტემპერატუ-

რის აწევისას იმრდება 2-3 -ჯერ. ეს აჩქარება გამოისატება Q_{10} კოეფიციენტით. Q_{10}-ის სიდიდე იცვლება ტემპერატურის სხვადასხვა მონაკვეთში: უფრო დაბალი ტემპერტურისას Q_{10} მეტია, ვიდრე მაღალი ტემპერატურისას. ა. კროგმა დაადგინა, რომ სტანდარტული ცვლის ინტენსიობა ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით მრავალ პიდრობიონტებში ემორჩილება გარკვეულ კანონზომიერებას, რომელიც შეიძლება გამოხატულ იქნეს მრუდით (სურ. 14). ის დაახლოებით გადმოიცემა Q_{10}-ის შემდეგი სიდიდეებით:

ტემპერატურის ინტერვალი °C.	0-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30
Q_{10}	10,9	3,5	2,9	2,5	2,3	2,2



სურ. 14. *კროგის „ნორმალური მრუდი“.*

კროგის მრუდი ფართოდ გამოიყენება განვითარების სიჩქარეზე ტემპერატურის გავლენის გამოსახატავად. აქვე უნდა ითქვას, რომ ზოგიერთი ორგანიზმი, მაგალითად Cladocera, Copepoda ტემპერატურის გავლენით მათს განვითარებაზე არ ემორჩილებიან კროგის მრუდს

სტენოთერმული ორგანიზმების უმრავლესობა ცხოვრობს მუდმივ ან ნაკლებად ცვალებად ტემპერატურის პირობებში. ევრითერმული სახეობების არსებობის ნორმაა ცვალებადი ტემპერატურა. ის ჩვეულებრივი მოვლენაა თხელწყლიანი მტკნარი წყალსატევებისათვის, მღვების სანაპირო ოლქისათვის. ასევე ოკეანის ზედაპირული შრეებისათვის. მტკნარ წყალსატევებში დღეღამის მანძილზე ტემპერატურის ცვალებადობის ამპლიტუდამ შეიძლება მიაღწიოს 10°C-ს და მეტსაც.

ტემპერატურა, როგორც გარემოს ფაქტორი დიდ გავლენას ახდენს ორგანიზმების ზომებზე. ციყწყლიან გარემოში თბილისწყლიანის [illegible]

ბით ერთიდაიგივე სახეობის პიდრობიონტთა ზომა მეტია. ეს გაპირობებულია იმით, რომ დაბალი ტემპერატურის პირობებში ორგანიზმების ზრდა და სქესობრივი მომწიფება გახანგრძლივებულია. ამის მაგალითად საქართველოს ტბებში გავრცელებული ზოგიერთი კიბოსნაირები შეიძლება დავასახელოთ: მაგალითად, ნიჩაბფეხიანი კიბოსნაირები Cyclops vicinus, Acanthocyclops vernalis ზომით 1,5-ჯერ მეტი ზომისანია სიონის წყალსაცავში, ვიდრე კუმისის წყალსაცავში. იგივე ითქმის ზოგიერთ ულეამტოტიანებზეც – მაგალითად, Daphina magna, Daphnia longispina, Daphnia hyalina და სხვ.

ცნობილია, აგრეთვე, ორგანიზმთა ზომის სეზონური ცვალებადობა. მაგალითად, Calanus finmarchicus -ის თაობა, რომელიც გაზაფხულზე ვითარდება, მნიშვნელოვნად დიდი ზომისაა ბაფხულის ფორმებთან შედარებით. დაბალი ტემპერატურის პირობებში ორგანიზმები უფრო ღვიან მწიფდებიან და ამის გამო მათი ზრდის პერიოდი გახანგრძლივებულია.

ტემპერატურის გაელენით იცვლება სხეულის ქიმიური შემადგენლობა – ცხიმის შემცველობა, ცილებისა და სხვა კომპონენტების შემცველობა. მაგალითად: მაღალი განედებიდან დაბალი განედებისაკენ ზოოპლანქტონის ცხიმიანობა მცირდება და ყველაზე დაბალია ის ტროპიკებში. ანტარქტიკული კოპეპოდების ცხიმის შემცველობა მათი მშრალი წონის 35-46% აღწევს., ზომიერ სარტყელში 15-20%. ხოლო ტროპიკულში კი 6,0-13,6%. ეს განსხვავებები იმითაა გაპირობებული, რომ ტროპიკებში არსებობის პირობები სეზონურად არ იცვლება მნიშვნელოვნად, ამიტომ არ სჭირდებათ ორგანიზმებს საკვები ნივთიერებების მარაგის სახით დაგროვება. მნიშვნელოვანია აგრეთვე ორგანიზმების სხეულის ქიმიური შედგენილობის სეზონური ცვალებადობა.

არსებითი განსხვავებები ორგანიზმების განვითარებაში შემჩნეულია სხვადასხვა ტემპერატურულ ოლქებში მცხოვრებ ორგანიზმებში. *ტორსონის* კანონის მიხედვით ოკეანის ცივი ოლქებიდან თბილი ოლქებისაკენ პელაგური სტადიის ლარვების მქონე ბენთოსური უხერხემლოების რიცხვი იზრდება და ლარვული ცხოვრების პერიოდი სანგრძლივდება. პოლარულისპირა ოლქების მცხოვრებთა უმრავლესობისათვის შემჩნეულია პირდაპირი განვითარება პელაგური ლარვის სტადიის გარეშე. ამ ოლქებში მრავალადაა ცოცხლადმშობი ფორმები. ასე, მაგალითად, კანეკლიანთა ცოცხლადმშობი 41 სახეობიდან 32 ცხოვრობს არქტიკისა და ანტარქტიკის წყლებში. ცოცხლადმშობიარობა საშუალებას აძლევს სახეობებს შეინარჩუნონ შთამომავლობა მკაცრ კლიმატურ პირობებში.

4. ბარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე

ა. წყალსატევებისა და ჰიდრობიონტების კლასიფიკაცია ბარემოს აქტიურ რეაქციასთან დამოკიდებულებით

გარემოს აქტიური რეაქცია ბღვებში და უმეტესობა კონტინენტალურ წყალსატევებში საკმაოდ მდგრადი ფაქტორია. მის სწრაფ ცვალებადობას ხელს უშლის წყალში ნახშირორჟანგისა და კარბონატების არსებობა. ბღვებში წყლის აქტიური რეაქცია სუსტი ტუტეა და მეყეობს 8,1-დან 8,4-დე. შიდა ბღვებსა და ყურეებში, სადაც მარილიანობა ნაკლებია, PH ფიტოპლანქტონის ინტენსიური განვითარების დროს იზრდება 10-დე და მეტად თავისუფალი ნახშირორჟანგის სრული ასიმილაციისა და კარბონატების დისოციაციის გამო.

კონტინენტალური წყალსატევები აქტიური რეაქციის სიდიდის მიხედვით იყოფა ორ ძირითად ტიპად: 1. ნეიტრალურ-ტუტე რეაქციის წყლები; 2. მჟავე რეაქციის წყლები. პირველი ტიპის წაყლსატევებში „აყვავილების" დროს PH მერყეობს 6,95-დან 10-მდე და მეტად. მეორე ტიპის წყალსატევებში გარემოს რეაქცია ცვალებადობს 3,4-დან 6,95-დე. ამ ტიპს განეკუთვნება სფაგნური ჭაობები და სფაგნური ტბები. ამ წყალსატევების ფსკერი და ნაპირები დაფარულია ხავსით და ტორფით. სფაგნური წტალსატევების მაღალი მჟავიანობა გაპირობებეულია გარემოში სხვადასხვა მჟავეების არსებობით, რომელსაც ცხოველქმედების პროცესში და მათი სრწნის დროს გამოყოფენ ხავსები და ჭაობის სხვა მცენარეები. პირველი ტიპის წყალსატევებში გარემოს აქტიური რეაქცია სეზონური ცვალებადობით ხასიათდება. გამთარში ცხოველმოქმედების პროცესის შენელებასთან დაკავშირებით წყალსატევების PH 7,0-7,5 -ია, გაფხულში ის იზრდება და „აყვავილების" პერიოდში აღწევს 9-10 -ს. გაფხულში მეიმჩნევა აგრეთვე PH-ის სიდიდის დღეღამური ცვლა. ეს გაპირობებულია მცენარეთა მასობრიეი განვითარებით და შეიძლება მიაღწიოს ±4,5. PH იცვლება სიღრმესთან ერთად: ფსკერულ შრეებში, სადაც შეწყვეტილია ფოტოსინთეზის პროცესი, შემჩნეულია მჟავიანობის ზრდა.

მჟავე რეაქციის ტიპის წყალსატევებში გარემოს აქტიური რეაქცია უფრო მეტად მუდმიეია, რადგან უფრო ნაკლებადაა დამოკიდებული ორგანიზმების ცხოველმოქმედებისაგან, სფაგნური წყალ-

სატეეების მოხლეობა ღარიბია თეისობრიეად და რაოდენობრიეად. PH-ის სიდიდეზე ძალზე დიდ გაელენას ახდენს სხვადასხვა შენაკადები. მაგალითად, ქვანახშირის შახტებიდან გამოსული ჩამდინარე წყლების შეერთების უბანში PH-ის სიდიდე შეიძლება დაეცეს 2,6-მდე.

წყლის აქტიური რეაქციის სიდიდესთან დამოკიდებულების მიხედვით პიღრობიონტები შეიძლება გაიყოს სტენოიონურ და ეერიიონურ ფორმებად. სტენოიონური ორგანიზმები ძირითადად ნეიტრალურ-ტუტე რეაქციის წყლების ბინადარნია ე.ი. მტკნარი წყლებისა და ზღვების მოსახლეობის ძირითადი მასა. მტკნარი წყლის სტენოიონური ფორმებისათვის PH-ის ცვალებადობის ზღერული ფარგლებია 5,0-10,0, ხოლო ზღვების მცხოვრებთათვის 6,0-დან 8,75-დე, სტენოიონურ ორგანიზმებს, რომლებიც არჩეენ ტუტე გარემოს, ეწოდებათ ოლიგოპიდროგენური ორგანიზმები. მათი მაგალითია მოლუსკები, რომლებიც ცხოვრობენ 7-მე მეტი PH-ის პირობებში. სტენოინური პიდრობიონტები, რომლებიც ცხოვრობენ მჟაეე წყლებში, იწოდებიან პოლიპიდროგენონურად. ესენი სფაგნერი წყალსატეეების მოსახლეობაა, ზოგიერთი მათგანი ცხოვრობს 3,8-დე PH-ის პირობებში და არ გეხეღება ნეიტრალურ-ტუტე გარემოში.

ეერიონური ორგანიზმები ცხოვრობენ PH-ის ფართო დიაპაზონის პირობებში. მაგალითად, Chironomuse-ის ლარეებს აქეთ უნარი გაუძლონ აქტიური რეაქციის ცვალებადობას 2-დან 10-დე ფარგლებში.

ბ. ბარემოს აქტიური რეაქციის ზემოქმედება ჰიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე

გარემოს აქტიური რეაქციის ზემოქმედება ორგანიზმებზე შეიძლება იყოს არაპირდაპირი და პირდაპირი. არაპირდაპირი ზემოქმედება ელინდება სხვადასხვა ელემენტების მარილთა შემადგენლობის ცვალებადობით. მაგალითად, მრავალ წყალმცენარეს არ შეუძლია PH-ის მაღალი მაჩვენებლის პირობებში არსებობა იმის გამო, რომ ამ პირობებში გარემოში რკინის შემცეელობა და ხსნადობა მკეთრად მცირდება. Gammarus pulex-ის ახალგაზრდა თაობა 6,0-6,2 PH-ის პირობებში 1,5-2 დღეღამის შემდეგ იღუპება კალციუმის შენაერთების უკმარისობის გამო.

ზღვისა და მტკნარი წყლების თევზებზე ჩატარებულმა ცდებმა გვიჩვენა, რომ PH-ის ცვალებადობა გამოსატულებას პოულობს წყალში გახსნილი ჟანგბადის მოთხოვნილების ხარისხზე. ამასთან

PH-ის ცვალებადობისადმი მგრძნობიარობის ხარისხი სხვადასხვა სახეობებისათვის არ არის ერთნაირი. მაგალითად, კობრი PH-ის მჟავიანობისაკენ გადასრის მიმართ უფრო ძლიერ რეაგირებს, ვიდრე ქორჭილა: 5,5 PH-ის პირობებში გაცილებით ნაკლებ ქანგბადს თხოულობს, ვიდრე 7,4-ის დროს. ქორჭილას მოთხოვნილებაც ქანგბადის მიმართ 5,5-ის პირობებში მცირდება, მაგრამ უფრო ნაკლები ხარისხით. PH-ის 4,5 პირობებში კობრები ქანგბადის ნორმალური შემცველობის პირობებშიც იწყებენ ასფიქსიას. სუნთქვის ცვლის დარღვევას მჟავიანობის გამო მოსდევს ასიმილაციის პროცესების დარღვევა. ამასთან გარემოს უმნიშვნელოდ გამჟავიანებისას საკვების ათვისება და ზრდის ტემპი უმჯობესდება. წყლის შემდგომი გამჟავიანებისას შთანთქმული საკვების რაოდენობა იზრდება, ხოლო მისი ამთვისებლობა მცირდება. PH-ის 5,5-ის პირობებში ე.ი. იმ დროს, როცა კობრები შთანთქავენ ნაკლებ ქანგბადს, თვის მანძილზე წონაში მომატება შეადგენს 4%-ს, ხოლო PH-ის 7,5-ის პირობებში მატება შეადგენს 35%-ს.

კვების დამოკიდებულება PH-ის ცვალებადობასთან დიდ გავლენას ახდენს პიდრობიონტების ზრდასა და განვითარებაზე. ასე, მაგალითად, კობრისა და კარჩხანას გამოზრდისას სხვადასხვა PH-ის პირობებში ხდება შემდეგი: გარემოს მჟავიანობის მომატებისას ამ თევზების ზომა და მასა ჯერ იზრდება, აღწევს მაქსიმუმს, ხოლო შემდგომ იწყებს მკვეთრ შემცირებას. PH-ის 4 მაჩვენებლის ქვემოთ თევზები წყვეტენ ზრდას და მალე იღუპებიან. გარემოს სუსტი მჟავიანობა იწვევს კიბოსნაირების გამრავლებისა და ზრდის სტიმულირებას 150%-ზე მეტად. გარემოს გატუტიანება იწვევს ასეთსავე ეფექტს, მაგრამ გაცილებით სუსტად გამოხატულს (60-70%). ეს მაგალითები ადასტურებენ, რომ საცხოვრებელი გარემოს ფიზიკურ-ქიმიური რეჟიმის უმნიშვნელო გადახრები იწვევენ ორგანიზმების ნივთიერებათა ცვლის, ასიმილაციისა და ზრდის სტიმულირებას.

გარემოს PH-ის ორგანიზმებზე ზემოქმედების პროცესში ხდება წყალბადისა და პიდროქსილის იონების ზემოქმედება უჯრედის გარსზე, რის შედეგად იცვლება მათი უნარი გასცენ და მიიღონ სხვადასხვა ნივთიერებები ე.ი. უარესდება უჯრედის გამტარებლობა.

ხშირ შემთხვევაში პიდრობიონტებზე ზემოქმედებს არა უშუალოდ PH, არამედ სხვა ფაქტორები, რომლებიც თავის მხრივ განსაზღვრავენ PH-ს. იმის მიხედვით თუ რომელი შენაერთები განსაზღ-

ვრაეენ PH-ს ამ უკანასკნელის ერთმა და იგივე მაჩვენებლმა შეიძლება სხვადსხეანაირი ზემოქმდება მოასდინოს ორგანიზმზე. მაგალითად, ჩხვლეტიები გარემოს PH-ის მაჩვენებლის 4-დე შემცირებისას ფოსფორმჟავას სამუალებით – ცოცხლობენ 8 საათზე მეტს, ხოლო ძმარმჟავას ხსნარში იგივე PH-ის პირობებში მხოლოდ 11 წუთს.

ბუნებრივ წყალსატევებში PH-ის შემცირებას ჩვეულებრივ იწვევს თავისუფალი ნახშირორჟანგი, რომელიც ძლიერ ტოქსიკურ ზემოქმედებას ახდენს პიდრობიონტებზე. ექსპერიმენტულად დამტკიცებული იყო, რომ მავი ზღვის ნიჩაბფეხიანი კიბოების სხვადასხვა სახეობები 5,8 PH-ის პირობებში, რომელიც გამოწეეულია მარილმჟავას ზემოქმედებით. ცოცხლობენ 300-ჯერ მეტხანს, ვიდრე იგივე PH-ის პირობებში, რომელიც ნახშირორჟანგის ზემოქმედებითაა გაპირობებული.

პიდრობიონტები ცხოველმყოფელობის პროცესში დიდ გავლენას ახდენენ PH-ის სიდიდეზე და იწვევენ მის ცვლილებებეს. ცხოველები და მცენარეები. გამოყოფენ რა სუნთქეისას CO_2-ს, ხელს უწყობენ წყლის მჟავიანობის გაზრდას და შესაბამისად PH-ის მაჩვენებლის შემცირებას. CO_2 წარმოიქმნება ფსკერულ დანალექებში ორგანული ნივთიერებების ბაქტერიული ხრწნის შედეგად, ამიტომ ფსკერზე PH უფრო დაბალია, ვიდრე წყლის სისქეში: მისი მაჩვენებელი შეიძლება შემცირდეს 6,5-მდე, იმ დროს, როცა ზედაპირზე უტოლდება 8-ს და მეტიცაა.

მცენარეები ფოტოსინთეზის პროცესში შთანთქავენ ნახშირორჟანგს, რასაც თან ახლავს PH-ის გაზრდა. მცენარეების ინტენსიური განვითარების აღგილებში PH აღწევს 9,5-10 ს და ზოგჯერ მეტიცაა.

5. სინათლის ზემგავლენა წყლის ორგანზმების სიცოცხლეზე

მზის სინათლე შედგება სხვადსხვა სიგრძის ტალღებისაგან. მზის სპექტრის ხილულ სხივებს აქვთ ტალღის სიგრძე $8 \cdot 10^{-7}$ მ-დან 1მმ-მდე (წითელიდან იისფერისაკენ). უხილავი სხივების (ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი) ტალღის სიგრძე მერყეობს $4 \cdot 10^{-7}$ მ-დან $2 \cdot 10^{-7}$ მ-დე. სპექტრის ხილული ნაწილიდან უფრო ენერგიულად შთაინთქმება წყალში წითელი სხივები. სუფთა წყალში 10 მ-ის სიღრ-

მეზე აღწევს წითელი სხივების 2%; ნარინჯისფერის — 8%; ყვითელი — 32% და ცისფერი — 75%. 500 მ-ზე უფრო ღრმად მხოლოდ იისფერი სხივები გვხვდება, რომლებიც 1500 მ-დე აღწევს. უხილავი სხივები შთაინთქმება წყალში განსაკუთრებით სწრაფად. მათი რადიაციის ინტენსიობა ნასეერღება წყლის ზედა 10 სმ-იანი შრის გაელის შემდეგ.

სინათლე პირდაპირ ან არაპირდაპირ წარმოადგენს წყლის ორგანიზმების არსებობის ერთ-ერთ აუცილებელ პირობას, მცენარეებისათვის ის წარმოადგენს ენერგიის ერთადერთ წყაროს. სხვადასხვა ტალღის სიგრძის სხივების მნიშვნელობა მცენარეებისათვის ერთნაირი არაა. ქლოროფილის მატარებელი მცენარეები შთანთქავენ ყველაზე მეტად იმ სხივებს, რომლებიც შეესაბამება ქლოროფილის სპექტრში შთანთქმის ზოლებს. ისინი ორია: ერთი ძევს სპექტრის წითელ ნაწილში, მეორე — ცისფერ-იისფერში დანარჩენ სხივებს მცენარეები ირეკლავენ. წყალი ძალზე სწრაფად შთანთქავს წითელსა და ლურჯ სხივებს. ამიტომ მცენარეთა გავრცელება ზედაპირული შრეებითაა შემოფარგლული (150-200 მ-დე). მოკლეტალღიანი ულტრაიისფერი სხივები ხილული სხივებისაგან განსხვავებით ატარებენ დიდ ენერგიას და ხასიათდებიან ძლიერი ბაქტერიოციდული მოქმედებით. მათი მონაწილეობა აუცილებელია D ვიტამინის წარმოქმნისას სტერინების დასხივების გზით. პლანქტონი წყალსატევების ზედა შრეებში ახდენს ამ ვიტამინის აკუმულირებას.

სინათლე ზემოქმედებს ცხოველების ნივთიერებათა ცელაზე, სასქესო პროდუქტების მომწიფებაზე. წყალსატევების განათებულობასთანაა დაკავშირებული ცხოველთა აგებულება, მხედველობის, ყნოსვის ორგანოების განვითარება, შეფერადება და სხვ. წყლის ცხოველები ცხოერობენ სრულიად სხვადასხვა სინათლის რეჟიმის პირობებში. მრავალ ორგანიზმებში სინათლეზე რეაქცია იცვლება განვითარების პროცესში. განვითარების ადრეულ სტადიებზე ცხოველები ცხოერობენ უპირატესად ზედაპირულ შრეებში, ხოლო ზრდასრული ფორმები კი ნაკლები განათების პირობებში. მაგრამ შეიმჩნევა შებრუნებული მოელენაც: მაყალითად. ორაგულისნაირი თევზების ლიფსიტები შეფარებული არიან ქვების ქვეშ.

სინათლის ზეგავლენით ჰიდრობიონტებში ხორციელდება სხვადასხვა ხანგრძლიობის ბიოლოგიური რიტმები (დღეღამური,

სეზონური და სხვ.). დღეღამური რიტმის მაგალითად გამოდგება ზოოპლანქტონის დღეღამური ვერტიკალური მიგრაციები. სეზონური ბიოლოგიური რიტმები, რომლებიც განისაზღვრება დღის ხანგრძლივობით (ფოტოპერიოდით), ორი ტიპისაა: პირველი ტიპი უზრუნველყოფს ორგანიზმების გამრავლების დამთხვევას პიდრობიონტების სიცოცხლისათვის ხელსაყრელ სეზონთან. მეორე ტიპი ხასიათდება ორგანიზმებში დიაპაუზის წარმოშობით. დიაპაუზა – განვითარებაში ხანგრძლივი შეჩერებაა, რომელიც დგება სახეობისათვის გარკვეულ სტადიაზე უხილავი და ფაქტორებთან უშუალო კავშირის გარეშე. ე.ი. დიაპაუზა განსხვავდება მოსვენებული მდგომარეობისაგან, რომელიც დგება მაშინათვე, როგორც კი ტემპერატურა და გარემოს სხვა ფაქტორები ხდებიან არახელსაყრელნი, დიაპაუზა წარმოიშობა არახელსაყრელი პირობების დადგომამდე.

მრავალ ცხოველში, ძირითადად ზღვის ფორმებში (ინფუზორიები, მრავალჯაგრიანები, თევზები), ცნობილია მთვარის რიტმები. მაგალითად, მრავალჯაგრიანი პალოლო (Eunice viridis) პოლინეზიის კუნძულებთან გამრავლებისათვის ამოდის წყლის ზედაპირზე პირველი მთვარის მეოთხედის პერიოდში – ოქტომბერ-ნოემბერში.

ა. წყალსატევების სინათლის ზონები

ზღვებში სიღრმეზე სინათლის გაერცელების მიხედვით არჩევენ სინათლის 3 ზონას: ეუფოტურს, დისფოტურს და აფოტურს.

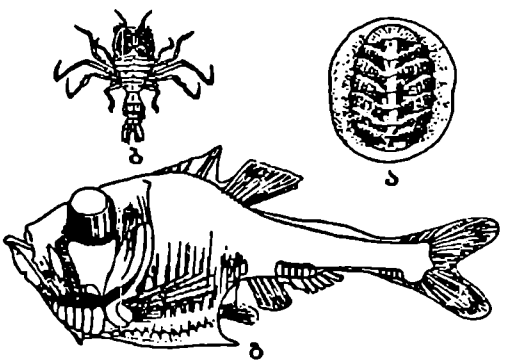
ეუფოტური ზონა. წყალსატევის ამ ზედა შრეში კარგი განათებულობის გამო მიმდინარეობს მცენარეებში ფოტოსინთეზი. ამ ზონის ქვედა ზღვარი გამჭვირვალობისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით ზღვის წყალსატევებში განლაგებულია სხვადასხვა სიღრმეზე: პელაგიალში 50-100 მ-ღე, ბენთალში 200 მ-მდე.

მტკნარ წყალსატევებში მათი დაბალი გამჭვირვალობის გამო ფოტოსინთეზირებული მცენარეები 30 მ-მე ღრმად არ ერცელდება. ამასთან ერთად კონტინენტალური წყალსატევების დიდი მრავალგვარობა განაპირობებს ამ საზღერების მნიშვნელოვან მერყეობას. მთის გამჭვირვალე ტბებში მცენარეები ვრცელდება 70-75 მ-ის სიღრმემდე, ხოლო ბაიკალში კაეოვანი წყალმცენარეები შემჩნეულია 115 მ-ის სიღრმეზეც.

ევფოტური ზონის ფარგლებშია თავმოყრილი პიდრობიონტების ძირითადი მასა – 80% (ეს არის ე.წ. სასიცოცხლო ზონა).

დისფოტური ანუ ჩრიდილის ზონა. ეს ზონა ერცელდება ზღვებში 1000-1500 მ-ის სიღრმემდე. აქ პრაქტიკულად მცენარეები არ ცხოერობენ, მაგრამ 1000 მ-მე მეტ სიღრმეზე მსოფლიო ოკეანის რიგ რაიონებში შემჩნეულია ნანოპლანქტონის ზოგიერთი წარმომადგენლები. გაანგარიშებულია, რომ მათ შეუძლიათ ეეფოტური ზონის მცხოერებზე არანაკლები პროდუქციის მოცემა.

აფოტური ანუ მუდმივი წყედიადის ზონა. ორგანიზმების სახეობრიეი შემადგენლობა, რიცხოვნობა და ბიომასა სიღრმესთან ერთად მცირდება. მკვეთრად მცირდება მტაცებელი ცხოველების რაოდენობა (მედუზები, ჯაგარყბიანები, კიბორჩხალები, თევზები). 6000-7000 მ-ის სიღრმემდე მოსახლეობის ძირითად ნაწილს შეადგენენ ნიჩაბფეხიანები და მიზიდები; შემდგომ კი იზრდება გამარიდებისა და მრავალჯაგრიანების როლი.



სურ. 15. *წყლის ცხოველების მხედველობის ორგანოები*:
ა — მრავალრიცხოვანი თვალები მოლუსკის Chiton-ის ნიჟარის ფირფიტებზე; ბ — ღრმაწყლის ამფიპოდა Cystisoma; გ — ღრმა წყლის თევზი Argyropelecus hemigymnus.

ბ. ჰიდრობიონტების მხედველობის ორგანოების აგებულების თავისებურებანი

წყლის ორგანიზმების მხედველობის ორგანოების აგებულება დიდი ნაირგეარობით ხასიათდება (სურ. 15). ყველაზე მარტივია — სტივმები — ორგანოები, რომელთაც მხოლოდ სინათლის შეგრძნება

შეუძლიათ. ისინი შედგებიან ლიწწებისაგან და მისი ამომფენი პიგმენტებისაგან. სტიგმები გააჩნიათ მთელ რიგ უმარტიელებს.

რთულად აგებულ მსხვილელობის ორგანოებში ყველაზე მნიშვნელოვანი უბანია სინათლის მიმღები მხედველობითი უჯრედები. თვალის ფორმა ნაირგვარია: ბრტყელი (ზოგიერთი მედუზები და სხვ.). რთული ფიალისებური ფასეტური თვალი (კიბოსნაირებში, Copepoda-სა და Cirrupedia-ს გარდა). მათში ფასეტების რიცხვი მერყეობს 4-დან 3000-დე და მეტად. ხშირად პიდრობიონტებს ორმაგი თვალი აქვთ, რომლის თითოეულ ნაწილს სხვადასხვა დანიშნულება აქვს. მაგალითად, ხოჭო გრიალას Gyrinus, წყლის რწყილებს Notonecta, Hydrometra, Naucoris ერთი ნაწილი შეგუებულია პაერში მხედველობისათვის, მეორე – წყალში. სფეროსებური თვალები აქვთ განვითარებული თავფეხიან მოლუსკებს და სხვა პიდრობიონტებს.

აბისალში და მიწის ქვეშა წყალსატევებში მცხოვრებ ორგანიზმებში ხდება მხედველობის ორგანოების დეგრადაცია: თვალები ხდება შეუმჩნეველი, არა აქვთ ბროლი, ატროფირდება სხვა ნაწილებიც. ამასთან ერთად მრავალ უხერხემლოებსა და თევზებს, რომლებიც ჩრდილის ზონაში ცხოვრობენ, უდიდდებათ თვალები იმ ორგანიზმებთან შედარებით, რომლებიც კარგად განათებულ პორიზონტებში ცხოვრობენ; ღრმაწყლიან თევზებსა და თავფეხიან მოლუსკებს ტელესკოპური თვალები აქვთ და ზოგჯერ თავისი ფორმით ბინოკლს მოგვაგონებენ. უხერხემლოებს მხედველობის ორგანოები სხეულის სხვადასხვა ნაწილზე აქვთ განლაგებული: მედუზებს ძაბრის ნაპირებზე, ზღვის ვარსკვლავებს სხივების ბოლოში; ორსაგდულიან მოლუსკებს მანტიის ნაპირებზე; ქიტონებსა და ტურბელარიებში ზურგის მხარეზე; მრავალ ჭიაში ლაყუჩებზეა განლაგებული. იმ ორგანიზმებს, რომლებსაც კარგად აქვთ განვითარებული მოძრაობის ორგანოები, თვალები განლაგებული აქვთ სხეულის წინა ნაწილზე. თვალების რაოდენობა მერყეობს ერთიდან მრავალ ასეულამდე.

8. წყლის ორგანიზმების შეფერვა

შეფერადების მიხედვით პიდრობიონტებს ყოფენ სამ ძირითად ჯგუფებად: პირველი – ფორმები, რომლებსაც აქვთ მხედველობითი შეფერება ანუ ჰომოქრომია; მეორე – ორგანიზმები, რომლებსაც აქვთ უნარი გარემომცველი გარემოს შესატყვისად შეიცვა-

ლონ ფერი და მოხატულობა – აქტიური პომოქრომია; მესამე – სახეობები, რომლებიც შეფერილი არიან იმ ფერად, რომელიც წარმოადგენს გარემომცველი გარემოსათვის დამატებითს.

ლურჯ-პომოქრომულ ფერად შეფერილი არიან მღვაში მცხოერები ნეისტონის სხვადასხვა წარმომადგენლები: სიფონოფორები, მცირე ზომის კიბოები, კიბორჩხალები, მოლუსკები და სხვა. მრავალი პლანქტონური ორგანიზმებისათვის დამახასიათებელია სრული გამშვირვალობა, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ, როგორც პომოქრომია. აქტიური პომოქრომია განვითარებული აქვთ რიგ კიბოსნაირებს, თევზებს, თავფეხიან მოლუსკებს. შეფერადების აქტიური ცვალებადობა მიიღწევა კანში ჩაბნეული მცირე ზომის უჯრედებით, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა პიგმენტებს: მწვანე, ცისფერი, ლურჯი, ნარინჯისფერი და სხვ.

სხეულის შეფერადება იცვლება პიგმენტური უჯრედების ფორმის შეცვლით. ასევე მათში პიგმენტის განაწილებით. მაგალითად, კიბორჩხალას Hippolyte varians თითოეულ უჯრედში სამი პიგმენტია: წითელი. ლურჯი, ყვითელი. ეს ფერები შეიძლება შეეხამოს ერთმანეთს სხვადსხვა სახით. თუ წითელი ფერი შეავსებს მთელ უჯრედს. კიბო წითლად შეიფერება. კიბორჩხალების ღამის ცისფერი შეფერადება განისაზღვრება იმით, რომ წითელი და ყვითელი პიგმენტები თავმოყრილია უჯრედის შუაგულში, ხოლო ლურჯი პიგმენტი კი გაფანტულია მთელს უჯრედში. ეს პროცესი ხდება მხედველობის ორგანოების აუცილებელი მონაწილეობით და რეგულირდება ნერვული სისტემით.

თავფეხიან მოლუსკებში აქტიური პომოქრომია მიიღწევა შეხების საშუალებით: ეხებიან რა თავისი მისაწოვრებით სუბსტრატს, ისინი ღებულობენ მის შეფერვას.

დიდ სიღრმეებზე მრავალი ცხოველი შეფერილია იმ ფერად, რომელიც წარმოადგენს იმ ნაწილის დამატებით სპექტრს, რომელიც აღწევს მოცემულ სიღრმეზე, რის შედეგადაც ისინი ღებულობენ თავდაცვითს შეფერადებას – შაავად ჯეჩვენება. ამასთან ერთად გაუნათებელი გარემო რიგ ცხოველებში განაპირობებს რუხ შეფერადებას, ანდაც ისინი შეუფერავნი არიან. ასეთივე მოელენა აღინიშნება იმ ორგანიზმებში, რომლებიც თხრიან სოროებს, მბურღავებში და მიწისქვეშა წყლების მოსახლეობაში.

განსაკუთრებით მკეთრი, ჭრელი შეფერადებაა დამახასიათებელი ტროპიკული ოლქის ლითორალის მოსახლეობისათვის. ამ მხრივ მეტად გამორჩეულია მარჯნის რიფების მოსახლეობა.

დ. ბიოლუმინისცენცია და მისი ბიოლოგიური მნიშვნელობა

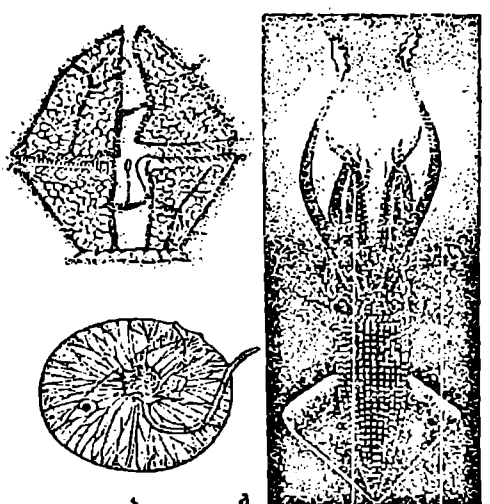
ორგანიზმების ნათების მოვლენამ მიიღო ბიოლუმინისცენციის სახელწოდება. ნათება ფართოდაა გავრცელებული მღვიძ ორგანიზმებში. ხმელეთის ფორმებიდან ანათებენ მხოლოდ სოკოების, მწერების, მოლუსკების ზოგიერთი სახეობა. მტკნარი წყლის მცირერიცხოვან მანათობელ ორგანიზმებს შორის შეიძლება დავასახელოთ ზოგიერთი ბაქტერია და მუცელფეხიანი მოლუსკი.

ბიოლუმინისცენცია – ცივი ნათებაა სითბოს გამოყოფის გარეშე. მისთვის ენერგიას გამოყოფს სპეციფიური ორგანული ნივთიერება ლუციფერინი („ლუციფერ" – სინათლის მატარებელი). დაჟანგვის რეაქციის შედეგად, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს ცილას ბუნების ფერმენტს – ლუციფერაზას. ბიოლუმინისცენციის მარგი მოქმედების კოეფიციენტი ძალზე დიდია. თვალისათვის შესამჩნევი ნათების მისაღებად საკმარისია შეეურიოთ 1 მლ წყალში 10^{-5} მკგ ლუციფერინი და 10^{-2} მკგ ლუციფერაზა. ამის შესაბამისი სინთლის მისაღებად საჭიროა 500-1000-ჯერ მეტი ნაეთობის დაწვა, რომელიც შეიცავს ლუციფერინთან ახლოს მდგომ შენაერთებს. სხვადსხვა ორგანიზმების ლუციფერინი და ლუციფერაზა განსხვავდებიან ერთმანეთისგან თავიანთი სტრუქტურით. ასევე აუცილებლად აღსანიშნავია, რომ ბიოლუმინესცენციის რეაქციები ყოველთვის არ წარმოადგენენ ლუციფერინის სუბსტრატის დაჟანგვის მარტივ სქემას ფერმენტ ლუციფერაზას თანაარსებობით. ნაწილობრივ რეაქციები მნიშვნელოვნად უფრო რთულია. ზოგიერთ რადიოლარიებს, მედუზებს, საეარცხლურებს აქვთ უჟანგბადო გარემოში ნათების უნარი. ზოგიერთ ორგანიზმებში ლუციფერინი ლუციფერაზას გარეშე იჟანგება.

ცნობილია ნათების სამი ტიპი: უჯრედშიდა, უჯრედგარეშე და ბაქტერიალური – სიმბიოზური მიკროორგანიზმების საშუალებით.

უჯრედშიდა ნათებისას ანათებენ სპეციალური უჯრედები – ფოტოფორები, რომლებიც ორგანიზმის სხეულში იმყოფებიან. ფოტოფორების განწყობა და რაოდენობა სხვადასხვაა სხვადასხვა ორგანიზმებში (სურ. 16).

ზოგიერთ სახეობებში ფოტოფორები აღჭურვილია სხვადასხვა ფერის ქსოვილების ერთგვარი სეგმენტირებით და ასეთ შემთხვევაში ცხოველი ანათებს როგორც ფერადი ფანარი. მაგალითად ღრმაწყლიანი კალმარი lycoteuthis აღჭურვილია ულტრა მარინოიისფერი ფოტოფორებით: გვერდითი ორგანოები ანათებენ თეთრად მუცლის ორგანოები ცისფრად, ხოლო წინა ორგანოები წითლად. არაუჯრედული ნათებისას ანათებს სითხე, ანუ ლორწო, რომელიც გამომუშავდება სპეციალური ჯირკვლებით და გამოიტყორცნება ცხოველის მიერ გაღიზიანებისას. სიმბიოზური მიკროორგანიზმებით ნათება ცნობილია ზოგიერთ თავფეხიან მოლუსკებში და ძვლიან თევზებში. ამ ორგანიზმებს არ გააჩნიათ გამოსხივებისათვის ბიოქიმიური აპარატი, მაგრამ მათ უნივითარდებათ სპეციალური ქსოვილი, რომელიც კარგად მარაგდება ჟანგბადითა და საკვები ნივთიერებებით. მათზე ცხოვრობენ, მრავლდებიან და გამოასხივებენ სინათლეს სიმბიოზური ბაქტერიები.



ა ბ

სურ. 16. *მანათობელი ორგანიზმები.*

ა – Gonyoulax – ზღვის ნათების ერთ-ერთი ძირითადი წყარო;
ბ – ღამის მანათობელი – Noctiluca; გ – კალმარი – Watassenia.

ბიოლუმინისცენციის ბიოლოგიური მნიშვნელობა ყველა ორგანიზმებისათვის არაა გარკვეული. ღრმაწყლიან ცხოველებში ეს მოვლენა ძალზე ფართოდაა გავრცელებული. ღრმაწყლიანი თევზების 98%-ს გააჩნია სხვადასხვა ტიპის მანათობელი ორგანოები. აბისალის მრავალი პიდრობიონტებისათვის ნათება ისეთივე აუცილებელი ფიზიოლოგიური ფუნქციაა. როგორც სუნთქვა. სინათლე ეხმარება ღრმაწყლიან ორგანიზმებს იცნონ ერთმანეთი და თავი მოიყარონ ჯოგში, მამრმა მოძებნოს მდედრი, მიიზიდოს მსხვერპლი, შეაშინოს ან მოატყუოს მტრები. გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ აბისალში ორგანიზმების მიერ ერთმანეთის ნახვის შესაძლებლობა მილიონჯერ იზრდება, თუ მათ აქვთ სინთლის სიგნალიზაცია. იმავე დროს ნათების როლი იმ ერთუჯრედიანებისათვის, რომლებიც განაპირობებენ ბიოლუმინისცენციას ზედაპირულ პორიზონტებში, არ არის გაპორკეული. ამჟამად სულ უფრო მეტი მონაცემები გროვდება იმის შესახებ, რომ ნათება დამახასიათებელია ყველა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, მაგრამ მისი ინტენსიობა განსხვავებულია. როგორც ჩანს ბუსტი ლუმინისცენციის მოვლენა უნივერსალურია.

მანათობელი ბღვის დიდებული სანახაობა უძველესი დროიდან იწვევდა ადამიანების აღტაცებას. მის შესახებ წერდნენ ჯერ კიდევ არისტოტელე და პლინიუსი. ბღვის ბიოლუმინისცენციის მოვლენა სპეციალური შესწავლის საგანს წარმოადგენს. ბღვის ნათების ფორმები სხვადასხვაა: ანათებს მკრთალი — ცისფერი ან მწვანე ფერით მთელი ზედაპირი პორიზონტამდე. საკვირველი და შეუდარებლი იშვიათი მოვლენაა ფიგურული ნათება, როცა წყლის ქვეშ ერთმანეთს: ბღვის ნათებას ყოველთვის რაღაცა გამოიწვევდა მაგრამ განსაზღვრავს: ღელვა, მოქცევისას წყლის დარტყმა ნაპირზე ქვების ან თევზების მოძრაობა, დინებები. განსაკუთრებული სიმკვეთრით გამოირჩევა ნათება ცუნამის დროს.

ბღვაში არ ცხოვრობს არცერთი სისტემატიკური ჯგუფი, რომელსაც არ ჰქონდათ მანათობელი სახეობები (ძუძუმწოვრების გარდა). დღეისათვის ცნობილია 800-ზე მეტი მანათობელი სახეობა. რომელთაგან 50 სახეობა უმარტივესებია, ნაწლავღრუიანები — 100, მოლუსკები — 200, ჭიები — 50, კიბოსნაირები — 150 და თევზები — 200-ზე მეტი.

ზღვის ზედაპირულ შრეებში 100-150 მ-დე სიღრმეში მანათობელი ორგანიზმების ძირითად მასას ქმნიან მცირე ზომის ფორმები – ბაქტერიები. რომლებიც საპროფიტებს განეკუთვნებიან. აქეა პიროფიტების წარმომადგენლებიც – Noctiluca, Gonialox, Pyroystis და სხვ. მსხვილი ცხოველები: ნაწლავღრუიანები, სავარცხლურები, სხვადასხვა კიბოსნაირები. მოლუსკები, თევზები და სხვანი გამოსცემენ ძლიერ სინათლეს, რომელიც რამდენიმე წუთს გრძელდება.

ზღვის ნათება შემჩნეულია ყველა განედებში, მაგრამ ტროპიკულ წყლებში ყველაზე ინტენსიურია და ხშირი მანათობელი ორგანიზმების დიდი რაოდენობისა და ნაირგვარობის გამო.

6. ბარემოს ფაქტორთა კომპლექსის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე

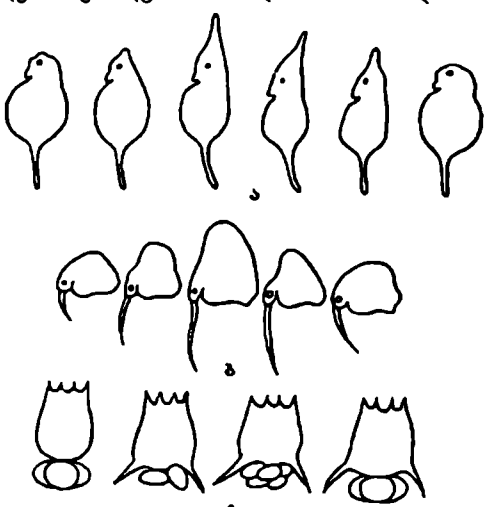
გარემოს ყველა ფაქტორი ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება და კომპლექსურად (ერთიანად) მემოქმედებს ორგანიზმებზე. გაეცნობით ზოგიერთ მოელენას, რომლებშიც მკვეთრად ელინდება ფაქტორთა კომპლექსის ზემოქმედება ორგანიზმებზე.

ა. ციკლომორფოზი

ზომიერი სარტყლის მტკნარი წყლის პლანქტონურ ორგანიზმებს (მოლტოსნები, ციბრუტელები, ულვაშტოტიანები, ნიჩაბფეხიანები) ახასიათებთ სეზონური მორფოლოგიური ცვლილებები, რაც გამოიხატება მათი სხეულის ფორმის ცვლით, რითაც იცვლება ორგანიზმის ხვედრითი ზედაპირი და შემხები ზედაპირი. ეს მორფოლოგიური ცვალებადობა ახასიათებთ არა მარტო ერთი თაობის ინდივიდებს, არამედ მომდევნო თაობებსაც განვითარების მთელი ციკლის მანძილზე ე.ი. ერთი და იგივე მშობლების მთელ შთამომაელობას. ამ მოელენას სეზონური ვარიაციები ანუ ციკლომორფოზი ეწოდა.

სეზონური ვარიაციები სხვადასხვაგვარია: შეიძლება შეიცვალოს სხეულის სიდიდე ან მისი ფორმა სხვადასხვა გამონაზარდების წარმოქმნით ან რედუქციით. სეზონური ვარიაციები ვითარდება დროის შედარებით მოკლე შუალედებში – მაგალითად გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში სამი კვირის მანძილზე წყლის ტემპერატურის 14-16°C-დე აწევით.

ციკლომორფოზის მოელენა მკეთრადაა გამოხატული ულვაშტოტიანებისა და ციბრუტელების მოგიერთ სახეობებში (სურ. 17). დაფნიებში გაფხულში იზრდება სხეულის გასწერივი ღერძი თავზე წაერძელებული ჩაჩის წარმოქმნასთან დაკავშირებით. გაგაფხულზე დაფნიებს აქვთ მომრგვალებული, მოკლე თაეი. გაფხულის დასაწყისში თანდათანობით ჩნდება თაობა, რომელთაც თავზე უნეითარდებათ ჩაჩი. თუ გაგაფხულზე თავის ნაწილის სიგრძე შეადგენს ნიეარის საგდულების სიგრძის $\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$-ს, გაფხულში უტოლდება ან სჭარბობს მას. შემოდგომაზე გრძელთაეიანი დაფნიები იძლევიან პართენოგენეზურ თაობას, რომელსაც აღენიშნება ჩაჩის მემოკლება, მემოდგომის ბოლოს ჩაჩი მთლიანად უქრებათ.



სურ. 17. *ციკლომორფოზი*

ა - Daphnia longispina. ბ - Bosmina coregoni.
გ - Brachionus calyciflorus.

ციკლომორფოზი რეგისტრირებულია საქართეელოს წყალსაცევებში ულვაშტოტიანების მაგალითზე. ამის მაგალითს წარმოა-

დგენს Daphnia longispina,რომელიც სიონის და თბილისის წაყლსაცავებში განიცდის სეზონურ მორფოლოგიურ ცელილებებს; კერძოდ გაფხულში უნეითარდება ჩაჩი და 1,5-2 -ჯერ ზომაში მატულობს მუკრო, ხოლო შემოდგომაზე კი თავი მრგვალდება და მუკროს ზომა მცირდება. ასეთიეე სეზონური მორფოლოგიური ცელილებებია რეგისტრირებული საქართველოს სხვადასხვა წყალსატევებში მოგიერთ ციბრუტელებზე. მაგალითად, Keratella guadrata (გაფხულში სხეულის ფორმა იცვლება-იზრდება მათი კბილანები, შემოდგომაზე მცირდება).

მრავალი ულვაშტოტიანის და ციბრუტელების სხეულის ზომისა და ფორმის ცვალებადობა იმდენად დიდია, რომ ეს ართულებს მათ სისტემატიკას. ასე, მაგალითად, Daphnia-ს გვარის ცალკეული ფორმების ტაქსონომიური მნიშვნელობა დღემდე გაურკვეველი რჩება. მტკნარი წყლის ნიჩაბფეხიანების სეზონური ვარიაციები გამოელინდება ხოლმე ძირითადად ზომის ცვალებადობით. ნიჩაბფეხიანი კიბოების უმეტესი სახეობები გაფხულში უფრო მცირე ზომისანია. ვიდრე გამთარში. ამასთან გოგიერთების ზომა წლის თბილ პერიოდში იზრდება. ციკლომორფოზის მოვლენა ცნობილია გოგიერთ ტროპიკულ წყალსატევებში მცხოვრები ულვაშტოტიანებისა და ციბრუტელებისათვისაც. შემჩნეულია ისიც, რომ ყოველთვის მაღალ ტემპერატურასთან არაა დაკავშირებული ციკლომორფოზის მოელენა მაგალითად, ციბრუტელა ჭიას Keratella cochlearis გრძელი ეკლები უნვითარდება გამთარში, ხოლო Brachionus calyciflorus-ს კი გაგაფხულსა და შემოდგომაზე.

ციკლომორფოზის წარმოშობის მიზეზებზე დღემდე ერთიანი აზრი არ არსებობს. ერთი რამ ეჭვს არ იწვევს, რომ ეს მოელენა აიხსნება რიგი ფაქტორების ერთიანი (კომპლექსური) მოქმედებით. ვ. ოსტვალდის, რ. ეოლტერეკის, ე. მანუილოვას და სხვა ავტორთა აზრით პლანქტონური ორგანიზმების სეზონური ვარიაციები წარმოიშობა გარემოს ისეთი ფაქტორების ზემოქმედებით, როგორიცაა წყლის სიმკვრივე და სიბლანტე, რომლებიც თავის მხრივ იცვლება ტემპერატურის ცვალებადობით, საკვების სიუხვითა და განაწილებით, წყლის სისქის სტაბილურობით, განათებულობით, გაზების რეჟიმით. მაგალითდ, დადგენილი იყო, რომ დაფნიების თავის სიმაღლე ყველაზე მაქსიმალურია წყლის ინტენსიური გადანაცვლების (აღრევის) დროს და ჩაჩიანი იწყვეთდება უკეთესად ეწინააღმდეგებიან წყლის დინებას, ვიდრე ჩაჩიანი.

ბ. სეზონური მოვლენები წყალსატევების სიცოცხლეში

წყალსატევებში ჰიდრობიოლოგიური სეზონები განისაზღვრება მზის რადიაციის ინტენსიობის, ტემპერატურის, მარილიანობის, ვერტიკალური ცირკულაციის ამპლიტუდის პერიოდული ცვალებადობით და ევფოტურ ზონაში მასთან დაკავშირებული ბიოგენური ელემენტების რეჟიმით. ამ ცვალებადობების შედეგად სდება წყალსატევების ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმის ცვალებადობა, რასაც თან ახლავს მოსახლეობის თვისობრივი და რაოდენობრივი ცვლილებები.

სეზონურმა მოვლენებმა წყალსატევების სიცოცხლეში მიიღეს ბიოლოგიური სეზონების სახელწოდება: ბიოლოგიური გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომა, ზამთარი. სეზონური მოვლენები წყალსატევებში ყველაზე მკვეთრად გამოხატულია ზომიერ ტემპერატურულ ოლქებში.

<u>ზღვის წყალსატევები</u>. ბიოლოგიური სეზონები კარგადაა შესწავლილი ზომიერი ოლქების ზღვების პელაგიალში. ბიოლოგიური სეზონების სქემა ატლანტიკის ბორეალური წყლებისათვის და პოლარულისპირა ოლქისათვის დამუშავებული იყო ბ. გ. ბოგოროვის მიერ.

<u>ბიოლოგიური გაზაფხული</u>. ჰიდროლოგიური რეჟიმი ხასიათდება მზის რადიაციის ინტენსიობისა და ხანგრძლიობის გაზრდით, ზედაპირულ შრეებში ტემპერატურის აწევით, სხვა სეზონებთან შედარებით საკვები მარილების (ბიოგენების) დიდი რაოდენობით. ამის გამო ფიტოპლანქტონის განვითარებისათვის საუკეთესო პირობები დგება და ამ პერიოდისათვის წყალმცენარეების რიცხოვნობა ასეული და ათასეული რაოდენობით ჭარბობს ზოოპლანქტონს. ხშირად შემჩნეულია ზღვის „აყვაეილება“. ზოოპლანქტონში დიდი რაოდენობით გვხვდება პელაგური და ბენთოსური ცხოველების კვერცხები და ლარვები. იწყება ფიტოფაგი კიბოსნაირების (Copepoda) გამრავლება.

<u>ბიოლოგიური ზაფხული</u>. მზის რადიაცია მაქსიმალურ ინტენსიობას აღწევს, წყლის ტემპერატურა მატულობს, მცირდება ბიოგენური ელემენტების რაოდენობა, რასაც წყალმცენარეების რაოდენობის მატება განაპირობებს, ფიტოპლანქტონის რაოდენობა მცირდება, ხოლო ზოოპლანქტონის რიცხოვნობა წლიურ მაქსიმუმს აღწევს. წყალმცენარეების რაოდენობის შემცირება გაპირობებულია როგორც ბიოგენების რაოდენობის შემცირებით, ასევე ფიტოფაგი უხერხემლოების (პირველ რიგში Copepoda) მიერ მათი

მოხმარებით. ზოოპლანქტონში გეხვდება რიგი სითბოსმოყვარული სპეციფიკური ფორმები.

<u>ბიოლოგიური მემოდგომა</u>. ამ პერიოდისათვის დამახასიათებელია მზის განათებულობის ინტენსიობისა და ხანგრძლივობის შემცირება; წყლის ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირება, საკვები მარილების რაოდენობის ზრდა გამაფხულისა და ზაფხულის უხეი პლანქტონის ნარჩენების მინერალიზაციის გზით. ატლანტიკის ჩრდილოეთ ნაწილის წყლებში შეიმჩნევა ფიტოპლანქტონის განვითარების მეორე მაქსიმუმი, რომელიც ვერ უტოლდება გაზაფხულის მაქსიმუმს. წყლის აყვავილების შემდეგ ბიოგენების რაოდენობა თანდათანობით მცირდება. ზოოპლანქტონიდან ამოვარდებიან სითბოსმოყვარული ფორმები, რომლებმაც შემოდგომის დასაწყისში განვითარების მაქსიმუმს მიაღწიეს; მცირდება იმ ბენთოსური ორგანიზმების ლარვების რიცხვი, რომლებიც თავისი განვითარების ციკლს წყლის სისქეში ამთავრებენ. პოლარულისპირა ზღვებში მთელი შემოდგომის მანძილზე ხდება როგორც ფიტოპლანქტონის, ისე ზოოპლანქტონის თანდათანობით შემცირება.

<u>ბიოლოგიური ზამთარი</u>. შეიმჩნევა მზის განათებულობის ინტენსიობისა და ხანგრძლიობის ყველაზე მეტი შემცირება, მცირდება ტემპერატურა და მრავალი წყალსატევი ყინულით იფარება. ზამთრის მანძილზე ევფოტურ ზონაში თანდათანობით იზრდება ბიოგენური ელემენტების კონცენტრაცია. ეს განპირობებულია პლანქტონის ნარჩენების მინერალიზაციის პროცესით და ზამთრის ვერტიკალური ცირკულაციით. პლანქტონის რაოდენობა მინიმალურია. ცხოველები რამდენადმე ჭარბობს მცენარეებს. პოლარულისპირა ზღვებში უხერხემლოების ახალი გენერაციები არ წარმოიქმნება.

წყნარი ოკეანის ზომიერ ოლქში ბიოლოგიური სეზონები მიმდინარეობს ცოტა სხვაგვარად. ფიტოპლანქტონის განვითარებაში ბიციკლურობა შეიმჩნევა მხოლოდ ნერიტულ ზონაში, ხოლო ოკეანურ რაიონებში შემჩნეულია მისი განვითარების მხოლოდ შემოდგომის მაქსიმუმი. ზოოპლანქტონის წლიური მაქსიმუმი მოდის გაზაფხულზე ან ზაფხულზე.

ერთი სახეობების მეორე სახეობებით თანდათანობითი ცვლის გამო ბიოლოგიური სეზონების საზღვრები გარკვეული სარისხით პირობითია. ყველაზე მკვეთრადაა გამოხატული საზღვა-

რი ბამთარსა და გაზაფხულს შორის, რომელიც ფიტოპლანქტონის ვეგეტაციის დაწყებას ნიშნავს.

ტროპიკული ოლქის ზღვებში პლანქტონში სეზონური ცვალებადობები განპირობებულია ქარის რეჟიმის ცვალებადობით, წყლის ფენების გადაადგილებით და სხვ. ყველა ეს მოვლენა დამახასიათებელია ნერიტული ზონისათვის და ოკეანის იმ რაიონებისათვის, რომლებიც მუსონური კლიმატით ხასიათდებიან. აქ პლანქტონის რაოდენობა სხვადასხვა სეზონებში შეიძლება შეიცვალოს 2-3 -ჯერ. ტროპიკული ოკეანის ღია რაიონებში, რომლებიც არ განიცდიან მუსონების ზემოქმედებას და არ მდებარეობენ პასატური ქარების ზონაში, რომლებიც იცვლიან თავის ინტენსივობას წყლის მანძილზე სეზონური მოვლენები სუსტადაა გამოსატული.

მაგერიკული წყალსატევები. წლის მანძილზე მცენარეთა და ცხოველთა ერთ ჯგუფს ცვლის სხვა ჯგუფი. მუდმივ ცვალებადობაშია ფიტოპლანქტონსა და ზოოპლანქტონს შორის რაოდენობრივი თანაფარდობა. ორგანიზმების დიდი ნაწილი ვითარდება წყალსატევებში მხოლოდ წლის გარკვეულ დროს. პლანქტონში მხოლოდ ზოგიერთი სახეობები არსებობენ მთელი წლის მანძილზე (მაგალითად, ციბრუტელა – Keratella cochlearis). ზომიერ სარტყლებში ბიოლოგიური სეზონები ხასიათდება შემდეგნაირად.

ბიოლოგიური გაზაფხული. წყლის ტემპერატურის აწევა ზედა ფენებში ხელს უწყობს წყლის ინტენსიურ ვერტიკალურ ცირკულაციას. მცირე ზომის წყალსატევებში ის მოიცავს წყალსატევების მთელ სისქეს. ხოლო ღრმაწყლიან წყალსატევებში მხოლოდ რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეს. გაზაფხულის ბოლოს ჩამოყალიბდება პომოთერმია. ადრე გაზაფხულისათვის დამახასიათებელია კაჟოვანების განვითარება მასობრივად (Melosira, Asterionella და სხვ.). კაჟოვანების ინტენსიური განვითარებისათვის აუცილებელია წყალში რკინის შენაერთების დიდი შემცველობა, რომლის შენარჩუნებას წყალში განაპირობებს წყლის ტემპერატურა (არა უმეტეს 14-16°C). ვეიან გაზაფხულზე უფრო მაღალი ტემპერტაურის პირობებში კაჟოვანები ქრებიან და იწყება პროტოკოკოვანების განვითარება. პროტოკოკოვანები თავის მხრივ საჭიროებენ წყალში დიდი რაოდენობით გახსნილი ორგანული ნივთიერებებისა და აზოტის შენაერთების არსებობას.

აღრე გაზაფხულზე ზოოპლანქტონში ჭარბობს ციბრუტელები, ნიჩაბფეხიანების ზოგიერთი სახეობები. თხელწყლიან, კარგად გამთბარ წყალსატევებში მაისში უკვე იწყებენ განვითარებას ულვაშტოტიანების ზოგიერთი სახეობები – Simocephalus, Scapholoberis, Moina -ს გვარების წარმომადგენლები. ისინი გვხვდება პლანქტონში ერთი თვის მანძილზე. შემდეგ ისინი ქრებიან. ამას განაპირობებს მაღალი ტემპერატურა და კვების პირობების გაუარესება.

<u>ბიოლოგიური მაფხული</u>. ამ დროს, როგორც წესი, დგება ტემპერატურული სტრატიფიკაცია. ფიტოპლანქტონში ბატონობს ლურჯმწვანე წყლამცენარეები, რომლებიც ვითარდებიან გამოზამთრებული სპორებისაგან. ისეთი ფორმები, როგორიცაა Mycrocystis, Oscillatoria და Coelaspaerium – ზამთარში გვხვდება კოლონიების სახით, ამიტომ ისინი პლანქტონში ადრე გაზაფხულიდან გვხვდება ლურჯ-მწვანეების მასობრივი განვითარება შემჩნეულია ჩვეულებრივ ზაფხულის ბოლოს, როდესაც შედარებული შრეების ძლიერი გათბობის შედეგად წყლის ტემპერატურის ვერტიკალური სტრატიფიკაცია განსაკუთრებით მდგრადი ხდება. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ისე როგორც მწვანე წყალმცენარეები, საჭიროებენ დიდი რაოდენობით ბიოგენების შენაერთებს. ისინი ძალზე მგრძნობიარენი არიან მანგანუმის მიმართ, რომლის უმნიშვნელო რაოდენობით შემცველობაც კი მათთვის ლეტალურია და მათს მასობრივ ამოწყვეტას იწვევს. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები ძალზე მომთხოვნი არიან განათებულობის მიმართ. მათი ფოტოსინთეზის მაქსიმუმი ემთხვევა ბუნებრივი პირობებისათვის მაქსიმალური განათებულობის პერიოდს.

ზაფხულის ზოოპლანქტონი თვისობრივი ნაირგვარობითა და მაღალი რაოდენობრიობით ხასიათდება. სეზონის მანძილზე ტემპერატურის, განათებულობის, საკვების შემადგენლობისა და რაოდენობის და სხვა ფაქტორების ცვალებადობის შესაბამისად მისი შემადგენლობა და განვითარების ინტენსივობა შესამჩნევად იცვლება. ზაფხულის მეორე ნახევარში ხშირად შეიმჩნევა ზოოპლანქტონის რაოდენობის მნიშვნელოვანი შემცირება, რომელიც 1-1,5 თვეს გრძელდება. შემდგომ ზაფხულის ბოლოს და შემოდგომის დასაწყისში აღინიშნება ზოოპლანქტონის განვითრების მეორე მაქსიმუმი. ზაფხულის მანძილზე ზოოპლანქტონის შემცირება დაკავ-

მირებულია, როგორც ჩანს, კეების პირობების გაუარებასთან და მაღალი ტემპერატურების არახელსაყრელ მემოქმედებასთან.

ბიოლოგიური შემოდგომა. ამ დროს ხდება განათებულობის და ტემპერატურის შემცირება, წარმოიშობა ვერტიკალური ცირკულაცია. შემოდგომის ფიტოპლანქტონში დომინირებენ კაჟოვანები. შემოდგომის დასაწყისში შეიმჩნევა ზოოპლანქტონის განვითარების მეორე მაქსიმუმი, რომელსაც წინ უსწრებს წყლის „აყვავილება". თანდათანობით ქრებიან ულვაშტოტიანების და ციბრუტელების სითბოსმოყვარული ფორმები. შემოდგომის ბოლოს ზოოპლანქტონი წარმოდგენილია ძირითადად ნიჩაბფეხიანებით.

ბიოლოგიური ზამთარი. ზამთრის პლანქტონი ძალზე ღარიბია როგორც თეისობრივად, ისე რაოდენობრივად. ყინულოვანი საფარის ქვემ გვხვდება ზოოპლანქტონის მხოლოდ მცირერიცხოვანი ფორმები. წყალმცენარეების უმეტესობა იზამთრებს ფსკერულ დანალექებში, უმეტესად სპორების სახით. ფიტოპლანქტონის ვეგეტაცია აღინიშნება მხოლოდ ისეთ ძალზე გამჭვირვალე წყალსატევში როგორიცაა ბაიკალის ტბა.

ბიოლოგიური სეზონები წყალსატევების ბენთალში ჯერ კიდევ არასრულადაა შესწავლილი. ფსკერის უხერხემლოების გამრავლება ბიოლოგიურ გაზაფხულზე იწყება. ზოგიერთი ფორმებისათვის ის გრძელდება მთელი ზაფხულის მანძილზე და ნაწილობრივ შემოდგომაშეც. ამრიგად, ფსკერული უხერხემლოების რიცხოვნობა მაქსიმალურია ზაფხულსა და შემოდგომაზე. ხშირად ზაფხულში შემჩნეულია ბენთოსის ბიომასის მნიშვნელოვანი შემცირება. ეს ხდება სხვადასხვა მიზეზებით. ბენთოფაგი თევზების მიერ ფსკერის უხერხემლოების ინტენსიური მოხმარების შედეგად ზაფხულში მათი ბიომასა შეიძლება რამდენჯერმე დაბალი იყოს, ვიდრე შემოდგომასა და გაზაფხულზე. კონტინენტალურ წყალსატევებში ზაფხულში ბენთოსის რაოდენობის მკვეთრი შემცირება ხდება მწერების და პირველ რიგში ხირონომიდების ზრდასრული ფორმების მასობრივი ამოფრენით. ხირონომიდები კი ხშირ შემთხვევაში ფსკერის მოსახლეობის ძირითად ნაწილს შეადგენენ. იმ შემთხვევაში, როცა მწერების მასობრივ ფორმებს აქვთ რამდენიმე გენერაცია, ბენთოსის ბიომასის ასეთი შემცირება 2-4 -ჯერ ხდება სავეგეტაციო პერიოდის მანძილზე.

ბ. ორგანიზმების ვერტიკალური მიგრაციები

პლანქტონისა და ნექტონის წარმომადგენლებისათვის დამახასიათებელია ვერტიკალური მიგრაციების 3 ტიპი: ონტოგენეზური, სეზონური, დღეღამური. ვერტიკალური მიგარციები შეიძლება გამოიწვიოს არსებობის პირობების დროებითმა შეცვლამ. მაგალითად, ზედა ფენების გამტკნარებისას, ან ძლიერი ღელვისას მრავალი ორგანიზმი გადაინაცვლებს სიღრმისაკენ. ვერტიკალური მიგრაციების შედეგად ხდება ორგანიზმების დიდი მასის გადაადგილება პერიოდულად ათეული და ასეული მეტრის სიღრმეზე ზედაპირიდან ფსკერისაკენ და, პირიქით. მაგალითად, ზოოპლანქტონის ის მასა, რომელიც მსოფლიო ოკეანეში ღღეღამურ ვერტიკალურ მიგარაციებს აწარმოებს, შეადგენს 1 მილიარდ ტონას. ვერტიკალური მიგრაციები ახასიათებთ როგორც ზღვის, ისე მტკნარი წყლის ორგანიზმებს, მაგრამ განსაკუთრებით დიდ მასშტაბებს იღებენ ზღვის აუზებში:

<u>ონთოგენეზური.</u> ანუ ასაკობრივი მიგრაციები განპირობებულია იმით, რომ ორგანიზმებს სიცოცხლის სხვადასხვა პერიოდში სჭირდებათ არსებობის სხვადასხვა პირობები. ასე, მაგალითად, მრდასრული ფორმები, რომლებიც ცხოვრობენ წყლის სისქის შუა შრეებში გამრავლებისათვის ამოდიან წყლის ზედაპირზე, სადაც ხდება ახალი თაობის ემბრიონალური და პოსტემბრიონალური განვითარება, მრდასთან ერთად დასახლების ზონა ხდება შრეული. სხვა შემთხვევაში მრდასრული ფორმები ცხოვრობენ და მრაელდებიან ფსკერზე, ხოლო მათი ქვირითი და ლარვები ამოტივტივდებიან ზედა შრეებში. გეხვდება ისეთი შემთხვევაც, როცა მრდასრული ფორმები ცხოვრობენ უფრო ნაკლებ სიღრმეზე, ვიდრე მათი ლარვები და ახალგაზრდა ფორმები. მიგრაციის ასეთი ტიპი ახასიათებს თავფეხიან მოლუსკებს.

<u>სეზონური მიგრაციები.</u> განპირობებულია იმით, რომ წელიწადის სხვადასხვა დროს ორგანიზმების სიცოცხლისათვის წყალსატევების სხვადასხვა ბიოტოპებია ხელსაყრელი. მაგალითად, Calanus finmarchicus-ი ბარენცის ზღვაში იზამთრებს 200-300 მ-ზე. ხოლო გაზაფხულზე და ზაფხულში თავს იყრის 0-50 მ-ზე. სეზონურმა მიგრაციებმა შეიძლება მიაღწიონს 2-3 ათასი მეტრის ამპლიტუდას.

სეზონურ ვერტიკალურ მიგრაციებს აწარმოებენ გრუნტის სისქეში ხირონომიდების ლარვები და მცირეჯაგრიანი ჭიები. მიგ-

რაციების გამომწვევი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორებია: გამების რეჟიმი, კვების პირობები, მტრებისაგან თავდაცვა. მამთარში ხირონომიდებისა და მცირეჯაგრიანი ჭიების ძირითადი მასა თავმოყრილია წყლის ზედაპირულ – 5 სმ-ის შრეში. ეს განპირობებულია ფსკერზე ქანგბადის უკმარისობით და მტრების არსებობით. ზაფხულში ფსკერზე ქანგბადის დეფიციტის მიუხედავად მათი ძირითადი რაოდენობა, უმთავრესად დიდი ზომის ფორმები, ეფლობიან გრუნტში 35-40 სმ-ის სიღრმეზე. მცირე ზომის ფორმები უმეტესად ბედა ფენებში არიან. დიდი ზომის ხირონომიდებისა და მცირეჯაგრიანი ჭიების გადაადგილება ფსკერულ ფენებში თავდაცვითი მეგუებულობაა – ისინი ფსკერულ დანალექებში ეფლობიან და ემალებიან მათს მომხმარებლებს – ბენთოფაგ თევზებს.

<u>დღეღამური მიგრაციები</u>. დამახასიათებელია ძირითადად პელაგიალის მცხოვრებთათვის. დღეღამის მანძილზე მრავალი მეტრისა და მტკნარი წყლის პელაგური ცხოველები აწარმოებენ რითმულ ვერტიკალურ გადაადგილებას. ღამით ისინი ამოდიან წყლის ზედაპირზე, ხოლო დღისით გადაადგილდებიან ფსკერისაკენ. დღეღამური მიგრაციების ამპლიტუდა სხვადასხვაა: მტკნარ წყლებში ის არ აღემატება რამდენიმე მეტრს, ხოლო ზღვებში აღწევს რამდენიმე ასეულ მეტრს. დღეღამური მიგრაციების პარამეტრები დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე. გამჭვირვალე წყალსატევებში ორგანიზმები ეშვებიან უფრო მეტ სიღრმეზე, ვიდრე ისეთ აუზებში, სადაც წყალი მღვრიეა და ღაბალი გამჭვირვალობის.

ორგანიზმების გადაადგილების სიჩქარე გარკვეულწილად მათ ზომებთანაა დაკავშირებული. ამასთან მცირე ზომის ფორმებიც კი (ნიჩაბფეხიანები, ნიჟარიანი კიბოები) აღწევს 40-50 მ/წთ, ხოლო უფრო დიდი ზომის ცხოველებში (ევფაუზიიდები, კიბორჩხალები, მიზიდები) ჭარბობს 90 მ/წთ. ზოგიერთ პიდრობიონტებში ქვეთ მოთ მოძრაობის სიჩქარე 1,5-2 -ჯერ ჭარბობს ზემოთ ამოსელის სიჩქარეს სხვებში ეს სიჩქარეები ტოლია. ცნობილია ისეთი შემთხვევებიც, როცა ბედაპირზე ამოსვლის სიჩქარე სჭარბობს ქვემოთ გადაადგილების სიჩქარეს. ასაკთან ერთად მიგრაციების ამპლიტუდა და სიჩქარე იზრდება, მაგრამ ამ წესიდან გადახრაც გეხვდება.

ვერტიკალური მიგარიციების ამპლიტუდა მარტო ორგანიზმებზე არ არის დამოკიდებული. მრავალი სახეობებისათვის ღამით ზედაპირზე ამოსვლის ზღვარი ემთხვევა თერმოკლინის ზედა

ზღვარს. სხვა სახეობები გაიელიან მას და ამოღიან წყლის ზედაპირზე. როგორც ჩანს გადაადგილების ზედა და ქვედა ზღვარს განაპირობებს ცალკეული ორგანიზმების ღამოკიდებულება ტემპერატურის, განათებულობის და წნევის გარკვეულ დიაპაზონთან.

დღეღამური ვერტიკალური მიგრაციების მექანიზმებში წამყვანი როლი ეკუთვნის მაინც განათებულობის ცვალებადობას. სინათლე, უპირველეს ყოველისა, მაორიენტირებელი ფაქტორია. განათების რითმთანაა დაკავშირებული კვებისა და საკვების გადამუშავების რითმი, რის გამოც ღღეღამის მანძილზე იცვლება ორგანიზმების სუედრითი წონა. ეს თავის გამოხატულებას პოულობს მათ პასიურ გადაადგილებაზე. დაბოლოს, განათებულობის ცვალებადობით იცვლება მოძრაობის სიჩქარე.

დღეღამური მიგრაციების ბიოლოგიური მნიშვნელობის ასახსნელად არსებობს სხვადასხვა ჰიპოთეზები. ფართო აღიარება პპოვა ბ. პ. მანტეიფელის, მ. ი. კოჟოვის და სხვა მკვლევართა პიპოთეზამ, რომელიც ამ მოვლენას თავდაცვითი შეგუებულობით ხსნის. ამ ჰიპოთეზის თანახმად დღეღამური მიგრაციები წარმოადგენენ ერთმანეთთან დაკავშირებული ფაქტორების ზემოქმედებასთან შეგუებას, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია ბიოტური ფაქტორები — საკვები და მტრები. მიგრაციაში მყოფი მეზოპლანქტონის კვება ხდება წყლის ზედა შრეებში 30-50 მ-დე, სადაც თავმოყრილია დეტრიტის, ფიტოპლანქტონის და ბაქტერიების ძირითადი მასა. ამასთან, დღისით, მკვეთრი განათებულობის პირობებში მეზოპლანქტონი აღვილად ხელმისაწედომი ხდება მისი მომხმარებლებისათვის (მაკროპლანქტონი და თევზები). სწორედ ამიტომ მეზოპლანქტონის წარმომადგენლები ზედაპირულ შრეებში ამოდიან შებინდებისა და ღამის საათებში. ხოლო დღისით ისინი იმყოფებიან ისეთ სიღრმეზე, სადაც ღღეღამის ნებისმიერ დროს ისეთი განათებაა, რომ მტაცებლებს პლანქტონური ფორმების შემჩნევა უჭირთ.

მაკროპლანქტონის დღეღამური მიგრაციები ასევე მჭიდროდაა დაკავშირებული განათებულობასთან, მაგრამ ძირითადად ტროფული ფაქტორით აიხსნება. ე.ი. მიგრანტები ამოდიან რა ღამით ზედაპირულ შრეში — იყენებენ საკვებად აქ კონცენტრირებულ მეზოპლანქტონს. მაკროპლანქტონის წარმომადგენლები და თევზები ჭამენ მათთან ერთად გადაადგილებულ მეზოპლანქტონს, ან მებინდებისას მიგარციის გზის რომელიმე მონაკვეთზე გა-

დაუჭრიან ჯგას. დღეღამური მიგრაციების თავდაცვითი შეგუებულობის შესახებ ჰიპოთეზა ამ რთული მოვლენის ყველა მხარეს ვერ ხსნის. ცნობილია, მაგალითად, რომ დღეღამურ მიგრაციებს აწარმოებენ მრავალი ფორმები, რომელთაც პლანქტონები არ იყენებენ საკვებად (სალპები, მედუზები, სავარცხლურები). მნიშვნელოვან მიგრაციებს ახდენენ მრავალი ბათიპელაგური სახეობები, რომლებიც ამასთან ყოველთვის სუსტი განათებულობის ზონაში რჩებიან. ხშირად დღეღამური მიგრაციები შემჩნეულია პლანქტონის მცირერიცხოვან ფორმებში და არ გვხვდება მრავალრიცხოვან ფორმებში.

1863 წელს ჟ. მაკლარენმა ივარაუდა, რომ დღეღამური მიგრაციები ცხოველებს საშუალებას აძლევს დაზოგონ ენერგია, რამდენადაც საკვებით მდიდარ ზედაპირულ შრეებში მის მოპოვებას დიდი შრომა არ სჭირდება. სიღრმეში, დაბალი ტემპერატურის პირობებში, ზრდასა და განვითარებაზე ენერგიის ხარჯვა მიმდინარეობს უფრო ეკონომიურად. მაკლარენის ჰიპოთეზას კარგად შეესატყვისება ის ფაქტი, რომ სეზონების მიხედვით მიგრაციების ინტენსიობა იცვლება. მაგრამ ამასთან ერთად ძნელია აიხსნას ისეთი მოვლენები, როგორიცაა მაგალითად ანტარქტიკაში მრავალი ღრმაწყლიანი სახეობების მიგრაცია უფრო ცივ ზედაპირულ შრეებში საკვებად და შემდგომ გადაადგილება სიღრმეში — უფრო თბილწყლიან შრეებში. ასევე წყნარი ოკეანის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში მთელი რიგი სახეობების მიგრაციები ზედაპირული თბილი შრეების ფარგლებში. ამრიგად, არც ერთი შემოთავაზებული ჰიპოთეზა არ ხსნის ამ მოვლენის ყველა მხარეს. ამა თუ იმ ჰიპოთეზამი განხილულ ბიოლოგიურ უპირატესობას ნამდვილად აქვს ადგილი, მაგრამ სხვადასხვა პირობებში და სხვადასხვა სახეობებში წინა პლანზე წამოიწევა ხან ერთი და ხან მეორე მათგანი.

სხვადასხვა ტიპის ვერტიკალური მიგრაციები არა მარტო დიდ მეცნიერულ ინტერესს იწვევს, არამედ მათ აქვთ დიდი სამეურნეო მნიშვნელობა. დღეღამური და სეზონური მიგრაციების შესწავლა დიდ პრაქტიკულ გამოხატულებას პოულობს პლანქტოფაგი თევზების რეწვის დროს. ისეთი პლანქტოფაგი თევზების რეწვა, როგორებიცაა ქამაყი, სალკა, ქარსალა და სხვა დაკავშირებულია მათი ვერტიკალური მიგრაციების აუცილებელ შესწავლასთან.

დ. ბბერის ბამშანტველი შრეები

მიგრაციაში მყოფი ორგანიზმები ქმნიან ისეთ მნიშვნელოვან შეჯგუფებებს წყლის სხვადასხვა შრეში, რომ მათი არსებობა აღირიცხება პიდროაკუსტიკური ხელსაწყოებით. ამ შეჯგუფებებმა მიიღეს სახელწოდება – ბგერების გამფანტველი შრეები (ბგშ), რომელსაც ძირითადად მაკროპლანქტონი ქმნის (მცირე ზომის თევზები, ლიფსიტები, მოლუსკები, კიბორჩხალები). სიღრმის მიხედვით არჩევენ ზედაპირულსა და ღრმაწყლიან ბგშ-ს. ზედაპირულს ქმნის ძირითადად ეპიპელაგიალის ცხოველური პიდრობიონტების შეჯგუფება. ღრმაწყლიანი ბგშ დღისით რამდენიმე ასეული მეტრის სიღრმეზე გვხვდება. ღამით ისინი გადმოინაცელებენ ზედა შრეებში – ზოგჯერ 3-4 დამოუკიდებელ შრედ იყოფიან. ცნობილია ასევე ღრმაწყლიანი შრეები, რომლებიც არ ეწვევიან მიგრაციას. პიდროაკუსტიკის მიხედვით ღრმაწყლიან ბგშ გამოყოფენ გამფანტველთა 3 ჯგუფს: 1. თევზები – გაბებით ავსებული საცურავი ბუშტით. ისინი იწვევენ ეხოლოტისა და სხვა პიდროაკუსტიკური აპარატის სიგნალების გაფანტვას. 2. კიბოსნაირები (კიბორჩხალები, ევფაუზიიდები), საცურავ ბუშტს მოკლებული თევზები, სიფონოფორები პნევმატოპორებით, კალამრები. ამ ცხოველთა უმრავლესობას აქვს ჩონჩხი ან ჯავშანი. 3. ცხოველები ღრუბლისებური სხეულით – მედუზები, სავარცხლურები, სალპები, პნევმატოპორს მოკლებული სიფონოფორები.

ზედაპირული ბგშ განლაგებულია რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეზე. ეს შრეებში შემჩნეულია ყველა განედის კონტინენტალურ (მატერიკულ) წყალსატევებში, ოკეანის გაშლილ (ღია) ოლქებში, თავთხელის (მეჩეჩი) ფარგლებში და ყურეებში. ისინი რეგისტრირებულია ტბებშიც. ზღვის აუზებში ზედაპირული ბგშ-ში ჭარბობს თევზების ქვირითი და ლიფსიტები, ფრთაფეხიანი, ქედფეხიანი და თავფეხიანი მოლუსკები, კიბოსნაირები. მაკროპლანქტონის გარდა აქ შემჩნეულია მეზოპლანქტონური ფორმები – ნიჩაბფეხიანი კიბოები. ტბებში ბგშ-ს შემადგენლობაში შედიან ხაობორუსის და ზოგიერთი სხვა მწერების ლარვები.

მიგრაციაში მყოფი ბგშ-ს მოსახლეობა მრავალი თევზის საკვებია და მათ შორის ისეთი სარეწაო თევზებისა, როგორიცაა ზღვის ქორჭილა, მაკრურუსი და სხვ. სავარაუდოა, რომ ბათიალის იხტიოფაუნის სიმდიდრე დამოკიდებულია ბათიალის ფერდობზე ბგშ-ს დიდ რაოდენობაზე.

თავი IV
წყალსატევების დაბინძურება

1. დაბინძურების წყაროები

სუფთა წყლის პრობლემა და პიდროსფეროს ეკოსისტემების დაცვა დღითიდღე სულ უფრო მწვავე ხასიათს იღებს საზოგადოების ისტორიულ განვითარებასთან ერთად, რასაც თავის მხრივ თან ახლავს სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესი და პიდროსფეროზე უარყოფითი ზემოქმედების მასშტაბების კატასტროფული ზრდა.

მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის ინტენსიური განვითარება იწვევს წყალსატევების დაჭუჭყიანებას, რომლებშიც ხშირად გაწმენდის გარეშე ჩაედინება ინდუსტირული, სასოფლო-სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო ჩანადენები — ე.წ. ჩამდინარე წყლები. ჭუჭყიანდება როგორც მტკნარი წყლები, ასევე ზღვები და ოკეანეები. ყოველწლიურად ოკეანეში ატმოსფეროდან ნალექების გზით, შენაკადების საშუალებით და მასში მოძრაეი სატრანსპორტო საშუალებების გზით ჩადის ათასობით ტონა სხვადასხვა სახის დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები (პესტიციდები, ნავთობპროდუქტები, რადიაქტიური ნივთიერებები და სხვ.). ყოველწლიურად ოკეანეებსა და ზღვებში 2-3 მილიონი ტონა მარტო ნავთობი იღვრება.

თანამედროვე ეტაპზე გაიზარდა ადამიანის ბუნებაზე და მათ შორის პიდროსფეროზე ზემოქმედების მასშტაბები — ის სტიქიურ მოვლენებს გაუტოლდა. ასე, მაგალითად, მდინარეები ათწლეულების მანძილზე ადამიანის ზემოქმედებით უფრო მეტად იცვლიან სახეს, ვიდრე ათეული და ასეული ათასი წლის მანძილზე ბუნების ზემოქმედებით.

დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებები სამ ძირითად ჯგუფად იყოფა: 1. ორგანული არაგოქსიკური, 2. მინერალური და ორგანული ტოქსიკური და 3. შერეული. პირველი ჯგუფის დამჭუჭყიანებლებს განეკუთვნება ფეკალური წყლები, ხის დაცურების ნარჩენები, ცელულოზა-ქაღალდის წარმოებიდან გამოსული წყლები და სხვ. წყალსატევებში მოხვედრისას ისინი მკვეთრად აუარესებენ ქანგბადის რეჟიმს, ხელს უწყობენ გოგირდწყალბადის, მეთანის წარმოშობასა და დაგროვებას.

გავრცელების მასშტაბებითა და პიდრობიონტებზე მემოქმედების ძალით ამჟამად წყალსატევების დაჭუჭყიანება ტოქსიკური ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების ერთ-ერთი ძირითადი ფორმაა. ასეთი დაჭუჭყიანება ქმნის საფრთხეს ადამიანებისათვის, რომლებიც საკვების სახით ღებულობენ ისეთ ორგანიზმებს, რომლებიც შეიცავენ მძიმე მეტალებს, პესტიციდებს, რადიოაქტიურ ნივთიერებებს და სხვ.

წყლების ტოქსიკური დაჭუჭყიანების წყაროები სხვადასხვაა. წყალსატევებში ხდება იმ ტოქსიკური ნივთიერებების აკუმულირება, რომლებიც პაერში და ნიადაგში ხვდებიან პირველად საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამონადენების გზით. ორგანული ნივთიერებებიდან დიდი ტოქსიკურობით ხასიათდება პესტიციდები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე სატყეო მეურნეობაში – სისხლის მწოველი ორფრთიანების და საშიში ინფექციის გადამტანების წინააღმდეგ, მელიორაციული სისტემებისა და წყალსატევების მაკროფიტების წინააღმდეგ, ასევე სახალხო მეურნეობის სხვა დარგებშიც. ავიაციის საშუალებით პესტიციდებით ტყისა და სოფლის მეურნეობის პროდუქტების დამუშავებისას ამ პრეპარატების 25-დან 75%-დე ქარის საშუალებით მიმოიფანტება უშველებელ ტერიტორიაზე – ასეულ და ათასეულ კმ-ზე. გამოყენებულ პესტიციდებს შორის ჭარბობს განსაკუთრებით მდგრადი ქლორორგანული შენაერთები, რომლებიც აკუმულირდება ორგანიზმთა ქსოვილებში.

ძალზე მაღალია პიდრობიონტებისათვის სინთეტიკური საღებავი სამუშაოებები – დეტერგენტები. ისინი პესტიციდების მსგავსად ხასიათდებიან დიდი მდგრადობით. მეტად ძლიერ ტოქსიკურ ორგანულ ნივთიერებებს განეკუთვნებიან ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. ხშირად ნავთობური დაჭუჭყიანების ფონზე სხვა დამჭუჭყიანებელთა მოქმედება უფრო ძლიერად გამოიკვეთება ხოლმე. ნავთობი თავისთავად წარმოადგენს მრავალკომპონენტიან შენაერთს – ამასთან ერთი კომპონენტების ტოქსიკურობა არსებითად განსხვავდება სხვა კომპონენტების ტოქსიკურობისაგან. მთელი რიგი ნავთობური ფრაქციები, განსაკუთრებით მაღალმღუღარე, ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული კანცეროგენული თვისებებით. ნავთობპროდუქტები გამოირჩევა განსაკუთრებული მდგრადობით და მხოლოდ ზოგიერთ მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ მათი დაშლა.

პიდრობიონტებისათვის განსაკუთრებით ტოქსიკურ მინერალურ ნივთიერებებს განეკუთვნება ეერცხლისწყლის, დარიშხანის, სპილენძის, ცინკის, ტყვიის შენაერთები, რომელთა ძირითადი წყარო ატმოსფერო და ნალექებია. მაგალითად, ჩიკაგოს რაიონში წლის მანძილზე ატმოსფეროში იფანტება 44 ტონა დარიშხანი, 86 ათასი ტონა რკინა, 2200 ტონა ტყვია და სხვა ელემენტები. მეტალებითაა მდიდარი სხვადასხვა საბადოთა ჩამონადენები, სხვადასხვა სამრეწველო საწარმოთა და საყოფაცხოვრებო ე.წ. ჩამდინარე წყლები. მეტალთა ნაერთები ინარჩუნებენ ტოქსიკურობას თითქმის უსასრულოდ. ადამიანისათვის განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს წყალსატევებში მოხვედრილი რადიონუკლიდები ატომური ხომალდების, ელექტროსადგურების და წარმოების მოვიერთ სხვა ნარჩენებთან ერთად.

აღსანიშნავია უკანასკნელ პერიოდში მთელს ჩვენს პლანეტაზე ძალზე ფართოდ გავრცელებული დაჭუჭყიანების კიდევ ერთი ფორმა – ანთროპოგენური ევტროფიკაცია (eu – კარგად, trofe საკვები ე.ი. საკვებით მდიდარი). უკანასკნელი 20-30 წლის მანძილზე ყველა კონტინენტზე ხდება შიდა წყალსატევების პიდრობიოლოგიური რეჟიმის დარღვევა (განსაკუთრებით ტბების, წყალსატევებისა), რაც გამოწვეულია ამ წყალსატევების წყლის ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებით გამდიდრების შედეგად (წყალსატევების ინტენსიფიკაცია – მინერალური სასუქების, თევზების კომბინირებული საკვების შეტანა). ამას მოსდევს: ფიტოპლანქტონის ინტენსიური გამრავლება ე.წ. „აყვავილება", თსელწყლიანი სანაპირო ზოლის მაკროფიტებით დაფარვა. ყოველივე ამის შედეგად წყლის ხარისხი უარესდება (ჟანგბადის დეფიციტი, არასასიამოვნო გემო და სუნი და სხვ.). ყველა ეს ცვლილება გაპირობებულია წყალსატევებში სხვა შენაერთებთან ერთად ძირითადი ბიოგენური ელემენტების – აზოტის და ფოსფორის – ჩატანით. ამ ელემენტების ძირითადი წყაროებია: ქალაქისა და საწარმოო ჩანადენები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ჩარეცხვა. ამ უკანასკნელი გზით წყალში შეიძლება ჩაირეცხოს 20-40% აზოტი და 1,5 % ფოსფორი.

ბოლოს, დაჭუჭყიანების ერთ-ერთ თავისებურ ფორმას წარმოადგენს ე.წ. თერმალური დაჭუჭყიანება, რასაც იწვევს თბურსა და ატომურ ელექტროსადგურებში მოხმარებული გამთბარი წყალი (წყლით გაცივების სისტემაში გავლის შემდეგ, ჩადენილი შემ-

დგომ წყალსატევებში. ასეთი თერმული წყლების ტემპერატურა ბუნებრივ წყლებთან შედარებით 5-13°C-ით მეტია და ზოგიერთ შემთხვევაში 14-24°C-ითაც კი. ეს კი თავის მხრივ მნიშვნელოვნად ცვლის წყალსატევების თერმულ რეჟიმს საკმაოდ დიდ ფართობზე, იწვევს ქანგბადის შემცველობის შემცირებას, პიდროლოგიური სეზონის შეცვლას და სხვ.

2. საძართველოს წყალსატევების დაჭუჭყიანება

ა. შავი ზღვის საძართველოს სანაპიროს დაჭუჭყიანება

ნ. მაზმანიდის (2002) მონაცემებით 1990-91 წლებისათვის დაჭუჭყიანების (ძირითადად ნავთობური დაჭუჭყიანება და მდინარის ჩანატანები) მაღალი დონის გამო შავი ზღვის სანაპიროს იხტიოფაუნის შემადგენლობიდან პრაქტიკულად ამოვარდნენ ისეთი სახეობები, როგორებიცაა: ქორჭილა, ზღვის მამალი, სკუმბრია, პელამიდა, ლუფარი, სტავრიდა და სხვ. ამ პერიოდისათვის ფაქტიურად ამ სახეობების უმეტესობა გაქრობის პირას იყო და ზღვის სანაპიროს ეკოსისტემა კი მკვეთრად დეგრადირებული. ამავე დროს თითქმის ყველა მსხვილი და ზოგიერთი მცირე ზომის კიბოსნაირების სრულ ელიმინაციასთან გვქონდა საქმე.

ასეთი ფონის პირობებში ბუნებამ ითამაშა განუმეორებელი როლი შავი ზღვის სანაპიროს ეკოსისტემის აღდგენის საქმეში. სწორედ 1992 წლიდან დაიწყო ის ცნობილი მოვლენები, რამაც თავის მხრივ განაპირობა მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის საწარმოთა ფაქტიური გაჩერება და შესაბამისად ჩამდინარე წყლების მინიმუმამდე შემცირება და შავი ზღვის კატასტროფული დაჭუჭყიანების შეჩერება.

1995-1996 წლებისათვის უკვე დგება შედარებით ნორმალური პირობები თევზების გამრავლებისა და განვითარებისათვის და სანაპიროს იხტიოცენოზების ნელი, მაგრამ თანდათანობითი აღდგენა, რაც იმას მოწმობს, რომ ზღვას გააჩნია ეკოსისტემის მნიშვნელოვანი რეზერვები თავისი ბიომრავალფეროვნების შესანარჩუნებლად.

ბ. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის ზეგავლენა საძართველოს წყალსატევების ბიოლოგიაზე

ანთროპოგენურ ევტროფიკაციას თან ახლავს ეკოსისტემის ცვალებადობის დამახასიათებელი კომპლექსი: მათ შორის ყველაზე მნიშვნელოვანი – ჟანგბადის რეჟიმის გაუარესება, ბიოქიმიური პროცესების შრეებრივი განაწილების წარმოქმნა და გაძლიერება – შესაბამისად ზედა – ტროფოგენურის და ღრმაწყლიანი ტროფოლიტურის გამოყოფა. შესატყვისი სახით ნაწილდება ჟანგვა-აღდგენითი პირობები და უმეტესად ქიმიურ რეაქციებთან დაკავშირებული ჟანგბადის, კარბონატების, წყალბადიონთა, ბიოგენების კონცენტრაციები.

ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად იზრდება ორგანული ნივთიერებების ახლადწარმოქმნის სიჩქარე, პროდუქცია სჭარბობს დესტრუქციას და ეკოსისტემის ბიომასა იზრდება. მსგავსი პროცესი შეიძლება განვითარდეს წყალსატევების ბუნებრივი სუქცესიების შედეგად, მაგრამ ამ შემთხვევაში ცვალებადობის ტემპი (სიჩქარე) გაცილებით დაბალია.

ანთროპოგენური ევტროფიკაცია გარკვეულ ზღვრამდე შეიძლება ხელსაყრელი პროცესი იყოს წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობის ზრდის თვალსაზრისით: ბიოგენების კონცენტრაციის ზრდას შესაბამისად თან მოსდევს პირველადი პროდუქციის ზრდა – შემდეგ შესაბამისად იზრდება ფიტოპლანქტონული პეტეროტროფების (ზოოპლანქტონის) პროდუქცია და ბოლოს ზოოპლანქტონული თევზების პროდუქციაც. ბიოგენების წყალსატევებში შემოსელის ინტენსიობა ყოველთვის ევტროფიკაციით არ თავდება, თუ ეკოსისტემის მუშაობას სასურველად წარვმართავთ: მაგალითად, წყალსატევიდან სასარგებლო პროდუქციის სახით ორგანიკის ამოღება იმ ოდენობით, რომ სისტემაში ბალანსი არ დაირღვეს. სხვა საშუალება: ბიოგენების წყალსატევებში ჭარბი რაოდენობის მოხვედრის თავიდან ასაცილებლად სხვადასხვა არხების გადაკეტვა.

წყალსატევების ევტროფიკაციის ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება ბიოლოგიური, ქიმიური და ფიზიკური მაჩვენებლები; წყალმცენარეების სახეობრივი შემადგენლობა, რიცხოვნობა, ბიომასა და პროდუქცია. საპროფიტული ბაქტერიების რიცხოვნობა,

აზოტის და ფოსფორის (ბიოგენების) მემადგენლობა. ეანგბაღის რეჟიმი, CO_2, H_2S და მეთანის დაგროვება ფსკერზე.

ანთროპოგენური ეტროფიკაცია თუ არ რეგულირდება და არ შეჩერდება, ის უკვე დაჭუჭყიანების ფორმად იქცევა, რასაც საბოლოოდ ეკოსისტემის დეგრადაცია მოსდევს. ტბებსა და წყალსატევებში ერთ-ერთი ყველაზე უარყოფითი გამოვლინება წყალსატევების „აყვავილებაა" (ციანოფიტების – Microcystis, Anabena – მასობრივი გამრავლება). გარდა ამისა ამ პროცესს თან ახლავს სანაპირო ზოლში მაკროფიტების საფარის ბრღა, სუბლითორალის შემცირება, დაჭაობება, კვდომა, წყლის სასმელი ხარისხის გაუარესება (მეტაბოლიტები, სხვადასხვა სუნსა და გემოს აძლევენ წყალს).

ბ. ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენა საძართველოს წაჟლსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე

წყალსატევების ეკოსისტემების ბიოლოგიური რესურსების აღწარმოებაზე უარყოფით გაელენას ახდენს პიდროტექნიკური და საირიგაციო მშენებლობა, მათი დაჭუჭყიანება საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლებით, მათში მიმდებარე სასოფლოსამეურნეო სავარგულებიდან ჩამორეცხილი მინერალური და ორგანული ნიეთიერებების ბრდა.

ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედება აჩქარებს წყალსატევების ეტროფიკაციის ბუნებრივ პროცესს, რომელიც გარკვეულ ბღერამდე შეიძლება დადებით მოელენად მიეიჩნიოთ. ამ დროს წყლის ეკოსისტემების ყველა რგოლში აღგილი აქვს სუქცესიების მოელენას, ხდება ამ რგოლების სახეობრივი შემადგენლობის შემცირება, მარტივდება ენერგიის ტრანსფორმაცია და ყველა რგოლის ცენოზში გაბატონებულ მდგომარეობას იკავებენ ის ორგანიზმები, რომლებიც პოლისაპრობელი წყალსატევებისათვის არის დამახასიათებელი. თუ ევტროფიკაციის შედეგად წყალსატევების ბიოტური ბალანსი უარყოფითი მნიშვნელობის გახდება, მაშინ მასში მოსალოდნელია ანაერობული მდგომარეობის შექმნა და პიდრობიონტების გაგუდვა. ქვემოთ განვიხილავთ ანთროპოგენური ზემოქმედების გაელენას საქართველოს ზოგიერთი შიდა წყალსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე.

მდინარეებზე პიდროელექტროსადგურების, კაშხალების მშენებლობამ აუნაზღაურებელი ზარალი მიაყენა გაჩსელებული ტიპის

ბის ბუნებრივ აღწარმოებას. მდ. მტკვარზე ჯერ ბაპესის და შემდგომ ორთაჭალისა და მინგეჩაურის ჰიდროელექტროსადგურების კაშხალების ამენებამ საგოფე აღგილებისაკენ გზა გადაუღობა კასპიის ზღვის ორაგულს და კასპიის სალამურას. ასევე მდ. ენგურზე – ჯვართან მაღლივმა კაშხალმა გზა გადაუღობა ზუთხისნაირების 4 სახეობას, მათ შორის წითელ წიგნში შეტანილ – ატლანტიკურ ზუთხს და მავი ზღვის ორაგულს, ეს შეუქცევადი პროცესია და მისი კომპენსაცია ხელოვნური აღწარმოებით შეუძლებელია. ამას მოწმობს ის, რომ მიუხედავად რამდენიმე სალიფსიტე ქარხნის გახსნისა, ამ ბოლო წლებში კასპიის ზღვაში ზუთხისნაირების და ორაგულების რეწვა მკვეთრად შემცირდა.

საკმაოდ დიდია ჰიდროელექტროსადგურების კაშხალების გავლენა აღგილობრივ თევზებზეც. ეს კარგად ჩანს ჩითახევპესის მაგალითზე. 1984 წლის მონაცემებით მაისიდან ნოემბრამდე 1 დღეღამის განმავლობაში სამუალოდ ელსადგურის ტურბინებში მოხვდა 5280 ცალი თევზის მოზარდი, რომელთა 70-80% ტურბინებში გაელის შემდეგ იღუპება. დაღუპული თევზის მოზარდებიდან 77 % მოდის ძვირფასი სარეწაო თევზების მოზარდებზე (ხრამული, მურწა, ჭანარი). იმის გამო, რომ ჩითახევპესის კაშხალი ეგას უღობავს აღგილობრივ თევზებს საგოფე აღგილებისაკენ, მნიშვნელოვნად მცირდება თევზის მოზარდების გამოსავლიანობა იძულებით დაყრილი ქვირითიდან. გაანგარიშებულია, რომ ამის გამო მიღებული ზარალი წელიწადში სამუალოდ შეადგენს 52,7 ცენტნერს, რაც ასევე წლების მანძილზე სამუალოდ დაჭერილი თევზის 42%-ია.

თევზის რესურსების აღწარმობაზე უარყოფით გაელენას ახდენენ საირიგაციო სისტემები. მაგალითად, ტამისკარის საირიგაციო სისტემაში, 1989 წლის მონაცემებით, მაისიდან ნოემბრის ჩათელით ერთი ღღეღამის განმავლობაში სამუალოდ გაეიდა 1250 ცალი თევზის მოზარდი, რომელთაგან 67% მოდის ძვირფას სარეწაო ობიექტებზე. სარწყავ სისტემაში მოხვედრილი ყველა მოზარდი იღუპება.

მდინარის ეკოსისტემებზე საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლების უარყოფითი გაელენა კარგად ჩანს მდინარე მტკვრის კომპლექსური ჰიდრობიოლოგიური და იხტიოლოგიური გამოკვლევების მასალებიდან. დადგენილია, რომ ქანგბადის ბიოქიმიური მოხმარება ხუთი ღღე-ღამის მანძილზე ხერთვისთან და მინაძესთან გაზაფხულის წყალდიდობის დროსაც კი არ აღემატება

1,5 მგ O_2/ლ-ს, მაშინ როცა მისი სიღიღე რუსთავის შემდეგ აღწევს 7 მგ O_2/ლ-ს. ამონიუმის იონის კონცენტრაცია ხერთვისთან შედარებით თბილისისა და რუსთავის შემდეგ 5-ჯერ მეტი იყო. მაგუნულის მონაცემებით ბაქტერიების საერთო რაოდენობა შეადგენდა ხერთვისთან 2 მილიონს 1 მლ-ში. თბილისისა და რუსთავის შემდეგ შესაბამისად 16 მილიონი და 17 მილიონი იყო 1 მლ-ში.

ზოოპლანქტონის შესწავლის შეღეგად დადგინდა, რომ ხერთვისიდან ბორჯომამდე – როგორც ყველა მთის მდინარეებში მისი როგორც სახეობრივი შემადგენლობა, ასევე რიცხოვნობა მცირეა. ეს პარამეტრები იზრდება არმაზი-ბაპესის მონაკვეთებზე, ხოლო თბილისისა და რუსთავის შემდეგ მკვეთრად მცირდება. იზრდება მხოლოდ იმ სახეობების რიცხოვნობა, რომლებიც დამახასიათებელია დაჭუჭყიანებული წყალსატევებისათვის.

ბენთოსური ორგანიზმებიდან ხერთვისთან და მინაძესთან არ იქნა რეგისტრირებული წურბელები. აქ ზოობენთოსის საშუალო წლიური ბიომასა შეადგენდა 12 გ/მ^2-ს, დომინირებული ფორმები მოდიოდა ერთდღიურებსა და რუისელებზე. მცირეჯაგრიანი ჭიები მცირე რაოდენობით იყო წარმოდგენილი. თბილისის შემდეგ, სოღანლუღთან ბენთოსის ბიომასა მკვეთრად იზრდება და აღწევს 25 გ/მ^2-ს. საერთო ბიომასაში ხერთვისისაგან განსხვავებით, წამყვანი ადგილი წურბელებსა და მცირეჯაგრიან ჭიებს უკავიათ. ეს გამოწვეულია თბილისის ფარგლებში მდ. მტკვრის გაუწმენდავი საყოფაცხოვრებო ჩამდინარე წყლების ზემოქმედებით. რუსთავის შემდეგ ბენთოსის საერთო ბიომასა მკვეთრად ეცემა – 2 გ/მ^2-დე. წამყვანი ადგილი უკავიათ მცირეჯაგრიან ჭიებს. ხერთვისთან და მინაძესთან ერთდღიურების რაოდენობა შეადგენდა შესაბამისად 1000 და 2300 ეგზ/მ^2-ს, რუსთავის შემდეგ კი 67 ეგზ/მ^2-ს. რუისელების რიცხოვნობა ხერთვისთან იყო 2200 ეგზ/მ^2, ხოლო რუსთავის შემდეგ 1 ეგზ/მ^2. რიცხოვნობისა და ბიომასის ასეთი მკვეთრი ცვლილებები გაპირობებულია თბილისსა და რუსთავში მდ. მტკვრის დაჭუჭყიანების მაღალი დონით. აქ მდინარის ბენთოსის ცენოზის მდგრადობა კრიტიკულ მდგომარეობამდეა მისული.

საქართველოს შიდა წყლასატევებიდან ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედება ფლორისა და ფაუნის სახეობრივ შემადგენლობაზე ძალზე კარგად ჩანს კუმისის წყალსაცავის მაგალითზე. ეს წყალსატევი შეიქმნა 70-იან წლებში ყოფილი მღაშე ჯბის დაშ-

რობისა და მისი ტაფობის მდ. მტკვრის წყლით გავსების შედეგად. ყოველწლიურად მისი შევსება ხდება თბილისი-კუმისის სარწყავი სისტემიდან მდ. მტკვრის წყლით, რომელიც დაჭუჭყიანების შემდეგ მდიდარია ორგანული და ბიოგენური ელემენტებით, რაც განაპირობებს მის მაღალ ბიოლოგიურ პროდუქტიულობას. კუმისის წყალსაცავი მაღალპროდუქტიული წყალსატევია და პირველადი პროდუქციის სიდიდით, რომელიც შეადგენს 7000 კკალ/მ^2 წელიწადში, ტროპიკულ წყალსატევებს უახლოვდება. ზაფხულში ფიტოპლანქტონში წამყვანი ადგილი უკავიათ ლურჯმწვანე წყალმცენარეებს და ფიტოპლანქტონის საერთო ბიომასა აღწევს 400 გ/მ^3-ს.

ფიტოპლანქტონის ასეთი მაღალი განვითარება მრავალ წყალსატევში იწვევს ანაერობული პირობების შექმნას, მაგრამ კუმისის წყალსატევში მსგავს შემთხვევას ადგილი არ ჰქონია. ამ გარემოებას განაპირობებს მისი თხელწყლიანობა, რაც ხელს უწყობს წყლის მთელი მოცულობის ქარისმიერ აერაციას, რაც ზღუდავს ლურჯმწვანე წყალმცენარეების რაოდენობის შემდეგ განვითარებას და აპირობებს მასში მაღალეტროფულ დონეზე ნივთიერებათა ბრუნვის შენარჩუნებას.

ფიტოპლანქტონის მაღალი პროდუქცია განაპირობებს ზოოპლანქტონის მაღალ დონეს. კუმისის წყალსაცავში ზოოპლანქტონის სახეობრივი შემადგენლობა უკანასკნელ პერიოდში შემცირდა, მაგრამ გაიზარდა დომინირებული ფორმების რიცხოვნობა და ბიომასა. ზაფხულში ზოოპლანქტონის ბიომასა აღწევს 70 გ/მ^3-ს, რაც ძალზე მაღალი მაჩვენებელია.

საქართველოს მაღალმთიანი ევტროფული ტბებიდან ანთროპოგენური ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება ფარავნისა და საღამოს ტბები. ამ ტბების ევტროფიკაციას საკმაოდ დიდი ხნის ისტორია აქვს. წყალშემკრებ აუზში მდებარე საძოვრებიდან და მესაქონლეობის ფერმებიდან ტბებში ჩარეცხილ ორგანულ დაჭუჭყიანებას დაემატა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ჩამორეცხილი მინერალური სასუქები. ტბების ინტენსიურმა დაჭუჭყიანებამ უკანასკნელ წლებში გამოიწვია წყლის ძლიერი „აყვავილება", რასაც უეჭნგბადობის გამო მოჰყვა თევზების მასობრივი დახუთვა. ამავე ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად ევტროფიკაციის პროცესი დაწყებულია ტაბაწყურის ტბაშიც. თუ ადრე ჩატარებული გამოკელევების

დროს არ შეიმჩნეოდა ქანგბადის შემცირება წყლის ღრმა ფენებში, ამჟამად ეს სურათი საკმაოდ მკვეთრადაა გამოხატული.

მელიორაციული ღონისძიებების წყლის ეკოსისტემებზე უარყოფითი გაელენის მაგალითად შეიძლება დაეასახელოთ ინკიტის ტბა, რომელიც პირველადი პროდუქციის სიდიდის მიხედვით საქართველოს შესწავლილ წყალსატევებს შორის მეორე ადგილზე დგას. ფიტოპლანქტონის პირველადი პროდუქციის სიდიდე შეადგენს 5000 კკალ/მ^2-ს; ინკიტის ტბის გარშემო თაეის დროზე ჩატარდა მელიორაციული სამუშაოები ჭაობების დაშრობის მიზნით. ტბაზე მუშაობს წყალსაქაჩი ტუმბო, რომელიც ტბის წყალს უშვებს ზღვაში. ტბის წყლის შეესება კი ხდება ჭაობების წყლით წყალშემკრები არხების საშუალებით. ამჟამად ტბის დონე ზღვის დონესთან შედარებით ერთი მეტრით დაბალია, რის გამოც, ის ხმელეთი (დიუნა), რითაც ტბა გამოჯნულია მაეი ზღვისაგან, შექმნილია მდ. ბზიფის მყარი ჩამოსატანით, იგი ქვაქვიშისგანაა აგებული და ზღვის წყალი მისი გაელით აღეილად იფილტრება ტბაში.

30-იანი წლების მონაცემებით ინკიტის ტბის მარილიანობა შეადგენდა 130 მგ/ლ-ს ტბის წყალი ბუნებრიეი წყლების კლასიფიკაციით მიეკუთვნებოდა ჰიდროკაბონატული კლასის კალციუმიანი ჯგუფის წყლებს. ბოლო წლების (90-იანი წლები) მონაცემებით ტბის წყლის მარილიანობამ მიაღწია 1100 მგ/ლ-ს და იონური შემადგენლობით დაემსგაესა მაეი ზღვის წყალს. ამჟამად, ბუნებრიეი წყლების კლასიფიკაციის მიხედეით, როგორც მაეი ზღვის წყალი, ისე ინკიტის ტბის წყალი, მიეკუთვნება ქლორიდული კლასის ნატრიუმის ჯგუფის წყლებს. ყოეელიეე ეს განაპირობა მაეი ზღვის წყლის ფილტრაციამ ტბის წყალში და თაეის მხრივ კი ეს მოელენა მკეეთრ გაელენას ახდენს ინკიტის ტბის სასიცოცხლო პირობებზე და მის ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე.

ანთროპოგენური ეტროფიკაციის ძლიერი ზეგაელენით ხასიათდებიან ჯანდარის, კუმისის და პალიასტომის ტბები.

პალიასტომის ტბასა და ზღვას შორის პირდაპირი კავშირის დამყარებამ მკეეთრად შეამცირა ჩამდინარე მტკნარი წყლების როლი. ამან კი უარყოფითად იმოქმედა მასში მობინადრე ჰიდრობიონტების მრავალფეროვნებაზე, მათ რიცხოვნობასა და საბოლოო ჯამში თეეზპროდუქტიულობაზე.

პლანქტონის წლიური პირველადი პროდუქციის მიხედვით პალიასტომის ტბა მაღალ ევტროფული ტიპის წყალსატევებს განეკუთვნება. წლების მიხედვით ტბაში დაჭერილი თევზის რაოდენობა პლანქტონის პირველადი პროდუქციის 0,21-დან 0,012 %-დე მცირდება. ეს ეკოსისტემის სტაბილურობის დარღვევის მაჩვენებელია. თუ მივიღებთ, რომ წყალსატევებში დაჭერილი თევზის რაოდენობა წლიური პირველადი პროდუქციის 0,13%-ს უნდა შეადგენდეს, მაშინ აღწარმოებისათვის ბიანის მიუყენებლად მასში შეიძლება 1 ჰექტარზე არაუმეტეს 50 კგ თევზის რეწვა. პალიასტომის ტბისათვის სათევზმეურნეო მნიშვნელობის დაბრუნება და ამჟამად შექმნილი ეკოლოგიური მდგომარეობის გამოსწორება შესაძლებელია მხოლოდ მისი თავდაპირველი პიდროლოგიური და პიდროქიმიური რეჟიმის აღდგენით.

უკანასკნელი 15-20 წლის მანძილზე ანთროპოგენური ევტროფიკაციის ზეგავლენით მკვეთრი ცვლილებები მოხდა ჯანდარისა და კუმისის წყალსატევებში. ზოოპლანქტონის სახეობრიეი შემადგენლობა შემცირდა 2,5 -ჯერ. შეიცვალა დომინირებული ფორმების სტრუქტურა – გაბატონდა მტაცებელი ფორმები (A. vernalis). სარეწაო თევზების (კობრი, სქელშუბლა) ბრდის ტემპი 1,5-ჯერ სჭარბობს ოლიგოტროფული წყალსატევების იგივე სახეობის თევზებისას.

ბუნებრივ წყლებზე ანთროპოგენური ფაქტორების ზემოქმედების შემცირებისათვის საჭიროა სანიტარული ზონის და მოთხოვნების მკაცრი დაცვა. კერძოდ, იმ წყალსატევების გარშემო, რომლებიც სასმელი წყალმომარაგებისათვის არის გათვალისწინებული, უნდა დაწესდეს სანიტარული ზონა, რომელიც მთლიანად გამორიცხავს მიმდებარე ტერიტორიებიდან წყალსატევის დაჭუჭყიანებას.

საქართველოს მტკნარი წყლებისა და შავი ზღვის სულ უფრო მზარდი დაჭუჭყიანების თავიდან აცილება და მათში ბუნებრივი სასიცოცხლო პირობების შენარჩუნება შესაძლებელი გახდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ დაჭუჭყიანებული წყლების გამწმენდი ნაგებობების დაპროექტების ღროს გათვალისწინებული იქნება სანიტარული პიდრობიოლოგიის თანამედროვე მიღწევები.

3. დაჭუჭყიანების გავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმოძმედებაზე

ჰიდრობიონტების მრავალგვარობა განსაზღვრავს ერთი და იგივე ნივთიერებების სხვადასხვა ორგანიზმებზე მოქმედების ნარგვარ ხასიათს. ჩამდინარე წყლების შხამიანი ნივთიერებების მოქმედება ჰიდრობიონტების სხვადასხვა უუნქციონალურ სისტემაზე — სუნთქვაზე, სისხლის მიმოქცევაზე — იწვევს პათოლოგიურ ძერებს, რასაც მიეყავართ მეტაბოლიზმის შეუქცევად პროცესებამდე და, საბოლოო ჯამში, ორგანიზმის დაღუპვამდე. ერთი და იგივე ტოქსიკანტმა სხვადასხვა სახეობის ჰიდრობიონტებზე შეიძლება მოახდინოს როგორც მასტიმულირებელი, ასევე დამთრგუნველი ეუექტი. სახეობების ერთი ნაწილი ითრგუნება და იღუპება. სხვები — პირიქით ბრდიან თავის რიცხოვნობას; დაბოლოს, ბოგიერთი სახეობა გარკვეული დროის მანძილზე არ განიცდის ამ ზემოქმედებას. ტოქსიკურ ზემოქმედებაზე ჰიდრობიონტების რეაქცია დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე და ზემოქმედების ხანგრძლიეობაზე.

მრავალი ქიმიური ნივთიერებების მნიშენელობა განისაზღერება არა მარტო ჰიდრობიონტთა ამა თუ იმ სახეობის მიმართ ტოქსიკურობით, არამედ, აგრეთვე, მათი პირდაპირი და არაპირდაპირი ზემოქმედებით იმ პროცესების მიმდინარეობაზე, რომლებიც ბიოლოგიურ წონასწორობას განაპირობებენ წყალსატევებში. მაგალითად, დეტერგენტები საშიშია არა მარტო იმიტომ, რომ მათი ჰიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილი ფოსფატები ტოქსიკურია თევზებისა და უხერხემლოებისათვის, არამედ იმიტომაც, რომ ისინი იწვევენ მიკროორგანიზმების ბრდის სტიმულირებას, ეს უკანასკნელნი კი წარმოქმნიან ბრდის ნივთიერებებს, რომლებიც თავის მხრივ იწვევენ ორგანიზმების ბოგიერთი ჯგუუების გამრაელების სტიმულირებას, რასაც წყალსატევების ეეტროფულობამდე მივყავართ.

პესტიციდების მოქმედების სამიშროება განისაზღერება არა მარტო მათი ცხოველებისათვის ტოქსიურობის ხარისხით, არამედ, აგრეთვე, ფიტოპლანქტონის ფოტოსინთემზე დამთრგუნველი ზეგაელენით მრავალი ტოქსიკანტი, კერძოდ, პესტიციდები, საშიშია მცირე რაოდენობითაც კი. ისინი ხანგრძლიეი ზემოქმედების შედეგად ჰიდრობიონტების აღდგენას აფერხებენ. ტოქსიკური ნივთიერებების მიმართ ბაქტერიები, სოკოები და წყალმცენარეები უფ-

რო ნაკლებ მგრძნობიარენი არიან ვიდრე უსერხემლოები და თევზები. მგრძნობიარობის ხარისხში განსხვავებამ შეიძლება მიაღწიოს მრავალ ათეულ ათასს.

ბუნებრივი თანასაზოგადოებები მრავალკომპონენტიანებია, ამიტომ მათი წევრების მგრძნობელობა სხვადასხვა კომპონენტების მიმართ სხვადასხვაა. თუ დომინანტური ფორმა აღმოჩნდება შხამიანი ნივთიერების მიმართ მგრძნობიარე, მაშინ მისი გაქრობა, ან რიცხოვნობის მნიშვნელოვანი შემცირება გამოიწვევს სახეობათშორისი დამოკიდებულების მკვეთრ ცვალებადობას. მცირერიცხოვანი სახეობის გაქრობა კი შესამჩნევ გავლენას არ მოახდენს თანასაზოგადოების სტრუქტურზე და ის თავის სტაბილურობას მაინც შეინარჩუნებს.

წყალსატევების დაჭუჭყიანებისაგან დაცვის მიზნით დამუშავებულია გღერულად დასაშვები კონცენტრაციები (გდკ) იმ ნივთიერებებისა, რომლებიც აუარესებენ წყლის სარისხს. გდკ-ად ითვლება ნივთიერების ის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომლის დროსაც არ ირღვევა ისეთი მაჩვენებლები, როგორიცაა ორგანული ნივთიერებების დესტრუქციის პროცესები, წყლის ორგანოლეპტიკური თვისებები, ჰიდრობიონტების ძირითადი ჯგუფების ცხოველმოქმედება (გამძლეობა, ზრდა, გამრავლება, ნაყოფიერება და შთამომავლობის ხარისხი). ძირითადი მაჩვენებლების რიცხვშია, აგრეთვე, დაჭუჭყიანების გავლენა სარეწაო ორგანიზმების ხარისხზე — ბიოლოგიური და სამეურნეო ნორმა, რომელიც დამუშავებულია ნ. ს. სტროგანოვის მიერ 1976 წელს.

ამგვარად გდკ უზრუნველყოფს წყალსატევებში ბიოლოგიური პროცესების ნორმალური მიმდინარეობის შენარჩუნებას. გდკ სხვადასხვა დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებისათვის ისაგზღვრება ხანგრძლივი ცდების საფუძველზე. ამისათვის ორგანიზმებს შორის არჩევენ სახეობებს, რომლებიც უმეტესად მგრძნობიარენი არიან უმეტესობა დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების მიმართ. განსაკუთრებით ღიდი მნიშვნელობა აქვთ ფიზიოლოგიურ და ბიოქიმიურ მეთოდებს.

4. წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდა

ბუნებრივი წყალსატევები ხასიათდებიან თვითგაწმენდის თვისებით: ბუნების მიერ შექმნილი თვითგაწმენდის პროცესი არსებობდა ანთროპოგენური ფაქტორის გაჩენამდე და მასში მონაწილეობდნენ

ბიოლოგიური, ქიმიური, ფიზიკური ფაქტორები. უკანასკნელ ორს განეკუთვნებიან: აორთქლება, ადსორბცია, ღიფუზია, გასხნა და სხვ. ქიდრობიონტები ანსორციელებენ გახსნილი და შეწონილი ორგანული ნივთიერებების მინერალიმაციას, თაყიანთ სხეულში ახდენენ სხვადასხვა შენაერთების კონცენტრაციას, ხელს უწყობენ შეწონილი მასალების დალექვას, კვების პროცესში იყენებენ გახსნილსა და შეწონილ ნივთიერებებს. დაჭუჭყიანება ზოგჯერ ისეთი დიდია, რომ მრავალი წყალსატევი კარგავს თვითგაწმენდის თვისებას. ბიოლოგიური პროცესების როლი თვითგამწმენდაში განსაკუთრებით დიდია წყალსატევების ორგანული ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების შემთხვევაში.

დამჭუჭყიანებელი ორგანული ნივთიერებების გადამუშავების პროცესში მონაწილეობენ წყლის ორგანიმების თითქმის ყველა ჯგუფები, განსაკუთრებულ როლს კი თამამობენ ფლორისა და ფაუნის მიკროორგანიზმები.

წყალსატევებში მოხვედრილი ნივთიერებები ბაქტერიების ბეგაელენით მინერალიზირდება ორგანული შენაერთების დამლის სიჩქარე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ტემპერატურაზე, ჟანგბადის შემცველობაზე, ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაციაზე, წყლის შრეების აღრევის პირობებზე და სხვ. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მოთხოვნილების სიჩქარე კი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების ფიზიოლოგიურ აქტიურობაზე და მათს ბიომასაზე. დაბალი ტემპერატურის პირობებში მინერალიზაცია ნელდება დაჟანგვის პროცესების სრულ შეწყვეტამდე.

მიკროორგანიზმების დიდი ჯგუფი, რომლებიც ჟანგავენ ნახშირწყალბადს, აქტიურად მლიან ნავთობსა და მისი გადამუშავების პროდუქტებს CO_2-დე და H_2O-დე. ნავთობის ბიოლოგიური დაჟანგვა ჭარბობს ქიმიურს, რომელიც ბიოლოგიურის მხოლოდ 10% ან იშვიათად 30-50% შეადგენს. ეს მიკროორგანიზმები გვხვდება როგორც წყალში, ასევე მტკნარი და მღვის აუზის დანალექებში.

თვითგაწმენდის პროცესებში ენერგიულად მონაწილეობენ უმარტივესები. იმის გამო, რომ ნივთიერებათა ცვლა მათში ინტენსიურად მიმდინარეობს — ისინი სხვა პიდრობიონტებისაგან განსხვავებით ჟანგავენ ორგანული ნივთიერებების უზარმაზარ რაოდენობას. ამასთან უმარტივესების და სხვა უხერხემლოების მონაწილეობა თვითგაწმენდის პროცესებში სორციელდება მათ მიერ ბაქტერიების, შეწონილი ორგანული მასალის და წყალმცენარეე-

ბის მოხმარების გზით. პათოგენური ბაქტერიებისაგან წყლის გაუვნებელყოფის საქმეში ძირითად როლს უმარტივესები თამაშობენ. ციბრუტელები, უმდაბლესი კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვა პიდრობიონტები კვების პროცესში ფილტრავენ წყალში შეწონილ მასალას და ამით ახდენენ მათს კოაგულაციას და დალექვას. მაგალითად, ვოლგოგრადის წყალსატევზე ერთი წლის მანძილზე ორსაგდულიანი მოლუსკები იღებენ წყლიდან 44 მილიონ ტონა შეწონილ ნივთიერებებს. აქედან დაახლოებით 42 მილიონი ტონა ტრანსპორტირდება (ილექება) გრუნტზე ფსევდოფეკალიის სახით და 2 მლნ. ტ. აითვისება კვების პროცესში.

ფსევდოფეკალიებს წარმოქმნის გაფილტურლი, საკვებად გამოუყენებელი მასალა, რომელსაც პიდრობიონტები არ ყლაპავენ და შეწებებული სახით გამოისვრიან სხეულის სიღრუიდან.

თვითგაწმენდის პროცესებში ძალზე მნიშვნელოვანია ფსკერული უხერხემლოების მონაწილეობა – ისინი იყენებენ საკვებად სხვადასხვა უხსნად ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებიც შედიან გრუნტის შემადგენლობაში. მაგალითად, მტკნარ წყალსატევებში მცირეჯაგრიანი ჭიები წლის მანძილზე გადაამუშავებენ და ფსკერის ზედაპირზე ამოაქვთ ისეთი რაოდენობის მლამი, რომელიც ასჯერ და ათასჯერ აღემატება მათ წონას.

თვითგაწმენდის პროცესში ძალზე დიდ როლს თამაშობენ ნარგავარი წყალმცენარეები და უმაღლესი მცენარეები. ფოტოსინთების პროცესში მცენარეები (განსაკუთრებით კი ფიტოპლანქტონი ე.ი. მიკროსკოპული მცენარეები) გამოყოფენ ჟანგბადს დიდი რაოდენობით და ამით აჩქარებენ მინერალიზაციის პროცესს. ამასთან ერთად მრავალ ლურჯმწვანე და მწვანე წყალმცენარეების წარმომადგენლებს აქვთ უნარი მიქსოტროფული კვების პროცესში აითვისონ გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. უმაღლესი წყლის მცენარეების ლაქამები წმენდენ წყალს ბიოგენური შენაერთებისაგან, ორგანული და მინერალური წარმოშობის შეწონილი მასალისაგან. პერიფიტონი, რომელიც მცენარეებზე ვითარდება, ზრდის ბაქტერიალური მოსახლეობის სიმჭიდროვეს, რაც თავის მხრივ მონაწილეობს ორგანული ნივთიერებების დაშლის პროცესებში. ყვავილოვანი მცენარეებისა და წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილი ბაქტეროციდული ნივთიერებები თრგუნავენ პათოგენური მიკროორგანიზმების განვითარებას. წყლის მცენა-

რეულობას ნაეთობური აპკის აკუმულირების და ნაეთობპროდუქტების დაჟანგვის უნარი აქვს.

თვითგაწმენდის პროცესებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ე.წ. ორგანიზმები – კონცენტრატორები. წყალმცენარეებსა და ყვავილოვან მცენარეებს ამოაქვთ წყლიდან ბიოგენურ ელემენტებთან ერთად მძიმე მეტალების – სპილენძის, თუთიის, ტყვიის და სხვათა მარილები, ქრომის სხვადასხვა შენაერთები, პესტიციდები, რადიონუკლიდები. მცენარეების შთანთქმის უნარი ძალზე დიდია. მაგალითად, 1 ტონა ნიეთიერების შესაქმნელად უმაღლესი მცენარეები შთანთქავენ 250-400 კგ სხვადასხვა მინერალურ შენაერთებს სხვადასხვა ორგანიზმებში სხვადასხვა ნიეთიერებათა დაგროვება ძალზე ვარირებს. მცენარეები მრავალი ნიეთიერების აკუმულირებას ახდენენ უფრო ენერგიულად, ვიდრე ცხოველები. დაგროვების კოეფიციენტი ეწოდება სხეულის ორგანიზმში არსებული რომელიმე ნიეთიერების კონცენტრაციის ფარდობას წყალში არსებულ იგივე ნიეთიერების კონცენტრაციასთან. მაგალითად, ზოგიერთი რადიონუკლიდების დაგროვების კოეფიციენტი უხერხემლოებში მერყეობს 100-დან 250-მდე, ხოლო წყალმცენარეებში აღწევს 600-800-მდე. პიდრობიონტების მოქმედების შეღებად წყლის რადიაქტიობა რამდენიმე დღეღამის შემდეგ ეცემა საწყის მდგომარეობასთან შედარებით 5-10%-მდე.

ორგანული დაჭუჭყიანებისაგან წყლის გაწმენდის ხარისხზე მსჯელობენ ქანგბადის იმ რაოდენობის მიხედვით, რომელიც აუცილებელია წყალში არსებული ორგანული ნიეთიერებების დასაჟანგად. ამ მიზნით მიღებულია მაჩვენებელი – ქანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება – ებმ – ტულისხმობს ქანგბადის იმ რაოდენობას (მგ-ში), რომელიც მოიხმარება ორგანიზმების მიერ 1 ლ წყალში ორგანული ნიეთიერებების დაჟანგვის პროცესში. ებმ განისაზღვრება ჰეტეროტროფული მიკროორგანიზმების აერობული მეტაბოლიზმით (ებმ-ს I სტადია) და იმ ავტოტროფული ორგანიზმების მეტაბოლიზმით, რომლებიც აზოტის მინერალური შენაერთების უტილიზაციას და დაჟანგვას ახდენენ (ებმ-ს II სტადია). სუსტად დაჭუჭყიანებულ წყალსატევებში ებმ მერყეობს 0,5-დან 1 მგO_2/ლ -მდე, ხოლო ჩამდინარე წყლების შერთვის ადგილებში აღწევს 40 მგO_2/ლ -მდე და მეტს. ამასთან, ორგანული დამჭუჭყიანებელი ნიეთიერებების თანამედროვე ნაირგვაროვნების ვაშო კონ-

ბადის გამოყენება, როგორც წყლის ხარისხის და მისი თვითგაწმენდის პროცესების ერთადერთი კრიტერიუმისა, საკმარისს არ წარმოადგენს. დაჭუჭყიანების ზრდისა და დამჭუჭყიანებელი ნივთიერებების ახალახალი ფორმების გამოვლინების გამო მიმდინარეობს კელევა წყალსატევების ეკოსისტემებში მათი ტრანსფორმაციის მოდელების შესაქმნელად.

5. წყალსატევების საპრობულობის სისტემა

შემუშავებული იქნა წყლების თვისების ბიოლოგიური ანალიზის სისტემა. (ავტორები: ბოტანიკოსი რ. კოლკვიტცი და ზოოლოგი მ. მარსონი). წყალსატევების ორგანული ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების ხარისხის ანუ საპრობულობის (sapros – გახრწნა) შესაფასებლად ამ ავტორებმა დაადგინეს დაჭუჭყიანების 4 ზონა: პოლისაპრობული, α მეზოსაპრობული, β მეზოსაპრობული და ოლიგოსაპრობული ზონა. საპრობულობის სისტემის შემდგომი განვითარებისა და დასაბუთების საქმეში თავიანთი წვლილი შეიტანეს მეცნიერებმა – გ. ი. დოლგოვმა, ი. ი. ნიკიტინსკიმ, ა. ს. რაზუმოვმა, ნ. ს. სტროგანოვმა.

პოლისაპრობული ზონა. ხასიათდება რთული ბიოქიმიური შენაერთების სიუხვით. წყალი მოკლებულია თავისუფალ ჟანგბადს, ამიტომ ბიოქიმიური პროცესები ატარებენ აღდგენით ხასიათს, წყალში გროდება გოგირდწყალბადი, ნახშირორჟანგი, მეთანი, ამიაკი. მოსახლეობის საფუძველს შეადგენენ საპროფიტული ბაქტერიები, რომელთა რიცხოვნობა 1 მლ წყალში აღწევს მრავალ ასეულ მილიონ უჯრედს. მრავალრიცხოვანია უფერული მოლტოსნები და სოკოები. უფრო მაღალორგანიზებული ფორმებიდან აქ გვხვდება მცირეჯაგრიანები Tubifex tubifex და ბუზის – Eristalis, tenax-ის ლარვები. პოლისაპრობული წყლების სახეობების რიცხვი ცოტაა, მაგრამ ცალკეული სახეობები ვითარდებიან უდიდესი რაოდენობით.

α მეზოსაპრობული ზონა. ბიოქიმიური პროცესების ხასიათით ახლოსაა პოლისაპრობულთან, მაგრამ აქ უკვე ჩნდება თავისუფალი ჟანგბადი. ორგანული შენაერთების დაშლის შედეგად წყალში დიდი რაოდენობითაა ამიაკი, ამინომჟავები და ამიდომჟავები. თვისობრივად ღარიბი მოსახლეობის ძირითად ბირთვს ქმნიან საპროფიტული ბაქტერიები, რომელთა რაოდენობა აღწევს მრავალ ათეულ მილიონ უჯრედს 1 მლ წყალში. დიდი გავრცელებით ხასი-

ათლებიან უფერული მოლტოსნები, სოკოები, ინფუზორიები. ამ ზონაში გეხვდება ციბრუტელები, მწვანე და ლურჯმწვანე წყალმცენარეების ზოგიერთი წარმომადგენლები ფსკერულ დანალექებში დიდი რაოდენობით გეხვდება მცირეჯაგრიანები. Tubificidae-ს ოჯახიდან და Chironomus plumosus-ის ლარვები.

<u>β მეზოსაპრობული ზონა</u>. წინა ზონებისაგან განსხვავდება იმით, რომ აქ ქანგეითი პროცესები ჭარბობს აღდგენით პროცესებს. მრავალრიცხოვანი მცენარეების ინტენსიური ფოტოსინთეზის შედეგად მაფხულში წყალი გადაჯერებულია ქანგბადით. ჭარბობს ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის ისეთი პროდუქტები, როგორიცაა ამონიუმის შენაერთები, ნიტრატები და ნიტრიტები, ორგანული ნივთიერებების შემცველობა უმნიშვნელოა. მოსახლეობა გამოირჩევა დიდი სახეობრივი ნაირგვარობით. საპროფიტული ბაქტერიების რიცხოვნობა 1 მლ წყალში შეადგენს მხოლოდ 20-30 მილიონ უჯრედს. ამ ზონის წყლებში მრავალრიცხოვანია ციბრუტელები. უმდაბლესი კიბოსნაირები, მწერები, მოლუსკები და თევზები.

<u>ოლიგოსაპრობული ზონა</u>. ის მთლიანად მოკლებულია დაჭუჭყიანებას და გაჯერებულია ქანგბადით. მოსახლეობა გამოირჩევა სახეობრივი ნაირგვარობით, მაგრამ რაოდენობრივად წინა ზონებთან შედარებით მნიშვნელოვნად ღარიბია.

წყალსატევები უმეტესწილად ტოქსიკური ნივთიერებით ჭუჭყიანდება. ამასთან დაკავშირებით ე. ლადინმა შემოიღო დაჭუჭყიანების 3 შკალა: საპრობულობის, ტოქსიკურობის და საპროტოქსობულობის ხარისხის შესაბამისად. ე. სლადეჩეკმა სხვა კლასიფიკაცია შემოგვთავაზა: ის ყოფს წყლებს – კარბონატულ (სუფთა), ლიმნოსაპრობულ (საპრობულობის ყველა ხარისხი), ევსაპრობულ (ჩამდინარე წყლები) და ტრანსსაპრობულ (რადიაქტიური და ტოქსიკური ნივთიერებებით დაჭუჭყიანებული წყლები მაღალი ტემპერატურით) წყლებად.

6. ორგანიზმები, როგორც დაბინძურების მაჩვენებლები

საპრობულობის ცალკეული ზონა ხასიათდება გარკვეული ფიზიკურ-ქიმიური ნიშნებით, ამიტომ ცალკეული ზონისათვის დამახასიათებელია ორგანიზმების სპეციფიური ფორმები და ჯგუფები. სახეობების ერთი ნაწილი არსებობს და მრავლდება მხოლოდ დაჭუჭყიანებულ, პოლისაპრობულ წყლებში, სხვები კი შეიძლება არ-

სებობდნენ მხოლოდ სუფთა, ჟანგბადით მდიდარ წყლებში. პიდრობიონტების განსხვავებული დამოკიდებულება წყალსატევების დაჭუჭყიანების ხარისხის მიმართ გაპირობებულია ორი ძირითადი მიზეზით: ორგანიზმების მოთხოვნილებით. ორგანული ნივთიერებების, როგორც საკვების მიმართ და ორგანიზმების ამტანობის სარისხით, მათი დაჭუჭყიანებულ წყალსატევებში არსებობის უნარით, სხვადასხვა საპრობულობის ზონისათვის დამახასიათებელი ორგანიზმები იწოდებიან საპრობულობის მაჩვენებლად ან ინდიკატორებად. ინდიკატორი ორგანიზმების პირველი სიები შედგენილ იქნა კოლკვიტცისა და მარსონის მიერ. ამჟამად ასეთი მცენარეებისა და ცხოველების სახეობათა რიცხვი სჭარბობს 2500-ს, პოლისაპრობული წყლების საიმედო მაჩვენებლებს წარმოადგენს მრავალი ბაქტერია (Sphaerotilus natans, Thiopolycoccus ruses და სხვ.) და სოკო. ძაფისებური ბაქტერიების, სოკოების და უმარტივესების თანასაზოგადოებები ძლიერი ორგანული დაჭუჭყიანებისას ქმნიან ლორწოვან შემონაზარდებს. ზოგიერთი მკვლევარი ასეთ ბიოცენოზებს უწოდებს ჩამდინარე წყლების „სოკოს“.

α მეზოსაპრობული ზონის ინდიკატორებს განეკუთვნება ღრმწვანე წყალმცენარეების ზოგიერთი სახეობები (Oscilatoria), უმარტივესები (Cladomonas fruticulosa, Podophrya), ციბრუტელები (Brachionus plicatilis, Br. calyciflorus, Philodina), ორფრთიანების ლარვები (Endochironomus polypedilum), ხოლო მცენარეებიდან მცირე და სამწილოვანი ლემნა და მუქ-მწვანე რქაფოთოლა.

ოლიგოსაპრობული წყლების ინდიკატორებს განეკუთვნებიან ულვამტოტიანი კიბოები (Bythotrepes longimanus, Daphnia longispina) და მოლუსკი Dreissena polimorpha.

ორგანული ნივთიერებებით წყლის დაჭუჭყიანების ხარისხის შესაბამისად ორგანიზმებში შემჩნეულია მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური პლასტიკურობა. ამიტომ პიდრობიონტები, როგორც ინდიკატორები, გამოიყენება მხოლოდ მათი მასობრივი განვითარების დროს წყალსატევში.

ტოქსობური და საპროტოქსობური დაჭუჭყიანების მაჩვენებელი ორგანიზმები თითქმის არაა შესწავლილი, ჯერჯერობით ცნობილია ზოგიერთი სახეობა, რომელთაც აქვთ მაღალი კონცენტრაციის ტოქსიკური ნივთიერებების გამძლეობის უნარი. მაგალითად, ორფრთიანების – Cricotopus bicinetus-ის ლარვებს აქვთ უნარი განვითარდნენ Cr – 25 მგ/ლ, Cu – 2,2 მგ/ლ, ციანიდების – 3,2 მგ/ლ-ის კონცენტრაციის გარემოში.

7. წყალსატევების დაჭუჭყიანების განსაზღვრის მეთოდები

წყალსატევის დაჭუჭყიანების ხარისხის განსაზღვრისათვის და ასევე სასმელად და სამეურნეო მიზნებისათვის გამოყენებული წყლის ხარისხის შესაფასებლად გამოიყენება ქიმიური, ბაქტეროლოგიური და ბიოლოგიური მეთოდები.

ქიმიური მეთოდი. გულისხმობს წყლის სრულ ქიმიურ ანალიზს; კარგადაა დამუშავებული და ძალზე მუსტია. ის იძლევა სრულ წარმოდგენას წყალში გახსნილი და შეწონილი ორგანული და მინერალური ნივთიერებების რაოდენობასა და თვისებებზე.

ბაქტეროლოგიური მეთოდი. გულისხმობს ბაქტერიების თვისობრივსა და რაოდენობრივ შესწავლას. შეისწავლება ბაქტერიალური ფლორა ან მხოლოდ რაოდენობრივად ან თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზების შენათანაწყობით. რაოდენობრივი ანალიზი ფართოდ გამოიყენება წყალგამმეებ სადგურებში წყლისაგან მიკროორგანიზმების გასაწმენდი ფილტრების მუშაობის შესაფასებლად. თვისობრივ ბაქტეროლოგიურ გამოკვლევებს ატარებენ ძირითადად იმ ფორმების მიმართ, რომლებიც წარმოადგენენ ფეკალური დაჭუჭყიანების მაჩვენებლებს (ნაწლავის ჩხირი).

ბიოლოგიური მეთოდი. ეს მეთოდი დაფუძნებულია ორგანიზმების იმ ერთობლიობის შესასწავლად, რომლითაც დასახლებულია წყალსატევი (პლანქტონი, ბენთოსი, იხტიოფაუნა, უმაღლესი მცენარეები). ჰიდრობიონტების სახეობრივი შემადგენლობისა და რაოდენობის მიხედვით შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს არა მარტო წყალსატევის დაჭუჭყიანების ხარისხი და ხანგრძლივობა, არამედ მისი თვითგაწმენდის უნარიც. ბიოლოგიურ მეთოდს წინა ორთან შედარებით მთელი რიგი უპირატესობები აქვს: ის საშუალებას იძლევა შემჩნეულ იქნეს წყალსატევებზე ზემოქმედება, რომელიც წინ უსწრებს ანალიზის დროს, რამდენადაც ქიმიური და ბაქტეროლოგიური მეთოდების შედეგები განეკუთვნება მხოლოდ სინჯის აღების დროს. წყლის თანასაზოგადოებების შემადგენლობა კი ახასიათებს გარემოს თვისებას ხანგრძლივი დროის მანძილზე. ამასთან, ორგანიზმების სხვადასხვა ჯგუფები წარმოადგენენ ერთგვარ სარეგისტრაციო აპარატებს, რომლებსაც ახასიათებთ შგრძნობელობის სხვადასხვა ხარისხი.

ბიოლოგიური ანალიზის შედეგად დგინდება სახეობა-ინდიკატორების სიები, რომლებიც საპრობულობის სხვადასხვა ზონებს შეესაბამება. ეს ართულებს წყლის თვისების შეფასებას. ამ სიძნელის გადასალახავად შემუშაებული იქნა ე.წ. ვექტორული მეთოდი, რომლის მისედვით შესაძლებელი ხდება იმის დადგენა, თუ საპრობულობის რომელ ხარისხს განეკუთვნება მოცემული სინჯი.

კოლკეიტც-მარსონის მეთოდი დამუშაებული იქნა იმ წყალსატევებისათვის, რომლებიც ჭუჭყიანდება ორგანული საყოფაცხოვრებო ჩანადენებით. სოლო სამრეწველო ჩანადენებით დაჭუჭყიანებული წყალსატევებისათვის იგი არ გამოდგება.

ბიოლოგიური მეთოდის უარყოფითი მხარეა პლანქტონური და ბენთოსური სინჯების დეტალური დამუშაევების აუცილებლობა, რომელიც მოითხოვს დიდ დროს და წყლის ფლორისა და ფაუნის კვალიფიციურ სპეციალისტებს ამ მიზეზების გამო კოლკეიტც-მარსონის ბიოლოგიური მეთოდი ფართო გამოყენებას ვერ პოულობს.

წყალსატევების დაჭუჭყიანების ხარისხის შესაფასებლად უკანასკნელ დროს გაჩნდა ახალი ბიოლოგიური მეთოდები. მაგალითად, იქმნება მეთოდები, რომლებშიც არ გამოიყენება სახეობა-ინდიკატორები. დიდი ყურადღება ექცევა პოპულაციურ ეკოლოგიაში მიღებული სხვადასხვა ინდექსების გამოყენებას. ასე, მაგალითად, დაჭუჭყიანების ხარისხის მრდისას მცირდება სახეობრივი ნაირგვაროობა – გამოყენებულია ნაირგვარობის სხვადასხვა ინდექსები. სახეობრივი შემადგენლობის ანალიზის დროს შემჩნეული ვანსხვაეებულობის მიხედვით ყოველთვის არ შეიძლება ვიმსჯელოთ სხვადასხვა დამჭუჭყიანებელთა მოქმედების განსხვავებულობაზე. მაგალითად, ღარიბი სახეობრივი შემადგენლობა შემჩნეულია არა მარტო ჩამდინარე წყლების შეერთების უბანზე, არამედ წყალსატეეიდან შენაკადების გამოსვლის ადგილებშიც. იმ დროს, როცა სახეობრივი შემადგენლობა თვისობრივად განსხვავდება მკვეთრად ერთმანეთისაგან.

ამგვარად, ამჟამად არ არსებობს ბიოლოგიური ანალიზის ერთიანი, საერთოდ მიღებული სისტემა. ყოფილ საბჭოთა ქვეყნებში (სსრკ-ს ყოფილი რესპუბლიკები) განსაკუთრებით პოპულარულია კოლკეიტც-მარსონის მეთოდი, როგორც უფრო მეტად დამუშაევებული და დახვეწილი.

ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდის მეთოდები

ჩამდინარე წყლების გაწმენდა სდება ფიზიკურ-მექანიკური, ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური მეთოდებით.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდას აწარმოებენ ძირითადად პირველი ორი მეთოდით. დაჭუჭყიანების მექანიკური კომპონენტების გაწმენდა ხდება მექანიკურად სამრეწველო ჩამდინარე წყლების მძიმე კომპონენტები ილექება სხვადასხვა ტიპის დამლექავებში ან იფილტრება სხვადასხვა სახის ლითონის ბადეებში. მსუბუქი ელემენტების (ცხიმები, ნავთობი) მოსაცილებლად გამოიყენება ვერტიკალური ფურდობები, რომლებშიდაც ჩამოელინებიან ჩამდინარე წყლები. მყაეებს, ტუტეებს, მძიმე მეტალების მარილებს აცილებენ მათი ნეიტრალიზაციის, კოაგულაციის და ფილტრაციის გზით.

ბიოლოგიური მეთოდები ძალზე ეფექტურია ორგანული ნივთიერებების შემცველი საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად. ეს მეთოდები დაფუძნებულია ორგანული ნივთიერებების ბიოლოგიური დაშლის იმ პროცესებზე, რომლებიც ბუნებაში მიმდინარეობს: ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად გამოიყენება სხვადასხვა ორგანიზმთა ჯგუფების მოქმედება. გაწმენდის ბიოლოგიური მეთოდები შეიძლება ორ ჯგუფად გაიყოს: პირველი — ორგანული ნივთიერებების ბიოქიმიური დაშლის პროცესების აღდგენა ნიადაგში (ფილტრაციის მინდვრები, სარწყავი მინდვრები, ბიოლოგიური ფილტრები, აეროფილტრები); მეორე — ამ პროცესების აღდგენა წყლის გარემოში (ბიოლოგიური ტბორები, აეროტენკები, მეტანტენკები).

ფილტრაციისა და სარწყავი მინდვრები წარმოადგენენ მცირე აუზების სისტემას 2-5 ჰექტარი ფართობით. მათში შემოედინება ჩამდინარე წყლები, რომლებიც წინასწარ გაწმენდილია უხეში, შეტივტივებული ნაწილაკებისაგან (მასალისაგან). ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხორციელდება ნიადაგში მისი მიკრობული მოსახლეობის ხარჯზე. გაწმენდის პროცესებში მონაწილეობს 1,5-2,0 მ-ის გრუნტის შრე. ფილტრაციის მინდვრებზე ხდება მხოლოდ ჩამდინარე წყლების გაწმენდა, ხოლო სარწყავ მინდვრებზე კი გაწმენდასთან ერთად ხორციელდება, სიმინდის, ბალახის და სხვადასხვა ფესვნაყოფა მცენარეთა გამოზრდა. მათი მოსავალი 2-4 -ჯერ სჭარბობს ურწყავი მიწების მოსავალს. სარწყავ მინდვრებზე წყალი მოედინება მთელი დღეღამისა და მთელი წლის მანძილზე. ზამთარში ჩამდინარე წყლები ათბობენ მიწას და ფილტრაცია უწყვეტია. ნიადაგში ფილტრაცია მთლიანად ასავისუფლებს წყალს

პელმინთების კვერცხებისაგან და 98-99% ბაქტერიებისაგან. ჩამდინარე წყლების დატვირთვა ფართობის ერთეულზე ნიადაგების საფილტრაციო და მინერალიზაციის შესაძლებლობის მიხედვით მერყეობს: ფილტრაციის მინდვრებზე 25-დან 75 მ^3/ჰა-მდე. სარწყავ მინდვრებზე 5-დან 15 მ^3/ჰა-მდე დღეღამეში.

ჩამდინარე წყლების ინდუსტრიული გაწმენდა ხდება ბიოლოგიურ ფილტრებში, აეროფილტრებში, აეროტენკებში – დანადგარებში, რომელთაც მცირე ფართობი უკავიათ. ბიოფილტრები – საცავებია, რომლებიც აესებულია ფოროვანი და ხორკლიანი მასალით (მლაკი). შეტივტივებული მასალისაგან წინასწარ გაწმენდილი ჩამდინარე წყლები აქ შემოდის გასაწმენდად. მთელი წყლის სისქეში ვითარდება სხვადასხვა მიკროორგანიზმები, რომლებიც ქმნიან სქელ ბიოლოგიურ აპკს. ბაქტერიალურ ფლორასთან ერთად აპკში საკმაოდ ნაირგვარია და მრავალრიცხოვანია წყალმცენარეები. მათ შორის წამყვანი როლი ეკუთვნის კაჟოვანებს – ფსკერულ და ეპიფიტურ ფორმებს. ლურჯმწვანე წყალმცენარეების დომინირებული მდგომარეობა მოწმობს ბიოფილტრების მუშაობის გაუარესებას. უფრო დიდი ზომის ორგანიზმებიდან აქ გვხვდება ნემატოდები, მცირეჯაგრიანი ჭიები, უმდაბლესი კიბოსნაირები, მწერთა ლარვები. ბიოაპკი – ძირითადი აქტიური ბიოაგენტის როლს თამაშობს წყლის გაწმენდაში. გაწმენდის პროცესები ორ ფაზად მიმდინარეობს: პირველი – გახსნილი და კოლოიდური ნივთიერებების ადსორბცია მიკროორგანიზმებით და ამავე ნივთიერებების დაჟანგვა და მინერალიზაცია ასევე მიკროორგანიზმების დახმარებით აეროფილტრებში, რომლებიც ისეა მოწყობილი, როგორც ბიოფილტრები, მინერალიზაციის პროცესების დაჩქარებისათვის ხდება ჰაერის მუდმივი გაბერვა.

აეროტენკები წარმოადგენენ დახურულ რეზერვუარებს, რომლებშიც ხდება ჩამდინარე წყლების გაწმენდა იმავე პრინციპით, როგორითაც წყალსატევებში თვითგაწმენდა, მაგრამ დიდი ინტენსიობით, რადგან აქ წყლის მთელი სისქე მუდმივად ნიაღება. აეროტენკების ზომები მნიშვნელოვანია: სიგრძე რამდენიმე ათეული მეტრია. სიგანე – 1,5-2,0 მ; სიღრმე 2-4 მ. აეროტენკებში, ისევე როგორც აეროფილტრებში, თავსდება დიდი რაოდენობით მსხეილფოროვანი მასალა: წაქა, კოქსი, ღორღი. მის ზედაპირზე ვითარდება მდიდარი ბაქტერიალური ფლორა, მრავალი უმარტივესები

და სხვა ორგანიზმები. ყველა ისინი ქმნიან ბოჭკოსებურ გროვებს, რომელთაც აქტიური შლამი ეწოდება და დიდ როლს თამაშობს წყლის გაწმენდის პროცესებში.

ჩამდინარე წყლებიდან გამოყოფილი შეტივტივებული მასალა შემდგომი დამუშავებისათვის გადადის ე.წ. მეტანტენკებში – დახურულ აუზებში, რომელიც შეიცავს აქტიური შლამის მნიშვნელოვან რაოდენობას. ორგანული ნივთიერებების დაშლა ხდება ანაერობულ პირობებში ბაქტერიების ცხოველმოქმედების შედეგად. ამასთან, როგორც დაშლის პროდუქტები – გამოიყოფა სხვადასხვა გაზები (მეთანი, წყალბადი, ნახშირორჟანგი, გოგირდწყალბადი).

ბიოლოგიური ტბორები წარმოადგენენ გამდინარე ან გაუმდინარე თხელწყლიან აუზებს (0, 6-1,5 მ-ის სიღრმის). ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხდება ბუნებრივ წყალსატევებში თვითგაწმენდის პროცესებთან ახლოს მდგომი პროცესებით. ჩამდინარე სითხე ტბორებში ჩაშვების წინ განზაედება სუფთა წყლით 3-5 -ჯერ. ჩამდინარე წყლების ტბორებში გაჩერების ხანგრძლივობა მერყეობს გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში 3-დან 20 დღემდე პროტოკოკოვანი წყალმცენარეების კულტურით მათი ინტენსიფიკაციის პირობებში. ამასთან, ხდება ისეთი წყალმცენარეების შერჩევა, რომლებიც ტბორებში შეტანისას მასიურად ვითარდებიან (Scenedesmus, Ankistrodesmus, Chlorella და სხვ.)

ამჟამად სულ უფრო დიდ გამოყენებას პოულობს ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად ე.წ. განიავებული ტბორები. მათი მოწყობა აეროტენკებსა და დამლექავებთან შედარებით 70%-ით და ექსპლოატაცია 80%-ით იაფი ჯდება.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდამ ბიოპაკით (ბიოფილტრებში, აეროფილტრებში) და აქტიური შლამით (აეროტენკებში) მიიღეს ძალზე ფართო გავრცელება და წარმოადგენენ ბიოქიმიური გაწმენდის ძირითად საშუალებას.

აღსანიშნავია ისიც, რომ ჩამდინარე წყლების რაოდენობა ჭარბობს გაწმენდილი წყლების რაოდენობას. ეს მთელი რიგი მიზეზებით აიხსნება: გამწმენდი ნაგებობების სიძვირით, ჩამდინარე სამრეწველო წყლების ძალზე დიდი ნაირგვარობით, რაც განაპირობებს მათი გაწმენდის ნაკლებეფექტურობას – თითქმის არ არსებობს მათი გაწმენდის ეფექტური მეთოდი.

ბუნებრივი წყალსატევების დაცვა ჩამდინარე წყლებით დაჭუჭყიანებისაგან შეიძლება მოხდეს სხვადასხვა გზით: წარმოების ტექნოლოგიის სრულყოფით, რის შედეგადაც მცირდება სხვადასხვა შენაერთების დანაკარგები, წარმოებებში წრიული წყალმომარაგების დანერგვით, რომლის დროსაც ხორციელდება ჩამდინარე წყლების მიდაქარხნული გაწმენდა და ხდება წყლის მრავალჯერადი გამოყენება წარმოებაში. ასეთი გზით წყლის ხარჯვა 1,5-3,0 -ჯერ მცირდება. ხდება წარმოების მშრალი მეთოდების დამუშავება, წარმოებაში ჩამდინარე წყლების ეფექტური და კომპლექსური მეთოდების დანერგვა.

ანტროპოგენურ ევტროფიკაციასთან ბრძოლის ორი მიდგომა არსებობს: პირველი – ევტროფიკაციის მიზეზების მოსპობა; მეორე – ამ მოვლენის შედეგების გაუნეიტრალებელყოფა.

ანტროპოგენული ევტროფიკაციის ძირითადი წყაროა წყალშემკრები აუზიდან ან ჩამდინარე წყლებით წყალსატევებში ბიოგენების დიდი რაოდენობის მოხვედრა, რის შედეგადაც ხდება წყალმცენარეების ძალზე მასობრივი გამრავლება ანუ წყალსატევების „აყვავეილება".

ევტროფიკაციის მიზეზების გასაუვნებელყოფად შენაკადების გაწმენდის გზით ხდება ბიოგენების მემცირება. ამ მიზნის მისაღწევად ორსაფეხურიან გაწმენდის სისტემას ემატება მესამე საფეხური ე.ი. ჩვეულებრივი ბიოლოგიური გაწმენდის შემდეგ სხვადასხვა სამუალებებით გამოყოფენ ბიოგენებს – ძირითადად ფოსფორს. ამ ელემენტს ლექავენ ალუმინისა და რკინის მარილებით. ასეთი დამუშავების სიძნელე იმაშია, რომ საჭირო ხდება ბიოგენების შემცირება ძალზე დაბალ კონცენტრაციამდე.

სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებიდან ჩამდინარე წყლებით წყალსატევების დაჭუჭყიანებისაგან დაცვა ხდება ტყისდამცველი და აგროტექნიკური ხასიათის ღონისძიებებით. მრავალი წყალსატევის ნაპირებზე შენდება ტყის ზოლები, რომლებიც ხელს უშლის ნიადაგების ჩამორეცხვას და ბიოგენური ელემენტების წყალში მოხვედრას.

წყალსატევების „აყვავილებასთან" საბრძოლველად დანერგილია და რეგისტრირებული ქიმიური, ბიოლოგიური და მექანიკური მეთოდები. ქიმიური მეთოდების დროს წყალსატევებში შეაქვთ ესა თუ ის ალგიციდები: სპილენძის კუპოროსი ქლორი და

სხვ. ყველა ეს მეთოდი ამჟამად ნაკლებად გამოიყენება. მათი მოქმედების ღროებითი ეფექტი, სწორი დოზირების სიძნელე, ხშირად შემჩნეული განმეორებითი „აყვავილება", ალგიციდების ტოქსიკური მოქმედების საშიშროება სხვა ორგანიზმებზე – ყოველივე ეს აძნელებს ქიმიური მეთოდების ფართო გამოყენებას.

ბიოლოგიური მეთოდის ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ სდება წყალსატევებში ბალახისმჭამელი თევზების ჩასახლება (ტილაპია – Tilapia aurea, თეთრი ამური – Ctenopharyngodon idella, თეთრი სქელშუბლა – Hypophthalmichthys molitrix). ტილაპია მოიხმარს წყალმცენარეებს, ყვავილოვან მცენარეებს, დეტრიტს; თეთრი ამური მოიხმარს; წყლის წყალმცენარეებს, ყვავილოვან მცენარეებს, დეტრიტს; თეთრი ამური მოიხმარს წყლის მცენარეულობას, ხოლო თეთრი სქელშუბლა იკვებება ფიტოპლანქტონით.

ბალახისმჭამელი თევზები მაინც არ თამაშობენ გადამწყვეტ როლს წყლის „აყვავილებასთან" ბრძოლაში, რადგან ისინი მოიხმარენ მცენარეული საკვების მხოლოდ მცირე ნაწილს, ხოლო მისი დიდი ნაწილი გადადის ისეთ ფორმაში, რომელიც აადვილებს შემდგომ დესტრუქციას და ამასთან ბიოგენების რეგენერაციას; ისინი კლავე ჩაერთვებიან ბიოტურ წრებრუნვაში და შეუძლიათ წყალმცენარეების განვითარების სტიმულირება.

მექანიკურ მეთოდებს განეკუთვნება წყალსატევიდან წაყლმცენარეების პირდაპირი ამოღება მათი „აყვავილების" დროს, მაკროფიტების ამოღება სპეციალური სათიბი მანქანის საშუალებით და სხვ. აუცილებელია წყლის „აყვავილებასთან" ბრძოლის სხვა მეთოდების შემუშავებაც.

თავი V

კვება და წყლის ორგანიზმების კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება

1. წყლის ორგანიზმების კლასიფიკაცია კვების ხასიათის მიხედვით

პიღრობიონტებში, ისევე როგორც ხმელეთის ორგანიზმებში, გამოიყოფა კვების ორი ძირითადი ტიპი — ავტოტროფული და ჰეტეროტროფული.

კვების ავტოტროფული ტიპით ხასიათდებიან მცენარეები, რომლებიც შეიცავენ ქლოროფილს და ეწოდებათ პროდუცენტები (მწარმოებლები). თავიანთი სხეულის ორგანული ნივთიერების წარმოქმნისათვის ისინი იყენებენ მზის ენერგიას და მინერალურ შენაერთებს. მზის ენერგიის გამოყენების ეფექტურობა დამოკიდებულია მთელ რიგ ფაქტორებზე. მაგალითად, მცენარეთა სახეობებზე და ასაკზე. მინერალური კვების პირობებზე, განათებულობაზე, ტემპერატურაზე და სხვ. რიბინსკის წყალსაცავზე ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ერთსა და იმავე პირობებში ფოტოსინთეზი კაკოვანებში მიმდინარეობს 2,3 -ჯერ უფრო ენერგიულად, ვიდრე ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეებში. ლაბორატორიულ პირობებში წყალმცენარეებს შეუძლიათ მთელი მიღებული სინათლის ენერგიის 50%-ის უტილიზაცია. ბუნებრივ პირობებში ეს რაოდენობა მერყეობს 0,02-დან 0,33%-მდე. (შესაბამისად ოლიგოტროფული და ეუტროფული წყლები).

წყლის გარემოში ავტოტროფული პროცესები ხორციელდება ძირითადად ფიტოპლანქტონის მოქმედების შედეგად. ფსკერის მცენარეოულობის როლი ამ მხრივ მოკრძალებულია და მხოლოდ თხელწყლიან კონტინენტალურ წყალსატევებში აქვს მას გარკვეული მნიშვნელობა. მთელი ორგანული ნივთიერებების ნახევარი, რომელიც პროდუცირდება ყოველწლიურად ჩვენს პლანეტაზე — იქმნება ფიტოპლანქტონით და, უპირველეს ყოლისა კი, კაკოვანი წყალმცენარეებით.

ორგანული ნივთიერებების შექმნაში მონაწილეობენ აგრეთვე მაქემოსინთემირებელი ბაქტერიები. ქემოსინთეზის დროს ენერგიის წყაროს წარმოადგენს ორგანული ნივთიერებების ანაერო-

ბული დაშლის პროდუქტები, რომლებიც მწვანე მცენარეებით იქმნება. წყალსატევებში, სადაც წყლის სისქეში მკვეთრად გამოხატული სტრატიფიკაციაა, აერობული და ანაერობული ზონების საზღვარზე მაქმოსინთეზირებული ბაქტერიები ინტენსიურად ახორციელებენ რიგი შენაერთების დაჟანგვას. ქმოსინთეზი შეადგენს ფოტოსინთეზის სიდიდის 5-10%-ს.

პეტეროტროფული ორგანიზმები ანუ კონსუმენტები (მომხმარებლები). იკვებებიან ცოცხალი ორგანიზმებით, მათი ნარჩენებით, მცენარეთა და ცხოველთა დაშლისა და ცხოველმოქმედების პროდუქტებით. ჰეტეროტროფებს განეკუთვნება ყველა ცხოველი, ხოლო მცენარეული ორგანიზმებიდან მრავალი ბაქტერიები, ზოგიერთი შოლტოსნები, სოკოები. კონსუმენტები იყოფა 3 ძირითად ჯგუფად: პირველი რიგის კონსუმენტები – მცენარისმჭამელი ორგანიზმები; მეორე რიგის კონსუმენტები – ლეშისმჭამელი ცხოველები, რომლებიც იკვებებიან სხვა ლეშისმჭამელი ცხოველებით. პეტეროტროფულ მცენარეებში გამოყოფენ საპროფიტებსა და პარაზიტებს. პირველნი მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ნივთიერებათა ცვლაში. წყლის ბაქტერიების უდიდესი უმრავლესობა საპროფიტებია, კვების პროცესში ისინი ფართო მასშტაბით ახდენენ სხვადასხვა ორგანული შენაერთების მინერალიზაციას და ამით ხელს უწყობენ წყალსატევებში ბიოგენური ელემენტების დაგროვებას.

მთელი რიგი მწვანე, ლურჯ-მწვანე, კაეოვანი წყალმცენარეები იკვებებიან მიქსოტროფულად, ზოგიერთ მათგანს შეუძლია დროებით აეტოტროფულიდან ჰეტეროტრუფულ კვებაზე გადასვლა. მიქსოტროფული კვება ახასიათებთ ზოგიერთ წყლის უმაღლეს მცენარეებს.

მცენარეების გავრცელების მიხედვით წყლის სისქეს ყოფენ ორ ოლქად: ტროფოგენურ ანუ პროდუქციის შემქმნელ და ტროფოლიტურ ანუ მომხმარებელ შრედ. ზღვის აუზებში პირველი ოლქის ქვედა საზღვარი გადის საშუალოდ 200 მ-ზე ე.ი. იქ, სადაც სიმკვრივის ცვალებადობის (ნახტომის) მუდმივი შრეა. ოლქის საზღვრები შეიძლება იცვლებოდეს მნიშვნელოვან ფარგლებში. მაგალითად, წყნარი ოკეანის სხვადასხვა რაიონებში სიმკვრივის ნახტომის შრე განლაგებულია 10-დან 250 მ-მდე. პროდუქციის შემქმნელი შრის მოცულობა ზღვებში შეადგენს მთელი მასის 2-3 %-ს. ზღვის აუზის ტროფოლიტური ზონის უზარმაზარი წყლის სისქე თავისი მოცულობით ჭარბობს დედამიწის ერთად აღებულ ყველა ბიოტოპს.

ტროფოლიტური ზონის მცხოერებთა საკვები წყარო ჯერ სრულად არაა შესწავლილი. მრავალი ცხოველი აწარმოებს მიგრაციებს პროდუქციის შემქმნელ შრეში 500-1000 მ-ის სიღრმიდან. საკვების ერთ-ერთი წყაროა ე.წ. „ტვამებისა და ფეკალური ნარჩენების წვიმა“ წყლის ბედა შრეებიდან. ის შეიძლება მეტად მნიშვნელოვანი იყოს. მაგალითად, მავ ჩღვაში პროდუქციის შემქმნელ შრეში ცხოველთა ტვამები შეადგენენ ცოცხალი ორგანიზმების მასის 30-70 %-ს. ეს ნარჩენები შეიცავენ 28%-მდე ცილას, 2,5 % ცხიმს, 20%-მდე ორგან.ულ ნახშირბადს. ამასთან ტვამებისა და ფეკალური მასის დიდი ნაწილი მთლიანად იხსნება და მინერალიზდება 1000 მ-ის სიღრმემდე. 1000 მ-ზე უფრო ღრმად შემჩნეულია დიდი რაოდენობით მცენარეული ნანოპლანქტონი, რომლის შემადგენლობაში შელის ქრიზომონადის ტიპის მოლტოსნები, ეოლეოქსისნაირნი, კოკოლიტოფორიდები და სხვები. ამ ორგანიზმების კვება ხორციელდება პეტეროტროფული გზით ორგანული ნასშირბადის ხარჯზე. ღრმაწყლიანი მცენარეული პლანქტონის სიხშირე აღწევს განათებულ შრეში მცხოერები პლანქტონის $\frac{1}{3}$-$\frac{2}{3}$-ს და ზოგჯერ ჭარბობს კიდეც მას. მომსმარებელი ოლქის მცხოერებთა საკვებს შეადგენენ აგრეთვე უმარტივესები, რომლებიც გასსნილი ორგანული ნივთიერებების და ბაქტერიების სარჯზე არსებობენ, და თვით ბაქტერიებიც.

ღრმაწყლიან ცხოველებს გამოუმუშავდათ ადაპტაციები საკვების უმარისობასთან დაკავშირებული ენერგეტიკული დანახარჯების მიმართ. მაგალითად, აბისალური სიღრმეების წარმომადგენლები ეწევიან პასიურ ცხოერებას. აქ პრაქტიკულად არ არის ნექტონი. ამ ოლქის დიდი ზომის წარმომადგენლებიც კი — თევზები, კიბოსნაირები, მოლუსკები მაკროპლანქტონს განეკუთვნებიან. ძვლოვანი ჩონჩხი იცვლება ხრტილოვანით, რაც განაპირობებს ცხოველის ხვედრითი წონის შემცირებას. რბილი ქსოვილები მდიდარია წყლით. ღრმაწყლიანი თევზები 2,5-ჯერ მეტ წყალს შეიცავენ თხელწყლიან თევზებთან შედარებით. ღრმაწყლიანი თავფეხიანი მოლუსკები საყრდენი და კუნთოვანი ქსოვილების განვითარების გამო მოგვაგონებენ მედუზებს. ზოგიერთი ღრმაწყლიანი თევზების ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობა ორჯერ დაბალია მათივე ზომის თხელწყლიან თევზებთან შედარებით.

2. საკვები რესურსების ძირითადი კატეგორიები

წყალსატევში არსებული მცენარეების, ცხოველების და მათი დამლის პროდუქტების, ხმელეთიდან ჩამოტანილი მასალის ერთიანობას ეწოდება წყალსატევის საკვები რესურსები. არჩევენ საკვები რესურსების 6 ძირითად ჯგუფს.

მცენარეები. პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ ფიტოპლანქტონი. ძალზე დიდია მისი საკვები როლი პიდროსფეროში. განსაკუთრებით დიდი ღირებულებით გამოირჩევა კაჟოვანები და მწვანე წყალმცენარეები. კაჟოვანებში მწვანე მასის 16% ცხიმია (სხვა წყალმცენარეებში ცხიმის შემცველობა 1-10%-მდეა). მათი ცილების შემადგენლობაში შედის ყველა შეუცვლელი ამინომჟავები. დიდი საკვები ღირებულება აქვთ პერიდინეებს, მათი დიდი მომის ფორმები ცელულოზური გარსის გამო ცუდად აითვისება. ტროპიკული ზოოპლანქტონის კვებაში დიდ როლს ასრულებენ კოკოლიტოფორიდები. მტკნარსა და მომლაშო წყალსატევებში მასობრივი ჯგუფია ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, რომელთა ზოგიერთი წარმომადგენელი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რიგი ულვაშტოტიანებისა და ხირონომიდების ფიტოფილური ლარვების კვებაში. საერთოდ კი ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების საკვები ღირებულება სხვა წყალმცენარეებთან შედარებით დაბალია. ისინი ქმნიან მეზოპლანქტონისათვის მიუწვდომელი დიდი ზომის კოლონიებს. მიკროსკოპული წყალმცენარეები მეტისმეტად რეპროდუქტიულებია, რის გამოც ძალზე სწრაფად აღადგენენ თავიანთ რიცხოვნობას — მიუხედავად იმისა, რომ დღეღამის მანძილზე ფიტოფაგები მათი ბიომასის 50-60 %-ს ითვისებენ. მსოფლიო ოკეანეში ფიტოპლანქტონის წლიური მოსავალი 10-ჯერ სჭარბობს ზოოპლანქტონისა და 200-ჯერ ბენთოსის მოსავალს.

ფიტოპლანქტონთან შედარებით ფსკერის მცენარეულობას ნაკლები მნიშვნელობა აქვს. ხმელეთის წყალსატევებში მცენარეები გამოიყენება რიგი მწერებისა და მათი ლარვების, მუცელფეხიანი მოლუსკების, ზოგიერთი თევზების საკვებად. ღვეებში მსხვილ მცენარეებს ითვისებენ ზოგიერთი ლითორალური ცხოველები (ღორტავები, თევზები).

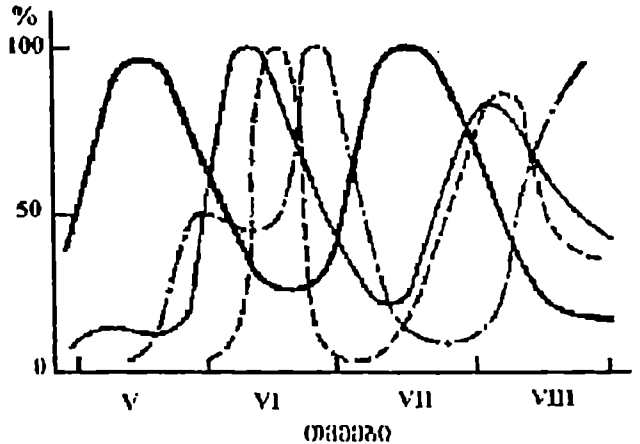
ფსკერული მცენარეების შამბნარებში ტროფული კავშირები წარმოიშობა ძირთადად პიდრობიონტებსა და პერიფიტონს შო-

რის, რომელიც მსხვილი მცენარეების ზედაპირზე ქმნის 1-3 მმ-ის სისქის შრეს. პერიფიტონი წარმოადგენს მოლუსკების, კიბოსნაირების, ჭიების, მწერების, ზოგიერთი თევზების საკვებს.

ბაქტერიები. ბაქტერიები ძალზე არათანაბარზომიერადაა განაწილებული წყალსატევებში. მათი ყველაზე დიდი კონცენტრაცია ხდება იმ ზონებში, სადაც ორგანული ნივთიერებები გროვდება, უპირველესად ყოველისა კი – ფსკერული დანალექების ზედაპირულ შრეში, სადაც მათი კონცენტრაცია ქმნის რამდენიმე მმ-ის სისქის შრეს. გრუნტებში ბაქტერიების ბიომასა 10-დან 100 გ/მ^2-მდე ცვალებადობს. წყალში ბაქტერიები გაერცელებულია დისპერსიულად ან შეჯგუფებულია კოშტებად – ბაქტერიალურ აგრეგატებად. ისინი ქმნიან 5-8 მკმ-ის სისქის მიკროსკოპულ ბოჭკოებს. ბაქტერიების რაოდენობა ძალზე დიდია სათევზმეურნეო ტბორებში – 2-8 გ/მ^3, ხოლო მინერალური სასუქების პირობებში 30 გ/მ^3-დე. მაღალპროდუქტიულ ტბებსა და წყალსაცავებში ბაქტერიოპლანქტონი იძლევა ბიომასას 2-5 გ/მ^3. ხოლო უფრო დაბალპროდუქტიულ წყალსაცავებში – 0,5-1,5 გ/მ^3 პროდუქტიული წყლების ეუფოტურ ოლქში – ზღვის აუზებში მისი ბიომასა აღწევს 0,5-1,5 მ^3-ს. ბაქტერიებისათვის ენერგიის ძირითად წყაროს წარმოადგენენ გახსნილი ორგანული ნივთიერებები, ასევე მინერალური ფოსფორი. ბაქტერიები ფსკერისა და პელაგიალის მრავალი უხერხემლოების საკვების მნიშვნელოვანი კომპონენტია. ზღვის მცენარისმჭამელი მეზოპლანქტონის რაციონში ბაქტერიები შეადგენენ საშუალოდ 30%-ს, ხოლო ფიტოპლანქტონის წილად მოდის 20-50%.

წყალსატევში ბაქტერიოპლანქტონის კონცენტრაცია როცაა 0,2-1 გ/მ^3-ია, იგი სრულად აკმაყოფილებს უმარტივესების, ღრუბლების, მარჯნის პოლიპების, ულვაშტოტიანებისა და სხვათა კვებით მოთხოვნილებებს. ბევრი მათგანისათვის ბაქტერიებს უფრო მეტი კვებითი ღირებულება აქვთ, ვიდრე წყალმცენარეებს (ფიტოპლანქტონს). ნიჩაბფეხიანები, ეეფაუზიიდები, ორსაგდულიანი მოლუსკები იყენებენ ბაქტერიების აგრეგატებს, რომლებიც მათი რაციონის 30-50 %-ს შეადგენენ.

ბაქტერიების რიცხოვნობისა და ბიომასის მაქსიმუმი ემთხვევა ფიტოპლანქტონის მასის სიკვდილსა და დაშლის პროცესს, რაც გაპირობებულია მათი „აყვავილებით“. შემდეგ მოდის უმარტივესებისა და ზოოპლანქტონის რიცხოვნობის მაქსიმუმი. (სურ. 18).



სურ. 18. *ფიტოპლანქტონის (1), ბაქტერიების (2), ინფუზორიების (3). და ზოოპლანქტონის (4) რიცხოვნობის სეზონური ცვლილებები რიბინსკის წყალსაცავის ეოლგის მუხლში (%-ით მათი მაქსიმალური მაჩვენებლებიდან).*

ბაქტერიები ფსკერული, შლამისმჭამელი ცხოველების მეტად მნიშვნელოვან საკვებ წყაროს წარმოადგენენ.

დეტრიტი (detritus – დანამცეცებული). დეტრიტი წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანიზმების არასრულად მინერალიზებული ნარჩენებისა და მცირედდისპერსიულ მინერალური ნაწილაკების ნარევს. დეტრიტის ფორმირებაში დიდ როლს ასრულებენ ჰიდრობიონტების მიერ ნაკლებად მოხმარებული ლურჯ-მწვანე და კაჟოვანი წყალმცენარეების დიდი ზომის სახეობები, მომაკვდავი ყვავილოვანი მცენარეები. დეტრიტის ნაწილაკები გაჟღენთილია ბაქტერიებით, რომლებსაც გახსნილი ორგანული ნივთიერების ადსორბციის უნარი აქვთ. დეტრიტის ზომები სხვადასხვაა. ყველაზე მცირე ზომისანი 0,1 მკმ-ისინი წყლის სისქეშია შეტივტივებული. უფრო დიდი ზომის დეტრიტი ფსკერულ დანალექებშია კონცენტრირებული. მსოფლიო ოკეანეში დეტრიტის წილად მოდის წყალში შეწონილი მთელი ორგანული ნივთიერებების 8-10%. სათევზმეურნეო ტბორებში – სესტონში დეტრიტის რაოდენობა 30-დან 70%-მდე მერყეობს. წყალში შეწონილი დეტრიტი მრავალი უხერხემლოსა და თევზთა ლარვების

საკვებია. ფსკერულ დანალექებში დეტრიტი წარმოადგენს მრავალი შლამში ჩაფლული ფორმებისა და ფსკერის ზედაპირის მცხოვრებთა კვების საფუძველს. დეტრიტის ძირითადი საკვები კომპონენტი ბაქტერიებია. ბაქტერიებით მდიდარი დეტრიტი წყალმცენარეებზე უფრო მეტი საკვები ღირებულებით ხასიათდება.

გახსნილი ორგანული ნივთიერებები (ეონ). ორგანული ნივთიერებები წყალში შეწონილი სახითაა, რომელიც, თავის მხრივ, შედგება ცოცხალი ორგანიზმებისა და დეტრიტისაგან, კოლოიდურ – გახსნილი და გახსნილი სახით. ამ უკანასკნელის წილად მოდის მთელი ორგანული ნივთიერებების 90-98%. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ძირითადი მასა წარმოდგენილია წყლის გუმუსის შედარებით მდგრადი ფრაქციით. ოკეანურ წყლებში მის წილად მოდის 60%-მდე. ნაკლები რაოდენობითაა ამინომჟავები, ნახშირწყლები, ვიტამინები. წყალსატევებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების წყაროები სხვადასხვაა. მათი გარკვეული რაოდენობა ხმელეთიდან მოდის. მკედარი ჰიდრობიონტების გახრწნისას (განსაკუთრებით პლანქტონის) მათი ნაწილი გადადის სსნარში, დიდი ნაწილი შემდგომ განიცდის მინერალიზაციას, ხოლო დარჩენილი რაოდენობა წარმოდგენილია ჰუმუსით. წყალში გახსნილი ნივთიერებების დაგროვებაში დიდ როლს ასრულებს ფიტოპლანქტონისა და უმაღლესი წყლის მცენარეების გამონაყოფები. წყალმცენარეებში ისინი შეადგენენ დღეღამის მანძილზე სინთეზირებული მთელი ორგანული ნივთიერებების 20-30%-ს. გამოყოფის ძირითადი პროდუქტია – გლიკოლური მჟავა, რომელიც ადვილად აითვისება მიკროფლორის მიერ. გახსნილი ორგანული ნივთიერებები მრავალი ორგანიზმის მიერ გამოიყენება საკვებად.

უხერხემლოები. ყველა უხერხემლოს ერთნაირი საკვები ღირებულება არა აქვთ თევზებისა და სხვა ცხოველებისათვის. მტკნარი წყლების პელაგიალში საკვები ღირებულება აქვთ უმარტივესებს, ციბრუტელებს, უმდაბლეს კიბოსნაირებს, ხოლო ბენთალში – ხირონომიდების ლარვებს, მცირეჯაგრიან ჭიებს, მცირე მომის მოლუსკებს. ზღვის პელაგიალში მნიშვნელოვანი საკვები ღირებულება აქვთ ნიჩაბფეხიან კიბოსნაირებს, ზოგიერთ უმაღლეს კიბოსნაირებს. (ევფაუზიიდები, ამფიპოდები). ფსკერის უხერხემლოებს შორის თევზებისათვის ყველაზე მეტი საკვები ღირებულება

აქვთ მრავალჯაგრიანებს, მცირე ზომის ორსაგდულიან მოლუსკებს და უმაღლეს კიბოსნაირებს.

წყალსატევების ფაუნაში საკმაოდ ბევრია ორგანიზმები, რომლებსაც ნაკლები მომხმარებელი ჰყავთ ან საერთოდ არ ჰყავთ მომხმარებელი. მაგალითად, მტკნარ წყლებში ასეთებია დიდი ზომის ორსაგდულიანი მოლუსკები, ზოგიერთი მწერების მრდასრული ფორმები და ლარვები. ბღვებში ნაკლებად მოიხმარება ღრუბლები, ნაწლაგღრუიანები, მსხეილი მუცელფეხიანები, ორსაგდულიანები და მრავალი კანეკლიანები.

ორგანიზმს ხშირად გარკვეულ ასაკამდე აქვს დიდი კვებითი ღირებულება, ხოლო შემდეგ, მრდასთან ერთად კარგავს მას. მაგალითად, ბღვის ვარსკვლავების ახალგაზრდა ფორმები ზოგიერთი თევზების მიერ გამოიყენება საკვებად, ხოლო მრდასრული ფორმები კი გადაიქცევიან თევზის კონკურენტებად. მტკნარი წყლების მრავალი თევზის ნაკლებადმოძრავი ლარვები განვითარების პირველ ეტაპზე ხშირად მოიხმარება Calanoida -ს მიერ, ხოლო მრდის შემდეგ თევზების ლიფსიტები იწყებენ ამ ნიჩაბფეხიანებით კვებას.

ალოქტონური მასალა. (allos – სხვა, Chtos – მიწა). კონტინენტალურ წყალსატევებში და ბღვის ნერიტულ ოლქში არანაკლები ღირებულების კვების წყაროს წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანული მასალა, რომელიც ხმელეთიდან ჩამოიტანება: დეტრიტი, ხის მერქნის ნაწილები (მათმა წონამ წყალსატევებში შეიძლება მიაღწიოს ასეულ და ათასეულ გრამს $1მ^2$-ზე), მცენარეების მტვერი, რომელიც სხვადასხვა უსერხემლოებისა და თევზების საკვებია. ასე, მაგალითად, ხეთა ფოთლები Asselus aquaticus-ის საკვების 90%-ს შეადგენს და მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ზოგიერთი გამარიდებისა და მეწყლიანთა ლარვების კვებაში. მცენარეთა მტვრით იკვებება მრავალი ციბრუტელა და ულვაშტოტიანი კიბოსნაირი. მთის მდინარეებში, რომლებიც ღარიბია პლანქტონით, ხოლო ბენთოსი ძნელად ხელმისაწვდომია, ალოქტონური წარმოშობის ორგანიზმები ხშირად თევზების ძირითად საკვებს წარმოადგენენ.

3. წყალსატევების საკვები ბაზა და ნაკვებობა

წყალსატევის საკვები რესურსების იმ ნაწილს, რომელიც გამოიყენება ამ წყალსატევის ორგანიზმების მიერ — საკვები ბაზა ჰქვია, ხოლო საკვები ბაზის იმ ნაწილს, რომელიც სინამდვილეში გამოიყენება ჰიდრობიონტების მიერ, ეწოდება წყალსატევის ნაკვებობა.

საკვების რაოდენობა, რომელსაც ჰიდრობიონტები ღებულობენ, დამოკიდებულია საკვები ბაზის მოცულობაზე, ცალკეული საკვები კომპონენტების ხელმისაწვდომობის ხარისხზე, კონკურენტების არსებობაზე.

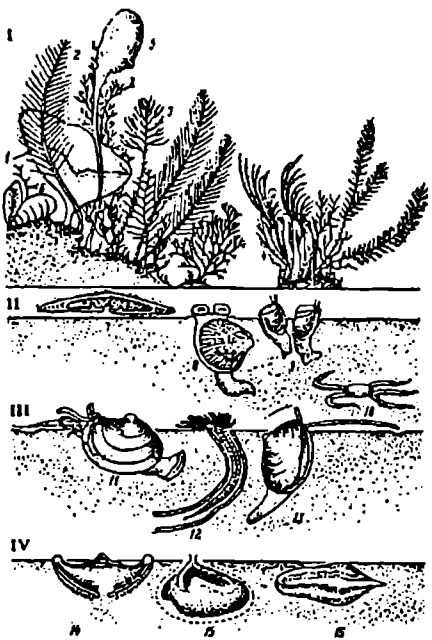
ორგანიზმებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება საკვებად. თავის მხრივ გამოუმუშავედათ სხვადასხვა შეგუებანი, რომლებიც ხელს უმლის მათს ინტენსიურ მოხმარებას — მასკირება, სხვა ორგანიზმების დაცვის ქვემ არსებობა, გრუნტში ჩაფლვა და სხვ.

პლანქტონისა და ბენთოსის რაოდენობაზე წყალსატევებში ხშირად დიდ გავლენას ახდენენ მგატეებელი უხერხემლოები. მაგალითად, ზუთხის საგბორე მეურნეობებში ხირონომიდების მგატეებელი ლარვები Procladius -ის გვარიდან ანადგურებენ თითქმის იგივე რაოდენობის მშვიდობიანი ხირონომიდების ლარვებს, რამდენსაც ზუთხის ლიფსიტები. რიბინსკის წყალსაცავში ციკლოპები $1მ^2$ ფართობზე ზაფხულში მოითხოვენ სამჯერ მეტ უხერხემლოებს, ვიდრე თევზების ლარვები. ძალზე დიდია მგატეებელი უხერხემლოების ზემოქმედება ზღვების პლანქტონსა და ბენთოსზე. მაგალითად, ჩრდილოეთის ზღვაში ბენთოსის 90% მეტს მოიხმარენ მგატეებელი და ყველაფრისმჭამელი უხერხემლოები (კიბორჩხალები, კანეკლიანები, მუცელფეხიანი მოლუსკები).

4. საკვების მოპოვების ხერხები

წყლის ცხოველებს შორის, ისევე როგორც ხმელეთის მკვიდრთა შორის, ასხვავებენ ყველაფრისმჭამელ, მცენარისმჭამელ და მგატეებელ სახეობებს. იმის მიხედვით, თუ წყალსატევის რომელ ოლქში მოიპოვება საკვები ს. ა. ზერნოვი გამოყოფს ბენთოფაგებს და სესტონოფაგებს. პირველნი იკვებებიან ფსკერული ორგანიზმებით ანუ გრუნტით, ხოლო მეორენი საკვებად იყენებენ წყალში შეწონილ მასალას: პლანქტონს, ნექტონს, დეტრიტს. (სურ. 19).

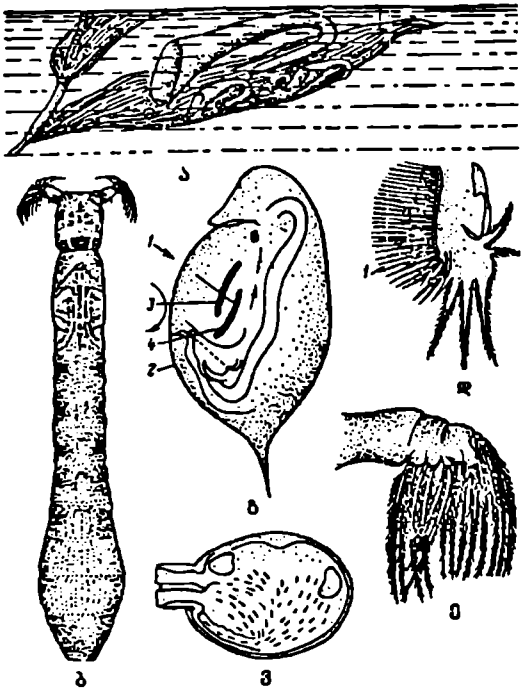
ფსკერული დანალექებით მკვებავი ცხოველები შეიძლება ორ ჯგუფად დავყოთ. პირველს განეკუთვნება მყლაპავები – ისინი, რომლებიც ყლაპავენ გრუნტს განურჩეველად, არ აცილებენ ერთმანეთს ორგანულსა და მინერალურ ნაწილაკებს. ასეთებია მრავალი ჭია, ზოგიერთი ზღვის ზღარბი, პოლოთურიები, ზღვის ვარსკვლავები. მყლაპავი ორგანიზმების ღიღი ნაწილი გრუნტში ჩაფლულ ცხოვრებას ეწევა.



სურ. 19. *ზღვის ფსკერის უხერხემლოების დაყოფა საკვების მოპოვების ადგილთან დამოკიდებულებით*

I – უმოძრაო სესტონოფაგები; II – მოძრაო სესტონოფაგები; III – დეტრიტის მომპოვებლები. IV – გრუნტის მყლაპავები; 1 – ღრუბლები; 2 – პიდროიდები. 3 – ხავსელები; 4 – ბალანუსები; 5 – ასციდიები; 6 – მიდიები; 7 – ბრტყელი ზღვის ზღარბი. 8 – კარდიუმი; 9 – ამფიპოდები (Ampeliscidae); 10 – ოფიურა; 11 – მოლუსკიიოლდია; 12 – მრავალჯაგრიანი ჭია; 13 – მოლუსკი მაკომა; 14 – ზღვის ვარსკვლავა; 15 – ზღვის ზღარბი; 16 – პოლოთურია.

მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ფორმები, რომლებიც აგროვებენ ღეტრიტის ნაწილაკებს ვრუნტის ზედაპირიდან – სიფონების საშუალებით (ზოგიერთი Bivalvia), პალპების საშუალებით (რიყი მრავალჯაგრიანები), ამბულაკრალური ფეხებით (ოფიურების უმეტესობა).



სურ. 20. *წყლის უხერხემლოთა საკვების მოპოვების ხერხები*

ა – მეწყლიას – Neuroclipsis bimaculata -ს ლარვის საჭერი ბადე; ბ – ხაესელას – Simulium -ის ლარვა; გ – დაფნია (ისრები წყლის დინების მიმართულებაა, რაც გამოწვეულია კიდურების მოძრაობით); 1 – წყლის შემავალი ნაკადი. 2 – წყლის გამომავალი ნაკადი; 3 – საფილტრაციო კამერა; 4 – მუცლის ღარი; დ – დაფნიას მესამე წყვილი ფეხი: 1 – ენდოპოდიტის ჯაგრების სავარცხელი. ე – ფილტრატორი კალანიდების მეორე მაქსილები; ვ – ორსაგდულიანი მოლუსკის სხეულის ხედი (სქემა).

მტაცებელი ბენთოფაგები იყოფიან: ყველაფრისმჭამელ ფორმებად, რომლებიც იკვებებიან სხვადასხვა ნარჩენებით, მიმაყრებული ცხოველებით, მცენარეულობით (მრავალი უმაღლესი კიბოსნაირები, ზღარბები და სხვ.), მონადირეებად – რომლებიც ძირითადად მოძრავი ფორმებით იკვებებიან. ისინი აქტიურად ეძებენ და მისდევენ თავის მსხვერპლს (მრავალი უმაღლესი კიბოსნაირები და ზღვის ვარსკვლავები), ჩასაფრებულები (მაგალითად, ჭრიჭინების ლარვები), რომლებიც უთვალთვალებენ თავის მსხვერპლს.

სესტონოფაგებს წარმოადგენენ მრავალი როგორც ბენთოსური, ისე პელაგური ცხოველები. ზოგიერთი ბენთოსური სესტონოფაგები მოიპოვებენ საკვებს წყლის ფსკერული ფენიდან. (ორსაგდულიანი მოლუსკები მოკლე სიფონით – Pecten, Cerastoderma, ზოგიერთი პოლოთურია), სხვები იპყრობენ უფრო მაღალ პორიზონტებს (ღრუბლები, მიდიები, ასციდიები). პელაგიალში პიდრობიონტების უმეტესი ნაწილი განეკუთვნება სესტონოფაგებს. ზოგი მათგანი უპირატესად ფიტოპლანქტონით იკვებება (მრავალი ნიჩაბფეხიანი და ულვაშტოტიანი კიბოსნაირები), სხვებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიებს, უმარტივესებს, მეწონილ ღეტრიტს. მტაცებლებს განეკუთვნება მრავალი ნაწლავღრუიანი, სავარცხლურები, ჯაგარყბიანები, რიგი ნიჩაბფეხიანები. მათი უმრავლესობა აქტიური მტაცებლებია.

სესტონოფაგ ცხოველებს გამოუმუშავდათ საკვების მოპოვების სპეციფიური ხერხები ფილტრაციისა და სედიმენტაციის გზით.

<u>ფილტრატორები</u>. ფილტრაციით საკვების მოპოვება გავრცელებულია ძალზე ფართოდ როგორც ბენთოსურ, ისე პელაგურ ორგანიზმებში. არჩევენ აქტიურ და პასიურ ფილტრატორებს (სურ. 20).

აქტიური ფილტრატორები დანამატების მუდმივი მოძრაობის გზით ქმნიან წყლის ნაკადს და ფილტრავენ სესტონს. მათ განეკუთვნება მოძრავი ცხოველები და მიმაგრებული ფორმები (ციბრუტელები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, უმაღლესი და უმდაბლესი კიბოსნაირები, მწერთა ზოგიერთი ლარვები, ბარსიანები და უკბილო ვეშაპები). ულვაშტოტიანი კიბოსნაირების – Daphniidae, Bosminidae, Chidoridae, Macrothixidae და სხვ. საფილტრაციო აპარატს წარმოადგენს მკერდის ფესვები, რომლებიც მოქმედებენ ტუმბოს მსგავსად. 3-4 წყვილი ფეხის ენდოპოდიები წერილი ჯაგრების ერთგვარ საცერს ქმნიან, რომელშიც იფილტრება წყალში არსე-

ბული სესტონი. შემდგომ ეს მასა სვდება მუცლის ღარში და წინაკიდურების მოძრაობით მიემართება პირის ხვრელისაკენ. ნიჩაბფეხიანი კიბოსნაირები ქმნიან წყლის ნაკადს მეორე წყყილი ანტენებითა და თავის სხვა დანამატებით, ხოლო ფილტრაციის როლს მეორე მაქსილების ჯაგრები ასრულებენ.

უმაღლეს კიბოსნაირებში – მიზიდებსა და გვერდულებში – ფილტრაცია ხდება თაეის დანამატებით, სოლო ორსაგდულიანებში და ასციდიებში – ლაყუჩებით. პლანქტოფაგი თევზების საფილტრაციო აპარატს ლაყუჩის ფსაჭები წარმოადგენს. უკბილო ვეშაპებს უდიდესი ზომის ფილტრი აქვთ, რომელსაც ქმნიან სამკუთხედის ფორმის სასის რქოვანი ფირფიტები – ე.წ. ვეშაპის ულვაშები. ამ ფირფიტების შიგნითა მხარე და კიდეები დაფარულია მრავალრიცხოვანი ჯაგრებით, რომლებიც ქმნიან ფილტრს. ფირფიტები გარდიგარდმო რიგებით ენის ორივე მხარესაა განლაგებული. მათი რიცხვი 360 აღწევს. მრავალი ფილტრატორის კვების პროცესი დაკავშირებულია სუნთქვასთან. ფილტრატორების უმეტესობა ფილტრავს გარკვეული ზომისა და თვისებების ნაწილაკებს. ულვაშტოტიანი და ნიჩაბფეხიანი კიბოები კარგად არჩევენ ერთმანეთისაგან ცოცხალსა და მკედარ უჯრედებს; ასევე არასაკვებ ნაწილაკებს, რომლებსაც ისინი გადმოყრიან. არჩევენ „ნამსა“ და „უხეშ“ ფილტრატორებს. პირველს განეკუთვნება ულვაშტოტიანი კიბოსნაირების უმრავლესობა. მათი ფილტრის ხვრელების დიამეტრი 0,3-0,4 მკმ-ია და მათ შეუძლიათ ბაქტერიების ცალკეულ უჯრედთა გაფილტვრა. ამ ჯგუფსვე განეკუთვნება აპენდიკულარიები, კანეკლიანთა ლარვები და სხვ. მეორე ჯგუფს განეკუთვნება უმეტესობა მღვის და მოგიერთი მტკნარი წყლის უხერხემლოები. მაგალითად, ნიჩაბფეხიანები, უმაღლესი კიბოსნაირები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, ასციდიები და სხე. ნიჩაბფეხიან კიბოსნაირებში ძირითად საფილტრაციო აპარატს ქმნიან მეორე მაქსილები ჯაგრებით, რომელთა შორის მანძილი 1,5-დან 9 მკმ-მდეა. ამიტომ მათ გასაფილტრად სჭირდებათ მსხვილი შეტივტივებული მასალა და ბაქტერიები, რომლებიც შედიან აგრეგატების შემადგენლობაში.

მოგიერთ ცხოველს შეუძლია სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების გაფილტვრა. მაგალითად, ულვაშფეხიანი კიბოსნაირები იკვებებიან სესტონით, რომლის ზომა 2 მმ-დან 1მმ-მდეა, ხოლო მოგიერთი ოფიურები ფილტრაეენ სესტონს 0,5-დან 11 მმ-მდე.

კვების პროცესში ფილტრატორები თავიანთი სხეულის სიღრუეში უშვებენ წყლის მნიშვნელოვან მოცულობას. მაგალითად, Calanus finmarchicus დღეღამეში ფილტრავს 3 ლ-მდე წყალს. უჩინსკის წყალსაცავში მცხოვრები დრეისენები მაისიდან ოქტომბრამდე ფილტრავენ 302 მილიონ მ^3 წყალს, რაც წყალსაცავის მოცულობას ორჯერ სჭარბობს.

ფილტრაციის სიჩქარე დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე. დადგენილია, რომ არის პირდაპირი კავშირი ტემპერატურასა და ფილტრაციის სიჩქარეს შორის. მაგალითად, ნიჩაბფეხიან კიბოსნაირებში +20°C-ის დროს ფილტარციის სიჩქარე ორჯერ მეტია, ვიდრე +10°C-ის დროს. არსებითი მნიშვნელობა აქვს საკვების კონცენტრაციას. დადგენილია, რომ საკვების კონცენტრაციის მრდასთან ერთად ფილტრაციის სიჩქარე მკვეთრად ეცემა. ფილტრატორების უმრავლესობას აქვს საკვების კონცენტრაციის მიხედვით ფილტრაციის რეგულირების უნარი. საკვების სიუხვის შემთხვევაში ამცირებს ენერგიის ხარჯვას.

პასიური ფილტრატორები მოიპოვებენ საკვებს მათს გვერდით მომდინარე წყლებიდან. ეს პიდრობიონტები ცხოვრობენ მიმდინარე წყლებში ან მიქცევა-მოქცევის ძლიერ დინებაში. პასიურ ფილტრატორებს განეკუთვნება მოძრაი და მიმაგრებული ფორმები. მეწყლიების ზოგიერთი ლარვები აგებენ სპეციალურ ბადეებს, რომელთა ღია ბოლო მიმართულია დინების საწინააღმდეგოდ. ბადეზე დალექილი სესტონი დაგროვების მიხედვით მოიხმარება ცხოველების მიერ. სიმულიდეების ლარვები ეწვევიან მიმაგრებულ ცხოვრებას მცირე ზომის მდინარეებსა და ნაკადულებში. მათს საფილტრაციო აპარატს წარმოადგენს მარაოსებური ულვაშები, რომლებიც დინების შემსვედრადაა მიმართული. წყლის მიერ მოტანილი საკვები ნაწილაკები რჩება ულვაშებზე, როგორც ფილტრზე. მთელი რიგი ლითორალური ოფიურები ცელიან საკვების მოპოვების ხერხს გარემომცველი გარემოს მდგომარეობის შესაბამისად დამდგარ წყალში ოფიურები აგროვებენ დეტრიტს ფსკერის ზედაპირიდან, ხოლო ძლიერი დინების დროს კი ისინი აღმართავენ სხიევებს და გაშლიან ამბულაკრალურ ფესვებს ისე, რომ ქმნიან სხიევებზე ორ გასწვრივ სავარცხელს, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ სწორი კუთხით არიან მიმართული. ზღვის შრომანები გაშლიან სხიევებს ფართო მარაოს სახით დინების.

შემსვეღრი მიმართულებით და მათი საცეცები ამ დროს ქმნიან წერილთელიან ბადეს.

სედიმენტატორები ანუ დამლექავები. შეწონილი მასალის დალექვის გზით საკვების მოპოვებას ახდენენ მრავალი პიდრობიონტები: უმარტივესებიდან კანეკლიანებამდე. სედიმენტატორების უმრავლესობას სხეულის წინა ბოლოში გააჩნიათ ერთგვარი საჭერი ძაბრი, რომელიც გარსმემორტყმულია საცეცებითა და წამწამებით, რომელთა მოძრაობა წყალში ქმნის მორევს და შეწონილი მასალა ილექება ძაბრის ფსკერზე. ღრუბლებში სესტონის დალექვა ხდება სხვანაირად. მრავალი არხით დაქსელილი მათი სხეულიდან წყალი ხვდება შოლტიან კამერებში. შეწონილი მასალა ილექება მათს კედლებზე და შემდგომ შთაინთქმება საყელოიანი უჯრედებით. მარჯნებში სედიმენტაციას ახორციელებენ საცეცების კარგად განვითარებული წამწამიანი ეპითელიუმი და მათზე უსვად არსებული ლორწო. ხირონომიდების მრავალი ლარვია. რიგი მრავალუჯრედიანები ახორციელებენ საკვები მასალის სედიმენტაციას თავიანთ სახლებში – მილებში სხეულის ტალღისებური მოძრაობის გზით. ეს ორგანიზმები ქმნიან წყლის დინებას თავიანთი სახლების გავლით, ხოლო შემდგომ აგროვებენ საკვებ ნაწილაკებს, რომლებიც მიკრულია სახლის წებოვან კედლებზე.

მრავალ ცხოველში (ორსაგდულიანი მოლუსკების ნაწილი, ჭიები, კიბოსნაირები, მწერთა ლარვები) საკვების მოპოვებისას ერთმანეთს ენაცვლება ფილტრაცია და სედიმენტაცია. ორსაგდულიან მოლუსკებში (მიდიები, ხამანწკები, უკბილოები) წყლის დინება იქმნება ლაყუჩებისა და მანტიის წამწამიანი ეპითელის მუშაობით. წყალი შედის ქვედა სიფონით, გარს ევლება ლაყუჩებს და გამოდის ზედა სიფონის გზით. შეწონილი მასალა ილექება ლაყუჩების ზედაპირზე და სხეულის სხვა ნაწილებზე. დალექვას ხელს უწყობს მოლუსკების მიერ დიდი რაოდენობით გამოყოფილი ლორწო, რომელიც სესტონის ნაწილაკების კოაგულაციას ახდენს. დალექვასთან ერთად ხდება სესტონის ფილტრაცია ლაყუჩის ხვრელებში.

ბიოფილტრის მოვლენა. მრავალი ცხოველი – ბღვისა და მტკნარი წყლის ფილტრატორები და სედიმენტატორები, ფსკერული და პელაგური ორგანიზმები (ღრუბლები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, კიბოსნაირები და სხვ.). კვების პროცესში ატარებენ წყლის დიდ მასას სხეულის ღრუს გზით (პარაგასტრალური, მანტიის, ლა-

კუჩების) და სხეულის ირგვლივ. მაგალითად, ეოლგოგრადის წყალსაცავში დრეისენა გაფსულის მანძილზე ფილტრავს 840 კგ[3] წყალს, რაც ჭარბობს მდ. ეოლგის დინებას დარეგულირებამდე 3-ჯერ. მარჯნის პოლიპების მოსახლეობა და, უპირველეს ყოვლისა – მადრეპორული მარჯნები წარმოადგენენ უბარმაბარ ბიოფილტრებს. ეს ცხოველები გაფილტერითა და დალექვით აუმჯობესებენ წყლის გამჭვირვალობას. მაგალითად, ეოლგოგრადის წყალსაცავში მოლუსკები იღებენ 36 მილიონ ტონა შეწონილ მასალას. ამასთან ერთად ბიოფილტრატორი ცხოველების მოქმედება ხელს უწყობს შლამოვანი დანალექების ფორმირებას – განსაკუთრებით სანაპიროზე – სადაც ორსაგდულიანი მოლუსკებისა და სხვა მიმაგრებული ფორმების დასახლება ქმნის ძლიერ ბარიერებს. წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესში ფილტრატორები და სედიმენტატორები ძალზე დიდ როლს თამაშობენ.

5. ტროფული ჯგუფები და ზონები წყალსატევების ბენთალში

წყალსატევების გაშლილი უბნების ბენთალის თანასაზოგადოებების დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ის, რომ ეს უბნები ან სრულიად მოკლებულია პროდუცენტებს ან ისინი სუსტადაა განვითარებული. აქ მცხოვრები უხერხემლოების კვების წყაროს წარმოადგენს დეტრიტი, რომელიც წყლის ფსკერულ ფენაშია შეწონილი ან დალექილი გრუნტის ზედაპირზე. დია რაიონების ბენთალში მტაცებელი უხერხემლოების როლი მედარებით მცირეა.

ღრეებში ფსკერის დეტრიტოფაგი – უხერხემლოებისათვის გამოყოფენ კვების 4 ოლქს: 1. გრუნტის სისქე – კვების წყაროა მყლაპავებისათვის, რომლებიც გრუნტში ჩაფლულ ცხოვრებას ეწევიან. 2. გრუნტის ზედაპირი – კვების წყაროა ცხოველებისათვის, რომლებიც დეტრიტს აგროვებენ და ფსკერის ზედაპირზე ცხოვრობენ ან ნახევრადჩაფლულ ცხოვრებას ეწევიან. 3. წყლის ყველაზე ფსკერული ის შრეებია, რომლებიდანაც იღებენ საკვებს მრავალი სესტონოფაგები. 4. წყლის უფრო მაღალ შრეებში სახლობენ მიმაგრებული სესტონოფაგები.

ფსკერული ცხოველების ტროფული დაჯგუფებები თავისი გავრცელებით მტკიცედ არიან დაკავშირებული დანალექების დაგრო-

ევების რეჟიმთან, რომელიც განაპირობებს დეტრიტის ძირითადი მასის შეწონილ მდგომარეობას, დალექვას ან დამარხვას. დეტრიტის განაწილების ხასითზე გავლენას ასდენს ფსკერის რელიეფი. ფსკერის აწევის რაიონებში იმრდება წყლის ცირკულაცია, რომელიც დეტრიტის დალექვას უმლის ხელს. ღრმულებსა და სწორ ფსკერზე ხდება დეტრიტის დაგროვება დანალექების სახით. გრუნტის ხასიათზეა დამოკიდებული ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია მასში. მსხვილი ფრაქციებისაგან შემდგარ გრუნტში მცირდება დამარხული და დალექილი დეტრიტის რაოდენობა. ამ რაიონებში იმრდება ფსკერულ შრეში შეწონილი ორგანული ნაწილაკების რაოდენობა. მცირე ზომის ფრაქციებისაგან შედგენილ გრუნტში – პირიქით – დალექილი და დამარხული დეტრიტის რაოდენობა იმრდება. მაგალითად, თიხიანი შლამი 4-ჯერ მეტს შეიცავს დეტრიტს, ვიდრე სილა. წყალსატევების ბენთალისათვის დამახასიათებელია არათანაბრობა დეტრიტის დაგროვებაში. ცხოველების საკვების დაჯგუფებების განაწილებასთან დაკავშირებით აღინიშნება გარკვეული ზონალობა. ფსკერის მონაკვეთს, რომელიც ამა თუ იმ ტროფიკული დაჯგუფებების ბიოცენოზითაა დაკავებული, ეწოდება ტროფიკული ზონა. ტროფიკული ზონა მთელ თავის სიგრძეზე ხასიათდება კვების მსგავსი პირობებით. სესტონოფაგების ტროფიკული ზონა განლაგებულია წყლის მასების ინტენსიური მოძრაობის რაიონებში. განურჩეველი დეტრიტოფაგი-მყლაპავების ტროფიკული ზონა მდებარეობს დანალექწარმოქმნის დაბალი სიჩქარეების ადგილებში, მაგალითად, ღრმაწყლიან ღრმულებში. ამ რაიონის ბენთოსში განურჩეველი მყლაპავები შეადგენენ მთელი ცხოველების 50-99%-ს. დამახარისხებელი დეტრიტოფაგების სიჭარბის ზონა განლაგებულია უმეტესად თხელწყლიან უბნებში – დეტრიტის ინტენსიური დალექვის რაიონებში.

6. წყლის ცხოველების კვების თავისებურებანი

წყლის ცხოველების კვება ხასიათდება მთელი რიგი თავისებურებებით, რაც არ ახასიათებთ ან იშვიათად გვხვდება ხმელეთის ორგანიზმებში.

ორგანიზმის გარეშე საკვების გადამუშავება. მრავალ უხერხემლოს აქვს იმის უნარი, რომ ორგანიზმის გარეშე გადაამუშაოს საკვები. ასეთი ხერხით იკვებებიან, მაგალითად, მოგიერთი მღვის

ვარსკვლავები. მათს ძირითად საკვებს ორსაგდულიანი მოლუსკები შეადგენს, თუ ნადაელი აღმოჩნდება დიდი ზომის, ზღვის ვარსკვლავა ამბულაკრალური ფეხებით მიეკრობა მოლუსკის საგდულებს და განუწყვეტელი გაწელვითი მოძრაობებით აიძულებს მას გახსნას ნიჟარა. შემდეგ ზღვის ვარსკვლავა ამოაბრუნებს თავის კუჭს პირის ღრუდან, გადააფარებს მას მოლუსკის რბილ ნაწილს და გადაამუშავებს მას, რის შემდეგ კუჭს პირის ღრუს გზით კვლავ ჩააბრუნებს თავის ადგილზე. სხვა ზღვის ვარსკვლავები ასეთი ხერხით ჭამენ მადრეპორულ მარჯნებს. ასე, მაგალითად, ზღვის ვარსკვლავა Acanthaster planci (ეკლიანი გვირგვინი) მიცოცდება მარჯნის კოლონიებთან, გადმოაბრუნებს თავის ტევად კუჭს, გადააფარებს მას მარჯნებს და გადაამუშავებს კოლონიის ყველა რბილ ნაწილს. ორგანიზმის გარეშე საკვების მონელება შემჩნეულია პოგონოფორებში. ამ ცხოველებს არ გააჩნიათ არც პირი, არც ანალური ხვრელი, არც ნაწლავი. ვარაუდობენ, რომ პოგონოფორების კვება ხდება განსაკუთრებული მსხვილი უჯრედების საშუალებით, რომლებიც განლაგებულია მათს საცეცებზე. ისინი წყლის ფილტრაციის გზით საცეცების საშუალებით ითვისებენ განაფილტრ შეწონილ მასალას. ორგანიზმის გარეშე საკვების მონელება დამახასიათებელია ხოჭო-მოცურალების ლარვებისათვის. მათ კარგად აქვთ განვითარებული ზედა ყბები, რომლებიც გადაქცეულია მჩხვლეტავ-მწოველ ორგანოდ. ამ ორგანოს ნამგლისებური ფორმა აქვს და შიგნით არხი უვითარდებათ. (სურ. 21).



სურ. 21. *ხოჭო – მოცურალების ლარვის მიერ ორგანიზმის გარეშე საკვების გადამუშავება:*

ა – ლარვის თავის წინა ნაწილი;
ბ – ლარვა ჭამს თაგვომბალას.

პირის ხვრელი დახშულია მთელ სიგანეზე კიდეების გარღა, სადაც ყბების ფუძეებია განლაგებული. ყბების საშუალებით იჭერენ ნადავლს. ყბებში არსებული არხების საშუალებით მსხვერპლის სხეულში შეღის კუჭის წვენი, რომელიც ხსნის ყეელა რბილ ნაწილს და ასეთი გზით გადამუშავებული საკვები შეიწოვება იგივე არხების გზით კუჭში. ნადაელისაგან რჩება მხოლოდ გარეთა თხელი გარსი. ხოჭო-მოცურალების ლარვები ჭამენ სხვადასხვა უხერხემლოებს, თევზთა ლიფსიტებს, რომლებიც თავიანთი ზომით ბევრად აღემატებიან მათ. ასეთივე გზით იკვებებიან წყლის ტკიპები.

ხმელეთის მცხოვრებთა შორის ორგანიზმის გარეშე საკვების გადამუშავება იშვიათად გეხვდება. ის ცნობილია ჭიანჭველისებრი ლომის (ბადეფრთიანი მწერების რიგი), მწერთა მოგიერთი ლარვებისათვის (რომლებიც ბინადრობენ მცენარეთა ქსოვილებში – ხოჭო-გრძელცხვირების ლარვები, ბუმბები).

<u>გახსნილი ორგანული ნივთიერებებით კვება</u>. წყალში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ნაწილი პეტეროტროფული ორგანიზმებისათვის ძნელად ხელმისაწვდომ ფორმამია. ცხოველთა უმეტესობისათვის გონ მხოლოდ დამატებით საკვებს წარმოადგენს. მტკნარი წყლის ორგანიზმებს, როგორც ირკვევა. არა აქვთ გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ათვისების უნარი. ზღვის ცხოველებისათვის კი ოსმოსური კვება საკმაოდ გავრცელებული ფორმაა. ამინომჟავეების და სხვა ორგანული ნივთიერებების ათვისების უნარი აქვთ ცხოველთა 11 ტიპის წარმომადგენლებს. (უმარტივესები, მრავალჯაგრიანები, მოლუსკები, პოლონოფორები და სხვ.) ოსმოსურ კვებასთან ერთად არსებობს ეახსნილი ორგანული ნივთიერებების მოხმარების სხვა გზაც. ამ ნივთიერებებს აქვთ შეწონილ დეტირტზე და მიკროსკოპულ გაზონ ბუმბუკებზე ადსორბირების უნარი. ამ უკანასკნელთა წარმოქმნა ხდება 5-10 მ-ის სიღრმეზე ტალღების ზემოქმედებით – განსაკუთრებული ინტენსიობით ღელვის დროს. დიდ სიღრმეებზე ამ პროცესებს ხელს უშლის წნევა. პაერის ბუმბუკებზე ადსორბირებული ორგანული ნივთიერებები ქმნიან 0,5 მმ-დან რამდენიმე მმ-ის სისქის აპკს. ისინი ძალზე მყიფეა და ადვილად იშლება, ვარაუდობენ, რომ ე.წ. თოელი, რომელიც მუდმივად შეიმჩნევა ბაგისკაფებიდან სხვადასხვა სიღრმეებზე, წარმოადგენს ასეთ წარმონაქმნს.

პიდრობიონტებში ოსმოსურ კვებასთან პირდაპირ კავშირშია უკანასკნელი ორი ათეული წლის მანძილზე განვითარებული მოძღვრება ე.წ. ზღვის ეკოლოგიური მეტაბოლიზმის შესახებ. ბაქტერიებისა და წყალმცენარეების მიერ გამოყოფილი ორგანული ნივთიერებების როლი ძალზე ნაირგვარია. ისინი გამოიყენება საკვებად, წარმოადგენენ ვიტამინების წყაროს (განსაკუთრებით B_{12}), წარმოადგენენ ინჰიბიტორ ნივთიერებებს, რომლებიც კონკურენტი ორგანიზმების განვითარების დამთრგუნველია. ამგვარად, მეტაბოლიტური ნივთიერებანი წყალსატევებში ორგანიზმებს შორის ქმნიან მეტად ნაირგვარსა და რთულ კავშირებს.

<u>კვება სიმბიონტი-მცენარეების ხარჯზე</u>. პიდრობიონტები იკვებებიან ძირითადად ეგზოგენურად ე.ი. საკვები არაა მათს ორგანიზმში — ორგანიზმის გარეშეა. მაგრამ არა იშვიათად შემჩნეულია ენდოგენური კვება. ის ხდება წყალმცენარეებთან მიდაჯრედული სიმბიოზისას, რაც შემჩნეულია მრავალ მტკნარი წყლისა და ზღვის ცხოველებში: უმარტივესებში, ღრუბლებში, ნაწლავღრუიანებში, ჭიებში, ორსაგდულიან მოლუსკებში. წყალმცენარე-სიმბიონტები ისე მჭიდროდ სახლდებიან ცხოველის ქსოვილებში, რომ აძლევენ მათ მწვანე ან ყავისფერ შეფერვას. წყალმცენარეების ცხოველებთან სიმბიოზის ფორმები სხვადასხვაა. მაგალითად, წყალმცენარე ზოოქსანთელა უმრუნველყოფს მაღრეპორული მარჯნების ავტოტროფულ კვებას. დადგენილია, რომ მარჯნების ენერგეტიკული დანახარჯები შეიძლება ფოტოსინთეზის ხარჯზე მთლიანად აღდგეს. ზოოქსანთელები მარჯნებში ცელიან გამომყოფ ორგანოებს, ისინი ახდენენ თავიანთ სხეულში ნივთიერებათა ცელის პროდუქტების აკუმულირებას. და ბოლოს — წყალმცენარე-სიმბიონტების მოქმედება წარმოადგენს კალციფიკაციის (კალციტის დაგროვება) პროცესის საფუძველს მარჯნის ჩონჩხის წარმოქმნისას.

ზოგიერთ უხერხემლოში წყალმცენარე-სიმბიონტების მოქმედება დამატებითი კვებითი წყაროს საფუძველია (მოლუსკები — Tridacna, Hyppopus, მრავალი ჰიდრები, აქტინიები). სხვებში საკვები მოთხოვნილებები მთლიანად კმაყოფილდება წყალმცენარევებით (რბილი მარჯნები, ბრტყელი ჭია — Convolata roscoffiensis). ამის გამო ცხოველებში მთლიანად ან ნაწილობრივ რედუცირდება საჭმლის მომნელებელი ორგანოები.

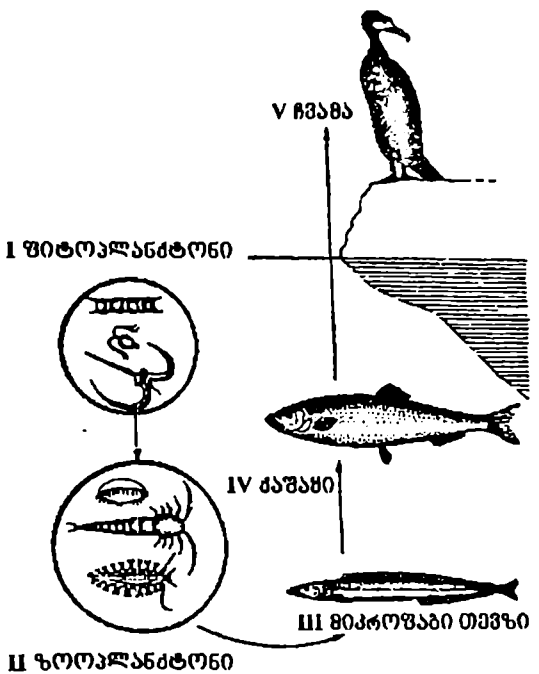
კვებითი ელექტიობა ანუ ამორჩევითობა. მოხმარებული საკვების ნაირგვარობის მიხედვით პიდრობიონტებს ყოფენ სტენო და ევრიფაგებად. წყალსატევების მოსახლეობაში გაბატონებულია მეორე ჯგუფის წარმომადგენლები. მაგრამ ამასთან ერთად ცხოველებში კარგადაა გამოხატული საკვების მიმართ ამორჩევითობა. მაგალითად, Daphia magna შეწონილი მასალიდან არჩევს პროტოკოკოვან წყალმცენარეებს, სოლო არასაკვებ ნაწილაკებს ყრის. ხოჭო-მოცურალას მატლები საკვებად იყენებენ კობრის მსხვილ ლიფსიტებს (21-25 მმ-ის სიგრძის), რადგან 10 მმ-ზე მცირე ზომის ლიფსიტებს ვერ იმორჩილებენ მანდიბულებით. წყლის ცხოველთა შორის უნიკალური უნარით გამოირჩევიან მადრეპორული მარჯნები, რომელთაც შეუძლიათ საკვების მოპოვების ყველა ხერხის გამოყენება. მათ შეუძლიათ ავტოტროფული კვება ზოოქსანთელების საშუალებით, პეტეროტროფული კვება შეუძლიათ სედიმენტაციის გზით, რასაც განაპირობებს კარგად განვითარებული საცეცების წამწამიანი ეპითელი. მათ შეუძლიათ მტაცებლობა საცეცებზე არსებული მსუსხავი უჯრედების საშუალებით. დაბოლოს მარჯნებს შეუძლიათ გახსნილი ნივთიერებებით კვება საცეცების წამწამიანი აპარატის გზით. მრავალ კიბოსნაირში (ულვაშფეხიანები, ნიჩაბფეხიანები, ევფაუზიასებრნი) ფილტრაცია და მტაცებლობა ენაცვლება ერთმანეთს. ასეთივე მოვლენა შეიმჩნევა მთელ რიგ ხირონომიდების ლარვებში, როცა კვების პირობების შეცვლისას იცვლება საკვების შემადგენლობა და შესაბამისად მისი მოპოვების ხერხი. აქტიური ფილტრატორები და ფიტოფაგები იწყებენ მტაცებლობას, ხოლო მტაცებლები გადადიან დეტრიტით კვებაზე. პოლიფაგიის უნარი მრავალი პიდრობიონტებისათვისაა დამახასიათებელი.

საკვების სიუხვისას იგი აღარ წარმოადგენს ფაქტორს, რომელიც არეგულირებს ამა თუ იმ სახეობის რიცხოვნობას და ასეთ დროს უფრო მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ აბიოტური ფაქტორები. შესაძლებელი ხდება ისეთი სახეობების ერთად არსებობა, რომლებიც კვების მსგავსი ხასიათით გამოირჩევიან.

საკვების შემადგენლობა ე.ი. კვების სპექტრი იცვლება ჰიდრობიონტებში სიცოცხლის სხვადასხვა სტადიაზე. როგორც წესი ასაკთან ერთად კვების სპექტრი ფართოედება. კვების სპექტრი იცვლება სეზონურად და დღეღამურადაც კი. მაგალითად, აზოვის ზღვაში პერკარინა დღისით იკვებება პლანქტონით, ხოლო ღამით ქარსალათი.

7. ტროფული დონეები და კვებითი ჯაჭვი

ორგანული ნივთიერება, რომელიც იქმნება პროდუცენტების მიერ კვების პროცესში, ტრანსფორმირდება წყალსატევში, ისე როგორც ხმელეთზე, საფეხურებად ანუ ე.წ. ტროფულ დონეებად. პირველ საფეხურს შეადგენენ მცენარეები – პროდუცენტები. შემდეგ საფეხურებს ქმნიან მცენარისმჭამელი და ცხოველისმჭამელი ორგანიზმები – კონსუმენტები. იმ გზას, რომელზედაც ორგანული ნივთიერება ერთი ტროფული საფეხურიდან მეორეში გადაადგილდება, ეწოდება კვებითი ჯაჭვი. (სურ. 22).



სურ. 22. *კვებითი ჯაჭვის მაგალითი, რამაღის (1984) მიხედვით.*

გამოიყოფა ჯაჭვის ორი ტიპი: ერთი იწყება ცოცხალი მცენარეებით, მეორე – დეტრიტით. კვებით ჯაჭვში ტროფული საფეხურების ანუ კვებითი რგოლების რიცხვი იშვიათად აღწევს 6-7-ს. უმეტესად კი არ აღემატება 4-ს. ძალზე მოკლეა ჯაჭვი იმ რაიონებში, სადაც ფიტოპლანქტონის რაოდენობაა დიდი. მაგალითად, პერუს ნაპირებზე მაღალპროდუქტიულ წყალსატევებში პელაგიალში ტროფული ჯაჭვი შედგება სულ ორი რგოლისაგან: ფიტოპლანქტონი – ანჩოუსი. ბიოცენოზის სტაბილურობა უმეტესწილად დამოკიდებულია კვებითი ჯაჭვის სიგრძეზე. ის იზრდება ტროფული დონეების რიცხვის ზრდით. მოკლე საკვები ჯაჭვის ბიოცენოზები ჩვეულებრივ იძლევიან ძალზე დიდ მასას, მაგრამ მათი სტაბილურობა დაბალია, რადგან ცალკეულ რგოლში შემავალ ორგანიზმებს არ ძალუძთ მკვეთრი რეაგირება იმ ცვლილებებზე, რაც ხდება სხვა რგოლში. მაგალითად, ფიტოპლანქტონის რაოდენობის მკვეთრად შემცირებისას პერუს სანაპიროზე ხდება ანჩოუსის კატასტროფული დაღუპვა.

ზომიერი ოლქის მაღალპროდუქტიულ რაიონებში ბიოცენოზებს ახასიათებთ ადაპტაციები ფიტოპლანქტონის რაოდენობის სეზონურ ცვალებადობასთან შესაბამისად და ამის გამო ძირითადი პროდუქტების ან კონსუმენტების რიცხოვნობის მნიშვნელოვანი ცვალებადობისას არ ხდება ძლიერი დარღვევები მათს სტრუქტურაში.



პროდუცენტები – მწვანე მცენარეები

სურ. 23. *რიცხვთა პირამიდა*

C_1 – უხერხემლოები – ფიტოფაგები.
C_2 – უხერხემლოები – მტაცებლები.
C_3 – თევზი და სხვ.

პელაგიალისა და ბენთალის საკვებ ჯაჭვებს შორის შესამჩნევი განსხვავებაა. პელაგური ჯაჭვი შედგება უმეტესად მცირე ზომის ორგანიზმებისაგან; მათი ბიომასა ცვალებადობს მიკროგრა-

მიდან პირველ რგოლში – ასეულ გრამამდე ბოლო რგოლში (პელაგური თევზები, მსეილი უსერხემლოები), ხოლო პოპულაციები მრავალრიცხოვანია და იძლევიან დიდ მოსაეალს. ფსკერული საკვები ჯაჭვი, როგორც წესი, წარმოდგენილია დიდი ზომის ინდივიდებით. მათი ბიომასა პირველსა და მემდგომ რგოლებში აღირიცხება გრამებითა და კილოგრამობით. ერთი ტროფული დონიდან მეორეზე გადასელისას ორგანული ნივთიერების ტრანსფორმაციის შედეგად სდება მისი დაკარგეა, რადგან ნაწილი გამოიყოფა გადამუშავებული ნარჩენების სახით, ხოლო ნაწილი კი ათვისებული ნივთიერებებისა იხარჯება ნივთიერებათა ცვლაზე და იკარგება კიდეც. ცნობილია, რომ ერთი ტროფული დონიდან მეორეზე გადასელისას სამუალოდ იკარგება საკვებთან ერთად შთანთქმული ენერგიის 60-70%. რაც უფრო დიდია საკვები ჯაჭვი, მით მეტ დანაკარგთან გვაქვს საქმე.

ამგვარად, საკვების ხელმისაწედომი რაოდენობა თანდათან მცირდება. გრაფიკულად ამ მოელენას წარმოადგენენ ე.წ. ეკოლოგიური პირამიდების სახით, რომელთა ასაგებად სარგებლობენ მონაცემებით ცალკეული ტროფული რგოლის (დონის) ინდივიდთა რიცხოენობის, ბიომასის და ენერგიის შესახებ. ეკოლოგიურ პირამიდებს ყოველთეის აქვთ სამკუთხედის ფორმა, რომლის მწვერვალი (მახეილი კუთხე) მიმართულია ზემოთ (სურ. 23).

8. კვების ინტენსივობა და საკვების ათვისება

კვების ერთერთ ძირითად მაჩვენებელს მისი ინტენსივობა წარმოადგენს. კვების ინტენსივობაში იგულისხმება საკვების რაოდენობა, რომელიც მოიხმარება დროის ერთეულში და შეესაბამება ორგანიზმის მასას. მოხმარებული საკვების რაოდენობა ხასიათდება ჩვეულებრივ დღეღამური რაციონის სიდიდით, რომელიც გამოიხატება მშრალი ან სველი მასის ერთეულებში, ან ენერგეტიკულ ერთეულებში – კალორიებში. დღეღამური რაციონის პროცენტული შეფარდება ცხოველის წონასთან წარმოადგენს კვებით ინდექსს. დღეღამური რაციონის სიდიდე განისაზღვრება სხვადასხვა მეთოდებით. ფილტრატორებისა და სედიმენტატორების კვების შესწავლისას სარგებლობენ აღრიცხვის მეთოდებით. ისინი ეფუძნება მოხმარებული საკვების რაოდენობის განსაზღვრას მისი კონცენტრაციით ან რაოდე

ნობით ექსპერიმენტამდე და ექსპერიმენტის შემდეგ. მიღებული სხვაობის გამოთვლა იძლევა ამის საშუალებას. ფართოდ გამოიყენება ი. სოროკინის რადიონახშირბადის მეთოდი C^{14}-ის გამოყენებით.

ცხოველთა კვების ინტენსიობა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე. ტემპერატურასა და კვების ინტენსიობას შორის გარკვეულ საზღვრამდე არსებობს პირდაპირი დამოკიდებულება. როგორც ირკვევა ზომიერი ოლქის მტკნარი წყლების უმეტესობა უსერხემლოები ყველაზე ინტენსიურად იკვებებიან 20-25°C-ის პირობებში. დღეღამური რაციონის სიდიდე ასაკთან ერთად მცირდება. მისი მაქსიმალური სიდიდე, როგორც წესი, შემჩნეულია ცხოველების უმცროს ასაკობრივ ჯგუფებში. მაგალითად, ციკლოპების კოპეპოდურ სტადიებში დღეღამური რაციონი აღწევს 100%-ს, ხოლო სქესმწიფე ინდივიდებში ეცემა 2,5 -ჯერ და შეადგენს 43%-ს. კვების ინტენსიობაზე არსებით გავლენას ახდენს ორგანიზმის ფიზიოლოგიური მდგომარეობა. მრავალი პიდრობიონტი გამრავლების დროს ამცირებს საკვებზე მოთხოვნილებას, ან, საერთოდ – აღარ იკვებება. კვების ინტენსიობა მჭიდროდაა დაკავშირებული საკვების კვებით ღირებულებასთან და გარემოში მის კონცენტრაციასთან. გრუნტის მჭამელ ფორმებში კვებითმა ინდექსმა შეიძლება მიაღწიოს რამდენიმე ათას პროცენტს, ფიტოფაგებში ის გამოიხატება ათეული და ასეული პროცენტებით, ხოლო მტაცებლებში ერთეულებითა და ათეულებით.

გარემოში საკვების კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად იზრდება კვებითი ინტენსიობა, გარკვეულ ზღვრამდე, ხოლო შემდეგ ეცემა. საკვების სიუხვისას ზოგიერთ, პიდრობიონტებში დღეღამური რაციონები რამდენჯერმე სჭარბობს მათს საკუთარ წონას. ამ მოვლენამ მიიღო ზედმეტი კვების სახელწოდება. ბუნებრივ პირობებში საკვების ასეთი დიდი კონცენტრაციები იშვიათად გვხვდება.

ორგანიზმის მიერ ათვისება მოხმარებული საკვების მხოლოდ ნაწილი. ათვისების ეფექტურობის მაჩვენებელია ის ათვისება, რომელიც რაციონის ფიზიოლოგიურად სასარგებლო ნაწილს გააჩნია, რომლის ენერგია ორგანიზმის სუნთქვასა და ზრდას ხმარდება. ამგვარად, ამთვისებლობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ათვისებული ნაწილის შეფარდება რაციონთან. საკვების ათვისების ხარისხი დამოკიდებულია მის სარისხზე, რაციონის სიდიდეზე, ცხოველის ასაკზე, გარემოს პირობებზე (ტემპერატურა,

მარილიანობა და სხვ.). სქესმწიფე უხერხემლოები ითვისებენ ღეტრიტს საშუალოდ 73 %, მცენარეულ საკვებს – 68%, ცხოველურ საკვებს – 92 %. ახალგაზრდა ორგანიზმებში ამთვისებლობა უფრო მაღალია, ვიდრე უფროს ასაკში. მაგალითად, ულვაშტოტიანების და ნიჩაბფეხიანების ახალგაზრდა ფორმებში საკვების ამთვისებლობა უფროსი ასაკის ინდივიდებთან შედარებით 3-ჯერ მეტია.

თავი VI

წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობა

1. ძირითადი ცნებები წყალსატევების პროდუქტიულობისა და პროდუქციის შესახებ

ბიოლოგიური პროდუქტიულობა წყალსატევების თავისებურებაა განაპირობოს ნივთიერების წარმოქმნისა და განვითარების ესა თუ ის სასიათი და მისი განახლების ტემპი ცოცხალ ორგანიზმებში და მათს მიერ შექმნილ ბიოცენოზებსა და ეკოსისტემებში. პროდუცირების პროცესი ხორციელდება ორგანიზმებს შორის ტროფული ურთიერთდამოკიდებულებით, რის შედეგადაც ნივთიერებისა და ენერგიის ნაწილი გადაეცემა ერთი ტროფული დონიდან შემდგომ ტროფულ დონეს. ბიოცენოზებისა და ეკოსისტემების დონეზე მსჯელობენ ისეთი მაჩვენებლების სიდიდის მიხედვით, როგორიცაა ბიომასა, პროდუქცია, პ/ბ კოეფიციენტი.

ბიომასა. წყლის ფართობის, ან მოცულობის ერთეულზე არსებული ორგანიზმების ერთობლიობა გამოხატული წონით ან ენერგეტიკულ ერთეულებში. ბიომასა წარმოადგენს საწინააღმდეგოდ მიმართული პროცესების შედეგს: ერთის მხრივ გამრავლებისა და ზრდის, ხოლო მეორეს მხრივ ელიმინაციის (eliminare- გამონაკლისი, გაძევება). ბიომასა ორგანიზმების რაოდენობრივი განვითარების ხარისხია. მრავალი კომპლექსური პიდრობიოლოგიური გამოკვლევის შედეგად დადგინდა მსოფლიო ოკეანის პლანქტონისა და ბენთოსის ბიომასა. აღმოჩნდა, რომ მსოფლიო ოკეანიის აკვატორიის ნახევარზე მეტი ხასიათდება პლანქტონის დაბალი ბიომასებით (50 მგ/მ^3-ზე ნაკლები) და ასევე ბენთოსის დაბალი ბიომასებით (0,05-1/გმ^2). მაღალი ბიომასებით (მოოპლანქტონი 200 მგ/მ^3-ზე მეტი. მოობენთოსი 50 გ/მ^2-ზე მეტი) ხასიათდება ოკეანის ფართობის მხოლოდ $\frac{1}{4}$ ნაწილი.

პროდუქცია. პროდუქცია წყალსატევში გარკვეული დროის მუალედში ზრდისა და გამრავლების დროს პოპულაციის მიერ შექმნილი მთელი ორგანული ნივთიერებაა. (მიუხედავად იმისა,

წყალსატევის გამოკვლევის ბოლოს იმყოფება იგი სისტემაში თუ ნაწილობრივ ან მთლიანად ამოღებულია.).

<u>პ/ბ კოეფიციენტი</u>. პროდუქციის შეფარდებაა საშუალო ბიომასასთან. ხდება საშუალო წლიური პროდუქციის გაანგარიშება. ასევე გაიანგარიშება ორგანიზმების საშუალო წლიური ბიომასა. მათი შეფარდება წარმოადგენს პ/ბ კოეფიციენტს, რომელიც საშუალებას იძლევა ერთმანეთს შევადაროთ სხვადასხვა პოპულაციების, სახეობების ან ორგანიზმთა სხვა ჯგუფების პროდუქციული თავისებურებანი სხვადასხვა წყალსატევებშიც კი. მისი ყველაზე მაღალი სიდიდე ბაქტერიებსა და წყალმცენარეებს ახასიათებთ, გაცილებით დაბალი მაჩვენებლები – უხერხემლოებს და ყველაზე დაბალი კი თევზებს. მაგალითად. კასპიის ზღვაში პ/ბ კოეფიციენტი ბაქტერიებისათვის 250-ია, ზოოპლანქტონისათვის – 30. ზოობენთოსისათვის – 4, თევზებისათვის კი 0,5.

<u>ხვედრითი პროდუქცია</u>. დროის ერთეულში – დღეღამეში არსებული პროდუქციაა, რომელიც ბიომასის ერთეულზეა გადაანგარიშებული. ეს ცნება ახლოსაა პ/ბ კოეფიციენტთან, მაგრამ ამ უკანასკნელის გამოთვლისას ოპერირებენ დროის დიდი შუალედებით და მიაკუთვნებენ პროდუქციას სან საშუალო, ხან საწყის და ხან მინიმალურ ბიომასებს. ამიტომ მიღებული სიდიდეები ძნელად შესადარებელია.

არჩევენ პირველად და მეორად პროდუქციას. პირველად პროდუქციას ქმნიან აეტოტროფული ორგანიზმები. მათ მიერ შექმნილი ორგანული ნივთიერებების მთელ რაოდენობას მთლიანი პირველადი პროდუქცია ჰქვია. სუფთა პირველადი პროდუქცია ეწოდება მთლიანს მინუს მისი ის ნაწილი, რაც მცენარეთა სუნთქვაზე იხარჯება. ეს დანახარჯები შეადგენს დაახლოებით 20%-ს. მეორად პროდუქციას ქმნიან ჰეტეროტროფები. მეორადი პროდუქციაც შეიძლება იყოს სუფთა და მთლიანი. მთლიანს შეადგენს მათს მიერ შექმნილი მთელი ორგანული ნივთიერება. სუფთა ეწოდება მთლიანს გამოკლებული ის, რაც ყველა სასიცოცხლო პროცესებზე იხარჯება და შეადგენს მთლიანის 50-90%. საერთო ბიოლოგიურ პროდუქტიულობასთან ერთად არჩევენ სარეწაო პროდუქტიულობას, რაც გულისხმობს ძვირფასი სარეწაო ორგანიზმების – თევზების, ძუძუმწოვრების, ზოგიერთი უხერხემლოებისა და მცენარეების განასლებას, რომელიც თაეის მხრივ გულისხ-

მობს ე.წ. ჩასასმელი მასალით — მოზარდი ფორმებით წყალსატევის პროდუქტიულობის განახლებას.

2. წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობის განსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები

პირველადი პროდუქცია. მისი სიდიდე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. დიდი მნიშვნელობა აქვს ავტოტროფების სახეობრივ შემადგენლობას, მათს რიცხოვნობას და წყალსატევში განაწილებას. გარემოს ერთნაირ პირობებშიც კი სხვადასხვა სახეობის მიერ ორგანული ნივთიერებების პროდუცირების შესაძლებლობა სხვადასხვაა. ფოტოსინთეში დიდადაა დამოკიდებული განათების ინტენსივობაზე და სახეობათა სხვადასხვა პოპულაციებში ის ერთნაირი არაა. პროდუქციის სიდიდეზე დიდ გავლენას ახდენს წყლის სისქეში წყალმცენარეთა განაწილება. ფიტოპლანქტონის მნიშვნელოვანი მასა ვერტიკალური ცირკულაციის პროცესში შეიძლება გადატანილი იქნეს ევტროფული ზონის გარეთ. ასეთ შემთხვევაში წყალმცენარეები გადადიან ჰეტეროტროფულ კვებაზე ან არსებობენ სამარაგო ნივთიერებების ხარჯზე და მათი პროდუქცია მკვეთრად მცირდება. წყალში არსებული მინერალური ნივთიერებებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვთ, უპირველეს ყოვლისა, აბოტსა და ფოსფორს. წყალსატევებში ტემპერატურა დადებითადაა კორელირებული განათებულობასთან და უარყოფითად მკვებავი მარილების კონცენტრაციასთან, რის გამოც ფიტოპლანქტონის პროცესზე ახდენს როგორც პირდაპირ ისე არაპირდაპირ გავლენას.

გარემოს ცალკეული ფაქტორების გავლენა პირველად პროდუქციაზე ერთმანეთთან რთულ ურთიერთდამოკიდებულებაში იმყოფება.

მეორადი პროდუქცია. ცხოველთა პოპულაციების და ცალკეული სისტემატური ჯგუფების პროდუცირება დამოკიდებულია მათი ზრდის ტემპზე, გამრავლების ინტენსივობაზე, ასაკზე, ინდივიდთა სიდიდეზე. გარემოს ფაქტორებიდან დიდ გავლენას ახდენენ: ტემპერატურა, გაზების და მარილთა რეჟიმი, საკვებით უზრუნველყოფა და ორგანიზმებს შორის ტროფული დამოკიდებულების ხასიათი. ზრდისა და გამრავლების სიჩქარე და შესაბამისად პოპულაციის ასაკობრივი სტრუქტურა მჭიდროდაა დაკავშირებული გარე-

მოს ტემპარატურასთან. ასაკის მრდასთან ერთად წონითი მრდის ხვედრითი სიჩქარე (მასის ერთულზე ნამატი), როგორც წესი, ქვეითდება (ეცემა) და ამგვარად, პროდუქცია მით უფრო ნაკლებია, რაც მეტია პოპულაციაში მაღალი ასაკობრივი ჯგუფების ინდივიდები. მრავალ პოპულაციაში ასაკობრივი სტრუქტურა ექვემდებარება მუდმივ ცვალებადობას, რაც არსებით გავლენას ახდენს პროდუქციის სიდიდეზე. ცუდი კვებითი პირობების დროს პროდუქცია მცირდება, რადგან ეცემა ინდივიდთა მრდისა და გამრავლების ტემპი ე.ი. მცირდება პოპულაციაში ახალგაზრდა ფორმების წილი. პროდუქციის სიდიდეზე დიდ გავლენას ახდენს ტროფული დამოკიდებულება. ასე, მაგალითად, წყნარ ოკეანეში, ეკვატორიალური დინების ზონაში აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ მოძრაობასთან ერთად წყლების ტროფულობა მცირდება და შესაბამისად ქვეითდება ფიტოპლანქტონისა და ბაქტერიოპლანქტონის ბიომასა. ამის შედეგად იზრდება ტროფული დამოკიდებულების დაძაბულობა: იზრდება მტაცებლების როლი, ძლიერდება კანიბალიზმი და ზოოპლანქტონის პროდუქციის 50-80%, და უმარტივესების თითქმის მთელი პროდუქცია მოიხმარება იმავე ტროფული ინდივიდების მიერ. ყოველივე ამის შედეგად ამ ჯგუფების და მთელი ზოოპლანქტონის სუფთა და ხვედრითი პროდუქციის სიდიდე ქვეითდება.

ყოველი მომდევნო ტროფული საფეხურის პროდუქცია შეადგენს მხოლოდ მცირე ნაწილს იმ პროდუქციისას, რომელიც შექმნილია წინა საფეხურის (დონის, რგოლის) ორგანიზმების მიერ. ასე, მაგალითად, მსოფლიო ოკეანეში პირველადი პროდუქცია (ფიტოპლანქტონი) აღწევს 550 მილიარდ ტონას, ხოლო ზოოპლანქტონის და ზოობენთოსის პროდუქცია უტოლდება 56 მილიარდ ტონას.

3. პროდუქციის სიდიდე სხვადასხვა წყალსატევში

პირველადი პროდუქცია. პირველადი პროდუქციის მსოფლიო ოკეანის აკვატორიის გასწვრივ განაწილების დახასიათებისათვის შედგენილი იქნა რუკა, რომელსაც საფუძვლად დაედო მრავალი ექსპედიციის შედეგები. გამოყოფილი იქნა პირველადი პროდუქციის ხუთი გრადაცია, რომელთა ცელა ხდება ორი ძირითადი ფაქტორის გაელენით, რომლებიც ფოტოსინთეზის ინტენსივობას განსაზღვრავენ: სინათლის ენერგიის რაოდენობით და ბიოგენური

ელემენტების არსებობისათვის საჭირო პირობებით. პირველადი პროდუქციის ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი აღნიშნულია პოლარულისპირა რაიონებში, სადაც წყალსატევები ყინულითაა დაფარული და მოკლებულია სინათლეს. პირველადი პროდუქციის დიდი მაჩვენებელი დამახასიათებელია კონტინენტალური მეჩეჩისა (თავთხელი) და კონტინენტალური ფერდობისათვის. წყალმცენარეების პროდუცირებისათვის განსაკუთრებით სელსაყრელია ის რაიონები, სადაც ხდება თავმოყრა (მოდინება) და დინებების დიეერგენსია. მსოფლიო ოკეანის გამლილ რაიონებში მაღალი პროდუქცია დამახასიათებელია ეკვატორიალური და ანტარქტიკული ზონებისათვის და დივერგენციის ზონებისათვის. ასევე პოლარული ფრონტებისათვის, რადგანაც აქ სდება ღრმა ფენების წყლების ამოსვლა, რომლებიც მდიდარია საკვები ნივთიერებებით. ოკეანის ანტიციკლონურ სალისტატიკურ ოლქებში ჭარბობს ზედა ფენების ჩაძირვა და შემჩნეულია პირველადი პროდუქციის დაბალი დონე.

ფიტობენთოსი, რომელსაც უკავია მღვის ფსკერის მხოლოდ მცირე ფართობი, იძლევა ძალზე მცირე პროდუქციას 0,2 მილიარდ ტონა სველ მასას. მატერიკული წყლები ზღვებთან შედარებით გაცილებით მეტ ბიოგენურ ელემენტს შეიცავენ. ეს განპირობებულია მდიდარი მატერიკული შენაკადებით, რომლებიც ბიოგენების სიუხვით ხასიათდებიან. ამგვარად. მტკნარი წყლის ავტოტროფების მიერ შექმნილი პირველადი პროდუქცია ოკეანესთან შედარებით 5-10-ჯერ მეტია და ამასთან ერთად მის მნიშვნელოვან ნაწილს შეადგენს ფიტობენთოსი.

<u>მეორადი პროდუქცია.</u> მეორადი პროდუქციის განსაზღვრა ძალზე რთულია; რადგან ჰეტეროტროფები საკვებად მოიხმარენ ორგანიზმებს, რომლებიც სხვადასხვა ტროფულ დონეებს განეკუთვნება. მაგალითად, მცენარის მჭამელი ცხოველები მოისმარენ ბაქტერიებსაც, რომლებიც მეორე ტროფულ საფეხურს განეკუთვნებიან. მეორადი პროდუქციის სიდიდეზე წარმოდგენას გვაძლევს ცხოველთა ცალკეული ჯგუფების პროდუქციის განსაზღვრა და ასევე მსოფლიო ოკეანეში ზოოპლანქტონისა და ზოობენთოსის ბიომასის განაწილება. მსოფლიო ოკეანის აკვატორიის დაახლოებით 63% მოდის პლანქტონისა და ბენთოსის დაბალი მაჩვენებლების უბნებზე. ასეთი დაბალი ბიომასის ოლქებია: არქტიკული, ორი სუბტროპიკული და ანტარქტიკული. ამასთან, ამ უკანასკნელის ბი-

ომასა გაცილებით მაღალია, ვიდრე სამი დანარჩენისა. პლანქტონისა და ბენთოსის მაღალი ბიომასები შემჩნეულია ზომიერი ოლქის წყალსატევებში. ე.ი. ბორეალურსა და ნოტალურ ოლქებში და ეკვატორიალურ ოლქშიც. ზოოპლანქტონის და ზოობენთოსის ბიომასის საშუალო მაჩვენებლების მისედვით გაანგარიშებული იქნა წლიური პროდუქცია. ზოოპლანქტონისათვის ის შეადგენს 53 მილიარდ ტ, ზოობენთოსისათვის კი 3 მილიარდ ტონას.

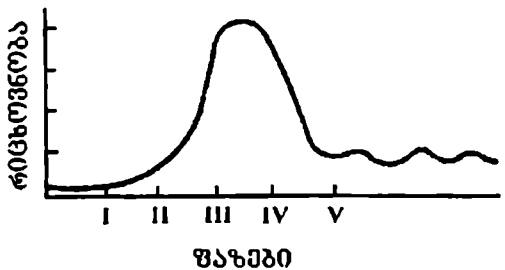
კონტინენტალურ წყალსატევებში პლანქტონისა და ბენთოსის ბიომასისა და პროდუქციის განაწილების ასეთი დაწვრილებით გამოკვლევები არ ჩატარებულა. ზოგიერთი ტბისა და ტბორის გამოკვლევის შედეგების მისედვით მათი ორგანიზმების წლიური პროდუქცია ასეულ და ათასეულჯერ სჭარბობს ოკეანის პროდუქციას.

4. სარეწაო პროდუქტიულობის გაზრდის გზები

დედამიწის მოსახლეობა საკვები პროდუქტების 99%-ს ღებულობს ხმელეთიდან, რომლის სასარგებლო ფართობი ჩვენი პლანეტის ზედაპირის 3%-ია. ჰიდროსფეროს წილად კი, რომლის ფართობი დედამიწის ფართობის 70%-ია — მოდის სარეწაო პროდუქტების 1%. ამასთან სარეწაო ორგანიზმების უმეტესი ნაწილი მოიპოვება ოკეანის აუზიდან. მხოლოდ 10% მოდის მტკნარ წყალსატევებზე. საორიენტაციო შეფასებებით მსოფლიო ოკეანის პოტენციური სარეწაო პროდუქცია შეადგენს 90 მლნ ტ-ს აქედან უხერხემლოებისა და თევზების წილად მოდის 70 მილიონი ტ. უახლოეს პერიოდში მსოფლიო ოკეანის სარეწაო მასშტაბების ზრდა მოხდება კონტინენტური ფერდობის ზედა ნაწილის მცხოვრებთა და პელაგიალის შემოკლებული ციკლის მქონე თევზების რეწვის ხარჯზე. ამასთან ერთად პელაგური ორგანიზმების რეწვის ინტენსიფიკაცია გაზრდის მათს რაოდენობას 20-25 მილიონ ტონამდე.

უკანასკნელი ათწლეულის მანძილზე მსოფლიო ოკეანის სხვადასხვა რაიონებში ჩატარებული გამოკვლევები გვაძლევს წარმოდგენას მათი სარეწაო პროდუქციის სიდიდეზე, მის განაწილებაზე და საშუალებას იძლევა მოინახოს ჰიდროსფეროს სარეწაო პროდუქტიულობის შემდგომი გაზრდის გზები. ამ გზებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია: სარეწაო და საკვები სახეობების გადასახლება ახალ, ხელსაყრელ სასიცოცხლო გარემომი (აკ-

ლიმატიზაცია). სარეწაო ორგანიზმების გამოსაზრდელი სამღებაო მეურნეობის შექმნა (მარიკულტურა); დაბალი ტროფული საფეხურების ორგანიზმების სარეწაოდ გამოყენება.



სურ. 24. *აკლიმატიზაციის ფაზები:*

I – ინდივიდების გადარჩენა; II – გამრაელება და რიცხოვნობის ზრდა. III – რიცხოვნობის აფეთქება. IV – ბიოტური დამოკიდებულების დადგენა – რიცხოვნობის დაცემა. V – ნატურალიზაცია.

აკლიმატიზაცია. ეს პროცესი აერთიანებს რიგ ცნებებს: ინტროდუქცია – ახალ ოლქში, წყალსატევში, ბიოტოპში ჩასახლების მიზნით ორგანიზმების გადაყვანა: აკლიმატიზაცია – ინტროდუცირებული ინდივიდების და მათი შთამომაელობის ახალ საცხოვრებელ გარემოსთან ადაპტაციის პროცესი და სახეობის ახალი პოპულაციის ფორმირება. ჩასახლება – მოცემული სახეობის ინდივიდთა გადაყვანა ახალ ოლქში, რომელიც თავისი სასიცოცხლო პირობებით მცირედ განსხვავდება აღრინდელი საცხოვრებელი გარემოსაგან; ნატურალიზაცია – აკალიმატიზაციის საბოლოო ფაზა, რომლის დროს ჩნდება შესაძლებლობა ახალი პოპულაციის საკვებ ან სარეწაო მიზნით გამოყენებისა.

ორგანიზმების დამოუკიდებელ ჩასახლებას ახალ წყალსატევებში, რასაც თან მოჰყვა მისი აკლიმატიზაცია და ნატურალიზაცია, ეწოდება აუტოაკლიმატიზაცია.

გამოყოფენ აკლიმატიზაციის პროცესის ხუთ ფაზას (სურ. 24).

პირველი — ახალ სასიცოცხლო პირობებში გადასახლებული ინდივიდების გადარჩენა. ამ პერიოდში ხდება გარემოს ახალი პირობებისადმი ადაპტაცია.

მეორე — ინდივიდების გამრავლება და პოპულაციის ფორმირების დასაწყისი. ხდება სახეობის თანდათანობითი განსახლება და მის მიერ შესაფერისი ბიოტოპების ათვისება. ამ პერიოდში ფორმირებაში მყოფი პოპულაციისათვის წამყვანია აბიოტური ფაქტორები, რადგან ახალი სახეობის დაბალი რიცხოვნობის გამო ჯერ არ არის გამოელენილი მისი მტრები და პარაზიტები.

მესამე — ე.წ. „აფეთქების“ ფაზა. ამ დროისათვის გადასახლებულნი აღწევენ მაქსიმალურ რიცხოვნობას. ეს იმ შემთხვევაში ხდება, როცა ჩასახლებული სახეობა დაუბრკოლებლად იყენებს საკვებ რესურსებს, რომელსაც მცირედ ან სრულად არ იყენებენ აბორიგენები. ხშირად რიცხოვნობის აფეთქება შემჩნეულია აუტოაკლიმატიზაციის დროს.

მეოთხე. გადასახლებულის ბიოტურ გარემოსთან წინააღმდეგობის გამწვავება. წარმოიშობა სახეობისშიგა და სახეობათშორისი კონკურენცია საკვებისათვის, ბიოტოპისათვის, ჩნდება მტრები.

მეხუთე. ჩასახლებულის რიცხოვნობისა და ბიომასის ნატურალიზაცია. მისი არეალის სიდიდე და სხვა მაჩვენებლები შესაბამისობაში მოდიან აბიოტურ და ბიოტურ გარემოცვასთან.

ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნებში (მათ შორის საქართველოშიც. ამის შესახებ ცოტა ქვემოთ აღვნიშნავთ) თევზებისა და საკვები ორგანიზმების აკლიმატიზაციის სამუშაოები ხორციელდებოდა დიდი მასშტაბებით. ეს სამუშაოები ტარდებოდა გადასახლებულთა ბიოლოგიისა და ეკოლოგიის ყოველმხრივი შესწავლის საფუძველზე. უფრო ხშირად ინტროდუქცია ტბებში, წყალსაცავებში ხორციელდებოდა, ხოლო უფრო იშვიათად მდინარეებსა და ზღვებში.

საკვები უხერხემლოებიდან გადასახლებისათვის იყენებენ 50-ზე მეტ სახეობას — უმეტეს ბენთოსურ და ნექტო-ბენთოსურ ფორმებს. მათი 75 % კასპიის ზღვაში მცხოვრები ფორმებია (ორსაგდულიანი მოლუსკები, მიზიდები და სხვა კიბოსნაირები). მთელ რიგ წყალსატევებში გადასახლებულმა უხერხემლოებმა შექმნეს ძლიერი პოპულაციები, აღმოცენდა ახალი საკვები ბაზა, რომელიც ინტენსიურად გამოიყენება თევზების მიერ.

ინტროდუქციის ობიექტებად უმეტესად გამოყენებულია თევზებიდან ორაგულისნაირნი, კობრისნაირნი, ზუთხისნაირნი, ამურის კომპლექსის მცენარის მჭამელი თევზები (თეთრი ამური, სქელშუბლა). თევზების აკლიმატიზაციის სამუშაოების მასშტაბებზე შეიძლება ვიმსჯელოთ შემდეგი ციფრებით: ყოფილ საბჭოთა ქვეყანაში მარტო 1968-1971 წლებში მოხდა 49 სახეობის თევზის 1572 გადასხმა 976 წყალსაცავში, აკლიმატიზაციის ყველაზე წარმატებულ ცდებად შეიძლება დავასახელოთ შავი ზღვის კეფალის გადასმა კასპიის ზღვაში; კაპარჭინას, კობრის, ფარგას, სიგის აკლიმატიზაცია მტკნარ წყლებში.

ფართო მასშტაბებით ტარდება აკლიმატიზაციის სამუშაოები ისეთ ქვეყნებში, როგორიცაა ინდონეზია, პაკისტანი, ინდოეთი, ვიეტნამი, ჩინეთი, იაპონია და სხვ. ამ ქვეყნებში წარმატებით ხდება ტილაპიას აკლიმატიზცია.

აქვაკულტურების შექმნა. აქვაკულტურების შექმნას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ზღვის მეურნეობა ანუ მარიკულტურა ამჟამად ფართოდაა გავრცელებული მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. გამოსაზრდელი ობიექტებია: საკეები წყალმცენარეების 5 სახეობა, მოლუსკების 20-მდე სახეობა, კიბოსნაირების 10 სახეობა, 20-ზე მეტი სახეობის თევზი. მარიკულტურების განვითარების მიხედვით პირველ ადგილზეა იაპონია. ამ ქვეყნის ზღვის მეურნეობის საერთო პროდუქცია შეადგენს ყველა ზღვის პროდუქტების მოპოვების 10%-ს. და ღირებულებით კი იაპონიის მთელი მეთევზეობის შემოსავლის 20%-ს.

ზღვის ობიექტების გამოზრდის ტექნოლოგია სულ უფრო სრულყოფილი ხდება. ფართობის ერთეულზე პროდუქციის გამრდის მიზნით იყენებენ მინერალურ სასუქებს, ხელოვნურ საკეებს, ელექტროსადგურებიდან მიღებულ თბილ წყლებს და სხვ.

1 ჰექტარ ფართობზე ხორცის წარმოების მხრივ ზღვის მეურნეობები არ ჩამორჩებიან მეცხოველეობის ფერმებს. მაგალითად, კიბორჩხალების კულტურა გვაძლევს 350 კგ/ჰას, თევზი (ხანოსი) ინდოეთში და სხვაგან 250--350 კგ/ჰა-ს, ხოლო ზოგ მეურნეობაში 2000 კგ/ჰა-ს. კეფალის კულტურა იძლევა 40-45 კგ/ჰა-ს.

დაბალი ტროფული დონის ორგანიზმები. ამ საფეხურის ობიექტებს შორის ამჟამად დიდი ყურადღება ენიჭება ანტარქტიკულ ევფაუზიიდებს და მოლუსკებისა და წყალმცენარეების კულტივირებას.

5. ჰიდროსფეროს ბიორესურსები საქართველოში და მათი გამოყენება

პიდრობიონტების უზარმაზარი რაოდენობიდან ადამიანი ბიოლოგიური ნედლეულის სახით ძალზე უმნიშვნელო რაოდენობას იყენებს. აქედან გამომდინარეობს ის ფაქტი, რომ ადამიანი საკვები პროდუქტების სახით წყლის მცენარეებისა და ცხოველების ძალზე მცირე რაოდენობას (მთელი მისი საკვების მხოლოდ 3%-ს) მოიხმარს, იმ დროს როცა ხმელეთის პირველადი პროდუქცია მხოლოდ სამჯერ სჭარბობს წყლის პიდრობიონტთა პირველად პროდუქციას. სწორედ ამიტომ პიდროსფეროს ბიორესურსების დიდი ნაირგვარობის გამოყენებას ადამიანისათვის ძალზე დიდი მომავალი აქვს. დღითიდღე იზრდება პიდროსფეროს ბიორესურსების მოპოვების ტექნიკური საშუალებები და მასშტაბები. მაგალითად, ამ ბოლო ხანებში წარმატებით ხორციელდება კიბოსნაირთა სარეწაო ათვისება, რომელთა პროდუქცია მსოფლიო ოკეანეში არანაკლებია თევზების პროდუქციაზე. პიდროსფეროს ბიორესურსები თვითგანახლებადი სისტემაა და მის მოცულობაზე უნდა ვიმსჯელოთ არა ამჟამინდელი (გარკვეული პერიოდის) რაოდენობით. არამედ მათი პროდუქციით ე.ი. დროის ერთეულში მათი ბიომასის ნამატით.

პიდროსფეროს ბიორესურსების პროდუქციის რეალიზაციის ძირითადი ფორმა მათი რეწვაა, რომლის მასშტაბები და პარამეტრები უნდა შეესაბამებოდეს სარეწაო პიდრობიონტების თვითგანახლების პროცესს. ე.ი. რეწვა არ უნდა აღემატებოდეს პიდრობიონტთა ბუნებრივი მატების რაოდენობას და თვითგანახლების თავისებურებებს. (ვაღები, აღგილი, სარეწაო იარაღები და სხვ.) ბიორესურსების გაბრდა გარდა ბუნებრივი თვითგანახლების პროცესისა ხორციელდება პიდრობიონტების აკლიმატიზაციისა და მცირე ზომის წყალსატევების (ტბორები, გუბურები) ინტენსიფიკაციის გზით, რომელიც გულისხმობს წყალსატევებში ბიოგენების რაოდენობის გაბრდას მინერალური სასუქების შეტანით და სარეწაო თევზებისათვის კომბინირებული საკვების შეტანას.

დღეისათვის მსოფლიო ოკეანიდან სარეწაო ორგანიზმების სახით მოიპოვება ადამიანის მიერ წელიწადში საშუალოდ 80-90 მილიონი ტონა საკვები ბიომასა. აქედან 90% თევზებზე მოდის, ხოლო დანარჩენს ძირითადად შეადგენენ მოლუსკები, კიბოსნაი-

რები და წყალმცენარეები. კონტინენტალური წყალსატევების სარეწაო ორგანიზმებიდან 95% თევზებზე მოდის — 7-8 მილიონი ტონა, ხოლო დანარჩენი კიბოსნაირებზე და მოლუსკებზე.

საქართველოსათვის ჰიდროსფეროს ძირითად ბიორესურსებს სარეწაო თევზები წარმოადგენენ, რომელთა წილი ადამიანის საკვებში საკმაოდ მნიშვნელოვანია. აქედან გამომდინარე სწორედ ჩვენი წყალსატევების თევზის პროდუქციის რეწვისა და მისი გაზრდის მეცნიერული საფუძვლების შემუშავებას ექცევა განსაკუთრებული ყურადღება. სარეწაო თევზის პროდუქციის გაზრდის ძირითადი წყარო ჩვენს რესპუბლიკაში ტბებსა და წყალსაცავებთან ერთად მაინც სათევზმეურნეო გუბურებში თევზის მოშენება და გამოზრდაა. ამ უკანასკნელ პერიოდში დღითიდღე იზრდება ასეთი ხელოვნური წყალსატევების რიცხვი. ჩვენი ქვეყნის რეგიონებში მომუშავე ეკოლოგებს, ბუნების დამცველებს და სხვებს, ვისაც რაიმე შეხება აქვს ბუნებასთან, სასურველია წარმოდგენა ჰქონდეთ სატბორე თევზმეურნეობის სტრუქტურაზე.

მეურნეობის იმ დარგს, რომელიც აწარმოებს თევზის მოშენებას და გამოზრდას საგანგებოდ შექმნილ ხელოვნურ წყალსატევებში — ტბორებში — სატბორე მეურნეობა ეწოდება. ხელოვნურ წყალსატევებში თევზის მოშენება იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ემართოთ მათი სასიცოცხლო პროცესები და ეაწარმოოთ ხელოვნური კვება, რაც განაპირობებს თევზის მაღალი პროდუქციის მიღებას, რომელიც ათჯერ და მოგჯერ ასჯერ მეტია ბუნებრივი წყალსატევების თევზის პროდუქტიულობაზე.

სატბორე მეურნეობის განვითარებას მრავალსაუკუნოვანი ისტორია აქვს. საქართველოში სახალხო მეურნეობის ამ მნიშვნელოვან დარგს 1932 წელს ჩაეყარა საფუძველი — ლანჩხუთის რაიონის სოფელ ჯაპანაში მოეწყო პირველი სატბორე მეურნეობა, რომელიც ამჟამად უშვებს როგორც მომხარდ, ასევე სასაქონლო კობრს (დღესაც სატბორე მეურნეობის ძირითადი სარეწაო ობიექტი სარკისებრი კობრია).

ზოგი სარეწაო თევზი (კობრი, თრისა) ვითარდება მაღალი ტემპერატურის (18°-25°C)პირობებში ხოლო თევზების სხვა სახეობები (კალმახი, სიგი) ვითარდებიან დაბალი ტემპერატურის (9°-18°C) პირობებში. ამის მესაბამისად არჩევენ ორი ტიპის სატბორე მეურნეობას — თბილწყლიანსა და ცივწყლიანს. საქართველოს პი-

რობებში ორივე პერსპექტიულია და განეითარებული. ორივე ტიპის მეურნეობები თავის მხრივ შეიძლება იყოს სრულსისტემიანი და არასრულსისტემიანი.

სრულსისტემიან მეურნეობებში წარმოებს ქვირითიანი სასაქონლე კობრის ან სხვა რომელიმე თევზის გამოზრდა, აქვე აუცილებელია სადედე ჯოგის, ანუ მწარმოებლების არსებობა, რომლებიც ყოველწლიურად იძლევიან საჭირო რაოდენობის ქვირითს. ჩვეულებრივ სრულსისტემიან საგბორე მეურნეობებში ზრდიან ორწლიან სასაქონლე კობრს, რომლის სტანდარტული წონაა 500 გ.

არასრულსისტემიანი საგბორე მეურნეობა შეიძლება იყოს ორგვარი: თავეზსამენი და სანასუქო. თევზსაშენში გამოჰყავთ ტბორების დასათევზიანებელი მასალა – წლევანდელი ან ერთწლიანი კობრი. თევზსამენს აქვს მხოლოდ ისეთი სახის ტბორები, რომლებიც აუცილებელია ჩასასმელი მასალის გამოსაზრდელად. ასეთი ტბორებია: საგოფო ანუ სანაშენო, საზრდელი, დასაზამთრებელი და სადედე ტბორები. სანასუქო ტბორები თევზსამენებში ან სრულებით არ არის, ან ძალიან მცირე ფართობებზეა გაშენებული.

არასრულსისტემიან სანასუქე საგბორე მეურნეობას აქვს მხოლოდ სანასუქე ტბორები, რომლებშიც წარმოებს სასაქონლო თევზის გამოზრდა. ასეთი მეურნეობა წლევანდელ ან ერთწლიან კობრს იძენს უახლოესი თევზსამენიდან. საქართველოში ძირითადად სანასუქო ტბორებია, რომელთაც ჩასასმელი მასალით კეებავენ კონდოლისა და ჯაპანას საგბორე მეურნეობები.

სათევზმეურნეო ტბორებს ყოფენ საზაფხულო, საზამთრო და სპეციალურ ტბორებად. საზაფხულო ტბორებს განეკუთვნება სანაშენო ან საგოფო საბრდელი, სანასუქე და სადედე ტბორები. ამ ტბორებში წარმოებს ძირითადი ბიოტექნიკური პროცესები: მწარმოებელთა ჩასმა ტოფობისათვის, თეით ტოფობის ანუ ქვირითობის ჩატარება, ლიფსიტების გამოზრდა ჯერ საგოფო. მემდეგ საზრდელ ტბორებში, ერთწლიანი თევზის ჩასმა სანასუქე ტბორებში და მათგან სასაქონლო თევზის მიღება.

შემოდგომაზე წლევანდელი თევზი და მწარმოებლები, ან მათი შემცვლელები გადაჰყავთ საზამთრო ტბორებში. სპეციალურ ანუ დამხმარე ტბორებს მიეკუთვნება: საკარანტინო-საიზოლაციო, სარეზერვო და სხვ.

1. სანაშენე ანუ საგოფო ტბორი განკუთვნილია კობრის ტოფობისა და მიღებული ლიფსიტების გამოზრდისათვის — 7-8 დღის განმავლობაში. სანაშენო ტბორები ეწყობა ნაყიერ ნიადაგზე, შედარებით მყუდრო ადგილას. წყალი ღაფარული უნდა იყოს ქვირითის დასაყრელ სუბსტრატად გამოსადეგი ნორჩი მცენარეებით. მეავე რეაქციის მქონე ნიადაგიანი დაჭაობებული ნაკვეთები სანაშენო ტბორების მოსაწყობად არ გამოდგება.

სანაშენე ტბორის ფართობი 100-1000 კვადრატული მეტრი უნდა იყოს, წყლის სიღრმე 15-20 სმ-ია ტბორის ზემო ნაწილში (წყალმომყვანთან) და დაასლოებით 1 მეტრი — წყალგამშვებთან. ტბორის ფსკერი უნდა იყოს თანდათანობით დაქანებული წყალმომყვანიდან წყალგამშვებისაკენ. სანაშენო ტბორებიდან 7-18 დღით ლიფსიტები გადაჰყავთ საბრდელ ტბორებში.

2. საბრდელ ტბორებში გადაჰყავთ აქტიურ კვებაზე გადასული ლიფსიტები და აქ პყავთ დაახლოებით ოთხი-ხუთი თვის ასაკამდე. საბრდელი ტბორების ფართობი დაასლოებით 3-5 ჰა უნდა იყოს, ხოლო ზოგჯერ 15-20 ჰა-ს აღწევს, სიღრმე უნდა მერყეობდეს 30 სმ-დან 1,5 მ-მდე (წყალგამშვებთან), ხოლო საშუალო სიღრმე უმჯობესია 0,8-დან — 1მ-მდე. წყლით მომარაგება ისე უნდა მოეწყოს, რომ ტბორის გაესება შესაძლებელი იყოს 5-10 და დაცლა 4-5 დღეში.

3. სანასუქე ტბორები. სრულსისტემიანი სატბორე მეურნეობის ძირითადი ნაწილია. ასეთ ტბორებში წარმოებს ერთწლიანი კობრების გამოზრდა სასაქონლედ. ზოგჯერ აწარმოებენ ერთწლიანი და წლევანდელი კობრების შერეულ გამოზრდასაც. ტბორის ფართობი შეიძლება იყოს ერთი-ორი ჰექტარიდან რამდენიმე ათეულ და ასეულ ჰექტარამდე. უფრო მიზანშეწონილია 5-10 ჰექტარის ფართობის ტბორები, სადაც თევზის ხელოვნური კვება და სხვადასხვა ღონისძიებათა ჩატარება შედარებით ადვილია. ტბორების საშუალო სიღრმე 1,5—1,7 მეტრი უნდა იყოს. თხელწყლიან წყალსატევში წყალი ადვილად თბება, რაც ხელს უწყობს თევზის საკვები ორგანიზმების ბრდა-განვითარებას და მაღალ თევზპროდუქტიულობას.

4. სადედე ტბორებში აწარმოებენ მწარმოებლების კვებას და გამომამთრებას. მწარმოებლებთან ერთად ასეთ ტბორებში ბრდიან ე.წ. რემონტის ჯოგს ე.ი. ისეთ თევზებს, რომლებიც განკუთვნილი არიან მწარმოებლების შესაცვლელად. ჩვეულებრივ, სადედე

ტბორებში თითოეულ მწარმოებელზე უნდა მოდიოდეს არანაკლებ 15 მ^2 ფართობი, ხოლო თითოეულ სათადარიგო (რემონტის) თევზზე არანაკლებ 7,5მ^2-ისა. ტბორის ფართობი 0,2-0,4 ჰა. ასეთი ტბორების არსებობას დიდი პროფილაქტიკური მნიშვნელობა აქვს, რადგან მწარმოებლები ხშირ შემთხვევაში ინფექციის მატარებლებია (მაგ. წითელა, გიროდაქტილოზი) ამდენად მათს იზოლირებას წლევანდელი და ერთწლიანი თევზებისაგან დიდი მნიშვნელობა აქვს.

5. საზამთრო ტბორები. გამოყენებულია წლევანდელი კობრების, მწარმოებლებისა და სათადარიგო თევზების გამოსაზამთრებლად, სადაც სამრდელი ტბორებიდან გადაყავთ თევზი ზამთრის დასაწყისში. ტბორები მაღალი გამდინარების და დიდი სიღრმის უნდა იყოს. ყინულით დაფარვის შემთხვევაში გაუყინავი შრის სიღრმე 1,5 მ-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს. საქართველოს ბარის პირობებში საესებით შესაძლებელია საზრდელი ტბორების გამოყენება საზამთრე ტბორებად, რითაც თავიდან ავიცილებთ ახალი ტბორების მშენებლობასთან დაკავშირებულ ხარჯებს.

არსებობს სატბორე მეურნეობაში სასაქონლე თევზის გამოზრდის ორი ძირითადი გზა: ექსტენსიური და ინტენსიური.

ექსტენსიური მეურნეობის პირობებში თევზის გამოზრდა დიდად განსხვავდება თევზის ზრდა-განვითარების ბუნებრივი მსვლელობისაგან. ასეთმა მეურნეობამ ხელი უნდა შეუწყოს თევზის გამრავლებასა თუ განვითარებას და ჩაატაროს ბიოტექნიკური ღონისძიებანი პროდუქციის მთლიანად და უდანაკარგოდ ასაღებად. თევზის პროდუქტიულობა დამოკიდებულია ტბორის ბუნებრივ პროდუქტიულობაზე და მერყეობს 2-დან 6 ცენტნერამდე ჰექტარზე. თევზის სიმჭიდროვე 400-1000 ცალი ჰექტარზე.

ინტენსიური მეურნეობა უფრო პროდუქტიულია. აქ თევზს ძირითადად ხელოვნურად კვებავენ და ტბორებს ანოყიერებენ სასუქების შეტანით. თევზის სიმჭიდროვე აქ შეიძლება გაზრდილ იქნეს ნორმალურ სიმჭიდროვესთან შედარებით რამდენჯერმე (2-დან 10-ჯერ) ამ დროს საჭიროა თევზის ზრდის კომპლექსური ინტენსიფიკაცია: მინერალური და ორგანული სასუქებით განოყიერება, მელიორირება, ნიადაგის მაღალ აგროტექნიკურ დონეზე დამუშავება, ხელოვნური კვება, შერეული დათევზიანება და სხვა. ყოველივე ამის შედეგად სასაქონლე თევზის პროდუქცია იზრდება 50 ცენტნერამდე ჰექტარზე.

სათევზმეურნეო ტბორებში სარეწაო თევზების მაღალ პროდუქციას განსაზღვრავენ ის აბიოტური და ბიოტური ფაქტორები, რომელთა ერთობლიობა ქმნის ერთგვარ სასიცოცხლო გარემოს – აბიოტური ანუ არაცოცხალი ფაქტორებია წყალსატევის აგებულება (სიგრძე, სიგანე, სიღრმე,. წყლის ქვაბულის ფორმა – ე.ი. მორფომეტრია), წყლის გამჭვირვალობა, ტემპერატურა და თერმული რეჟიმი, ჟანგბადის შემცველობა, აქტიური. რეაქცია, მარილიანობა, ხოლო ბიოტური, ანუ ცოცხალი ფაქტორები – ის ცოცხალი ორგანიზმები, რომლებიც ცხოვრობენ თევზის გარემომცველ გარემოში. ყველაზე მნიშვნელოვანი თევზებისათვის მათი ბუნებრივი საკვები ორგანიზმებია, რომლებიც არაცოცხალ ფაქტორებთან ერთად განაპირობებენ თევზების ზრდა-განვითარებისა და პროდუქციის დონეს.

თევზების კვების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ მათს საკვებს შეადგენს წყალსატევში არსებული თითქმის ყველა წვრილი უხერხემლო ცხოველი და უმდაბლეს წყალმცენარეთა უმრავლესობა. ასეთებია წყალმცენარეებიდან: კაეოვანები, მწვანე წყალმცენარეები, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ცხოველებიდან: დაფნიები, ციკლოპები, ციბრუტელა ჭიები, მოლუსკები, მწერთა ლარვები. ყველა ეს ორგანიზმები ძირითადად ორ სასიცოცხლო არეალში ცხოვრობენ: წყლის სისქეში შეტივტივებულნი – პლანქტონი და წყლის ფსკერზე მცხოვრებნი – ბენთოსი. ბენთოსით იკვებებიან: კობრი, კაპარჭინა, წვერა, ქაშაყი; პლანქტონით მკვებაობენ: სიგა, რიპუსი, სქელმუბლა – ფიტოპლანქტონით იკვებება; თეთრი ამური იკვებება – ფსკერის მცენარეულობით ანუ მაკროფიტებით.

წყალსატევში თევზის დიდი პროდუქციის მიღების ერთ-ერთი ძირითადი პირობაა ისეთი სახეობის სარეწაო თევზების მოშენება, რომლებიც სრულად აითვისებენ წყალსატევში არსებულ ბუნებრივ საკვებ რესურსებს – ფიტოპლანქტონს, ზოოპლანქტონს, ფიტობენთოსს, ზოობენთოსს. ამგვარად, როცა სრულად იქნება ათვისებული ბუნებრივი საკვები ბაზა, მხოლოდ ამის შემდეგ შეიძლება ვიფიქროთ თევზების რაოდენობის ზრდაზე და შესაბამისად ინტენსიური თევზმეურნეობის განვითარებაზე.

ძირითადი ლიტერატურა

ელიავა ირ., ნახუცრიშვილი გ., ქაჯაია გ., ეკოლოგიის საფუძვლები. თსუ გამომცემლობა, თბილისი, 1992.

ონიანი ჯ., ზოგადი ჰიდრობიოლოგია. თსუ გამომცემლობა. თბილისი, 2000.

ქაჯაია გ., ეკოლოგია (გამოყენებითი ეკოლოგიის საკითხები) თბილისი, 1999.

Березина Н. А., Гидробиология, Москва, 1984.

Жадин В. И., Герд. С. В., Реки, озера и водохранилища СССР. Москва, 1961.

Зенкевич Л. А., Моря СССР, их фауна и флора, Москва, 1956.

Зернов С. А., Общая гидробиология, Москва-Ленинград. 1949.

Константинов А. С., Общая гидробиология. Москва, 1986.

Липин А. Н., Пресные воды и их жизнь. Москва, 1950.

Мазманиди Н. Д., Экология рыб Черного моря и нефть. Батуми. 1997.

Одум Ю., Основы экологии. Москва. 1975.

Хатчинсон Д., Лимнология, Москва, 1969.

საგანთა საძიებელი

შემდგენელი: ზ. კერესელიძე

აბიოტური 3, 15
აბისალი 9, 51
ადაპტაციები 23, 28, 47, 56, 86, 88, 166, 176, 177
აერობები 64
აეროტენკები 140, 141
აეროფილტრები 140, 141
ავტოტროფული 144, 145, 146
აისბერგები 83
აკლიმატიზაცია 176
აკუმულირება 97
ალკალოიდები 41
ამბულაკრული ფეხები 69
ამპლიტუდა 8
ამფიბიური ფორმები 8
ამფიბორეალური არეალი 80
ანაერობები 64
ანაბიოზი 88
ანთროპოგენური ევტროფიკაცია 121, 123, 126, 128, 142
ანტიბიოტიკები 20
არეალი 46
არასიციევამტანები 88
ასიმილაცია 95
ასფიქსია 95
ატმოსფერო 3
აქვაკულტურა
აქტიური რეაქცია 15, 93
აქტიური შლამი 141
აყვავილება 82, 85, 93, 108, 112, 120, 123, 126, 142, 143, 149
აპალინური წყალსატევები 45

ბათიალი 9
ბასკუნჩაკის ტბა 52
ბაქტერიული ხრწნა 96

ბაქტერიები 17, 149
ბგერის გამფანტველი შრეები 116
ბენთალი 7, 10, 11, 12, 22, 23, 49, 150, 166
– ზღვების 7
– ტბების 11
ბენთოსი 10, 13, 14, 21, 36, 51, 82, 83, 112, 125, 175, 184
– ბენთო-ნექტონი 41
– მბურღავები 40
– მიმაგრებული ფორმები 36
– მოძრავი ფორმები 37
– მწოლარე ფორმები 42
– ჩაფლული ფორმები 41
მაკრობენთოსი 42
მეზობენთოსი 42
მიკრობენთოსი 42
ბენთოსური უხერხემლოები 14
ბენთოფაგები 152
ბერკეტული მოძრაობა 35
ბიოგენური ნივთიერება 58
ბიოგენური ელემენტები 10, 47, 85, 100, 109, 120, 122, 125
ბიოგენური მიგრაცია 58, 59
ბიოკოსური ნივთიერება 58
ბიოლოგიური თვითგაწმენდა 130, 131, 132, 133
ბიოლოგიური პროდუქტიულობა 48, 170, 172
ბიოლოგიური რიტმები 97
ბიოლოგიური სეზონები 108
ბიოლოგიური ტბორები 139, 141
ბიოლოგიური ფილტრები 139, 140
ბიოლუმინისცენცია 101
ბიორესურსები 179
ბიომასა 17, 50, 51, 99, 112, 122, 126, 149, 170, 175
ბიოსფერო 4, 58
ბიოტოპი 6, 12, 17, 32
ბიოფილტრი 158
ბიოცენოზი 16, 17, 19, 20, 21, 22, 83, 136, 166, 170
ბიპოლარობა 80

გაგუდვები 70
– ზამთრის 70, 71
– ზაფხულის 70, 72
განათებულობა 8
განიავებული ტბორები 141
გაშები 62, 68
– წყალში გახსნილი 62
გაზის ბუშტუკები 33
გამრავლების ტემპი 18
გამყინვარების ეპოქა 87
გარემო 3, 4
– აბიოტური 3
– ბიოტური 3
გენერაციის რიცხვი 19
გლობიგერინული შლამი 74
გოგირდწყალბადი 63
გრუნტი 42, 154

დანალექები 8, 9
– მლამიანი 8
დაჭუჭყიანება 118, 119, 120, 121
დაჭუჭყიანების წყაროები 118
დეგრადაცია 99
დეტერგენტები 118
დეტრიტი 49, 83, 115, 143, 149, 150, 152, 154, 155, 157, 159, 160, 162, 166
დიაპაუზა 97
დინებები 5
– განედური 5
– ზედაპირული 5
– ფსკერული 5
დიფუზიური სუნთქვა 65
დომინირებული ფორმები 20, 40, 48, 86
დრეიფი 5

ევრიბატური 16
ევრიბიონტები 16

ევრითერმული 16
ევრიიონური 16
ევრიეკები 16
ევრიოქსიგენური 16
ევრიფოტური 16
ევრიფაგური 16
ევრიჰალინური 16, 46
ეკვატორი 9
ეკლები 22
ეკოლოგიური ვალენტობა 16
ეკოლოგიური ნიშა 21
ეკოლოგიური პლასტიურობა 16
ეკოსისტემა 17, 118, 121, 122, 127, 133
ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია 58
ელტონის ტბა 52
ელექტრომაგნიტური ველი 40
ელექტრული დენი 40
ენერგეტიკული ეფექტი 64
ენერგიის ცვლა 68
ეპითელიუმი 58
ეპინეისტონი 31
ესტუარიები 3, 46, 47, 48
ეკსკრეტორული ორგანოები 58
ექსტრემალური პირობები 52
ექტოპარაზიტები 22
ვერტიკალური მიგრაციები 113
– დღეღამური 114
– ონტოგენეზური 113
– სეზონური 113

ვერტიკალური ცირკულაცია 5, 10, 63, 65, 85, 86, 108, 109, 110, 112
ვიტამინები 20
ვიტრიფიკაცია 88

ზემლამე წყალსატევები 44, 51
ზოოპლანქტონი 13, 81, 82, 85, 92, 108, 111, 125, 126
ზრდის ტემპი 17

ზღვები 3, 44
ზღვის წყალსატევები 44, 48

თერმული დაჭუჭყიანება 120
თერმული თვისებები 4
თერმული მდგრადობა 4
თერმული რეჟიმი 4, 86
თერმული წყალსატევები 89
თვითრეგულაცია 17
თითისტარისებური 35

იზოტონური 55
იმაგო 19
ინდიკატორი ორგანიზმები 136
ინფრაწითელი 31
ინჰიბირება 18
ინფაუნა 41
იონური რადიაცია 58
ისტიოფაუნა 78
კალციუმი 45
კანიბალიზმი 18
კანიონები 9
კაჟი 28
კარბონატები 45
კარბონატული წყალსატევები 45
კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება 144, 165, 167
კვებითი ჯაჭვი 165, 166, 167
კვერცხები 4
კირიანი ჩონჩხი 77
კირი 28
კლაკნითი მოძრაობა 35
კლიმატი 3
კოლონია 30, 38
კომენსალიზმი 21
კომბინირებული სუნთქვა 66
კონეგრგენტული ჯგუფები 30
კონტინენტალური ფერდობი 7, 50

კონკურენცია 18, 21
კონცენტრატორები 132
კოროზია 39
კოსმოპოლიტები 86
კრეოზოტი 41
კრიპტიზმი 34

ლაბოვანი გარსი 27
ლარვები 6, 10, 12, 15, 28, 31, 33, 37, 41, 53, 92, 94, 150, 151, 155
ლაყუჩები 65
ლითორალი 7, 11, 68
ლითოსფერო 3
ლიფსიტები 47
ლორწოვანი გარსი 27
ლუციფერაზა 102
ლუციფერინი102

მაკროპლანქტონი 30
მბურღავი ორგანიზმები 14
მანათობელი ორგანიზმები 103
მანგოს ბარდები 75, 77
მანტია 35
მარიანის ღრმული 9
მარილიანი წყალსატევები 3
მარილიანობა 3, 5, 9, 44, 52, 57
მარჯნის რიფები 75, 77, 78
მატერიკული წყალსატევები 7, 107
მატერიკული მეჩეჩი 7, 83
მატერიკული თაეთხელი 7, 83
მატერიკული ფერდობი 7, 107
მეგალოპლანქტონი 30
მეზოპლანქტონი 30
მეორადი პროდუქცია 172, 174
მეროპლანქტონი 16, 30
მესამეული პერიოდი 81
მეტაბოლიზმი 60, 133. 163
მეტანტენკები 141

მეზოსაპრობული 134, 135
მზის რადიაცია 31
მთლიანი პროდუქცია 174
მიგრაციები 113, 114, 116
მიკროორგანიზმები 34
მიკროფლორა 78
მიკროელემენტები 59
მიკროპლანქტონი 30
მიმეზია 34
მინერალიზაცია 72, 79, 109, 130, 131, 150
მინერალური ელემენტები 58
მისაწოვარი 44
მიქცევა 8
მკვდარი ზღვა 52
მოლუსკები 46
მომლაშო წყალსატევები 44, 46
მონადირეები 155
მოსვენებული სტადია 46
მოქცევა 8
მუავე რეაქციის წყლები 93
მსხვერპლი 22
მტაცებლობა 15, 22
მტკნარი წყალსატევები 3, 44, 45
მუტაციები 77
მუტუალიზმი 21
მძიმე იონები 27

ნაკვებობა 152
ნანოპლანქტონი 30
ნარჩენი წონა 26
ნატურალიზაცია 177
ნასშირორჟანგი 63
ნეისტონი 13, 31
ნეიტრალიზმი 21
ნექტონი 12, 34, 36
ნერიტული ზონა 10
ნივთიერებათა ცვლა 68

ოკეანე 10
ოლიგოსაპრობული ზონა 64, 135
ოლიგოჰიდროგენური 94
ოლქები (ტემპერატურული) 73
ონტოგენეზი 57
ონჟაუნა 42
ორგანული მასალა 32
ორგანული ნარჩენები 71
ორგანული ნივთიერებები 22, 60, 122, 131. 132, 135, 137, 162
ოსმორეგულაცია 54
ოქსიკალორიული კოეფიციენტი 68
პარაზიტები 19, 21
პართენოგენეზი 17
პასატური ქარები 74
პარციალური წნევა 62
პელაგიალი 7, 10, 11, 22, 31, 46, 48, 82, 92, 114, 151, 166
პელაგური ქვირითი 28
პერიფიტონი 14, 38, 40, 78, 132, 148
პიგმენტები 100
პიგმენტური უჯრედები 101
პირველადი პროდუქცია 171, 172, 173
პლანქტონი 12, 21, 23, 27, 28, 31, 36, 48, 81, 82, 97, 111, 175, 184
— ფიტოპლანქტონი 12, 71, 78, 81, 82, 85, 93, 108, 112, 126, 129, 132, 143, 166
— ზოოპლანქტონი 12, 81, 82, 85, 92, 97, 108, 111, 125, 126
პლეისტონი 13
პნევმატოფორი 27
პროდუცენტები 144, 159
პროდუქცია 122, 170, 172
პროტოკოოპერაცია 21
პოიკილოოსმოსური ორგანიზმები 54
პოლისაპრობული ზონა 79, 134
პოლიჰიდროიონური 94
პოპულაცია 16, 17, 18, 19, 22, 167, 173, 177
პროფუნდალი 11

პტეროპოდიური შლამი 74
ჟანგბადის შემცველობა 9, 12, 20, 62, 64, 69, 70, 72, 114, 121, 132, 134
ჟანგბადის დეფიციტი 63, 72

რბილი წყალი 45
რეაბსორბცია 56
რეაქტიული მოძრაობა 36
რედუქცია 28
რედუცირებული ორგანოები 38
რიცხოვნობა 17

საკვები ბაზა 152
საკვები რესურსები 147
სარეწაო პროდუქტიულობა 175
სარეწაო მარაგი 50
სარწყავი მინდვრები 139
სასიცოცხლო ციკლი 22, 88
სასქესო პროდუქტები 97
საბორე მეურნეობა 180, 181, 182, 183, 184
საპრობულობის სისტემა 134
საპროფიტული ბაქტერიები 33
საცურავი ბუშტი 35
საჭეები 26, 31
სედიმენტატორები 158
სეისმურობა 9
სესტონოფაგები 14, 152, 153, 155, 159
სითბოგამტარებლობა 4
სითბოტევადობა 4
სიბლანტე 24
სივაში 52
სიმბიოზი 78
სიფონები 41
სიღრუის სითხე 57
სიცოცხლის ხანგრძლიობა 88
სინათლის ზონები (ეუფოტური, დისფოტური, აფოტური) 98
სპორები 5
სტაბილიზატორები 26, 31

სტენობატური 16
სტენოთერმული 16
სტენოიონური 16, 94
სტენოოქსიგენური 16, 64
სტენოეკები 16
სტენოფოტური 16
სტენოფაგები 16
სტენოპალინური 16, 46
სტიგმები 99
სუბსტრატი 36, 42
სუბლითორალი 7, 11, 68, 81, 83
სუპრალითორალი 7
სულფატები 45
სუნთქვის კოეფიციენტი 70
სუნთქვის ორგანოები 65, 68
სუნთქვის რითმი 69, 72
სუაგნური ტბები 45

ტაფობი (ქვაბური) 11
ტბები 11, 12, 52, 53, 63, 70, 71, 86, 120, 127
ტბორები 182, 183, 184
ტემპერატურული სტრატიფიკაცია 4, 73
ტემპერატურული ოლქები 73
ტივტივის ფორმულა 26
ტორპედისებური ფორმა 34
ტოფობა 10
ტოქსიკური ნივთიერებები 76, 119
ტრაქეალური სისტემა 65, 68
ტრიპტონი 14
ტროპიკული ოლქი 73, 86
ტროფოგენული ოლქი 144, 146
ტროფოლიტური ოლქი 145
ტროფული დონეები 165
ულტრააბისალი 7, 9, 51
ულტრაბენთალი 40
ულტრაიისფერი 32, 96
უხერხემლოები 17, 150, 151, 152, 154, 156, 159, 160, 163, 165, 169

ფაუნა 85, 87, 88, 138
ფაქტორები (აბიოტური, ბიოტური, ანთროპოგენური) 15
ფიგურული ნათება 104
ფილტრატორები 155
ფილტრაციის მინდვრები 139
ფიტოპლანქტონი 13
ფოტოსინთეზი 33, 62, 71, 78, 93, 96, 111, 129, 132, 135, 144, 172
ფოტოფორები 102, 103
ფორმის წინააღმდეგობა 26
ფლორა 85, 87, 88, 138
ფრაქციები 35
ფსამონი 15, 42
ფსკერული დანალექები 8, 150

ქიმიური ელემენტები 48, 58, 59, 60
ქიმიური შემადგენლობა 48
ქლორიდული წყალსატევები 52, 53

ყარა ბოღაზ გოლი 51
ყველაფრისმჭამელი ფორმები
ყინვაგამძლეები 88
ყინვარები 83
ყინულის ღნობის ფარული სითბო 4

შელფი (სანაპირო) 6, 7, 8, 10, 74, 83, 174
შემონაზარდები 39,-40
შეფერვა (ცხოველების) 100, 101
შინაგანი ხახუნი 26
შოლტები 28

ჩამდინარე წყლები 138, 140, 142, 143
ჩასასმელი მასალა 47
ჩასაფრებულები 155
ჩაფლული ცხოველები 14
ჩაძირვის სიჩქარე 23
ჩონჩხი (შინაგანი, გარეგანი) 5

ცივსისხლიანები 4

ციკლომორფოზი 105, 106, 107
ცისტები 45
ციტოპლაზმა 27
ცოცხალი ნივთიერება 58
ცუნამი 104
ცხოველმოქმედება 90, 128

წყალი 3, 4, 5, 10, 14
წყალსატევები 3, 23, 45, 46, 48, 52, 57, 62, 67, 70, 71, 86, 88, 93, 110, 118, 125, 130, 159
წამწამები 28

წყლის ცირკულაცია 5
წყალმცენარეები 17, 45, 46, 53, 60, 61, 77, 78, 82, 85, 94, 108. 132, 150

ჭიები 46

ხვედრითი ზედაპირი 23
ხვედრითი-პროდუქცია 171
ხვედრითი წონა 26
ხისტი წყალი 45

ჯაგშანი 22

ჰაერის ჩანაერთები 27
ჰალობიონტები 16, 53
ჰეტეროტროფული კვება 144, 145, 146
ჰიდრობიონტები 4, 18, 29, 50, 61, 62, 66, 69, 90, 93, 97, 119, 120. 129. 144, 157, 163
ჰიდროაკუსტიკური ხელსაწყოები 117
ჰიდროსტატიკური წნევა 6
ჰიდროსტატიკური აპარატი 27
ჰიდროსფერო 3, 118
ჰიდროტექნიკური ნაგებობები 14
ჰიდროქიმია 74
ჰიპერტონური ორგანიზმები 55
ჰიპეროსმოსური წყალსატევები 49, 51
ჰიპერჰალინური წყალსატევები 51, 52, 53, 54
ჰიპონეისტონი 31

ჰიპოტონური 56
ჰოლოპლანქტონი 56
ჰომოიოთერმული ორგანიზმები 90
ჰომოიოსმოსური ორგანიზმები 54, 55, 56
ჰომოქრომია (შეფერება) 100

შინაარსი

შესავალი ---------- 3

თავი I. წყლის ეკოლოგიის ძირითადი ცნებები ---------- 4

1. წყალი, როგორც სასიცოცხლო გარემო ---------- 4

2. წყალსატევის ბიოტოპები ---------- 6

3. ჰიდროსფეროს მოსახლეობის ძირითადი სასიცოცხლო ფორმები ---------- 12

4. ჰიდრობიონტების დამოკიდებულება გარემოს ფაქტორებთან ---------- 15

5. ცნება ჰიდრობიონტების პოპულაციებისა და ბიოცენოზების შესახებ ---------- 16

თავი II. *წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები წყალსატევების პელაგიალის და ბენთალის სიცოცხლის პირობებთან* ---------- 23

1. პლანქტონი ---------- 23

2. ნეისტონი ---------- 31

3. ნექტონი ---------- 34

4. ბენთოსი ---------- 36

თავი III. გარემოს ფაქტორთა გავლენა წყლის ორგანიზმების არსებობაზე ---------- 44

1. ურთიერთდამოკიდებულება წყალში გახსნილ მარილებსა და ჰიდრობიონტებს შორის ---------- 44

ა. სხვადასხვა მარილიანობის წყალსატევთა დახასიათება ---- 44

ბ. ოსმორეგულაციის პროცესები ჰიდრობიონტებში ---------- 54

გ. ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია ---------- 58

2. ურთიერთდამოკიდებულება ჰიდრობიონტებს და წყალში გახსნილ გაზებს შორის ---------- 62

ა. გაზების აბიოგენური და ბიოგენური წყაროები წყალში ---- 62

ბ. წყლის ორგანიზმების სუნთქვის პროცესები და მათი სასუნთქი ორგანოების აგებულება ---------- 64

გ. სუნთქვის ინტენსივობა ---------- 66

დ. გაზთა ცელა – ნივთიერებათა და ენერგიის ცვლის მაჩვენებელი ---------- 68

ე. გაგუღეები ---------- 70
3. ტემპერატურის როლი წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეში ---------- 73
ა. ზღვის წყალსატევები ---------- 73
ბ. მატერიკული წყალსატევები ---------- 86
გ. ტემპერატურის ზეგავლენა პიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე ---------- 90
4. გარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე ---------- 93
ა. წყალსატევებისა და პიდრობიონტების კლასიფიკაცია გარემოს აქტიურ რეაქციასთან დამოკიდებულებით ---------- 93
ბ. გარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა პიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე ---------- 94
5. სინათლის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეზე - 96
ა. წყალსატევების სინათლის ზონები ----------98
ბ. პიდრობიონტების მსედველობის ორგანოების აგებულების თავისებურებანი ---------- 99
გ. წყლის ორგანიზმების შეფერვა ---------- 100
დ. ბიოლუმინისცენცია და მისი ბიოლოგიური მნიშვნელობა ---------- 102
6. გარემოს ფაქტორთა კომპლექსის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე ---------- 105
ა. ციკლომორფოზი ---------- 105
ბ. სეზონური მოვლენები წყალსატევების სიცოცხლეში ---------- 108
გ. ორგანიზმების ვერტიკალური მიგრაციები ---------- 113
დ. ბეერის გამფანტველი შრეები ---------- 117

თავი IV. წყალსატევების დაჭუჭყიანება ---------- 118
1. დაჭუჭყიანების წყაროები ---------- 118
2. საქართველოს წყალსატევების დაჭუჭყიანება ---------- 121
ა. შავი ზღვის საქართველოს სანაპიროს დაჭუჭყიანება ---------- 121
ბ. ანთროპოგენური ეტროფიკაციის ზეგავლენა საქართველოს წყალსატევების ბიოლოგიაზე ---------- 122
გ. ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენა საქართველოს წყალსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე ---------- 123
3. დაჭუჭყიანების გავლენა პიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე ---------- 129

4. წყალსატევების ბიოლოგიური თვითგაწმენდა ——— 130
5. წყალსატევების საპრობულობის სისტემა ——— 134
6. ორგანიზმები, როგორც დაჭუჭყიანების მაჩვენებლები —— 135
7. წყალსატევების დაჭუჭყიანების განსაზღვრის მეთოდები – 137

თავი V. კვება და წყლის ორგანიზმების კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება ——— 144
1. წყლის ორგანიზმების კლასიფიკაცია კვების ხასიათის მიხედვით ——— 144
2. საკვები რესურსების ძირითადი კატეგორიები ——— 147
3. წყალსატევების საკვები ბაზა და ნაკვებობა ——— 152
4. საკვების მოპოვების ხერხები ——— 152
5. ტროფული ჯგუფები და მონები წყალსატევების ბენთალში ——— 159
6. წყლის ცხოველების კვების თავისებურებანი ——— 160
7. ტროფული დონეები და კვებითი ჯაჭვი ——— 165
8. კვების ინტენსიობა და საკვების ათვისება ——— 167

თავი VI. წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობა ——— 170
1. ძირითადი ცნებები წყალსატევების პროდუქტიულობისა და პროდუქციის შესახებ ——— 170
2. წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორები ———172
3. პროდუქციის სიდიდე სხვადასხვა წყალსატევში ——— 173
4. სარეწაო პროდუქტიულობის გაზრდის გზები ——— 175
5. ჰიდროსფეროს ბიორესურსები საქართველოში და მათი გამოყენება ———179
ძირითადი ლიტერატურა ——— 185
საგანთა საძიებელი ——— 186

გამომცემლობის რედაქტორი შ. ვადაჭკორია
ტექრედაქტორი თ. ფირცხელანი
კორექტორი მ. ქუმსიაშვილი
კომპიუტერული უზრუნველყოფა მ. ურუშაძე

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 4. 08. 03
საბეჭდი ქაღალდი 60X84
პირ. ნაბეჭდი თაბახი 12,75
სააღრ.-საგამომც. თაბახი 9,53
შეკვეთა № 111 ტირაჟი 300
ფასი სახელშეკრულებო

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა,
0128, თბილისი, ი. ჭავჭავაძის გამზ., 14.

თბილისის უნივერსიტეტის სარედაქციო-საღუბლიკაციო
კომპიუტერული სამსახური, 0128, თბილისი
ი. ჭავჭავაძის გამზ., 1.