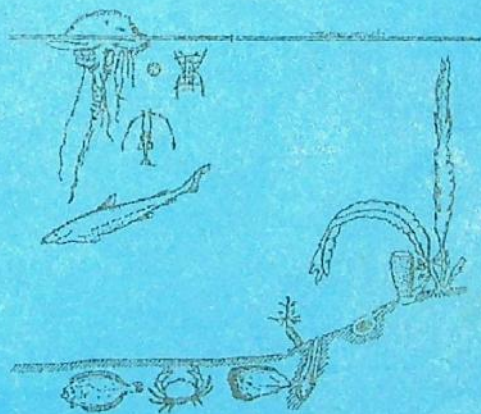
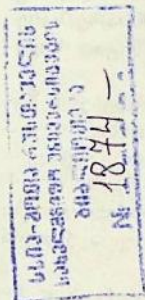


7
111
ზელიმზან კერესელიძე

ზღვევისა და მტკნარი
წყლების ბიოლოგია



ზელიმხან კერესელიძე



ზღვევისა და მტკნარი
წყლების ბიოლოგია

ქეთი ძვიცაძე
თოლოჯაძე, ჭეშოკვაძე
ყიფიანი, თეთრაძე
და სიყვარულიანი
უწყის
4.4.2004წ.



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 2003

ჰიდროსფეროს სიცოცხლის დაცვისათვის ბრძოლა, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს წყლის ეკოლოგიის დარღვის განვითარებას და ეკოლოგიური განათლების დონის ამაღლებას. აქედან გამომდინარე, დღეს სტუდენტებისათვის სახელმძღვანელოებისა და დამხმარე სახელმძღვანელოების შედგენა წყლის ეკოლოგიის დარგში მეტად საჭირო და საშური საქმეა.

წიგნში განხილულია: წყლის ეკოლოგიის ძირითადი ცნებები; წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები წყალსატევების პელაგიალისა და ბენტალის 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 ჰიდრობიოლოგიური კვლევის შედეგები უკანასკნელი ხუთი 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. ყვავაძე

რეკომენდებულია დამხმარე სახელმძღვანელოდ ისუ-ს მეთოდსაბჭოს მიერ.

1901000000

608(06)-03

ISBN 99940-20-00-5

შენახვალი

დედამიწის ზედაპირის ფართობის უდიდესი ნაწილი (70 %) უკავია წყალს, რომელიც წარმოდგენილია ოკეანეების, ზღვების და კონტინენტალური წყალსატევების სახით (გბები, წაყლსატევი, გბორები, გუბურები, ჭაობები, მდინარეები, მიწისქვეშა წყლები). წყლის სამყარო (ჰიდროსფერო) მეტად თავისებური სასიცოცხლო გარემოა, რომელშიც ჩაისახა სიცოცხლე და იგი გავრცელებულია მასში მთელ სიღრმეზე – აგმოსფეროსა და ლითოსფეროსაგან განსხვავებით, სადაც სიცოცხლის გავრცელება შეზღუდულია. ჰიდროსფეროში სიცოცხლე ვრცელდება წყლის ზედაპირიდან ყველაზე უღრმეს წერტილამდე (მარიანის ღრმული – 11055 მ.)

ზღვებისა და მტკნარი წყლების ბიოლოგია ზოგადი ჰიდრობიოლოგიის (შეისწავლის მთელი ჰიდროსფეროს სიცოცხლის განვითარების ზოგად კანონზომიერებებს) ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ნაწილია, რომელიც სწავლობს მარილიანი და მტკნარი წყალსატევების (ზღვებისა და გბების მავალითზე) გარემოსა და მის ბინადართა ურთიერთდამოკიდებულების ხასიათს და აბიოგური და ბიოგური გარემოს ურთიერთშემოქმედების თავისებურებებს. აქ მეტად საინტერესოა შედარებითი ეკოლოგიის თეალსაზრისით მტკნარი და მლაშე წყლის – ამ ორი მარილიანობის გარემოს სიცოცხლის პირობების და შესაბამისად სიცოცხლის განვითარების განსხვავებული ხასიათი. მარილიანობის ფაქტორი, როგორც დაენახათ, უდიდეს როლს თამაშობს ამ შემთხვევაში – სწორედ იგი განსაზღვრავს წყალსატევებში სიცოცხლის თვისობრივსა და რაოდენობრივ სტრუქტურას. მეტად საინტერესოა ამ კუთხით ე.წ. ესგუარიები (მდინარეების შესართავი უბნები ზღვებში), სადაც ხდება მარილიანობის საკმაოდ მკვეთრი და დიდ ფარგლებში ცვალებადობა (ვამტკნარების 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 ვია ქაჯაიას, რისთვისაც მას უღრმეს მადლობას მოვახსენებთ.

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 გოლია 4190 ჯოულ. (კგ.კ). დიდი ხვედრითი სითბოტევადობის გამო წყალი დიდი რაოდენობით შთანთქავს სითბოს, მაგრამ ცუდი სითბოგამტარებლობის გამო გასცემს მას გარემოში ძალზე ნელა. ამ თვისებების მნიშვნელოვანი გამოვლინებაა წყალსატევების დიდი თერმული მდგრადობა და ამის გამო გარემო პირობების ნელი თანდათანობით ცვლადობა. ყოველივე ამას უდიდესი სასიცოცხლო მნიშვნელობა აქვს ჰიდრობიონტებისათვის, რომელთა უმეტესობა ცივისსხლიანი (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 გავლენას ახდენენ ოკეანის თბილი ღინებები მიმდებარე სანაპიროს კლიმატზე.

დაბალი სითბოგამტარებლობა განაპირობებს ტემპერატურის სუსტ გავრცელებას წყლის ღრმა ფენებში. ამის შედეგად წარმოიშობა ტემპერატურული სტრატეფიკაცია, 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 მხოლოდ ზედაპირი, რომელიც ქვედა ფენებს იცავს შემდგომი გაცივებისაგან.

წყალს გაცილებით მეტი სიმკვრივე (10^3 კგ/მ³) აქვს, ვიდრე ჰაერს ($1,3$ კგ/მ³). ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს პილრობიონტების სიცოცხლისათვის. ამის გამოა, რომ ცხოველთა და მცენარეთა ძალიან დიდი რაოდენობა მთელი სიცოცხლის მანძილზე შეწონილ (შეტივტივებული) მდგომარეობაშია. წყლის დიდი სიმკვრივე განაპირობებს პილრობიონტების აგებულების მთელ რიგ თავისებურებებს: მათ შორის გვხვდება ისეთი ფორმები, რომლებიც მოკლებული არიან როგორც შინაგან, ისე გარეგან ჩონჩხს, აქვთ რბილი, ფაშარი სხეული (სიფონოფორები, მეღუმები, საეარცხლურები).

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, ღელამიწის 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 (უღაბნო) მიწებს უკავიათ პრაქტიკულად უცვლელი მდგომარეობა, წყალსატევებში კი ზონის მოსახლეობა იცვლება დინებების ზემოქმედებით, წყლის სხვადასხვაგვარი გადაადგილებების შედეგად ხდება წყალსატევებში გაზების, გახსნილი ორგანული და მინერალური ნივთიერებების, ტემპერატურის განაწილება, ფსკერული დანალექების გადაწაწილება და ფორმირება.

წყლის ვერტიკალური ცირკულაცია განსაკუთრებით ინტენსიურად ხორციელდება თხელწყლიან უბნებში, ამიტომ განსაკუთრებით მდიდარია სიცოცხლით სანაპირო რაიონები და მეჩჩები — 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 პილრობიონტების განსახლებაში. დინებებს გადააქვთ დიდ მანძილზე ცხოველები, მათი კვერცხები და ლავრები, მცენარეები და მათი სპორები.

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

ჰიდროსფეროში სიცოცხლის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გამოვლინებაა წნევა, რომელიც წყლის ზედა ფენებისაგან ქვემოთ მდებარე ფენებზე და ყველა ჩაძირულ საგანზე ხორციელდება (ჰიდროსტატიკური წნევა). ზღვის წყლის 10 მეტრის სიმაღლის სვეტის წნევა 1 სმ² ზედაპირზე შეადგენს $1,01 \times 10^5$ პა-ს. ამგვარად უდიდეს ოკეანურ სიღრმეებში წნევა ძალზე დიდია. მრავალი ზღვის ცხოველი ცხოვრობს სიღრმისა და წნევის დიდ დიაპაზონზე. მაგალითად, მუცელფეხიანი მოლუსკი *Natica groenlandica* გავრცელებულია 3 მ-დან 2300 მ-ის სიღრმეზე, ხოლო ჭია *Priapulus caudatus* 10 მ-დან 7000 მ-დე. ლაბორატორიული ცდები გვიჩვენებს, რომ თხელწელიან ზონაში მცხოვრებ ორგანიზმებს აქვთ უნარი აიტანონ დიდი წნევა. მაგალითად, ზოგიერთი აქტინიები (თაფფეხიანი მოლუსკები) და ზღვის 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 ჟანგბადს. ე.ი. 20-30-ჯერ მეტს, ვიდრე 1 ლ წყალი. ჟანგბადის დაბალი შემცველობის გამო ჰიდრობიონტების დიდი ნაწილი – ცივისსხლიანი (პოიკილოთერმული) ფორმებია, რომლებშიც ნივთიერებათა ცვლა მიმდინარეობს უფრო ნაკლებინტენსიურად, ვიდრე თბილსისხლიან (ჰომოთერმულ) ცხოველებში.

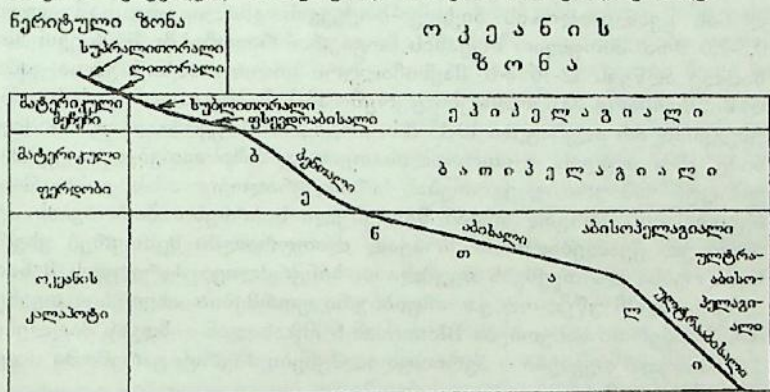
2. წყალსატემის ბიოტოპები

თითოეულ სახეობას არსებობისათვის აუცილებლად სჭირდება როგორც ფიზიკურ-ქიმიური, ისე ბიოლოგიური გარკვეული პირობები. ამიგომ სახეობის განაწილება წყალსატევეში 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 – სიდრმე) და წყლის სისქე – პელაგიალი (pelagos – ზღვა).

წყალსატევებში არსებობის პირობები სიდრმესთან ერთად მნიშვნელოვნად იცვლება. შესაბამისად იცვლება მოსახლეობის თვისობრივი და რაოდენობრივი სტრუქტურა. იცვლება ასევე ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ბიოლოგიური თავისებურებები (საკვების მოპოვებისა და გადამუშავების ხერხები, მორფოლოგია, გამრავლების ხასიათი და სხვ.). სიდრმის მიხედვით ამ განსხვავებებს მივყავართ თანმიმდევრობით განლაგებული და ვერტიკალურად ერთმანეთის შემცველი სასიცოცხლო ზონების ჩამოყალიბებამდე.



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

ზღვების ბენთალი. ზღვის ფსკერის დანაწილების ერთიანი საერთოდ მიღებული სქემა ღღემდე არ არის. სხვადასხვა სქემების გათვალისწინებით ზოგადი სურათი ასეთია (იხ. სურ. 1).

მატერიკული თავისებელი ანუ მეჩხე შიგთავს თანამიმდევრობით 3 ზონას: სუპრალითორალურ, ლითორალურ და სუბლითორალურ ზონებს. მეჩხის 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 ღონეზე მაღლა. სუპრალითორალური მთლიანად იფარება წყლით ქარების დროს, ხოლო ჩვეულებრივ მოქცევის შემოქმედების ქვეშაა. ამ ზონის მოსახლეობა თვისობრივი შემადგენლობით ღარიბია, ხოლო ცალკეული წარმომადგენლების რიცხოვნობა კი მოგჯერ ძალზე დიდია.

ლითორალური (litus – სანაპირო), ანუ მიქცევა-მოქცევის ზონა. ღონის 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 პტიკოდნაკის 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 ფინიკურ-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 ფორმები. ასეთებია თევზების ზოგიერთი სახეობები Blenniidae-ს ოჯახიდან – ზღვის ძაღლები. გროპიკული თევზები – პერიოფთალმუსები ჰაერის გარემოში ძლევენ 37 საათამდე.

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

ბათიალი (bathus - ღრმა) განლაგებულია კონტინენტური (მატერიკული) ფერდობის ფარგლებში, რომელიც უმეტესად 1700 მ-ის სიღრმემდე ვრცელდება, ხოლო მაქსიმალურად კი 2500-3000 მ-დე. ბათიალის წილად შოდის 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 შთის ქედები. წყლის მასებს ბათიალის ფარგლებში აქვთ მუდმივი ტემპერატურა და მარილიანობა, კარგად გაჯერებული ეანგბადით.

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

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

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

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

ნერიტული ზონა განლაგებულია თავთხელის ანუ მეჩენის თავზე. მისი წყლები სისტემატურად მდიდრდება ბიოგენური ელემენტებით და ორგანული ნივთიერებებით კონცინენტიდან მდინარეული ჩამონადენებისა და წყლის ვერტიკალური ცირკულაციის გზით. ოკეანურ ზონასთან შედარებით ნერიტული ზონის მოსახლეობა თვისობრივი და რაოდენობრივი თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად მდიდარია. ზღვის სანაპირო ზოლის პელაგიალში ცხოვრობენ ულვაშოტიანი კიბოები და ციბრუტელები. ნერიტული ფაუნის მნიშვნელოვანი კონპონენცია ფსკერის უხერხემლოთა პელაგური ლარვები. ბენტოსის მრავალი სახეობის ინტენსიური გოფობის პერიოდში მათი ლარვები შეადგენენ ფაუნის 80-99,5%, ზომიერსა და პოლარულსაპირა 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 კონცინენტური დინებების (გაზაფხულზე, წყალდიდობების დროს მდინარეების მომძლავრება) ზემოქმედებით, შემოდგომაზე კი ამ სახეობათა გავრცელების საზღვარი ნაპირისაკენ ვადმოინაცვლებს.

ოკეანური ზონა მოიცავს პელაგიალის ყველა დანარჩენ სივრცეს. ზონის ფაუნის 80-90%-ს ნიჩაბუფხიანი კიბოები შეადგენენ. სიღრმესთან ერთად ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედებით მიმდინარეობს ჰიდრობიონტების 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 მღვის) ბიოტოპების მოძრაობა: მათი საზღვრები იცვლიან მდებარეობას სეზონურად და წლების მანძილზე. განსაკუთრებით მკვეთრადაა გამოხატული ეს მოვლენა ზედაპირულ ჰორიზონტებში (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); B – 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 – ვრცელდება 10-12 მ-ის სიღრმემდე. ამ ზონისათვის დამახასიათებელია ფსკერის მკვეთრი დაქანება (დამრეცი ზედაპირი). სინათლის უკმარისობის გამო მცენარეები აქ პრაქტიკულად არ გვხვდება.

პროფუნდალი – ეს ტბების გაფობია (ქვაბური), ამ ზონის პირობები გამოირჩევა დიდი მუღმივობით, ჰარბობს შლამიანი გრუნტი მრავალ ტბაში აღინიშნება ეანგბადის მნიშვნელოვანი

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

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

3. ჰიდროსფეროს მოსახლეობის ძირითადი სასიცოცხლო ფორმები

ეკოლუციის მანძილზე ჰიდრობიონტები სამ ძირითად ადგილ-სამყოფელს 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, პლანქტონი, პლანქტონი, ნექტონი.

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

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

წყალს ზემოთაა, ხოლო ხისებრ დატოტვილი სხეული ჩაძირულია წყალში. გადაადგილებიან ისინი დინების საშუალებით – ჰნემატოფორი მართლაც იალქნის ფუნქციას ასრულებს). მთვარა თევზსაც, რომელიც ზემოთ პლანქტონში მოვიხსენიეთ, ზოგი პლანქტონს და ზოგი პლესტონს მიაკუთვნებს. იალქნის როლს თევზის შემთხვევაში მათი დიდი ზომის მარაოსებრი ზურგის ფარფლი ასრულებს, რომელსაც საკვების ძებნის მომენტში გაშლის და გადაადგილდება.

ნეისტონი – (nein – ცურვა) – წყლის აკვთან დაკავშირებული ორგანიზმები, რომელთა ნაწილი წყლის აკვზე ზემოდანაა დასახლებული (ეპინეისტონი – ძირითადად ზრდასრული მწერები) და ნაწილი კი წყლის აკვს ქვემოდანაა მიმაგრებული (ჰიპონეისტონი – ძირითადად მწერთა ლარული ფორმები). წყლის აკვი შეტად არამყარი ბიოგეპია და ქარებისა და ღელეის დროს ადვილად ინგრევა. უაქტიურად ის დროებითი ბიოგეპია და მოსახლეობაც დროებითი ბიოცენოზი.

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

ბენტოსი (benthos – სიღრმე) წყალსატევების ფსკერის მოსახლეობაა. ცხოვრების წირის მიხედვით ბენტოსს 6 ჯგუფად ყოფენ: 1. მოძრაი ფორმები, 2. ფსკერზე მწოლარე ფორმები, 3. ჩაფლული ფორმები, 4. მბურღავები, 5. ბენტო-ნექტონური ფორმები. 6. მიმაგრებული ფორმები ამ უკანასკნელ ჯგუფში განსაკუთრებით გამოყოფენ ე.წ. პერიფიტონს ანუ შემონაზარდების მოსახლეობას (peri – ირგვლივ, phitos – მცენარე). პერიფიტონს მიეკუთვნება მიკროსკოპული მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები, რომლებიც სახლდებიან წყალში ჩაძირულ ნებისმიერ მკვრივ საგნებზე (ხეზე, ქვებზე, მცენარეებზე) და ქმნიან ერთგვარ შემონაზარდებს – მჭიდროდ დასახლებულ მასას – ერთგვარ ბიოცენოზს – ძირითადად მიმაგრებული ფორმებია – ორსაგლულიანებიდან – მიდიები). პერიფიტონი დიდ დაბრკოლებებს ქმნის წყალქვეშა ტექნიკური ნაგებობების ფუნქციონირებისას. მაგალითად, მიწისქვეშა არხების, პილროლექტროსადგურების ჩამკეტი ფარების შედაპირზე დასახლებისას.

მთელი რიგი ბენტოსური ფორმები ცხოვრობენ წყლის ღონის ზემოთ სანაპიროს სილაში. სიცოცხლის ამ ფორმამ მიიღო სახელ-

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

4. ჰიდრობიონტების დამოკიდებულება ბარემოს ჰაქტორებთან

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 – კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება (მტაცებლები, კონკურენტები საკვებისა და ადგილსამყოფელისათვის) ანტროპოგენული ფაქტორი (აღამიანის 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 ევრიეკები (eurys – ფართო) ჰქვიათ და ნაწილი კი ადაპტირებულია ფაქტორთა მცირე ფარგლებში ცვალებადობასთან. მათ სტენოეკები (stenos – ვიწრო) ჰქვიათ. ამგვარად, ეკოლოგიური ვალენტობა ანუ ორგანიზმების უნარი, დასა-

ხლდეს და იცოცხლოს გარემოს ფაქტორთა ცვალებადობის სხვადასხვა ფარგლებში – ვერტიკებისათვის დიდი და სტენოეკებისათვის მცირე.

გარემოს უმნიშვნელოვანეს ფაქტორებთან შესაბამისობაში ჰიდრობიონტები შემდეგნაირად შეიძლება დაიყოს: ტემპერატურის მიმართ: ვერიტიერმული და სტენოტიერმული ფორმები, სინათლის მიმართ: ეერიფოტური და სტენოფოტური ფორმები, ეანზბადის მიმართ: ეერიოქსიგენური და სტენოოქსიგენური ფორმები, აქტიური რეაქციის მიმართ: ეერიონური და სტენოიონური ფორმები, მარლიანიობის მიმართ: ეერიპალინური და სტენოპალინური ფორმები, სიღრმის მიმართ: ეერიბატური და სტენობატური ფორმები, ხავევების მიმართ: ეერიფაგური და სტენოფაგური ფორმები.

ცალკეული სახეობის ორგანიზმები ამა თუ იმ ფაქტორებთან დაპოკიდებულების მიხედვით ერთი ფაქტორის მიმართ დიდი ეკოლოგიური პლასტიურობით გამოირჩევიან, ვიდრე სხვა ფაქტორის მიმართ. მაგალითად, კოლო Chaoborus -ის ლარვები წარმოადგენენ მტკნარი წყლის ფორმებს, ე.ი. ისინი სტენოპალინური ფორმებია, ამასთან ერთად იგივე ხაობორესის ლარვები ეერიოქსიგენური ფორმებია, რადგანაც მათ შეუძლიათ დიდი ხნის მანძილზე გაძლონ ისეთ გარემოში, სადაც თითქმის სრული უქანზბადობაა.

ორგანიზმებს, რომლებიც ფაქტორთა უმეტესობის მიმართ გამოირჩევიან დიდი პლასტიურობით, ეერიბიონტური ფორმები ჰქვიათ.

5. ცნება ჰიდრობიონტების პოპულაციებისა და ბიოცენოზების შესახებ

გამოყოფა 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 მანძილზე გარკვეულ ტერიტორიაზე დასახლებულს. 4. ბიოცენოტიკური, ბიოცენოზი (bios – სიცოცხლე, kanios – ზოგადი) წარმოადგენს კომპლექსს, რომელიც აერთიანებს ფიტოცენოზს, ზოოცენოზს და სათანადო ტერიტორიას (ბიოტოპი). ამ ცენოზების შემადგენლობაში შედიან სხვადასხვა სახეობების ცენოზები.

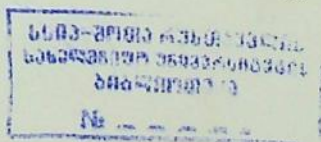
წყალსატევებში ყველა ურთიერთმოქმედი ცენოზების ერთობლიობა განიხილება, როგორც ერთიანი ეკოლოგიური სისტემა (ეკოსისტემა).

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, ზღვის ძუძუმწოვრები). 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. არსებობს პირობების გაუარესებისას ხორციელდება პოპულაციის რიცხოვნობის თვითრეგულაცია: ეცემა ინდივიდთა მრდის ტემპი, სქესობრივი სიმწიფე დგება გვიან, იზრდება სიკვდილიანობა, ხშირად იცვლება გამრავლების ტემპი. მაგალითად, უღვაშოგობანი კიბოები ზელმეტად ხშირი 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 დალუკვა 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 მკვეთრად გამოხატული იმ ცხოველებში, რომლებიც ქმნიან შეჯგუფებას, მაგრამ ადვილი აქვს ცალად ფორმებშიც. მაგალითად, კამჩაკის კიბორჩხალას მამრები ეხმარებიან მდედრებს ჯავშნისაგან ვათავისუფლებაში. პირდაპირი ბრძოლა უმეტესად კანიბალიზმითაა გამოხატული და შემჩნეულია იმ დროს, როცა პოპულაცია საკვებით ცუდადაა უზრუნველყოფილი. იგი წარმოიშობა, აგრეთვე პოპულაციის ინდივიდებს შორის თავშესაფრის ძებნისას. ერთი ინდივიდების განვითარების ინჰიბირება (შეზღუდვა) სხვების მეტაბოლიზმის პროდუქტებით ხშირად ხელს უშლის პოპულაციის სიმჭიდროვის ზრდას.

პოპულაციის რიცხოვნობის ანუ სიმჭიდროვის დინამიკა 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 (ცვალებალობა) წარმოადგენს ავტომატურად რეგულირებულ პროცესს, რომელსაც წარმართავენ აბიოტური და ბიოტური ფაქტორები (საკვები, მტრები, პარაზიტები).

რიცხოვნობის არაპერიოდული ცვალებალობა გაუთვალისწინებელი ხასიათისაა და ის შეიძლება განპირობებული იყოს წყალსაგვეების გაჭუჭყიანებით ან ინტენსიური რეწვით.

პოპულაციის რიცხოვნობის პერიოდული მერყეობა არის დღეღამური, სეზონური, მრავალწლიური. რიცხოვნობის დღეღამური ცვალებადობა განსაკუთრებით მკვეთრადაა გამოვლენილი 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 გაუღენას. მაგალითად, კონგინენტალურ წყალსატევებში გარკვეულ პერიოდებში ხდება სხვადასხვა მწერების ზრდასრული ფორმების (იმბოგოთა) მასობრივი გამოფერვა. გენერაციის რიცხვის მიხედვით ამ მწერების რიცხოვნობის შემცირება აღინიშნება 1-დან 4-ჯერ წელიწადში. პოპულაციის რიცხოვნობის მერყეობა რამდენიმე წლის მანძილზე მკვეთრადაა უმრავლესობის მიერ კლიმატური ფაქტორებითაა ახსნილი – კერძოდ კი, მზის აქტიურობით, რომელიც ისაზღვრება მის ზედაპირზე ლაქების რიცხვით. ციკლის ხანგრძლივობა, რომლის დროსაც ლაქების რიცხვი იცვლება მინიმუმიდან მაქსიმუმამდე, იცვლება 7-დან 16 წლამდე. ეს პიპოთება კარგად ხსნის მრავალი თევზის რიცხოვნობის პერიოდულ მერყეობას. ასე მაგალითად, ი. ბერმანმა აჩვენა, რომ ამურის ვორბუშას ყველაზე ძლიერი საგოფო მიგრაციები ხდება მზის მაქსიმალური აქტიობის პერიოდში, როდესაც ამურზე შემზნეულია ზაფხულში წყლის გემპერატურის ზრდა.

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

ყველა საარსებო გარემოში შემზნეულია ორგანიზმების ქიმიური ურთიერთდამოკიდებულება, რომელიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია წყლის გარემოში: ორგანიზმები და, უპირველეს ყოვლისა, მცენარეები სიცოცხლეში და დაშლის შემდეგ გამოყოფენ

სხვადასხვაგვარ ორგანულ ნივთიერებებს. ხშირ შემთხვევაში სახეობის რიცხოვნობის რეგულაციაში ქიმიურ ზემოქმედებას ენიჭება ძირითადი როლი, რაც გაპირობებულია იმით, რომ ეს ნივთიერებები შეიცავენ ვიგამინებსა და ნაირგვარ ანგიბიოტიკებს. ასევე წყალში გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს, როგორც საკვებს დიდი მნიშვნელობა აქვს პიდრობიონტებისათვის.

ხმელეთის ორგანიზმებისაგან განსხვავებით პიდრობიონტებს ხშირად ქანგბადის დეფიციტის პირობებში უხდებათ ცხოვრება, ამიტაც მკვეთრად განსხვავდებიან მათგან.

წყლის ბიოცენოზების სტრუქტურის ზოგიერთი ნიშნები.

სახეობრივი სტრუქტურა. ბიოცენოზების სახეობრივი შემადგენლობა უმეტეს შემთხვევაში ძალზე ნაირგვარია; ბიოცენოზში უმეტესად ბაგონობს 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.

ნეიგრალიზმი – დამოკიდებულების ტიპია, რომლის დროსაც ორი ან რამდენიმე სახეობა – ერთად მცხოვრები – სრულიად დამოუკიდებელი არიან და ერთმანეთზე არაერთარ გავლენას არ ახდენენ.

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

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 გერმინით აღინიშნება სახეობის ეკოლოგიური მახასიათებლების ერთიანობა – მისი არსებობის ყველა პირობები. სახეობათა ეკოლოგიური მახასიათებლების ცოდნა საშუალებას იძლევა რაციონალურად გამოვიყენოთ წყალსაგვეების საკვები რესურსები. მაგალითად, ზოგიერთი ქვეყნების საგბორე მეურნეობებში, სადაც თევზების რაოდენობა აღწევს 5000 კგ/ჰა-ს, ამრავლებენ ერთდროულად 5-6 სახეობას, რომლებიც მათი კვებითი მოთხოვნების შესაბამისად ისეა შერჩეული, რომ გბორის ყველა ეკოლოგიური ნიშა დაკავებულია: ერთი სახეობა ბენთოსს ითვისებს, მეორე პლანქტონს, მესამე მაკროფიტებს და ა.შ.

მუტუალიზმი (Mutuus - ურთიერთ.) როცა სახეობებს ზრდისა და გამრავლების უნარი აქვთ მხოლოდ ერთმანეთთან ყოფნის პირობებში – ისინი სიმბიოზურად ცხოვრობენ.

თანამშრომლობა ანუ პროტოკოოპერაცია – 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.

კომენსალიზმი (commensal – თანაცხოვრები) – თანაცხოვრება, როცა ერთი სახეობა სარგებლობს ამ თანაცხოვრებით, ხოლო მეორესათვის ამ თანაცხოვრებას არავითარი სარგებლობა არ მოაქვს. კომენსალებია მრავალი ზღვის უხერხემლოები, განსაკუთრებით კი მჭდომარე ფორმები. მაგალითად, ზღვის კუები და აქტინიები, რომლებიც მოლუსკების ნივარაზე არიან მიმაგრებული.

პარაზიტიზმი – ერთი სახეობის არსებობა მეორის ხარჯზე. პარაზიტი აფერხებს მასპინძლის ზრდასა და გამრავლებას და შეიძლება ის დალუქვამდე მიიყვანოს.

მტაცებლობა – ზოგიერთ პოპულაციებში დამოკიდებულების ძირითადი ტიპია. მტაცებელსა და მსხვერპლს შორის არსებობს მოძრავი წონასწორობა. მტაცებელი პოპულაციიდან ანაღვერებს

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

წყლის გარემოს ძირითადი ბიოცენოზებია პელაგიალი და ბენტალი. 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.

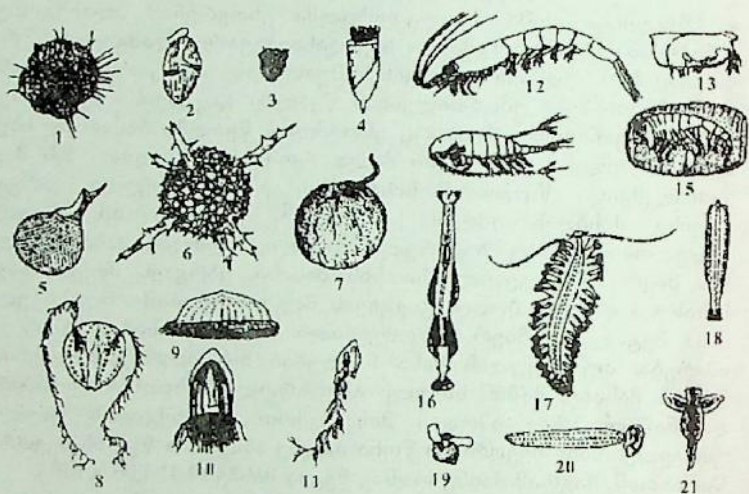
წყლის ორგანიზმების ადაპტაციები წყალსატენების
კელაბიალის და ბენთალის სიცოცხლის
პირობებთან

1. პლანქტონი

წყლის სისქეში შეტივტივებულმა ცხოვრებამ პლანქტონურ ორგანიზმებს გამოუშუშაეთ სხვადასხვაგვარი ადაპტაციები, რომლებიც მათ მუდმივი გვივთვის საშუალებას აძლევთ. პლანქტონური ორგანიზმები ემორჩილებიან წყალში გვივთვისა და ცურვის ფიზიკურ კანონებს. როგორც ცნობილია, წყალში ჩაძირულ სხეულზე მოქმედებს ამომგდები ძალა, რომელიც გოლია მის მიერ გამოდევნილი წყლის წონისა, რის გამოც სხეული კარგავს თავისი მასიდან იმდენს, რამდენსაც იწონის ამ სხეულის მოცულობის სითხე. ჩაძირული სხეული, რომლის მასაც გოლია მის მიერ გამოდევნილი სითხის მასისა, კარგავს მთელ თავის მასას და ამიგომ მოდის გვივთვის მდგომარეობაში. თუ სხეულის მასა მეგია 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 მეგია მასზე (1,01-1,06 გ/სმ³).

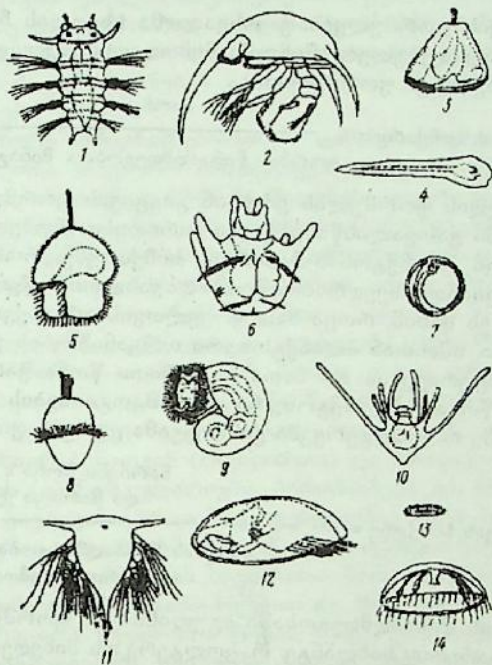
ჩაძირვის სიჩქარე დამოკიდებულია აგრეთვე სხეულის ხვედრით ზედაპირზე, რომელიც თავის მხრივ სხეულის აბსოლუტური ზედაპირის ფარდობაა მის მოცულობასთან. რაც მეგია სხეულის ხვედრითი ზედაპირი, მით მეგად განიცდის გარემომცველი გარემოს ნაწილაკებთან ხახუნს. ჩაძირვის სიჩქარეზე დიდ გავლენას ახდენს სხეულის სიბრტყის მდებარეობა ჩაძირვის მიმართულების მიმართ, ე.ი. ჩაძირვის სიჩქარე დამოკიდებულია სხეულის ვერტიკალური პროექციის სიდიდეზე. რაც მეგია 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 ხარისხზე. ასე მაგალითად, 0°C-ზე იგი ორჯერ მეტია, ვიდრე 25°C-ზე, ხოლო NaCl-ის კონცენტრულ ხსნარში ჩაბირვის სიჩქარე ორჯერ უფრო ნაკლებია, ვიდრე გამოხდილ წყალში. (სურ. 4 და 4¹).



სურ. 4. მღვის პოლოპლანქტონის წარმომადგენლები
(ოლუმის მიხედვით, 1975)

უმარტივესები: 1 - Globigerina, 2 - Gymnodinium, 3 - Stenosomella, 4 - Favella, 5,6 - Protocystis, 7 - Noctiluca.
ნაწლაელრუიანები: 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
(ოლუმის მიხედვით, 1975)

1 - ჭია Platunereis-ის ლარვა, 2 - კიბორჩხალა Emerita zoe, 3 - Plumatella repens-ის ლარვა, 4 - Tunicata, urochorda -ლარვა, 5 - ნემერტინის თავისუფლად მცურავი ლარვა, 6 - ზღვის ზღარბის თავისუფლად მცურავი ლარვა Pluteus, 7 - თევზის ქერიითის მარცვალი, 8 - Trochophora, 9 - მოლუსკ Velumger -ის ლარვა, 10 - ზღვის ვარსკვლავას თავისუფლად მცურავი ლარვა Pluteus, 11 - Nauplius კიბოსნაირთა წარმომადგენელი, ჯავშნით მცურავი ცხოველი, 12 - ციპრისული ლარვა, რომელიც ნაუპლიუსის განვითარების შემდეგი სტადიაა კიბოსნაირებში, კერძოდ, ულვაშფეხიანებში. 13 - Platula, planus - ორშრიანი ჰელაგიური ლარვა ნაწლავურუიანებიდან, 14 - ჰიდროიდების მელუზოიდური სტადია.

გიეგეივის ფორმულები. ვ. ოსვალდმა სხეულის ჩაძირვის სიჩქარის დამოკიდებულება წყალში ზემოდაღნიშნულ ფაქტორებთან გამოსატა შემდეგი ფორმულით:

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

ოსვალდის ფორმულას ეძახიან გიეგეივის ფორმულას, რამდენადაც მასში ვათვალისწინებულია პირობები, რომლებიც გავლენას 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 უმრავლესობა აქტიური მცურავებია და მათი ხვედრითი წონა ჭარბობს წყლის ხვედრით წონას. პლანქტონური უღვაშტოტიანების 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 უმრავლესი წარმომადგენლების გიეგეივი 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, დაუნიებში ჩაჩი და მუკრო, ბოსმინებში – პირველი წყვილი ანტენები და ქელი.

შეკვებანი ხვედრითი წონის შემცირებისათვის. პლანქტონური ორგანიზმებისათვის განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვს ხვედრით წონას, რომელზედაც დამოკიდებულია ე.წ ნარჩენი წონა. გამოკვლევებით დადგენილია, რომ ხვედრითი წონა არამდგრადი სიდიდეა. ის იცვლება გემპერატურასთან დამოკიდებულე-

ბით, რაც დაკავშირებულია ნივთიერებათა ცვლის პროცესებთან, რომლებიც სხვადასხვანაირად მიმდინარეობს სხვადასხვა ტემპერატურაზე; დამოკიდებულია ასაკზე. მაგალითად, პელაგური თევზების კვერცხები ემბრიონების განვითარების მიხედვით თანდათან მძიმე ხდება.

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

წყლით მდიდარი ლორწოვანი და ლაბოვანი გარსებით დაფარვა.

გარსები ხშირად ალემატებიან ზომით თვით ორგანიზმს და დამახასიათებელია მრავალი მტკნარი წყლის წყალმცენარეებისათვის (ლურჯმწვანე, მწვანე) ციბრუტელებისათვის (Conochilus, Rattulus), კიბოსნაირებისათვის (Holopedium) და მრავალი სხვა ორგანიზმებისათვის (აპენდიკულარიები, პიროსომები და სხვ.). ლაბოვან გარსებს გივტივის გარდა სხვა ფუნქციები აქვს მოგჯერ. მაგალითად აპენდიკულარიებში ლორწოსგან იქმნება საჭერი ქოხი.

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

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

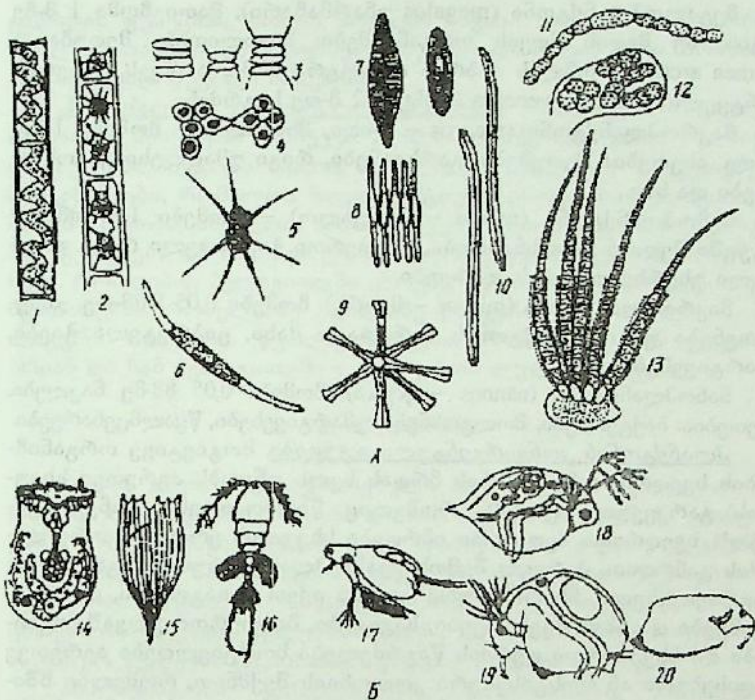
ხვედრითი წონის შემცირება ხერხდება აგრეთვე სხეულში მძიმე წარმონაქმნების – კირის, კაყის რედუქციის გზით: კაყოვანი წყალმცენარეების ჯავშანი ძალზე მცირე რაოდენობით შეიცავს კაეს. ასევე პელაგიური ულვაშტოგიანებისა და ციბრუტელების ჯავშანი მეტად თხელი და გამჟვირვალეა. ზოგიერთ მუცელფეხიან და ორსაგდულიან მოლუსკებს, 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, შოლტების და კუნთების შეკუმშვის საშუალებით. წამწამები ეფექტურია 50-200 მიკრონის ზომის ორგანიზმებში (უმარტივესები, უხერხემლოთა ლარვები). მათ უმრავლესობას დიდი რაოდენობით აქვთ სხეულზე წამწამები და შოლტები. მაგალითად, კანეკლიანების ლარვებს უნვითარდებათ მოციმციმე ზონარები, რომლებიც მრავალ წამწამს შეიცავს და 10-ჯერ სჭარბობს სხეულის სიგრძეს.

პლანქტონური ორგანიზმების ჯგუფები ზომის მიხედვით.

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



სურ. 5. ტბებისა და ვუბერების პლანქტონის წარმომადგენლები
(ოდუმის მიხედვით, 1975).

A - ფიტოპლანქტონი; B - 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 - Gloeothrichia, 14 - Asplanchna, 15 - Notolca, 16 - Macrocyclus, 17 - Diaphanosoma, 18 - Daphnia, 19 - Bosmina, 20 - Acontholeberis.

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

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

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

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

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

პლანქტონის კონვერგენტული ჯგუფები. მოციფცივე ორგანიზმების ხვედრითი ზედაპირის ზრდას ხელს უწყობს აგრეთვე სხეულის გარკვეული ფორმა, რომელიც წარმოადგენს კონვერგენტულს. ხვედრითი ზედაპირი იზრდება სხეულის ერთი ან ორი ღერძის გაზრდით. პირველ შემთხვევაში პლანქტონურ ორგანიზმებს წაგრძელებული, ჩხირისებური ფორმა აქვთ (დიაგომები, ლურჯმწვანეები და სხვა მცენარეები, საგიტები, ზოგიერთი უღვაშგოგია-ნები და სხვ.). ერთი ღერძის წაგრძელება ხორციელდება აგრეთვე ძაფისებური ან ლენტისებური კოლონიის შექმნით, რომელიც ხშირად წყალმცენარეებში გვხვდება, ხოლო ცხოველებიდან – სალპებში. ყველა ამ ორგანიზმს პორიბონგალური განწყობა აქვს წყალში. მეორე შემთხვევაში პლანქტონისათვის ძალზე ჩვეულებრივია დისკოსებური ფორმის, ფირფიცისებური ფორმის სხეულები. ასეთებია მრავალი კაკოვანი და პერიდინოვანი წყალმცენარეები, სხეულის გაბრტყელებული ფორმა ახასიათებთ რადიოლარიებს, მეღუზებს, ფსკერის უხერხემლოთა პელაგიურ ლარვეებს და სხვ.

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

გაზრდის ფუნქციას, ხოლო ზოგჯერ საჭისა და სტაბილიზატორის როლსაც თამაშობენ (დაფინების მუკრო და თავის ჩაჩი, ბოსმინების პირველი წყვილი ანგენები).

პლანქტონის ეკოლოგიური ჯგუფები. სასიცოცხლო ციკლის ხასიათის მიხედვით არჩევენ: პოლოპლანქტონს (ცისო მუღმიე) და მეროპლანქტონს (meros – ნაწილი). პირველს მიეკუთვნება ორგანიზმები, რომელთა მთელი აქტიური ცხოვრება პელაგიალში მიმდინარეობს; მხოლოდ 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 – ზოგიერთი ლურჯმწვანეები).

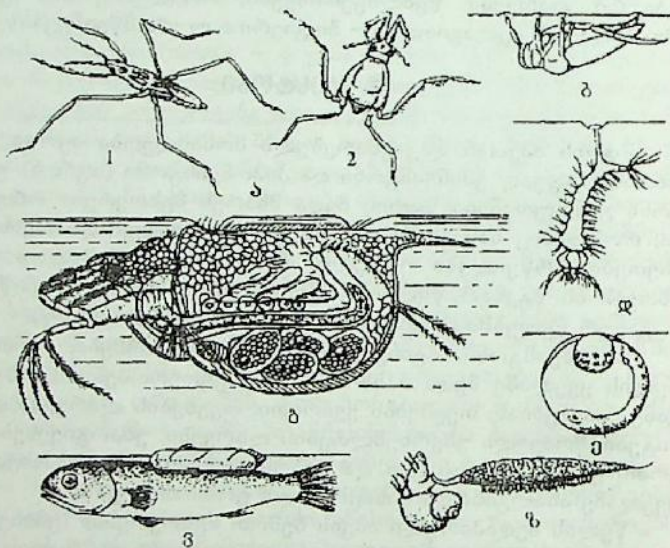
2. ნეისტონი

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

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

წყლის ზედაპირული აკის ზემოთ მცხოვრებნი (ეპინეისტონი) იმყოფებიან მზის გაძლიერებული რადიაციისა და წყლის მასების დიდი მოძრაობის პირობებში, ორგანული ნივთიერებების მაღალი კონცენტრაციის პირობებში. დიდი თავისებურებებით ხასიათდება პიპონეისტონის სიცოცხლის პირობებიც: 5 სანტიმეტრიანი აკის ქვედა 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 ხსნადი ფრაქციით (ხონ) მდიდარი უბანი წარმოადგენს სრულიად თავისებურ ბიოგოპს, ზედაპირულსა და ზედაპირულის ქვედა შრეში ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაციისას. არაცოცხალი ორგანული ნივთიერებების წყარო აქ სხვადასხვაა: მკვდარი ხმელეთის ორგანიზმები და ძირითადად მწერები, მკვდარი პლანქტონური ორგანიზმები, ხმელეთიდან ჩამორეცხილი სხვადასხვა სახის ორგანული მასალა.



სურ. 6. ეპენეისგონის და ჰიპონეისგონის ორგანიზმები

ა - Hydrometra: 1 - მტკნარი წყლის; 2 - ოკეანის; ბ - Noconecta; გ - Scapholeberis; დ - Culex-ის ლარვა; ე - კეფალის ქვირითის მარცვალი; ვ - კეფალის ლიფსიგა; 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 აღსობრივად გახსნილ ორგანულ ნივთიერებებს – აღწევენ წყლის ზედაპირს და აქ, როგორც წესი, სკდებათ. პროცესი გრძელდება უწყვეტად და ამის გამო წყალსატევების ზედაპირი დაფარულია სხვადასხვა სისქის ორგანული აპკით. ქარის დროს ზედაპირული ორგანული აპკი ირღვევა და ქაფდება. ქაფი არაა ცოცხალი ორგანული ნივთიერებების ნარევი, რომელიც აერთიანებს გახსნილ, კოლოიდურ და შეგივივებულ ნივთიერებებს. ზღვის ზედაპირზე ქაფის სიუხვე კარგად ასახავს არაა ცოცხალი ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობას წყალში. ქაფი წყალმცენარეებისა და სხვადასხვა ცხოველების ლარების ზრდის მასტიმულირებელი ფაქტორია.

ჰიპონეისტონის წარმომადგენლებს შორის ყველაზე მასობრივი ჯგუფია საპროფიგული ბაქტერიები. მათი რიცხოვნობა ზედაპირულის ქვედა შრეში ასეულ და ათასეულობით მეტია, ვიდრე უფრო ღრმა შრეებში. აქ კონცენტრირებულია უმარტივესები, ყველა ფსკერული უხერხემლოების ლარები, ქვირითი, თევზთა ლარები და ასევე დიდი რიცხოვნობით გამოირჩევა აქ თევზთა ლიფსიგები 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 შეგუებაანი, რომელთა შორის განსაკუთრებით ფართოდაა გავრცელებული შენიღბის ორი სახე: კრიპტიზმი (გარემოს შესაბამის ფერად შეფერვა) და მიმეზია (ფონის ცალკეულ ელემენტებთან მიბაძვა). ძალზე მრავალრიცხოვანია ნეისტონში

გამჭვირვალე ორგანიზმები, ქვირითი და თევზის ლიფსიგები, 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.

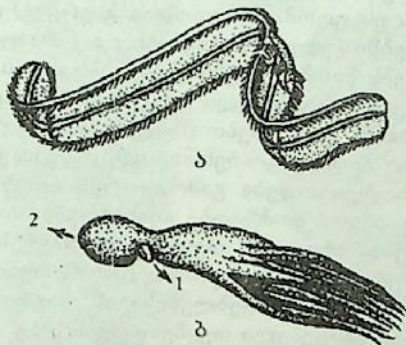
მიმიზის მაგალითს წარმოადგენენ ცხოველები, რომლებიც ბაბუვენ (იმიტირებენ) ისეთ საგნებს, როგორცაა ჰაერის ბუშტები, ქაფის ბოჭკოები, მცურავი წყალმცენარეები და სხვა. ზოგი ლიფსიგა იმიტირებს ჰაერის ბუშტებს, ზოგი მეღუმბა – ქაფის ნაწილებს.

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

3. ნექტონი

ნექტონი შედგება ჰიდრობიონტების ისეთი სახეობებისაგან, რომლებიც ცხოვრობენ პელაგიალში და აქეთ აქტიური გადაადგილების უნარი. მიუხედავად წყლის დინებისა, ამ ჯგუფს მიეკუთვნებიან პელაგიური თევზები, ვეშაპისნაირნი, ფარულფეხიანები, 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 გორპედისებური) სხეულის ფორმით. ხახუნის ძალა მცირდება კანზე ლორწოს გამოყოფით (თევზები, თავფეხიანი მოლუსკები) ან კანის განსაკუთრებული აგებუ-

ლების გამო (დელფინები). ვარემოსა და ნექტონური ცხოველების სხეულის ხვედრითი წონების შეფარდება სხვადასხვა ორგანიზმებში განსხვავებულია: საცურავ ბუმბუს მოკლებული თევზების, დელფინების, თავფეხიანი მოლუსკების, კუების ხვედრითი წონა წყალზე მეტია. თევზების უმეტესობის ხვედრითი წონა უახლოვდება წყლის ხვედრით წონას, ხოლო ვეშაპების ხვედრითი წონა წყალზე ნაკლებია. პირველი ჯგუფის ცხოველებმა გამოიმუშავეს ადაპტაციები, რომლებიც მათს ჩაძირვას უშლიან ხელს. მაგალითად, მრავალი თევზის ღვიძლში ხდება ცხიმის დაგროვება: გვიგენებში ღვიძლი სხეულის 30 %-ია და 80 % ცხიმს შეიცავს, რომელიც მდიდარია ფრაქციებით, რომლის ხვედრითი წონა 0, 86 გ/სმ³ -ია. მრავალ კალმარს მანგიის ქვეშ უნვითარდებათ სიღრუე, რომელსაც სხეულის მოცულობის 60 % უკავია. იგი გავსებულია სითხით, რომლის ხვედრითი წონა 1,01 გ/სმ³ -ია. იმ დროს, როცა ზღვის წყლის ხვედრითი წონა 1,27 გ/სმ³ -ია.



სურ. 6¹. წყლის ორგანიზმების მოძრაობა

- ა - სავარცხლურა, ბ - რეაქცია. 1 - წყლის ჭავლის მიმართულება;
2 - ცხოველის მოძრაობის მიმართულება.

ცხოველებს, რომელთა ხვედრითი წონა წყლის ხვედრით წონას უახლოვდება, უპირველესად თევზებს - კარგად აქვთ განვითარებული საცურავი ბუმბი. ძალზე მნიშვნელოვანია თევზების სხეულში

ცხიმოვანი ჩანართები. ძალიან დიდი ცხიმის შემცველობა დელფინებში, ვეშაპისნაირებში. მაგალითად, ლურჯი ვეშაპის საერთო წონიდან (120 ტონა) ცხიმზე მოდის 30-50 ტონა. ნექტონურ ორგანიზმებს ახასიათებთ სამი სახის მოძრაობა: 1. მთელი სხეულის კლაკნით (გველთევზები), 2. ბერკეტების საშუალებით, რომელთა როლს კიდურები ასრულებს (თევზები, ვეშაპები, ფარულფეხიანები) და 3. რეაქტიული მოძრაობა (თაფფეხიანი მოლუსკები). (სურ. 6¹).

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

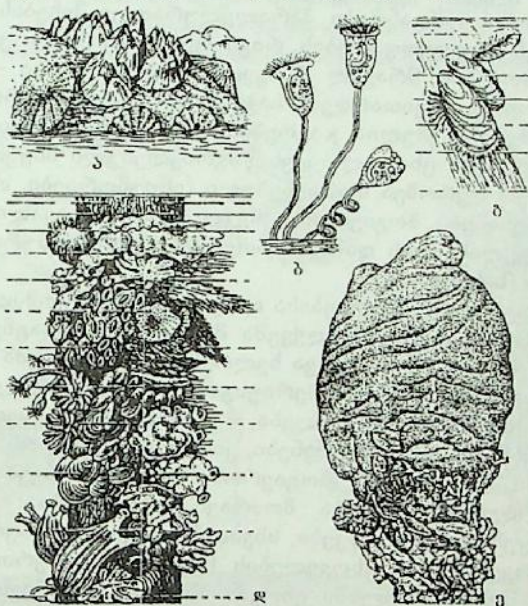
ბერკეტული მოძრაობა დამახასიათებელია ბენთო-ნექტონური ცხოველებისათვის (ზოგიერთი უმაღლესი კიბოსნაირები, მწერები). მოძრაობის ეს ფორმა ფართოდაა გავრცელებული პლანქტონურ ორგანიზმებში (ულვაშტოტიანები და ნიჩაბფეხიანები) მოძრაობის ორგანოებს წარმოადგენს კიდურები და ანტენები.

ძალზე ეფექტურია რეაქტიული ცურვა, რომელიც ახასიათებთ როგორც პელაგიალის მცხოვრებთ (მელუზები, თაფფეხიანი მოლუსკები), ასევე მთელ რიგ ნექტო-ბენთოსურ ცხოველებს. მოძრაობა ამ შემთხვევაში ხორციელდება გამოცოროცნილი წყლის ჭავლის ენერჯის ხარჯზე. ასეთი მოძრაობა ახასიათებთ ძირითადად თავფეხიან მოლუსკებს. ზოგიერთ თევზსა და თაფფეხიან მოლუსკს აქვს გარემოში ფრენისა და ხტომის (პლანირების) უნარი. ამ გზით ისინი თავს იცავენ მტაცებლებისაგან. მაგალითად, კალმარები და რვაფეხები მტაცებელი თევზებისაგან (მაგ. თინუსები) თავდასხმის საშიშროებისას 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

მიმაგრებული ფორმები ანუ ეპიფაუნა. 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 საშუალებები 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, ზღვის შროშანები და ზოგიერთი გარსიანები სუბსტრატს ემაგრებიან ფესვისმაგვარი დანამაგებით. ბალანუსები და რიგი სხვა ცხოველები შეკლ-

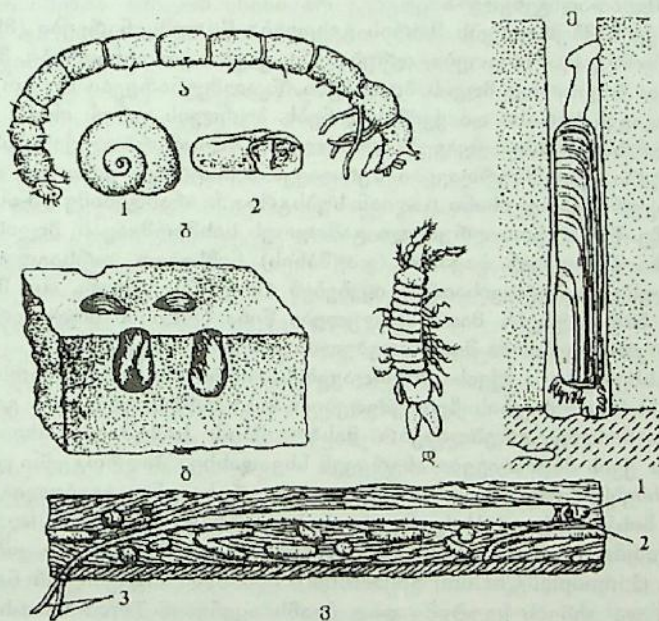
რად შეებრდებიან სუბსტრატს კიროვანი ლანჩით, ხოლო მღვის იხვები კი რქისებური ფუძით.

მიმაგრებულ ფორმებს გამოუმუშავდათ გარკვეული ადაპტიციები. თითქმის ყველამ დაკარგა კიდურები, ან თუ შემორჩათ — ასრულებენ სხვა ფუნქციას. ასე, მაგალითად, ულვაშფეხიანებში კიდურები ასრულებენ საკვების დაჭერის ფუნქციას. მიმაგრებული ფორმების უმეტესობას რედუცირებული აქვს მხედველობის და წონასწორობის ორგანოები. პარალელურად კი შეხების ორგანოები აღწევენ სრულყოფილებას. რიგი შეგუებანი ხელს უწყობს საკვების მოპოვებას. მრავალ ცხოველს სხეულის ზედა — თავისუფალ ბოლოებზე უნვითარდება საჭერი ანუ საგაცი ძაბრი, რომელიც გარსშემორტყმულია ჯაგრების ან წამწამების რიგით, მრავალ მიმაგრებულ ცხოველს აქვს წაგრძელებული სხეული, რომელიც ზოგჯერ ღეროზეა მოთავსებული (ინფუზორიები, ღრუბლები, ნაწლავდრუიანები, 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 ჰქვია (პერიფიტონი). შემონაზარდების ძირითადი კომპონენტებია ღრუბლები, პიდროიდები, 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 პიდროიდების ზოგიერთი სახეობა.

შემონაზარდებში ორგანიზმების საერთო მასა, როგორც წესი, მნიშვნელოვნად მეტია სხვა ბიოტოპების მოსახლეობის ბიომასაზე. მაგალითად, მიდიების მასამ შეიძლება მიაღწიოს 100 კგ/მ²-ს, ბალანუსებისა 40 კგ/მ²-ს, პიდროიდების მასამ შეიძლება მიაღწიოს

15 კვ/მ²-ს. შემონაზარდები დიდ წინააღმდეგობებს ქმნიან გემების მოძრაობაში, პილროტექნიკური ნაგებობების ექსპლოატაციის დროს, გემებისა და სამრეწველო საწარმოების წყალგამტარ სისტემაში და სხვ. შემონაზარდები მნიშვნელოვნად ამცირებენ გემების მოძრაობის სიჩქარეს – ამ დროს სითბოს ხარჯვა იზრდება 30-50%-ით, იზრდება მექანიზმების ცვეთა, რომლებიც მუშაობენ გადატვირთვით. მიკროორგანიზმების სხვადასხვა ჯგუფების მოქმედებით იზრდება მეტალური ზედაპირის კოროზია.



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

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

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

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

ქვის მბურღავეებს 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 შლიან რბილ ქანებს. ცხოველური ქვის მბურღავეები ბურღავენ სუბსტრატს ქიმიური და მექანიკური გზით. ისინი ჩადიან სუბსტრატში რამდენიმე სმ-ის სიღრმეზე. ზოგიერთი ღრუბელი გამოყოფს ნახშირმჟავას, ზღვის ზღარბები ბურღავენ ბაკანის (ჯაეშანის) ნემსებით. ორსაგდულიანი მოლუსკები ბურღვისათვის იყენებენ როგორც ქიმიურ, ისე მექანიკურ საშუალებებს. მათი საგდულები წინა ბოლოში მრავალრიცხოვანი კბილაკებითაა შეიარაღებული და ხერხს მოგვაგონებს.

სხვადასხვა ქვის მბურღავეების, ძირითადად კი ორსაგდულიანი მოლუსკების ზემოქმედებით სანაპიროს კლდეები გადაიქცევა ხოლმე ღრუბლისებრ მასად. მათს სამუშაოს ამთავრებს ზღვა. ქვის მბურღავეები ანგრევენ სხვადასხვა პიდროგექნიკურ ნაგებობებს, რომლებიც ბეტონისა და აგურისაგანაა აგებული.

ხის მბურღავეებს განეკუთვნება ორსაგდულიანი მოლუსკები Pholadidae-ს და Teredinidae-ს ოჯახებიდან და ზოგიერთი კიბოსნაირი (Limnopia, Chelura, Sphaeroma). ხის პიდროგექნიკურ ნაგებობებს და გემებს ყველაზე დიდ ზიანს აყენებენ Teredinidae-ს ოჯახის წარმომადგენლები — გემის ჭიები, რომლებიც ეკუთვნის გვარებს: *Teredo*, *Bancia*, *Nausitora*. გერედინიდების პელაგური ლარვის განვითარება რამოდენიმე კვირას გრძელდება, რის შემდეგ ლარვები ემაგრებიან ხის სუბსტრატს და მასში იწყებენ ჩაბურღვას. ბრდასრული 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 ღროს ხეს ემაგრება. გარეთ გამოყოფილი აქვს მხოლოდ ვრძელი სიფონები ტერედინიდების მასობრივი გამრავლების ღროს მათ მიერ ხის დაზიანება 1-1,5 თვეში ხდება: წყობიდან გამოდიან მცირე ზომის გემები, ინგრევა მღვის ნავსადგურის ნაგებობები. ტერედინიდები სტენოთერმული და სტენოჰალინური ორგანიზმებია. ამიტომ ისინი არ გვხვდება მომლამო წაყლსაგეებში და მაღალი ვანელის მღვებში. გემის ჭიისაგან ხის დასაცავად გამოყენებულია მთელი რიგი მეთოდები: მექანიკურ მეთოდებს განეკუთვნება სხვადასხვა სახის მოპირკეთებანი. მაგალითად, მცირე ზომის გემების კორპუსის ზედაპირი იფარება რამდენიმე ფენის ფანერით, რომელთა შორის გოლისა და ნაბღის ანუ ქერის ფენებია. ასეთი მოპირკეთება იცავს გემებს 3-4 წლის მანძილზე. ხიმინჯების დასაცავად გამოყენებულია ბეტონის მოპირკეთება. განსაკუთრებით ეფექტურია ქიმიური მეთოდები: ხეს გაუფენთავენ ტენდიპედიდებისათვის შხამიანი ნივთიერებებით, რომლებიც თითქმის არ იხსნება წყალში, განსაკუთრებით უართოდაა გავრცელებული და გამოყენებული კრეოზოტი - კუპრის გამოხდის პროდუქტი. კარგად იცავს ხეს მბურღავეებისაგან მისი კანი, რომელიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ალკალოიდებს. ტერედინიდების ღარებთან ბრძოლისათვის რეკომენდებულია მცირე ზომის გემების რამდენიმე დღით მტკნარ წყალში შეყვანა, რომლის შედეგად გემის კორპუსზე მიმაგრებული ღარები იღუპებიან.

ჩაფლული ცხოველები - ინფუნა. გრუნტში ცხოვრება მტრებისაგან თავდაცვის საშუალებაა. ამ ჯგუფს განეკუთვნებიან მრავალი ორსაგდულიანი მოლუსკები და კანეკლიანები, უმეტესობა ჭიები, რიგი მწერთა ღარები და ზოგიერთი თევზები. ცხოველები ეფლობიან ნაწილობრივ ან მთლიანად, ღროებით, ან მუღმევად. გრუნტში ღროებით ცხოვრობენ ზოგიერთი კიბოსნაირები (კიბორჩხალები, კრევეგები), თავფეხიანი მოლუსკები, კანეკლიანები, თევზები (კარასი). გრუნტის მუღმევ ბინადრებს განეკუთვნებიან მრავალი ორსაგდულიანი მოლუსკები, ჭიები და სხვ. ისინი სხვადასხვა სიღრმეზე ეფლობიან. მაგალითად, ხრონომიდების ღარვე-

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

ცხოველები, რომლებიც გრუნჯის მელაპირზე ცხოვრობენ – ონფაუნა

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

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

ზომის მიხედვით არჩევენ ბენტოსის რამდენიმე ჯგუფს: მაკრობენტოსი – 2 მმ-ზე მეტი ზომის ორგანიზმები, მეზობენტოსი – რომელთა ზომა 0,1 – 2მმ-ია; მიკრობენტოსი აერთიანებს 0,1 მმ-ზე ნაკლები ზომის ორგანიზმებს.

ფსამონი, მიკროსკოპული ორგანიზმებია, რომლებიც ცხოვრობენ კონტინენტალური წყალსატევებისა და ზღვების სანაპირო ზოლში – კერძოდ, პლაკებზე, ქვიშაში, რომელიც სველდება წყლის შეფებით. მტკნარი წყლებისა და ზღვების ქვიშიანი პლაკები ძალზე მჭიდროდაა დასახლებული. მაგალითად, კურშის ყურეში შეფების ზონაში მიკროსკოპული ფაუნის რაოდენობა აღწევს 13,6 მლნ. ეკმ. მ², ხოლო ბიომასა 23 გ/მ². ფსამონის ორგანიზმების საცხოვრებელი გარემოს თავისებურებას წარმოადგენს გარემო ფაქტორების განსაკუთრებული არამუდმივობა: მნიშვნელოვანი დღე-ღამური 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 გარემოებით: სილის მარცვლების (ნაწილაკები) უფრო მეტი ზომის შემთხვევაში სილის შთანთქმის უნარი უმნიშვნელოა იმისათვის რომ დააკავოს წყალი, ხოლო უფრო მცირე ზომის შემთხვევაში – პორების მოცულობა ძალზე მცირეა იმისათვის, რომ უზრუნველყოფილ იქნეს სიცოცხლისათვის საკმარისი წყლის ცირკულაცია მათში.

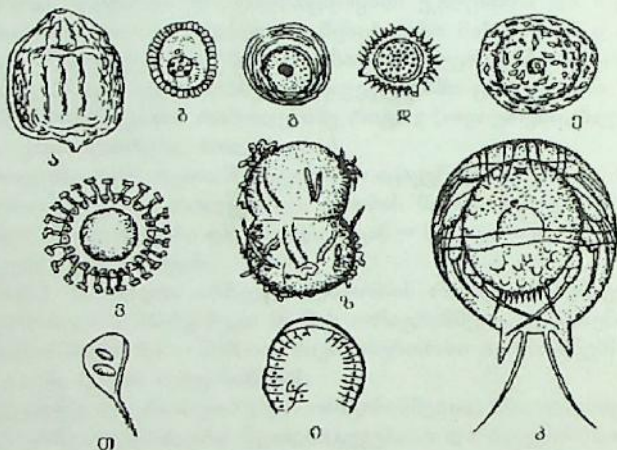
თ ა ვ ი III

ბარემოს ფაქტორთა ბავლენა წყლის ორგანიზმების არსებობაზე

1. ურთიერთდაგროვიდებულება წყალში ბაქსნილ 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), მომლამო ანუ მიქსოჰალინური (0,5-30‰-დე), ზღვის (ეუპალინური) – 30-40‰, ზემლაშე (ჰიპერჰალინური) – 40‰-ზე მეტი.



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

ა - ციბრუგელა *Philodina roseola* - სრულიად გამომშრალი;
ბ -დ - უმარტივესთა ცისტები. ე - ღრუბელის - *Spongilla lacustris* -ის გემულა; ვ - ხავსელას - *Cristatella mucedo* -ს სტაგობლასტი; ზ-კ - ნიჩაბუხიანი კიბოების გამძლე კვერცხები; თ - *Daphnia pulex* -ის ეუიპიუმი; ი - *Diaptomus* -ის მოსვენებული კვერცხის განივი განაკვეთი.

40%-ზე მეტი მარილიანობის წყალსატევებს ყოფენ - ჰიპერ-კალინურ (რომელთა მარილიანობა 75-80%-დეა) და ულტრაპალი-ნურ (80%-ზე მეტი - 250-300%-დე) წყალსატევებად.

ყველაზე მეტია თვისობრივი განსხვავება ზღვისა და მტკნარი წყლის მოსახლეობებს შორის, რომელთა წარმომადგენლებითაც ხდება მომლამო და ზემლაშე წყალსატევების ფლორისა და ფაუნის ფორმირება (იხ. სურ.9).

მტკნარი წყალსატევები. მტკნარ წყლებში გახსნილი ნივთიერებებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია კარბონატები და სულფატები. დიდ ბიოლოგიურ როლს თამაშობს კალციუმი. ხშირად ის წარმომადგენს შემზღვეველ ფაქტორს, რადგანაც მრავალი ორგანიზმისათვის (მოლუსკები, კიბოსნაირები) აუცილებელია ნიქარის ან ჯავშნის აგებისათვის. წყალი ითვლება ხისტიად, 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 აპალინურ (უმარილო) წყალსატევებად. მაგალითად, სფაგნური ჭაობები.

მტკნარი წყლების მოსახლეობის ერთ-ერთი ყველაზე მეტად დამახასიათებელი თავისებურებაა სახეობრივი სიღარიბე. ასე, მაგალითად, მტკნარ წყლებში საერთოდ არ გვხვდება კანეკლიანები, გარსიანები; ხოლო ღრუბლები, ნაწლავღრუიანები და სხვანი გვხვდება სახეობათა მცირე რიცხვით. ამასთან ერთად საკმაოდ ფართოდაა მტკნარ წყლებში გავრცელებული მწერები, ნიჩაბუფხიანები, უღვაშტოტიანები, ამფიბიები. უპირატესად მტკნარ წყლებში გვხვდება მცირეჯაგრიანი ჭიები, ციბრუტელა ჭიები, ფილტვიანი მოლუსკები. მტკნარი წყლის წყალმცენარეები და უხერხემლოები ხასიათდებიან ფართო გეოგრაფიული გავრცელებით, ამიტომ მათს სახეობრივ შემადგენლობაში არ შეინიშნება შესამჩნევი განედური განსხვავება. ამ ორგანიზმების კოსმოპოლიტიზმი განისაზღვრება იმით, რომ უმეტეს მათგანს გამოუქმნავდათ ადაპტაციები პასიური განსახლებისათვის, გამოზამთრებისთვის; მშრალი პერიოდების გადაგანა მოსვენებულ მდგომარეობაში ცისკების შექმნის გზით (წყალმცენარეები, უმარტივესები, ზოგიერთი ნიჩაბუფხიანები), შინაგანი კვირკვებით (ხავსელები, ღრუბლები). ლატენტური კვერცხებით (ჰიდრები, ფოთოლფუხიანი კიბოები, ციბრუტელაები). ყველა ამ წარმოქმნის მოსვენებული სტადია შეიძლება გავრ-

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

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

მომლამო წყალსატევების მოსახლეობას სამი ჯგუფი შეადგენს: ზღვის ევრიპალინური ფორმები, მტკნარი წყლის ევრიპალინური და სპეციფიკური მომლამო წყლების ფორმები.

ზღვის ევრიპალინურ ფორმებს შეუძლიათ გაუძლონ მარილიანობის შემცირებას 5-8‰ -დ. ასეთებია მაგალითად, ორსაგდულიანი მოლუსკები: *Mytilus edulis*, *Cerastoderma lamarcki*, მრავალი ნიჩაბფეხიანი, დიატომები და პერიდინეები. ხშირად ზღვის ფორმები ქმნიან მომლამო წყალსატევების ძირითად მოსახლეობას (მაგალითად, ბალტიისა და ამოვის ზღვებში). ზოგიერთ მტკნარი წყლის წარმოშობის ორგანიზმებს შეუძლიათ 6-8‰ -ის პირობებში არსებობა (ზოგიერთი ლურჯმწვანე წყალმცენარეები, ციბრუტელეები, ულვაშოგოიანი კიბოები და ხირონომიდების ღარვები). სპეციფიკური მომლამო წყალსატევების ორგანიზმები, უმრავლეს შემთხვევაში, სტენოპალინური ფორმებია. სამხრეთის ზღვების ფაუნაში ამ ჯგუფს განეკუთვნებიან Amphipoda, Cumacea, Mysidocera, Isopoda, Bivalvia (დრეისენა, მონოდაკნა და სხვ.) თევზებიდან ქაშაყისნაირთა და ღორჯოსნაირთა წარმომადგენლები.

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

დება 90-95%-ით. ამასთან ერთად, ზოგიერთი სახეობის ზომებიც მცირდება. მაგალითად, *M. edulis* და *C. lamarki* ნიქარები ბალტიის ზღვაში (2-6%-ის პირობებში) 2-4-ჯერ მცირე ზომისაა, ვიდრე იგივე სახეობების ნიქარები კილის ბუხტიდან, სადაც მარილიანობა 15%-ია. შესაძლებელია, რომ ზომათა შემცირება დაკავშირებულია მომლამო წყლებში ზოგიერთი ორგანიზმების სიცოცხლის ხანგრძლიობის შემცირებასთან. მაგალითად, *C. lamarki*, ჩრდილო ატლანტიკაში 9 წლის ასაკამდე ცოცხლობს, ამოვის ზღვაში კი 5 წლამდე.

მომლამო წყლების მოსახლეობა, მიუხედავად სახეობრივი სიღარიბისა, ხასიათდება დიდი რიცხოვნობით, რაც გაპირობებულია იმით, რომ აქ მცხოვრებ ფორმებს არა ჰყავთ 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 ზღვისა და მტკნარი წყლები, ხოლო მიქცევა-მოქცევის დინების საშუალებით შედაპირული წყლები მდიდრდება ბიოგენებით, რაც განაპირობებს მაღალ ბიოლოგიურ პროდუქციულობას.

მარილიანობის ზრდის შემოქმედება მტკნარი წყლის ზოგიერთი ფორმის ბიოლოგიაზე (ცისარტყელოვანი კალმახის მაგალითზე). მარილიანობის ფაქტორი, რომ ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ფაქტორია ჰიდრობიონტების ზრდა-განვითარებაში – ეს დასტურდება მეტად საინტერესო ექსპერიმენტებით, რომლებიც ტარდებოდა წლების მანძილზე თევზმურნობისა და ოკეანოგრაფიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის საქართველოს განყოფილებაში (ქ. ბათუმი).

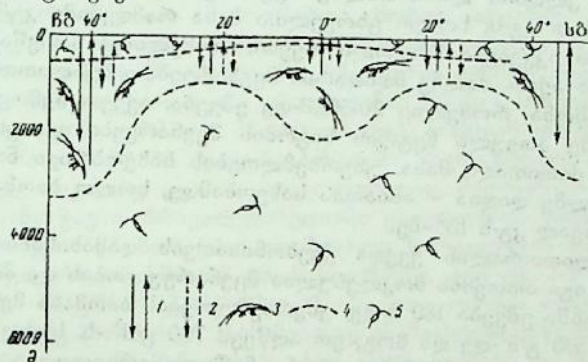
მტკნარი წყლის სახეობის – ცისარტყელოვანი კალმახის ჩასამელი მასალა (ლიფსიგები) ხანგრძლივი დროის მანძილზე (1-2 წელიწადი) გამოზარდეს მტკნარი წყლის თანდათანობით გამარილიანების პირობებში (0,5%-დან 17-18%-მდე). მოხდა ადაპტაცია და აღმოჩნდა, რომ ამ მტკნარწყლიანი ფორმების ზრდა-განვითარებისათვის სწორედ 17-18%-ს გარემოა საჭირო. ასეთი მარილიანობის პირობებში ცისარტყელოვანი კალმახის ზრდის ტემპი დაახლოებით 3-ჯერ გაიზარდა და ზრდასრული თევზების მასა კი 1,5-2,5-ჯერ ჭარბობდა – ამავე სახეობის მტკნარ წყალში გამოზრდილი ეგზემპლარების მასას.

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

ზღვის წყლის მოსახლეობა სხვა გიპის წყალსატევებისაგან განსხვავდება მეტად დიდი თვისობრივი 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. ბენტოსური უხერხემლოების პელაგური ლარვები, რომლებიც მეზოპლანქტონს განეკუთვნებიან, დამახასიათებელია მხოლოდ ზოგიერთი მტკნარი წყლის სახეობებისათვის და გიპობრივია თითქმის ყველა ზღვის უხერხემლოებისათვის, რომლებიც ცხოვრობენ ზომიერსა და გროპიკულ 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: პროლუქციის შემქმნელი — საშუალოდ 200მ-დე, სადაც თავმოყრილია ფიგოპლანქტონი და მომხმარებელი, რომელიც მოიცავს დანარჩენ სიღრმეს. ზღვის ფიგოპლანქტონში სახეობათა რიცხვით და მასობრიობით ჭარბობენ (დომინირებულია) კაჟოვანები, პერიდინეები; უფრო ნაკლები მნიშვნელობისაა კოკოლიგოფორიდები, მცირე რაოდენობითაა ლურჯმწვანეები. ზოოპლანქტონში ბაგონობს რაოდენობრივად ნინაბუფხიანები, უმეტესად კალანოიდა. დიდი მნიშვნელობა აქვს ევფაუმიებს, მიზიდებს, ამფიპოდებს და ნაწლავღრუიანებს, 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/მ³ შეადგენს. უფრო ღრმად მეზოპლანქტონი ძალზე ცოტაა.

მედა ფენები ფიგოპლანქტონით მკვებავი ფორმებითაა დასახლებული. საშუალო სიღრმეების ოლქში (500 მ და უფრო ღრმად) ძირითადი მნიშვნელობა მტაცებლებს ენიჭებათ. აბისალისათვის კი დამახასიათებელია მცირე ზომის ფორმები, რომლებიც დეგრიტი იკვებებიან. მაკროპლანქტონი (კიბორჩხალები, თავფეხიანი მოლუსკები, ზოგიერთი თევზი და მათი ლიფსიგები) 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 ვანაწილების სქემა (ოკეანის მერიდიანულ ქრილში).

1 მეზოპლანქტონის დღეღამური ან სეზონური მიგრაციების ამპლიტუდა; 2 - მაკროპლანქტონის დღეღამური მიგრაციების ამპლიტუდა (ეკოლოგიური ჩანაწერების მიხედვით); 3 - მაკროპლანქტონის კონცენტრაციის ზონა; 4 - მაკროპლანქტონის კონცენტრაციის ზონის საზღვარი; 5 - მეზოპლანქტონის ბაგონობის ზონა.

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

ლოების დასახლების 3-დან 8 სარტყელს. თითოეული მათგანი ძირითად ბირთვს 1-3 სახეობა ქმნის. ასეთი განაწილების ვერტიკალური მონალობა 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 შედეგების გამო ვერ აითვისება. კლდიან ლითორალზე მცენარეთა მასა აღწევს $1\text{მ}^2\text{-ზე}$ 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 $1\text{მ}^2\text{-ზე}$.

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 მეჩქის (თავთხელი) ფარგლებს გარეთ - კონგინენგალურ ფერდობზე (500-1000 მ-ის სიღრმემდე). ამასთან ერთად ღრმაწყლიანი ფაუნის მსოფლიო ოკეანის პოგიერთ 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 ცვლა და მისი რაოდენობის შემცირება. აქ გამოიყოფა 2 ქვეზონა: პირველი ვრცელდება 200-300 მეტრიდან 1000-1500 მ-დე. მეორე მოიცავს მაგერიკული (კონგინენგალური) ფერდობის დანარჩენ ნაწილს. მოსახლეობის რიცხოვნობა აქ 2-4 -ჯერ დაბალია, ვიდრე პირველ ქვეზონაში. ზედა და ქვედა ქვეზონების ბათეალისათვის საერთოა სახეობების მხოლოდ 4%. ბენტოსის ბიომასა ზედა ქვეზონაში შეადგენს რამდენიმე ათეულ გრამს $1\text{მ}^2\text{-ზე}$.

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

ბენტალის მთელი მოსახლეობის 3% მოდის აბისალზე. ბიომასა მერყეობს $0,1$ -დან $1\text{გ}/\text{მ}^2$ -მდე. გროპიკულ მონაში კი არ აღემატება $0,05$ $\text{გ}/\text{მ}^2$. სახეობების რიცხვით აბისალის ფაუნაში პირველ ადგილზე დგანან კანეკლიანები, უპირველეს ყოვლისა პოლოთურიები, რომელთა წილად მოდის მთელი ბენტოსის ბიომასის 50% და ყველა სახეობის უხერხემლოების 60%. თევზებს შორის აბისალში 52% ენდეშები.

ულტრააბისალის მცხოვრებთა შორის ამჟამად ცნობილია 900-მდე სახეობა. ეს სამჯერ ნაკლებია აბისალის მოსახლეობაზე. მათ შორის 60% ენდეშებია. 9 კმ-ზე უფრო ღრმად რეგისტრირებულია მრავალუჯრედიანი ცხოველების 70-მდე სახეობა, ხოლო 10 კმ-ზე უფრო ღრმად – 16 სახეობამდე; ამასთან ენდეშურ 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 $2-5$ $\text{გ}/\text{მ}^2$, ზოგჯერ კი 10 $\text{გ}/\text{მ}^2$ -ს ჭარბობს. გროპიკული 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 $\text{გ}/\text{მ}^2$ -დე. მსოფლიო ოკეანის სხვადასხვა რაიონებში ულტრააბისალური ფაუნის განვითარებაში რაოდენობრივი განსხვავებები დაკავშირებულია კვების პირობებთან და ფსკრულ დანალექებში ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობასთან.

ჰიპერპალინური წყალსატევები. ჰიპერპალინური წყალსატევები ქვაბურის (გაფობის) 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 ბოლან გოლი, კასპიის ზღვისგან გამოყოფილი).

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

კონცინენტალური (მაგერიკული) ჰიპერჰალინური წყალსატევების წარმოშობის ძირითადი პირობები: გაუმდინარი ქვაბურის არსებობა, მშრალი კლიმატი, წყალსატევის წყალშემკრები აუზის ნიადაგების გარკვეული ქიმიური შემადგენლობა. კონცინენტალური, ჰიპერჰალინური წყალსატევები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ფართობით, მარილთა შემადგენლობით და კონცენტრაციით. ასეთი წყალსატევები გვხვდება ავსტრალიის 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-ბოლამ გოლი — მირაბოლიგის ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 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 ევრიჰალინური ზღვის სახეობებით.

კონცინენტალურ წყალსატევებში (100%-მდე მარილიანობა) ცხოვრობენ მცირე რაოდენობით მტკნარწყლიანი წარმოშობის ევრიჰალინური ფორმები. ასეთებია ზოგიერთი უღვაშტოტიანი 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 პალობიონგთა ჯგუფს. პალობიონგებს განეკუთვნება ვოლვოქსოვანი წყალმცენარეები *Dunaliella salina* და *Asteriomonas gracialis* ინფუზორია *Fabrea salina*, ფოთოლფეხიანი კიბო *Artemia salina*, ბუზის – *Ephidra riparia* -ს ლარვები, ხოჭო *Ochthebius* -ის მრდასრული ფორმები და ლარვები. მრავალი ჰიდრობიონგები გამოირჩევიან განსაკუთრებული ევრიპალინურობით. 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 გვხვდება. ამ წყალსატევების დიდი ნაწილის გამტკნარება მოხდა წლების მანძილზე და ისინი ამჟამად სათევზმეურნეო მნიშვნელობისაღიანია. ხდებოდა ყოფილი მლაშე და ზემლაშე ტბების აუზის დაცლა მარილიანი წყლისაგან, ქვაბურის გამორეცხვა და მისი შევსება მტკნარი წყლით, რის შედეგადაც გაჩნდა ახალი გიპის 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, ნადარბაზევის ტბა, დედოფლისწყაროს ტბა. ასეთივე მლაშე ტბები მოექცა თბილისის შლვის უსკერზე, რამაც გარკვეული გავლენა მოახდინა ასლადშექმნილი წყალსაცავის ჰიდრობიოლოგიურ რეჟიმზე.

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

დუქცია აღწევდა 900 გონას); რომელიც საქართველოს ყველა ტიპის დამდგარ წყალსატევებს ჭარბობს.

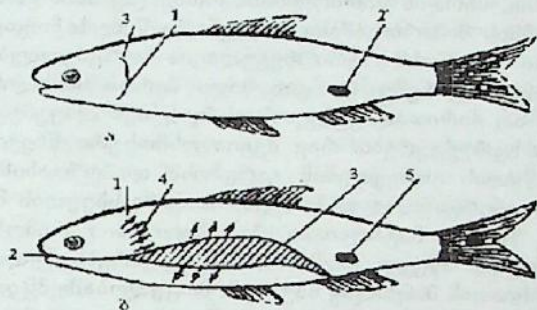
საქართველოს ღლეისათვის მაინც შემორჩა პიპერპალინური წყალსატევები (სართიჭალის ტბები, ჯვრის მონასტერთან მდებარე ტბა და სხვ.), რომელნიც გამოირჩევიან ძალზე მაღალი მარილიანობით (150-250 %) და ჰიდრობიონტთა სახეობების ძალზე სპეციფური ერთეული სახეობებით. საქართველოს პიპერპალინური წყალსატევების ყველაზე გავრცელებული და გიპური 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: პოიკილოსმოსური (პოიკილოს – ჭრელი) და პომოიოსმოსურ (პომოიოს – მსგავსი, ერთგვაროვანი) ფორმებად. პირველი ჯგუფის ორგანიზმების შინაგანი გარემო (სისხლი, ლიმფა, პემოლიმფა, ცელომური სითხე) იმყოფება გარემომცველ გარემოსთან შედარებით ოსმოსურ წონასწორობაში. მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ცხოველები, რომელთაც შეუძლიათ შინაგანი გარემოს ოსმოსური წნევის დაჭერა ისეთ ღონებზე, რომელიც განსხვავდება გარემომცველი გარემოს ოსმოსური წნევისაგან. ოსმოსური რეგულაცია ჩვეულებრივ ხორციელდება სპეციალიზირებული უჯრედებით, რომლებიც განლაგებულია საფარველზე, ლაყურებზე, ნაწლავის ცალკეულ მონაკვეთებზე ანდაც გამოყოფი ორგანოების კედლებზე ე.ი. ორგანოებზე, რომელთაც გარეგან გარემოსთან აქვთ კონტაქტი. მონოფუნქციონალური ოსმორეგულატორული ორგანოები ჰიდრობიონტებს, როგორც წესი, არ გააჩნიათ.

პოიკილოსმოსურ ცხოველებს განეკუთვნება უმრავლესობა მღვის უხერხემლოები (უმალღესი კიბოსნაირების გარდა) და ასევე ზოგიერთი ხერხემლიანები (მიქსინები, ზოგი ამფიბია). ყველა ამ ორგანიზმისათვის დამახასიათებელია გარემომცველ გარემოსთან შედარებით მცირედი პიპერტონია. იზოტონიის შემთხვევაში შეუძლებელი იყო გარედან წყლის შეღწევა შიგნით და შესაბამისად შარდის გამოყოფა და მეტაბოლიზმის პროდუქტების გამოტანა. შინაგანი პიპერტონიის დაბალი ხარისხის დროს მღვის

პოიკილოსმოსური ორგანიზმები ნორმალურად ფუნქციონირებენ წყლის აქტიური მოთხოვნილების გარეშე. პოიკილოსმოსურ უხერხემლოებში შინაგანი გარემოს ოსმოსური წნევა შეინარჩუნება ჩვეულებრივ მინერალური იონებით, ხოლო ზოგიერთ ხერხემლიანებში კი ის ნახევარზე მეტად შენარჩუნებულია ორგანული ნივთიერებებით, უპირველეს ყოვლისა შარღოვანათი.



სურ. 11. ოსმორეგულიაცია ძელიან თევზებში.

ა - მტკნარწყლიანი თევზების პიპეროსმოსური რეგულიაცია წყალი (1) ოსმოსური გრადიენტის მიხედვით შედის ორგანიზმის შიდა გარემოში და გამოიდევენება პიპოტონური შარღის (2) სახით. ნაგრიუმი შიდა გარემოდან ლაყურების საშუალებით აქტიურად გამოიდევენება; ბ - ზღვის თევზების პიპოსმოსური რეგულიაცია. წყალი (1) ოსმოსური გრადიენტის მიხედვით გოკებს ორგანიზმს. დანაკარგი შეივსება ზღვის წყლის (2) სმით, რომელიც შეიწოვება კუჭში (3), გამტკნარდება ლაყურებში ნაგრიუმის სეკრეციის ხარჯზე (4) და გამოიდევენება იპოტონური შარღის (5) სახით.

პოთიოოსმოსურ ცხოველებს შორის შინაგანი და გარეგანი ოსმოსური წნევის სიდიდეების შეფარდებით ანსხვავებენ პიპერტონიკებსა და პიპოტონიკებს. პირველებში შინაგანი გარემოს ოსმოსური კონცენტრაცია მაღალია გარეგანზე. მათ განეკუთვნება ყველა მტკნარი წყლის ცხოველები და მომლამო წყალსატევების მრავალი მცხოვრებნი. მათი ოსმორეგულატორული მექანიზმების

მოქმედება მიმართულია იქითკენ, რათა ხელი შეუშალოს (დააბრკოლოს) ქსოვილების გაუწყლოვანება. (სურ. 11).

ცხოველებს მარილების შესანარჩუნებლად და მათი მარაგის გასამდიდრებლად თავიანთ სხეულში გააჩნიათ სხვადასხვა ადაპტაციები. ეს მიიღწევა საფარველის გამგარებლობის დაქვეითებით, გარედან იონების აქტიური სორბციით და მათი აქტიური რეაბსორბციით, შარდის წარმოქმნით, რომელიც ჰიპოტონურია სისხლის პლაზმის მიმართ. ამასთან მტკნარი წყლის ზოგიერთ კიბორჩხალებში ჰიპეროსმოსური რეგულაცია ხორციელდება იონების რეაბსორბციის გარეშე, რადგან მათი შარდი სისხლის პლაზმის იზოტონურია, ძირითად ფუნქციას ასრულებენ ლაყუჩების მასობრივ ბირებელი სტრუქტურები. რაც მეგია 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.

ჰიპოტონიკებს ეკუთვნიან რიგი ზღვის ცხოველები: ზოგიერთი უხერხემლოები (მიზიდები, ცალკეული ათფეხა კიბოები) ძვლიან თევზები, ქვეწარმავლები და ბუბუქოვრები, ასევე ჰიპერპალინური წყალსატევების ყველა მცხოვრებლები, გარემომცველი გარემოში ფიზიკური ძალები მიმართულია ორგანიზმის გაუწყლოვნებისაკენ და ამიგომ ჰიპოტონიკების ოსმორეგულატორული სისტემები მუშაობენ როგორც გამამტკნარებლები. ცხოველები სვამენ წყალს, რომელიც შეიწოვება სისხლში ნაწლავის კედლების გზით. უხერხემლოებმა გამოყოფენ ზედმეტ 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 საფარველი წყლისა და მარილებისათვის სუსტი გამგარებლობით.

ჰომოიოოსმოსური ორგანიზმების უმრავლესობა და მრავალი პოიკილოსმოსური ორგანიზმები – ევრიპალინურებია. ზოგიერთი პოიკილოსმოსურ ორგანიზმს აქვს უნარი გარეგან მარილიანობასთან დამოკიდებულებით გადავიდეს ოსმორეგულაციის ერთი ციკლიდან

პიდან მეორეზე, ანდაც შეწყვიტოს ოსმორეგულატორული მექანიზმების მოქმედება. ასე, მაგალითად, გამსეული თევზები – ორატოლისნაირნი მარილიანობის მომატებისას გაღადიან რეგულაციის ჰიპეროსმოსური გიპიდან ჰიპოსმოსურზე. პოიკილოსმოსურ 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 სიღრუს სითხის ოსმოსური წნევა. ამასთან ორგანიზმს აქვს უნარი ნორმალური ცხოველმოქმედებისა სიღრუს სითხის კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი ცვალებადობის პირობებში. მაგალითად, ზღვის ვარსკვლავა – *Asterias rubens* უძლებს მარილიანობის დაცემას 23 %-დე, ამასთან მისი სიღრუს სითხის კონცენტრაცია მცირდება 1,5-ჯერ, ხოლო სასიცოცხლო პროცესები მიმდინარეობს ნორმალურად.

ოსმორეგულატორული მექანიზმების გვიანი განვითარების გამო ონტოგენეზში ევრიპალინურობა იზრდება. მაგალითად, მრდასრული 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 ჰიდრობიონტები იტანენ გარეგანი გარემოს სხვადასხვა იონთა შემოქმედებას. ორგანიზმებში სიღრუს სითხის იონური შემადგენლობა არსებითად განსხვავდება გარეგან გარემოს ასეთსავე შემადგენლობისაგან. მაგალითად, ვირთევზაში სიღრუს 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 შთანთქავენ სხვა იონებს. იონური რეგულაცია ორგანიზმის მიერ ხორციელდება, როგორც პასიურად, ასევე აქტიურად. პირველ შემთხვევაში ძირითადი მნიშვნელობა აქვს სხვადასხვა იონების მიმართ სხეულის საფარველის სხვადასხვაგვარ გამტარებლობას. გემპერატურის 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 სი-
 თხიდან. ეს უჯრედები მოიპოვება ან სპეციალურ ექსკრექტორულ
 ორგანოებში, ან განლაგებულია სხეულის ზედაპირზე. მაგალი-
 თად, *Artemia salina* -სთვის იონების ექსკრექცია პირველი 10 წყვი-
 ლი ლაყუჩების ეპითელიუმში, ხოლო მასში იონების შეღწევა ხდ-
 ბა ნაწლავის ეპითელიუმის გზით. ძვლიან თევზებში იონების მი-
 ტაცება ან გამოყოფა ხორციელდება კეის-ვილმეროვის უჯრედ-
 ბით, რომლებიც ლაყუჩებშია განლაგებული. გარემომცველი გარე-
 მოს მარილიანობისაგან დამოკიდებულებით ამ უჯრედების ფუნქ-
 ციები იცვლება. მრავალ კიბოსნაირებსა და მწერებში ერთსა და
 იმავე უჯრედებს აქვთ უნარი ორგანიზმების ბიოლოგიური მოთხო-
 ვნილებების შესაბამისად მიიგაცონ ან გასცენ იონები.

ბ. ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია

ქიმიური ელემენტების მიგრაციას, რომელიც ხორციელდება
 ბიოსფეროს შემქმნელი ორგანიზმების ცხოველმოქმედების შედე-
 გად, ეწოდება ელემენტების ბიოგენური მიგრაცია. ბიოსფერო-
 აკად. ვ. ი. ვერნადსკის განმარტებით, — ეს არის დედამიწის ზედა
 პირული გარსი, რომელიც სიცოცხლითაა დაკავებული და თვისო-
 ბრივად მის მიერ გარდაქმნილი. ბიოსფერო თავისი შემადგენლო-
 ბით რთული, არაერთგვაროვანია და მოიცავს 3 ძირითად კომპონე-
 ნტს: ცოცხალი ნივთიერება — ყველა ორგანიზმის მასის ერთიანო-
 ბა, რომელნიც დასახლებული იყვნენ ჩვენს პლანეტაზე ამა თუ იმ
 მომენტში; ბიოგენური ნივთიერება — ორგანული და მინერალური
 პროდუქტები, რომელნიც ცოცხალი ნივთიერების მიერაა შექმნილი
 (ქვანახშირი, საპროპელი, გორფი), ბიოკოსური ნივთიერება — მინე-
 რალური შენაერთები, რომლებიც წარმოქმნილია ცოცხალი ორგანი-
 ზმების არააცოცხალ ბუნებასთან ურთიერთმოქმედების შედეგად (და-
 ნალექი ქანები, თიხა, აგმოსფეროსა და წყლის ქვედა ფენები).

ბიოსფერო აღწევს დედამიწაზე შემორგყმულ 3 გარსში: აგმოსფე-
 როში, ლითოსფეროში და ჰიდროსფეროში. ბიოსფეროს საზღვრები იქმ-
 ნება მასში ორგანიზმების გავრცელების არეალით. ლითოსფეროში ისინი
 აღწევენ 2-3 კმ-ის სიღრმეზე, აგმოსფეროში 20-23 კმ-დე და მხოლოდ ჰიდ-
 როსფეროა მთელ სიღრმეზე დასახლებული. ბიოსფეროს არსებობის მან-
 ძილზე (მილიარდი წლები) ცოცხალმა ნივთიერებამ მზის ენერჯის უზარ-
 მაზარი რაოდენობა გარდაქმნა ქიმიურ და მექანიკურ ენერჯიად და შეუ-

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

ბიოსფეროში ცოცხალი და მინერალური ელემენტების ურთიერთმოქმედება გამოვლინდება ელემენტების ბიოგენურ მიგრაციაში და გამოიხატება კვებაში, სუნთქვაში, გამრავლებაში, სიკვდილში, ცოცხალი ორგანიზმების გახრწნაში. სხვადასხვა ორგანიზაციის ორგანიზმების რთულ ურთიერთმოქმედებაში, ბიოგენურ მიგრაციაში ჩართულია სხვადასხვა მინერალური ელემენტების დიდი რაოდენობა, რომელთა შორის წამყვანი როლი ეკუთვნის ნახშირბადს, წყალბადს, აზოტს, ფოსფორს, ვოგირდს. 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 პიდროსფეროში, სადაც ცოცხალი ნივთიერების მთელი რაოდენობის $\frac{9}{10}$ -ია თავმოყრილი.

ზღვის წყლებში ნაპოვნია 70 ელემენტი, რომელთაგან 46 მათგანის შემცველობა იმდენად მცირეა, რომ ჯამში ისინი შეადგენენ მხოლოდ 0,02 გ/ლ-ს. პიდრობიონტებს აქვთ განსაკუთრებული უნარი მთანთქონ და დაიგროვონ თავიანთ სხეულში სხვადასხვა ელემენტები, რომლებიც წყალში ძალზე მცირე რაოდენობითაა. ზოგიერთი მიკროელემენტი შემჩნეული იქნა ჯერ ორგანიზმებში და შემდეგ წყალში. პიდრობიონტებში შეიმჩნევა სხვადასხვა ნივთიერების დაგროვებისას ამორჩევის უნარი: ზოგიერთ შენაერთებს აგროვებენ, ხოლო სხვას კი თავისუფლად აგარებენ სხეულში. ქიმიური ელემენტების შემადგენლობა სშირად პიდრობიონტებში ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე წყალში. მაგალითად, მარგანეცისა და ლითიუმის კონცენტრაცია ნიჩაბუფხიან კიბოსნაირებში ათიათასჯერ, ხოლო რკინის, კაქის, ვერცხლის მილიონჯერ მეტია წყალთან შედარებით. რვაუხეებში 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. ვერნალსკის მიერ იყოფა ორ ძირითად ჯგუფად. 1. ორგანიზმები, რომლებიც ივროვებენ თავის სხეულში ელემენტებს მათი სხეულის სველი წონის 10%-ზე მეტი რაოდენობით. ასეთებია, მაგალითად, დიაგომები (კაქოვანები), რომელთა სხეულში კაქის ჰიდრატის შექანვი სხეულის 20%-მდეა, ხოლო რადიოლარიებში – 60%-მდე. კალციუმის კონცენტრატორებია კოკოლიგოფორიდები, წითელი კიროვანი წყალმცენარეები, კანეკლიანები, მოლუსკები. ამ ორგანიზმებში კალციუმის შემცველობა მერყეობს სველი ნივთიერებების მასის 38-დან 50%-დე.

2. ორგანიზმები, რომლებშიც ცალკეული ელემენტების 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 ავროვებენ მოლუსკების მრავალი სახეობები და კიბოსნაირები. ბაქტერიების, ფიტოპლანქტონის და მრავალი პლანქტონური და ბენტოსური 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 უმარმამარ ფართობებს 3000-6000 მეგრზე. 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 სიკვდილის შემდეგ ყველაზე დიდ როლს ამ პროცესში თამაშობენ ბაქტერიები და ფიტოპლანქტონი, რამდენადაც მათი მეტაბოლიზმი გარემოდან უფრო ნაკლებადაა იზოლირებული.

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

ამჟამად, ზღვის წყლიდან მოიპოვება ისეთი ელემენტები, როგორებიცაა: ნატრიუმის ქლორიდი და სულფატი. მაგნიუმის მარილები, მეგალური მაგნიუმი, ბრომისა და კალიუმის მარილები. დატოვებულია 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 ღარგარების მეთოდი და პიდრავლიკური ხერხი, რომლებიც საშუალებას იძლევიან დღეღამის მანძილზე 5000 ტონამდე კონკრეციის მიღებისა.

ბუნებრივი წყლების სუსტი ხსნარების გადამუშავება წარმოადგენს სერიოზულ ტექნოლოგიურ სიძნელეს, ამიტომ ოკეანის წყლებში მცირე რაოდენობით არსებული ელემენტების მოპოვება შეიძლება არაპირდაპირი ვით. ე. ი. ორგანიზმი-კონცენტრატორების გზით, რომლებიც ასრულებენ „ცოცხალი მანის“ ფუნქციას. მაგალითად, კალიუმის მარილებისა და სხვა შენაერთების წყაროს წარმოადგენენ რუხი 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 ზუსტად და უმაღლესი ხარისხით განსაზღვროს ადამიანის გარემომცველ გარემოსთან ურთიერთმოქმედების სტრატეგია, შეგნებულად დაამყაროს მასთან თავისი ურთიერთკავშირი, დაგვემოს 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 წიანის კომპენსაცია. ამრიგად, მიმდინარეობს ბიოსფეროს გარდაქმნის ნიშნულზე, ანუ გონიერების სფეროდ.

2. შრტიერთდამოკიდებულება 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 ჟანგბადს. შემდეგ ნახშირორჟანგს, 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 ხედებიან დეამიწის ქერქიდან. ატმოსფეროდან გაზები წყალში იხსნება თავიანთი პარციალური წნევით, რაც სხვადასხვა გაზებში განსხვავებულია და ამიტომ ხსნადობაც სხვადასხვაა. ასე, მაგალითად, ჟანგბადისათვის 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.

ჟანგბადი. ჰიდრობიონტების აბსოლუტური უმრავლესობისათვის ჟანგბადი მათი არსებობის აუცილებელი პირობაა. ატმოსფეროში ჟანგბადის 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 ჟანგბადის ნორმალური შემცველობა მცირდება. ასე, მაგალითად, 20°C -ის დროს და 4%-ს პირობებში ის გოლია 5,18 მლ/ლ-სა. ჟანგბადის უფრო ძლიერი წყაროა წყალში ქლოროფილიანი მცენარეების მოქმედება სინათლეზე — ფოტოსინთეზი. წყალმცენარეთა ინტენსიური განვითარების შემთხვევაში (მაღალი რიცხოვნობის დროს) ხდება წყლის გადაჯერება ჟანგბადით. ასე, მაგალითად, ამოვის მღვაში ჟანგბადით გადაჯერებამ შეიძლება მიაღწიოს 300%-ს, ხოლო ახალი მიწის ზოგიერთ ტებში აღნიშნულია ჟანგბადით გადაჯერება 322%-მდე. წყლის ზედაპირულ შრეებში ჩვეულებრივ ჟანგბადის ნაჯერობა აღწევს 100%-ს. ჟანგბადის ვერტი-

კალური განაწილება როგორც ტბებში, ასევე მღვებში დამოკიდებულია წყლის ვერტიკალურ ცირკულაციაზე და ღინებებზე.

ნახშირორჟანგი. CO_2 -ის გახსნის პროცესი ფიზიკური მოვლენაა იმ შემთხვევაში, როცა წყალს აქვს ნეიტრალური ან მკავე რეაქცია. რადგან უმეტესობა წყალსატევებისათვის (ტბები, მღვებები) 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 მკათედ 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 ვულკანური პროცესების დროს დიდი რაოდენობით მოედინება დედამიწის ქერქიდან. CO_2 -ის მაღალი შემცველობა მომხსამველია ცხოველებისათვის, ამიტომ მრავალი წყაროები, რომელთა წყლები გადაჯერებულია 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, გოგირდწყალბადი წარმოიშობა მხოლოდ ბიოგენური გზით. რამდენადაც H_2S ეკუთვნის ადვილად ეანგვად გაშვებს, 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 მღვებში ამ გაზის რაოდენობა, რომელიც იქმნება ბაქტერიების მოქმედებით, ძალზე დიდია (მაგალითად, შავ მღვაში). მტკნარ წყალსატევებში, სადაც წყალი მცირე რაოდენობით შეიცავს სულფატებს, H_2S -ის წარმოქმნაში ძირითადი მნიშვნელობა აქვთ ლპობის ბაქტერიებს. მათი მოქმედება ძირითადად ფსკერზე მიმდინარეობს, სადაც დიდ რაოდენობით გროვდება ხრწნა-

დი ცილოვანი ნივთიერებები. ჰიდრობიონტების უმეტესობისათვის გოგირდწყალბადი მცირე რაოდენობითაც მომშხამველია. ძალზე მდგრადი არიან მის მიმართ მხოლოდ დაჰუჭვიანებული წყლების მცხოვრებნი.

ბ. წყლის ორგანიზმების სუნთქვის პროცესები და მათი სასუნთქი ორგანოების ანაბოლიზმა

ჰიდრობიონტები, ისევე როგორც სმელეთის მცხოვრებნი, ჟანგბადის მოთხოვნილების მიხედვით იყოფიან აერობებად და ანაერობებად. აერობული ორგანიზმების ნივთიერებათა ცვლა ხორციელდება მათს სხეულში შემავალი ცილების, ცხიმების და ნახშირწყლების და ჟანგვის შედეგად. ანაერობებში კი დუღილის პროცესების შედეგად ხდება ნახშირწყლების გახლეჩა; ცილებისა და ცხიმების გამოყენებები უმნიშვნელოა. ანაერობული გახლეჩვის პროცესების ენერგეტიკული ეფექტი ათჯერ დაბალია ჟანგვით პროცესებთან შედარებით.

აერობები იყოფა ევრი - და სტენოოქსიგენურ ფორმებად. ევრიოქსიგენურ ფორმებს შეუძლიათ არსებობა, როგორც ჟანგბადით გადაჯერების პირობებში, ისე მისი უკმარისობის დროს და მისი სრული არარსებობის დროსაც. ასეთ შემთხვევაში ადგილი აქვს აერობული ცვლიდან ანაერობულზე ნაწილობრივ გადასვლას. მაგალითად, ზღვის 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.

სტენოოქსიგენურ ფორმებს შეუძლიათ არსებობა ჟანგბადის მხოლოდ გარკვეული კონცენტრაციის პირობებში; მაგალითად თლიგოსაპრობული 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 არახელსაყრელ გარემოა სუნთქვის პროცესებისათვის. ამის გამო ჰიდრობიონტებზე გამოუყალიბდათ მთელი რიგი რთული ადაპტაციები, რითაც უზრუნველყოფენ მათთვის აუცილებელ სუნთქვის ინტენსიობას.

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

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

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

მეკუეებულობანი გარემოს აერაციისათვის. სუნთქვის ნორმალური პროცესისათვის ორგანიზმებს აუცილებლად სჭირდებათ კონტაქტი კარგად აეროზულ გარემოსთან. ჰიდრობიონტების უმრავლესობა მოძრაობს გარემოში: წამწამიანი საფარველის მქონე ორგანიზმები (წამწამიანი ინფუზორიები, ღრუბლები, ციბრუტელები, მრავალი უხერხემლოს ლარვები) მეუხერებლად მუშაობენ ამ დანაშაგებით: მოლუსკები, რომელთაც აქვთ ლაყუჩები (ქტენიდიები), რომლებიც დაფარულია მოციმციმე ეპითელიუმით და გარსიანები აგარებენ წყალს თავიანთ ლაყუჩის სიდრუმში; უმდაბლეს და უმაღლეს კიბოსნაირებში მუდმივ მოძრაობაშია მათი კიდურები, რომლებზედაც განლაგებულია ლაყუჩები; ზოგიერთი ცხოველები, მაგალითად, ოლიგოხეტები ქმნიან წყლის ნაკადს თავიანთი სხეულის მოძრაობით.

ჰიდრობიონტების მეკუეებულობანი ატმოსფერული ყანგბადით სუნთქვისათვის. მრავალ ჰიდრობიონტებს აქვთ უნარი შეათავსონ ერთმანეთთან წყალში გახსნილი და ატმოსფერული ყანგბადით სუნთქვა. ეს მოეწევა შეიმჩნევა მცენარეებში, რომლებსაც აქვთ მცურავი და წყალში ჩაძირული ფოთლები. მცურავი ფოთლები მთანთქვენ ატმო-

სფეროს ჟანგბადს. ამასთან მათ ბაგეები განლაგებული აქვთ მხლოდ მუცელს, 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 ხმელეთის მცენარეებთან შედარებით და უფრო გამგარია გაზებისათვის.

მრავალი ცხოველისათვის კომბინირებული სუნთქვა წარმოადგენს შეგუებულობას გარემოსთან. სადაც სუნთქვის პირობები ცვალებადია მაგალითად, ფილგვიანი მოლუსკები ჟანგბადით მდიდარ წყალში სუნთქავენ ლაყუჩებით, ხოლო ჟანგბადის უკმარისობისას კი გადადიან სუნთქვი მილით — ატმოსფერული ჟანგბადით სუნთქვაზე ან სხვა შეგუებულობაზე. ორგანიზმის სუნთქვა (Dipnoi) სუნთქავენ ლაყუჩებით და ფილგვებით. ატმოსფერული ჰაერით სუნთქვის უნარი აძლევს სუნთქვას შუალეობას ზოგიერთ პირობებში მოახდინონ გადაადგილება წყლიდან გარემოდან ხმელეთის გარემოში კვებისა და განსახლებისათვის. კიბორჩხა განდევნილია წარმოადგენს — პალმის ქერდს (Birgus latro) აქვს ორმაგი სუნთქვის აპარატი. სასუნთქი სილრუს ზედა ნაწილი მას გარდაქმნილი აქვს ფილგვეზად. ხოლო ქვედაზე შენარჩუნებულია ლაყუჩების მას აქვს უნარი პალმებზე აცოცდეს და მოიპოვოს ქოქოსის კაკალი.

ბ. სუნთქვის ინტენსივობა

ჟანგბადის მოთხოვნის სიდიდე დამოკიდებულია იმ ენერგეტიკულ ხარჯებზე, რომლებიც ორგანიზმების ცხოველმოქმედების პროცესში მიმდინარეობს. მათი საერთო ჯამი განსაზღვრავს ნივთიერებათა ცვლის სიდიდეს. ანსხვაებენ სხვადასხვა ტიპის ცვლას: ძირითადს, სტანდარტულს, აქტიურს და საერთოს. ძირითადი ცვლა იმ მშვიდი ცხოველების (და არა იმ ცხოველების, რომლებიც შიმშილობენ) ენერგეტიკული დანახარჯებია, რომლებიც მოსვენებულ მდგომარეობაში იმყოფებიან. სტანდარტულ ცვლა, რომელიც სიდიდით ახლოსაა ძირითადთან, ახასიათებს უამრავ მშვიდ ცხოველს, რომლებიც მკაცრად გარკვეულ პირობებში (გემპერაგურულში) იმყოფებიან. აქტიურ ცვლას შეესაბამება მთლიანი რავი ცხოველის სუნთქვის სიჩქარე. ძირითადი და აქტიური ცვლილებები ჯამი ვეაძლევს 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, ენგბადის 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 გავლილია გარკვეული ტემპერატურული მღურბლი – დამახასიათებელი ცალკეული სახეობისათვის.

გარემოში გარკვეული მნიშვნელობის ქვემოთ ენგბადის 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 ენგბადის 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 ლიფსიგებისა და ზრდასრული თევზების, უხერხემლოების მოთხოვნილება ენგბადისა 3-4-ჯერ მეტია, ვიდრე ჯგუფებში. ნაყარაულებია, რომ გაზთა ცვლის ინტენსიობის დაცემა ინდივიდებისა ჯგუფებში დაკავშირებულია მათი მოძრაობის შემც-

რებასთან; შეიძლება ეს მოვლენა გაპირობებულია ასევე საკუთარი მეტაბოლიტების მაინგიბირებელ შემოქმედებაზე.

ჰიდრობიონტთა უმეტესობისათვის – თევზებისა და უხერხემლოებისათვის დამახასიათებელია გაზთა ცვლის რიგმულობა, რომელიც წარმოადგენს ადაპტაციას, როგორც გარემოს ფაქტორების პერიოდულ ცვალებადობასთან (დღელამური, სემონური). ასევე პროცესს, რომელიც თვით ორგანიზმში ხდება. (კვება, გამრავლება, კანის ცვლა, მიგრაცია). ასე, მაგალითად იმ ცხოველებში, რომელთაც ღამის ცხოვრების ნირი აქვთ, სუნთქვის ინტენსიობის მაქსიმუმი დგება სწორედ ღამის საათებში, ხოლო დღის ცხოვრების ნირის ცხოველებში საწინააღმდეგო სურათია.

ლითორალისა და ზედა სუბლითორალის მცხოვრებლებში 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 დაკავშირში. მაგალითად, ფეხსახსრიანებში ჟანგბადზე მოთხოვნილება იზრდება ყოველი კანის ცვლის და კვერცხის დებისას.

დ. ბაზთა ცვლა – ნივთიერებათა და ენერჯის ცვლის მანვენეპელი

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

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

ორგანიზმების გაზთა ცვლის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ იმის შესახებ თუ რა ნივთიერებების ხარჯზე იღებენ ისინი ენერჯიას. 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 ცვლა მნიშვნელოვან წილად ხორციელდება დუღილის პროცესების შედეგად - გარემოში, სადაც O_2 -ის დიდი დეფიციტია. ასეთ შემთხვევაში სკ მნიშვნელობა აღწევს 8,10 და მეტს. სკ სიდიდებზე გაელენას ახდენენ ტემპერატურა და სხვა ფაქტორები.

ჰიდრობიონტების ადაპტაციები ჟანგბადის დეფიციტთან. ჰიდრობიონტებს გააჩნიათ რიგი შეგუებულობანი, რითაც უძლებენ ჟანგბადის დროებით დეფიციტს, იგანენ ანაერობულ პირობებს ხანგრძლივი 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 ცვლის რეგულაცია ხორციელდება სხეულის ზომისა და მერყევი მოძრაობის რიტმის შეცვლით. მაგალითად, მცირეჯაგრიან ჭიებში ჟანგბადის დეფიციტის დროს ძალზე გრძელდება სხეული, საცეცები, ამბულაკრალური ფეხები და ძლიერდება სხეულის რყევითი მოძრაობანი (მაგ. Tubifex). იგივე ხდება ნაწლავურუიანებში (ჰიდრები, აქტინიები), კანეკლიანებში. გარემოში ჟანგბადის შემცველობის შემცირებისას 5-დან 1 მლ/ლ-

რებასთან; შეიძლება ეს მოვლენა გაპირობებულია ასევე საკუთარი მეტაბოლიზმების მაინვიბირებულ შემოქმედებაზე.

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

ლითორალისა და ზედა სუბლითორალის მცხოვრებლებში სუნთქვის რიგმი 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, ფეხსახსრიანებში ჟანგბადზე მოთხოვნილება იზრდება ყოველი კანის ცვლის და კვერცხის დებისას.

დ. ბაზთა ცვლა – ნივთიერებათა და ენერჯის ცვლის მანვენებელი

ნივთიერებათა ცვლისათვის ორგანიზმს აუცილებლად სჭირდება ენერჯია, რომელსაც ის ღებულობს უპირველეს ყოვლისა სუნთქვის დროს – შთანთქავს რა ჟანგბადს. ენერჯიის რაოდენობაზე შეიძლება ვიმსჯელოთ იმ კალორიების რაოდენობით, რომელიც თავისუფლდება ძირითადი ნივთიერებების ცხიმების, ცილების ნახშირწყლების წვისას. 1 გ. დახარჯულ ჟანგბადზე ამ რაოდენობის გამოანგარიშებამ მოგვცა ძალზე მსგავსი სიდიდეები. მაგალითად, ნახშირწყლების სრული დაჟანგვისას გამოიყოფა 3,5 კალ/მგ O_2 . ესაა ენერჯიის რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა ნივთიერების დაჟანგვისას – შეფარდებული მოხმარებული ჟანგბადის მასაზე (მგ-ში) და იწოდება ოქსიკალორიულ კოეფიციენტად. მისი საშუალო მნიშვნელობა 3,38 კალ/მგ O_2 .

ამგვარად, ჰიდრობიონტების მიერ ქანგბადის შთანთქმის განსაზღვრა საშუალებას იძლევა დადგინდეს პირველ მიასლოებაში მათი ცვლის ინტენსიობა და საკვებზე მოთხოვნილება.

ორგანიზმების გაზთა ცვლის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ იმის შესახებ თუ რა ნივთიერებების ხარჯზე იღებენ ისინი ენერჯიას. ე.ი. წარმოდგენას გვაძლევს საკვების ქიმიურ შემადგენლობაზე. ნახშირწყლებით კვებისას ორგანიზმი გამოყოფს იმდენსავე ნახშირორჟანგს, რამდენ ქანგბადსაც შთანთქავს. ცილებით კვებისას ორგანიზმი გამოყოფს იმდენ ნახშირორჟანგს (მოცულობით), რომ მისი შეფარდება მოხმარებულ ქანგბადთან შეადგენს 0,77-0,82; ცხიმების მოხმარებისას -0,7. სუნთქვის დროს გამოყოფილი CO₂-ის მოცულობის შეფარდება მოხმარებული ქანგბადის მოცულობასთან წარმოადგენს სიდიდეს, რომელსაც სუნთქვის კოეფიციენტი ჰქვია (სკ ან DK). როდესაც სკ 1-ზე მეტია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ცელა მნიშვნელოვან წილად ხორციელდება ღუღილის პროცესების შედეგად - გარემოში, სადაც O₂-ის დიდი ლეფიციტია. ასეთ შემთხვევაში სკ მნიშვნელობა აღწევს 8,10 და მეტს. სკ სიდიდეზე გაუღუნას ახდენენ ტემპერატურა და სხვა ფაქტორები.

ჰიდრობიონტების ადაპტაციები ქანგბადის დეფიციტთან. ჰიდრობიონტებს გააჩნიათ რიგი შეგუებულობანი, რითაც უძლებენ ქანგბადის დროებით ლეფიციტს, იგანენ ანაერობულ პირობებს ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე. სრული უქანგბადობის 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 ცვლის რეგულაცია ხორციელდება სხეულის ზომისა და მერყევი მოძრაობის რიგმის შეცვლით. მაგალითად, მცირეჯაგრიან ჭიებში ქანგბადის დეფიციტის დროს ძალზე გრძელდება სხეული, საცეცები, ამბულატორალური ფეხები და ძლიერდება სხეულის რყევითი მოძრაობანი (მაგ. Tubifex). იგივე ხდება ნაწლავდრუიანებში (ჰიდრები, აქტინიები), კანეკლიანებში. გარემოში ქანგბადის შემცველობის შემცირებისას 5-დან 1 მლ/ლ-

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

როცა ქანგბადის შემცველობა გარემოში ზღვრულ რაოდენობას უახლოვდება, ჰიდრობიონტები იწყებენ სხვადასხვა შეგუებითი საშუალებებით ატმოსფერული ქანგბადის გამოყენებას. თევზები წყლის ზედაპირიდან ყლაპავენ ჰაერის ბუშტებს, რომლებიც ლაყუჩებში გამაჟალ წყალს ამღიდრებენ ქანგბადით. ზოგიერთ ჰრიჭინათა ლარვები ამოდიან წყლის ზედაპირზე, იტაცებენ ანუ სის გზით ჰაერს და იმით ამღიდრებენ სწორ ნაწლავეში არსებულ წყალს ქანგბადით. ასეთივე ხერხია შემჩნეული ჰოლოთურიებში.

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

ე. ბაბუღვეები

ქანგბადის დეფიციტის ან სრული უქანგბადობის პირობებში, რასაც თან ახლავს ისეთი მომშხამველი გაზების დაგროვება, როგორცაა გოგირდწყალბადი, მეთანი, ნახშირორჟანგი. წყალსატევის მოსახლეობის მასობრივ ამოწყვეტას გაგუღვა პქვია. მომშხამველი გაზების კონცენტრაციის გამრდა დაკავშირებულია ქანგბადის კონცენტრაციის შემცირებასთან. გაგუღვეები შეიძლება წარმოიშვას (მოხდეს) ნებისმიერ წყალსატევეებში (ტბორები, ტბები, ზღვები). ზოგიერთ წყალსატევეებში გაგუღვეები მეორდება რეგულარულად – წლიდან წლამდე, სხვებში ჩნდება იშვიათად. როდესაც გაგუღვეები დიდ ფართობზე ვრცელდება, სერიოზულ მიანს აყენებს თევზმეურნობას.

არჩევენ ზაფხულის და ზამთრის გაგუღვას. ზაფხულის გაგუღვეები ემთხვევა ფიგოპლანქტონის მაქსიმალურ განვითარებას.

მცირე ზომის კარგად გამთბარ ევგროფულ გბორებში, ტბებში. წყალსაცავების გარკვეულ უბნებში ზაფხულის გაგუდვები ხშირად წარმოიშობა ღამით. ღლისით ამ წყალსაცავების წყალი ხშირად გადაჯერებულია ჯანგბადით ინგენსიური ფოტოსინთეზის შედეგად, ხოლო ღამით მისი შემცველობა სწრაფად მცდება ერთის მხრივ ცხოველების ინგენსიური სუნთქვის გზით და მეორეს მხრივ იხარჯება ორგანული ნარჩენების მინერალიზაციის პროცესზე. ზაფხულის გაგუდვები ხდება ზოგიერთ მომლამო წყალსაცავებში (ამოვის, კასპიის ზღვები). ამ გაგუდვების მიზეზია წყლის სისქის ხანგრძლივი სტრატიფიკაცია, რაც ხელს უშლის ფსკერული ფენების აერაციას შლამის ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის პირობებში ქანგბადის მუდმივი ხარჯვისას.

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

როგორც ზამთრის, ასევე ზაფხულის გაგუდვები წამოიშობა წყალსაცავების 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 15 მლნ. კმ². ობზე გაგუდება იწყება დეკემბრის ბოლოს – იანვრის დასაწყისში, მდ. კეგის შესართავთან. ჯერ წყალს ყინულის ქვეშ ეძლევა მძაფრი სუნი და ქანგის გემო. შემდეგ ყინულის ქვედა მხარეს ჩნდება რუხი ნაღები და მალე წყალი მთლიანად იღებს რუხ შეფერვას, რომელიც თანდათან ინგენსიური ხდება. ეს დაკავშირებულია წყალში უხსნადი რკინის პიდროქსიდის ($FeOH_3$) არსებობასთან. ამ მოვლენების პარალელურად წყალში მკვეთრად მცირდება ქანგბადის შემცველობა; ის არ აღემატება 5-6% (7 მგ. O_2 /ლ). გაგუდება გრძელდება ქვე-

მთი - მდინარეში 30-40 კმ/დღეღამეში სიჩქარით. თებერვლის ბოლოსა და მარგის დასაწყისში გაგუღვითი მოვლენები შემჩნეული ობის დაბლობზე. გაგუღვა მოიცავს ობი-ირგისის აუზის მრავალ დღსა და მცირე მდინარეს. მთავრდება ის მაისსა და იენისის დასაწყისში, მდინარეებში ახალი, წყალდიდობის წყლების მომაგებისას ასეთი გაგუღვების მიზეზებია: დასავლეთ ციმბირის დაბლობის დიდ სივრცეების დაჭაობება, რომლებიც მდ. ობის დინების მიშვნელოვან ნაწილის წყალშემკრებ ფართობს წარმოადგენენ: მდ. ობის მრავალ მდინარეთა წყლებში დიდი რაოდენობის გუმინური ნიეთიერებები შემცველობა, რომლებიც მდიდარია რკინის შენაერთებით; ამ მდინარეთა წყლებში ეანგბადის უმნიშვნელო შემცველობა განსაკუთრებით ძლიერ მცირდება მამთარში. მდ. ობი თავის შუა დინებაში ზედა პირის ვაყისვის პერიოდში (ე. წ. ყინულქვეშა პერიოდი) თითქმის მთლიანად ვაღადის გრუნტის წყლებით კვებაზე: გრუნტის წყლები მოკლებულია ეანგბადს. მდინარის ზედა წელიდან მოგანილი ეანგბადი ისარჯება გუმინური შენაერთების მინერალიზაციაზე და რკინის შენაერთებზე. ჭაობის წყლების ვავლენა მდ. ობისა და სხვა მდინარეების ეანგბადის რეეიმზე შემჩნეულია მავხულშიც, როცა ეანგბადის შემცველობა წყალში ხშირად ეეემა 57-60% ნაჯერობამდე.

გაგუღვის ვავლენა ობისა და მისი შენაკადების ფლორასა და ფუნაზე არც ისე დამღუქველია, როგორც ამას ვარაუდობდა XX ს. უკუნის დასაწყისში მრავალი მკვლევარი. დაღვნილი იქნა, რომ მუხედაეად იმისა, რომ გაგუღვის პერიოდში ეანგბადის შემცველობა ეეემა 2-3%-ით ნორმასთან შედარებით, ფსკერის უხერხემლოები კარგად ეგუებთან ამ დეფიციტს, ხოლო თევზების დიდი ნაწილი აწარმოებს შემოდგომა-მამთრის მიგრაციებს ძირითადი ტოტიდან შენაკადი სისტემის იმ ტოტებში, სადაც არ არის ვავუღვის მოვლენა.

ეანგბადის დეფიციტის დაღვომამდე დიდი ხნით აღრე თევზები გოვებენ ვავუღვის რაიონებს და მიდიან გამოსამამთრებლად მდინარის სულ ზედა წელში, სადაც ძლიერი დინებაა და ეანგბადის მაღალი შემცველობა. მიუხედავად ყოველწლიური ვავუღვებისა, ამ ზონის წყლისატეეები ხასიათდებიან საკმაოდ მაღალი ბიოლოგიური პროდუქტულობით, ხოლო თევზის რეწვის სანელეულო ბაზა მღგრად მღვომ რეობამია.

3. ტემპერატურის როლი წყლის ორბანიზმების სიცოცხლეში

ტემპერატურის საერთო დიაპაზონი, რომლის პირობებშიც შესაძლებელია სიცოცხლე წყლის გარემოში, დიდია. ზღვებში ორბანიზმები იმყოფებიან ნორმალურ სასიცოცხლო და სამოქმედო გარემოში $-3,3^{\circ}\text{C}$ -ის პირობებში, ხოლო პიკერპალინურ წყალსატევებში $-7,5^{\circ}\text{C}$ -ის პირობებში. ცხელ წყაროებში ზოგიერთი ბაქტერია და ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები არსებობენ $+89,5 - +93^{\circ}\text{C}$ -ის პირობებში.

ამგვარად, ორი უკიდურესი სიდიდე $-7,5^{\circ}\text{C} - +93^{\circ}\text{C}$ (ე.ი. $100,5^{\circ}\text{C}$) წარმოადგენს საერთო ტემპერატურულ დიაპაზონს წყალში სიცოცხლისას.

ა. ზღვის წყალსატევები

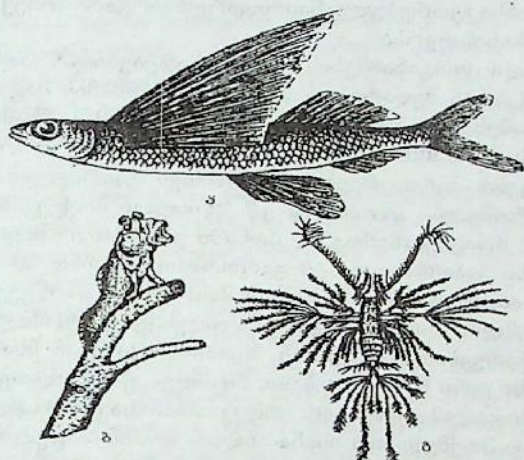
ტემპერატურის განაწილების მისეღვით მსოფლიო ოკეანეში (ზედა 200 მეტრის შრეში) გამოყოფენ 5 ტემპერატურულ ოლქს: 1. ტროპიკულს. 2. ჩრდილო ზომიერს – ბორეალურს; 3. სამხრეთ ზომიერს – ნოტალურს. 4. ჩრდილო პოლარულისპირას – არქტიკულს და 5. სამხრეთპოლარულის პირას – ანტარქტიკულს. ოლქებს შორის საზღვარი მკვეთრად არ არის 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 გვაძლევს ოკეანეში ორგანული სამყაროს განაწილების შესახებ.

ტროპიკული ოლქი. ტროპიკული ოლქის ასტრონომიულ საზღვრად მიღებულია რაკისა და კომერგის ტროპიკები ($23^{\circ},5'$ – ჩ. გ. და $23^{\circ},5'$ 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). ტროპიკული ოლქის ფართობი შეადგენს მსოფლიო ოკეანის საერთო ფართობის 53% წყლის ტემპერატურა სეზონების

მიხედვით იცვლება $1-2^{\circ}\text{C}$ -ით და, ამგვარად, ტროპიკების თერმული რეჟიმი გამოირჩევა დიდი მუდმივობით. ტროპიკული ზონის სამხრეთისა და ჩრდილო ნაწილებში არსებობს ანტიციკლონური წრებრუნვის ორი უმარმაზარი ოლქი. ისინი ხასიათდება მდგრადი სტრატოფიკაციით, წყლის გადაადგილება ხდება მხოლოდ ქარის ხარჯზე და არ ვრცელდება 50 მ-ზე ღრმად. ეს ხელს უშლის ბიოგენური ელემენტების ზედაპირზე ამოგანას. ანტიციკლონური ოლქის წყლები თითქმის მოკლებულია ფოსფატებს და სხვა საკვებ მარილებს.

ტროპიკების ზედაპირული წყლების ბიოგენებით გამდიდრებაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მინერალური შენაერთებით მდიდარი ცივი წყლების ამოსვლას 100-300 მ-ის სიღრმიდან. ამ მოვლენას ეწოდება აპველინგი. აპველინგი იქმნება როგორც ნაპირებზე, ისე გაშლილ ოკეანეში. სანაპირო აპველინგი წარმოიშობა, როგორც პასაჟური ქარების ღვენილი ეფექტი. მისი მოქმედების რაიონებში ზედაპირული წყლების ტემპერატურა $6-8^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბალია. უფრო ძლიერი სანაპირო აპველინგები არსებობენ კალიფორნიის, პერუს, ჩრდილოდასავლეთ და სამხრეთ-დასავლეთ აფრიკის ნაპირებზე. ოკეანური აპვილინგი წარმოიშობა შემხვედრი მიმართულების დინების საზღვარზე. ატლანტიკაში ოკეანური აპვილინგის საზღვარი გადაჭიმულია სამხრეთ განედის $6-5^{\circ}$ -დან ჩრდილოეთის განედის $7-8^{\circ}$ -დე.

ტროპიკული წყლების პიდროქიმიის სპეციფიურ თავისებურებას წარმოადგენს ნახშირმჟავა კალციუმის რეჟიმი. მაღალი ტემპერატურის პირობებში გაზების 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 ადვილად ითვისებენ თავიანთი ჩონჩხის ასაგებად. ორგანიზმების სიკვდილის შემდეგ ტროპიკული ზღვების თხელწყლიან რაიონებში გროვდება ორგანიზმებულ CaCO_3 -ის უდიდესი რაოდენობა. მაგალითად, მარჯნის რიფებში ყოველწლიურად ილექება 1 მ²-ზე რამდენიმე კგ CaCO_3 : კარბონატული დანალექები — გლობიგერინული და პფერთოთიდური შლამი (პირველს ქმნის უმარტივესების ჯაგმანი, მეორეს ფრთაფეხიანი მოლუსკების ნივარები) იქმნება მეჩეჩის ფარგლებს გარეთ, 4000 მ-ის სიღრმეზე. უფრო ღრმად ის არ გვხვდება, რადგან ცივ წყლებში ორგანიზმთა კიროვანი ჩონჩხი იხსნება.



სურ. 12. გროპიკული ოლქის ზოგიერთი ბინადარი:

- ა - მფრინავი თევზი (ოჯ. Exocoetidae);
- ბ - შლამის ხტუნია (Periopthalmus);
- გ - Augaptilis (Copepoda);

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

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

ლი სხვანი) განსაკუთრებული ნაირგვარობით გამოირჩევა მარჯ-
ნის რიფების მოსახლეობა.

გროპიკული ორგანიზმების თავისებურებებიდან აღსანიშნა-
ვია სხვა ოლქებთან შედარებით შხამიანი და შხამის მაგარებელი
ფორმების მნიშვნელოვანი რიცხვი. ძალზე საშიშია შხამიანი პე-
რიდინეები (*Gimnodinium brevis*, *goniaulax* და სხვ.) და ლურჯმწვანე
წყალმცენარეები. პერიდინეების მასობრივი გამრავლება იწვევს
მოვლენებს, რომელიც ცნობილია ე.წ. „წითელი მოქცევის“ სახით.
„აყვავილება“ მოიცავს ნერიტულ მონაში უზარმაზარ სივრცეს რა-
მდენიმე ათასი კვადრატული კმ ფართობით. ხშირად ამ პერიოდ-
ში შემჩნეულია შღვის მოსახლეობის მასობრივი ამოწყვეტა. მრავ-
ალი უხერხემლო (ორსაგდულიანი მოლუსკები), რომლებიც ასე-
თი წყალმცენარეებით იკვებებიან, თვითონ იქცევიან შხამიან ფორ-
მებად. გოქსიკური ნივთიერებები, რომლებიც პერიდინეების უჯ-
რედებში ჩამოყალიბდება, ჯერ კიდევ არაა საკმარისად შესწავ-
ლილი. თავისი მოქმედებით ისინი ახლოს არიან ბოტულინთან. ძა-
ლზე შხამიანებია ზოგიერთი ნაწლავდრუიანები – ცნობილია 70-
დე სახეობა (მელუმები, სიფონოფორები). კანეკლიანთა შორის
ცნობილია 66 სახეობა, მოლუსკებში – 45. საფარაუდოა, რომ
გროპიკული ცხოველების გოქსიკურობა წარმოადგენს მრავალ-
რიცხოვანი მტაცებელებისაგან თავდაცვის საშუალებას.

გროპიკული წყლების ფლორისა და ფაუნის არაჩვეულებრივი
სახეობრივი სიმდიდრის ასახსნელად არსებობს მთელი რიგი პი-
პოთეზები. აკად. ლ. ა. ბენკევიჩი თვლის, რომ ამ მოვლენის ძირი-
თადი მიზეზებია უკანასკნელი გეოლოგიური პერიოდების მანძილ-
ზე კლიმატის უმნიშვნელო ცვლა და გროპიკების მოსახლეობის
სიძველე. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე ოკეანური სივრცეე-
ბისა და სანაპირო თხელწყლიანი ზოლის უდიდეს ფართობს, რის
შედეგად იქმნება არსებობის პირობების განსაკუთრებული ნაირ-
გვარობა. ა. ფიშერი ცოტა სხვანაირად ხსნის ამ მოვლენას. რა თქმა
უნდა, დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე
კლიმატის მდგრადობას იმ დროს როცა ზომიერსა და პოლარუ-
ლისპირა ოლქებში გამყინვარების პერიოდში მოხდა კლიმატის
მრავალგზისი მერყეობა, რამაც გამოიწვია ორგანიზმების მთელი
რიგი ჯგუფების ამოწყვეტა. ამ ფაქტორთან ერთად მუდმივად მა-
ღალი ტემპერატურები და მათი მცირე ფარგლებში ცვალებადობა

სემონურად, ხელს უწყობენ უფრო მაღალი მუცაცების განვითარებას, ვიდრე ეს ხდება ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებში. ლანდშაპგის ნაირგვარობა ა. ფიშერის ამრით საკმაოდ მნიშვნელოვანია ზომიერ სარტყლებშიც, სადაც განათებულობისა და სხვა ფაქტორების სემონური 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 მანგოს ბარდები.

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 პლიერაა განვითარებული წყნარ ოკეანეებში, სადაც მათ თითქმის ავსტრალიის ზომის ფართობი უკავიათ.

რიფისწარმომქმნელი მარჯნების ბიოტოპებზე იქმნება არსებობის პირობების განსაკვირვებელი ნაირგვარობა. დაუსრულებელი კოლონიები და მარჯნის ცალკეული გოგები ქმნიან მრავალთავშესაფარს. მიმაგრებული ცხოველები ნახულობენ აქ ძალზე მოხერხებულ ადგილსამყოფელს. ძალზე მრავალრიცხოვანია მზურღავი 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: ორსაგდულიან მოლუსკის *Tridacna*-ს საგდულების სიგრძე 2მ-ზე მეტია და წონა 250 კგ-ს აღწევს. ძალზე თავისებურია იხტიოფაუნა. თევზები გამოირჩევიან კაშკაშა, ჭრელი შეფერადებით და უცნაური ფორმით. მრავალი მათგანი იკვებება მარჯნებით – კბენს 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 შედებილია ყავისფრად ან მწვანედ. სიმბიონტი წყალმცენარეების მეშვეობით 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 დელამიწაზე ყველაზე მდიდარ ბიოცენოზებს. ი. ი. სოროკინის გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მათი არაჩვეულებრივად მაღალი პროდუქტიულობა აიხსნება შემდეგი მიზეზებით: რიფების ნივთიერებათა ცვლაში უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს მიკროფლორა (წყალმცენარეები და ბაქტერიები). ფოტოსინთეზის პროცესში ორგანული ნივთიერება იქმნება ძირითადად პერიფიგონითა და მიკროფიგობენტოსით და არა დიდი ზომის წყალმცენარეებითა და ფიტოპლანქტონით. მარჯნის თანასამოგადოებისათვის დამახასიათებელია ფართო, პოროვანი ზედაპირი, რომელზედაც ინტენსიურად ვითარდება პერიფიგონი, რომლის ძირითად მასას შეადგენენ ლურჯმწვანე წყალმცენარეები და ღიაგომები; 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 თანასამოგადოებებისაგან განსხვავებით. რიფების თანასამოგადოება ფასდება არა გარეგანი ფიზიკურ-ქიმიური, არამედ შინაგანი ბიოლოგიური ფაქტორებით. არსებობის პირობები აქ ფორმირდება ორგანიზმების ინტენსიური მოქმედების გავლენით.

ბენტალის მეორე სპეციფიურ ბიოგოპს გროპიკებში ქმნის მანგოს ბარდები, რომლებიც აკად. ლ. მენკევიჩის გამოთქმით ქმნიან „გროპიკული სანაპიროების ლითორალურ ტყეებს“. მანგოს ბარდები (ბუჩქები და ხეები) ვითარდებიან მოქცევისაგან დაცულ ადგილებში, განსაკუთრებით მდინარეთა შესართავებში და შლამიან გრუნტებზე. მანგოს ბარდებს აქვთ საპაერო ფესვების რთული სისტემა. ამ ბიოგოპის მოსახლეობა შედგება ზღვის, მომლამო წყალსატევების, მტკნარი წყლისა და ხმელეთის ფორმებისაგან; აქ მრავალადაა ამჟიბიური ფორმები (კიბორჩხალები, თევზები – შლამის ხტუნია და სხვ.). ძალზე ნაირგვარია გრუნტის მოსახლეობა, მაგრამ უფრო მდიდარია ფაუნა მანგოს ტოტებსა და საპაერო ფესვებზე. მიმაგრებული ცხოველები (ულვაშფეხიანი კიბოები, მრავალჯაგრიანები, აქტინიები, ღრუბლები, ხამანწკები). მრავალშრიან ხალიჩად ფარავენ მანგოს მთელ ზედაპირს. გროპიკული ბენტალის ამ მაღალპროდუქტიული რაიონების ორგანიზმების ბიომასა აღწევს 1მ^2 -ზე რამდენიმე კილოგრამს, ხოლო სხვა რაიონებში კი არ აღემატება რამდენიმე ათეულ გრამს.

გროპიკული ოლქის ფიტოპლანქტონის მნიშვნელოვან წარმომადგენლებს განეკუთვნება კაკოვანები, კოკოლიგოფორიდები, პერიდინეები, ლურჯმწვანეები, ხოლო ზოოპლანქტონისათვის დამახასიათებელია ნაწლავლრუიანები (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/მ³-ს. აპველინგის ზონებში ის აღწევს 1 გ/მ³-ს და მეტს. ამასთან ამ მარალპროდუქტიულ ოლქებს უკავიათ გროპიკული პელაგიალის მთელი ფართობის მხოლოდ 7%-დე. გროპიკული ოლქის პელაგიალში სიცოცხლის სუსტი განვითარების მიზეზია წყლების ვერტიკალური სტრატიფიკაცია მთელი წლის მანძილზე და ამასთან დაკავშირებული წყლის ზედა ფენების ბიოგენური ელემენტებით სიღარიბე.

ზომიერი და პოლარულისპირა ოლქები. ზომიერსა და პოლარულისპირა ოლქებს შორის გემპერაგურულ საზღვრად მიღებულია ნულოვანი იზოთერმა ზაფხულის პერიოდში. ბორეალურ ოლქში ჩრ-

დილოეთის სამღვარი გადის ჩრდილოეთის განედის 50 და 60°-ში. ნოტალურ ოლქში სამხრეთის სამღვარი გადის სამხრეთის განედის 50 და 60°-ში. 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 თვისობრივი თვალსაზრისით მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ტროპიკების ფლორასა და ფაუნას.

ბიოპლარული და ამფიბორეალური არეალები. წყვეტილი გავრცელების ასეთი ტიპები დამახასიათებელია ორივე ნახევარსფეროს ზომიერი სარტყლის მრავალი ორგანიზმისათვის.

ბიოპლარული ეწოდება წყვეტილი 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. ბიოპლარული გავრცელება ახასიათებს მრავალი წყლისა და ხმელეთის ცხოველებსა და მცენარეებს. ზღვებში მათ განეკუთვნება პელაგური და ბენთოსური ორგანიზმები მიმაგრებულები და მოძრავნი. თხელწყლიანი და აბისალური სფერების მკვიდრნი. უხერხემლოთა შორის ცნობილია 100-ზე მეტი ბიოპლარული სახეობა (მაგალითად, *Balanus balanus*, *Mytilus edulis*, *Clione limacina*). თევზებიდან მათ განეკუთვნება ანჩოუსები, ვეფხვები და სხვ. ამ ჯგუფს ეკუთვნის ძუძუმწოვრების 12 სახეობა (ვეშაპები, ზღვისკატები და სხვ.).

აგლანტიისა და წყნარი ოკეანის ზომიერ ოლქებში ცხოვრობენ საერთო ან ახლობელი სახეობები, რომლებიც არ გვხვდებიან ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანის მთელ სიგრძეზე. წყვეტილი გავრცელების ამ ტიპს აკად. ლ. ს. ბერგმა უწოდა ამფიბორეალური (ამფი - ორივე მხრიდან). ამფიბორეალური არეალი ახასიათებს 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 ევრიბატური ფორმებია და მათი გავრცელების ზედა 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 გროპიკულ ოლქშიც. ამის გამო ხელსაყრელი პირობები შეიქმნა ზომიერი ოლქის მცხოვრებთა ერთი ნახევარსფეროდან მეორეში მიგრაციისა ე.ი. გარკვეულ პერიოდში მოიხსნა ტემპერატურული ბარიერი. ამასთან გროპიკულ 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 გროპიკებში შეიქმნა არსებობის არახელსაყრელი პირობები და ისინი ამოწყდნენ, ან ზომიერი 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.

პლანქტონი. ფიგოპლანქტონის ძირითად ჯგუფს შეადგენენ კაქოვანი წყალმცენარეები; მხოლოდ ზაფხულში მნიშვნელოვანი რაოდენობით ვითარდებიან პერიდინეები და სხვა ჯგუფის წარმომადგენლები. ზოოპლანქტონში ბაგონობენ მცენარისმჭამელი ნიჩაბფეხიანები, რომელთა წილად მოდის მთელი პლანქტონის რაოდენობის 80%; იმ დროს როცა გროპიკებში მხოლოდ 30%-ია. მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ აგრეთვე ევჯაუზიიდები. გროპიკულ ოლქთან შედარებით მტკიცე ფორმები ნაკლებია და მათ განეკუთვნებიან ჯაგარყბიანები, მეღუმები. სავარცხლურები. ამასთან ზოგიერთ წყლებში ისინი ვითარდებიან მასობრივი რაოდ.

დენობით. სეზონური მოვლენები პელაგიალის ჰიდრობიონტების სიცოცხლეში მკვეთრადაა გამოხატული – განსაკუთრებით ზომიერ სარკველში.

განსაკუთრებული ყურადღების ღირსია ანტარქტიკული ოლქის პლანქტონი. წყალმცენარეებს შორის დომინირებენ დიატომები. ისინი ვითარდებიან არა მარტო წყალში, ყინულშიც კი. ეს ე.წ. ყინულის ფლორა შედგება მიმაგრებული ფორმებისაგან (*Pleurosigma*, *Nitzschia* და სხვ.) და ნამდვილი პლანქტონური ფორმებისაგან (*Coscinodiscus*, *Biddalphia* და სხვ.). წყალმცენარეები სახლდებიან ყინულის ქვედა ზედაპირზე და იჭრებიან მის სიღრმეში 70-100 სმ-ზე. ყინულოვან ბიოგეოზში წყალმცენარეების რიცხოვნობა ძალზე დიდია – 40 მილიონამდე უჯრედი ლიტრში, – იმ დროსა წყალში მათი რაოდენობა უმნიშვნელოა. დიატომები შედგებავენ ხოლმე ყინულს მოქანგო-ყავისფრად სხვადასხვა ინტენსივობით. ეს მუქი შეფერვა 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 დაბალი ვიდრე ღია წყალში. აქ განათიებულია წყლის ზედაპირთან შედარებით უმნიშვნელოა. მიუხედავად ამისა ანტარქტიკის პელაგიალზე ყინულოვანი ფლორის გავლენა ძალზე დიდია. ყოველწლიურად მდნობარე ყინულის რაიონები აქ შეადგენენ ამ ოლქის ფართობის 49%. ყინულის დამლის დროს წყალმცენარეთა უდიდეს რაოდენობა ხვდება წყალში და მრავალი მათგანი ავრძელებს თავის არსებობას, როგორც პლანქტონური ფორმა და ხელს უწყობს „აყვავილების“ დაწყებას.

ზოოპლანქტონში ბატონობენ მცენარისმჭამელი კიბოსნაირები: ნაჩაბფეხიანები *Calanoida*-ს ქვერივიდან და ეფფაუზიასებრნი (ყველაზე მსობრივი ფორმაა *Euphausia superba* – კრილი). უფრო ნაკლები მნიშვნელობა აქვთ ასევე ფიგოპლანქტონით მკვებავ სალპებს. მტაცებლებს შორის უფრო მრავალრიცხოვანია *Amphipoda*-დან პიპერიდიები.

ბენთოსი. ბენთალის მოსახლეობის დამახასიათებელი ჯგუფები – უმაღლესი კიბოსნაირები *Amphipoda* და *Isopoda*. *Decapoda* ძალზე მრავალრიცხოვანია გროპიკებში, ცივ წყლებში წარმოდგენილია ს.

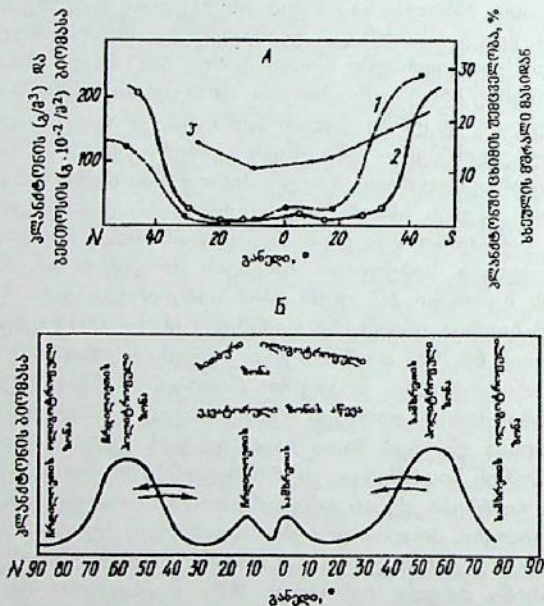
ხეობათა ნაკლები რიცხვით. ბენთოსში დიდ როლს თამაშობენ კანუკლიანები: ზღვის ვარსკვლავები, ოფიურები, პოლითურიები.

ზომიერი და მაღალი განედების ბიოცენოზებისათვის დამახასიათებელია 1-3 სახეობის მკვეთრი სიჭარბე – იმ დროს, როცა ტროპიკულ თანასამოგადოებებში ძნელია აღმოჩენილი ფორმების გამოყოფა.

ძალზე თავისებურია ანტარქტიკული წყლების არსებობის პირობები და მოსახლეობა. თავთხელზე (მეჩეჩზე) 600-700 მ-დე სიღრმეში ჭარბობს აისბერგებითა და ყინვარებით მოგანილი მსხვილადმსხვრევადი მასალა. ნაპირებიდან ოკეანის სიღრმეში ვრცელდება 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 იწვევს ტემპერატურა $+1-2^{\circ}$ 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, Phyllopora და სხვ.). მათი გავრცელების ქვედა ზღვარი დაახლოებით 40 მ-ის სიღრმეზეა. უხერხემლოებს შორის ჭარბობს მიმაგრებული ფორმები. ქვიან გრუნგზე დიდი რაოდენობით ვითარდებიან ღრუბლები, პოლითურიები, 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 მრავალი წარმომადგენელი წარმომობილია წყნარი და ინდოეთის ოკეანეების ფა-

უნისტურად მდიდარი ოლქების მოსახლეობისაგან. ჩრილო ყინულოვანი ოკეანის დასახლება კი მიმდინარეობდა სახეობებით ღარიბი ჩრილო ატლანტიკიდან. მნიშვნელობა ჰქონდა იმ გარემოებასაც, რომ ანტარქტიკის ნაპირების კლიმატი და მოხაზულობა ნაკლებად იცვლებოდა ხანგრძლივი პერიოდის მანძილზე და ამიტომ აქ მცხოვრები ორგანიზმების ევოლუცია არ გაწყვეტილა. ჩრილო ყინულოვანი ოკეანის ისტორია კი ხასიათდება კლიმატისა და მარილიანობის მნიშვნელოვანი და მრავალგზის ცვლილებებით.



სურ.13. ბენიოსის (A₁1) პლანქტონის (A 2 და B) და პლანქტონის ცხოვიანობის (A₁3) ბიომასების ცვალებადობა დაბალი განედებიდან მაღალი განედებისაკენ. A₁1 - ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); A₁2 - ბოგოროვის მიხედვით (1960); A₁3 - ბოგოროვისა და ვინოგრადოვის მიხედვით (1960); B - ბენკევიჩის მიხედვით.

ფაუნისა და ფლორის რაოდენობრივი განაწილება. ზომიერი და პოლარულსპირა ოლქების მოსახლეობა რაოდენობრივად ძალზე მდიდარია და მრავალჯერ ჭარბობს გროპიკულ ოლქს. პოლარული ოლქების პელაგიალში ზოოპლანქტონის მასა გაზაფხულ-ზაფხულის მაქსიმუმის პერიოდში აღწევს მრავალ ასეულ მილიგრამს მ³-ში (0-100 მ-ის შრეში) მაგალითად ბარენცის ზღვაში მისი საშუალო სიდიდე 250-300 მგ/მ³, ხოლო მაქსიმალური კი 700 მგ/მ³-ს აღწევს; გრელანდიის ზღვაში 240-400 მგ/მ³-ია. ვაცილებით მეტია ზოოპლანქტონის ბიომასა ანტარქტიკულ წყლებში - 10-20 გ/მ³, ხოლო ევფაუზიდების შეჯგუფების ადგილებში აღწევს 30 გ/მ³.

ზომიერი განედების პელაგიალში ზოოპლანქტონის ბიომასა მერყეობს 500-დან 1000 მგ/მ³-დე, ხოლო მისი მაქსიმალური სიდიდე ჭარბობს 8 გ/მ³. (სურ. 13.).

ზომიერსა და პოლარულსპირა ოლქებში ძალზე დიდია ბენტოსის სიმჭიდროვე. ზომიერი განედების სუბლითორალში 100 მ-ის სიღრმეზე მისი ბიომასა საშუალოდ შეადგენს 200-300 გ/მ², მაქსიმალური ბიომასა კი ჭარბობს 2-3 კგ/მ²-ს. არქტიკის ზღვებში ის უფრო მაღალია: 50 მ-ის სიღრმეზე ბენტოსის ბიომასა მერყეობს 500 კგ/მ²-დე. 100-150 მ-ის სიღრმეზე კი 400-500 გ/მ² -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, გაზაფხულზე ზედაპირულ შრეებში იქმნება განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობები ფიგოპლანქტონის განვითარებისათვის. გროპიკულ ზღვებში კი წყალმცენარეების მიერ ბიოგენური ელემენტების ხარჯვა მიმდინარეობს მთელი წლის მანძილზე და საკვები მარილების დაგროვების პერიოდები ფაქტიურად არ არსებობს. ბიოგენური ელემენტების რეკიმში მნიშვნელოვან როლს თამაშობს განსაკუთრებით ატლანტიკის ბორეალურ ოლქში მდინარეული შენაკადები. ფოსფატებისა და ნიტრატების კონცენტრაცია ანტარქტიკულ ზღვებში „აყვავილების“ პერიოდში კი მეტია, ვიდრე ჩრდილო ნახევარსფეროს ზომიერ წყ-

ლებში ზამთარში. ამ წყლების გამდიდრება ბიოგენური ელემენტებით ხდება ფსკრული წყლების ვერტიკალური ცირკულაციის გზით.

ბ. მატერიკული წყალსატენები

კონტინენტალური წყალსატენები, პირველ რიგში ტბები გემპერატურული რეჟიმისა და წყლის მასების ცირკულაციის გიპისაგან დამოკიდებულების მიხედვით იყოფა 4 ტიპად: ტროპიკული, ზომიერი ოლქების, პოლარულისპირა და თერმული.

ტროპიკული წყალსატენები. ტროპიკული წყალსატენებისათვის დამახასიათებელია მუდმივი მაღალი გემპერატურა უმნიშვნელო სეზონური ცვლილებებით. ზედაპირულსა და ფსკერულ შრეებს შორის გემპერატურული განსხვავება უმნიშვნელოა. სეზონური მოვლენები ამ წყალსატენების სიცოცხლეში ისაზღვრება წვიმების პერიოდებით, რომლებიც 5-6 თვეს გრძელდება. ამ დროს ხმელეთიდან ჩამოიგანება საკვები ნივთიერებების დიდი რაოდენობა, რომელიც დიდ გავლენას ახდენს წყალსატენების 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 იბგიოფაუნაში კი ჭარბობს ენდემები, რომელთა სახეობრივი ნაირგვარობა ძალზე დიდია. ასე, მაგალითად, ბრაზილიის ეკვატორულ ოლქში ცხოვრობს თევზების 1383 სახეობა, განგანიკის ტბისათვის აღწერილია 242 სახეობა, ხოლო ჩვენი ქვეყნის – საქართველოს ტერიტორიაზე კონტინენტალურ წყალსატენებში ცხოვრობს მხოლოდ 169 სახეობა.

ტროპიკული წყალსატენების მოსახლეობაში აღსანიშნავია მღვის წარმომობის სახეობების მნიშვნელოვანი რიცხვი: ზვიგენები, 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 სარტყელე-
ბის წყალსატევებისათვის დამახასიათებელია ტემპერატურის
მკვეთრი სემონური მერყეობა წყლის ზედაპირულსა და ფსკერულ
ფენებს შორის ტემპერატურული სხვაობა მნიშვნელოვანია – გან-
საკუთრებით ღრმაწყლიან წყალსატევებში. ჩრდილო და სამხრეთ
ნახევარსფეროების ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მსგავსე-
ბის მიუხედავად მათი კონტინენტალური წყალსატევების მოსახ-
ლეობას ცოცხა რამ აქვთ საერთო ერთმანეთთან. ჩრდილო ნახე-
ვარსფეროს წყალსატევების ფლორისა და ფაუნის ფორმირებაში
დიდი კვალი დატოვა გამყინვარების ეპოქამ. მესამეულ პერიოდ-
ში, რომელიც გამოირჩეოდა რბილი კლიმატით, ბორეალური ოლქ-
ის წყალსატევები დასახლებული იყო სითბოსმოყვარული (თერ-
მოფილური) ფორმებით. მეოთხეულ პერიოდში, ძლიერი აცივების
შედეგად, სითბოსმოყვარული ფორმები ამოწყდა მთელს გერიტო-
რიაზე, რომელიც დაფარული იყო მყინვარით ე.ი. ევროპისა და
ჩრდილო ამერიკის დიდ ნაწილში. აზიაში სქელი ყინულის ფენა
არ ყოფილა, მაგრამ კლიმატი იყო ისეთი მკაცრი, რომ სითბოს-
მოყვარული ორგანიზმების უმრავლესობა მას ვერ შეეგუა. მესა-
მეული პერიოდის ფლორა და ფაუნა შემოინახა მხოლოდ გო-
გიერთ ოლქებში, რომელთაც გამყინვარება ვერ შეეხო: ხმელთა-
შუა ზღვის სანაპიროებზე, შუა აზიაში, შორეულ აღმოსავლეთში,
ჩრდილოეთ ამერიკის სამხრეთ ნაწილში. დანარჩენ უზარმაზარ
ტერიტორიაზე დასახლება დაიწყო მხოლოდ მყინვარის უკან და-
ხევის შემდეგ. ამ განთავისუფლებულ ოლქებში შეიჭრნენ უპირვე-
ლეს ყოვლისა ის ორგანიზმები, რომელთაც მოსვენებული სტადი-
ების საშუალებით შეეძლოთ პასიური გავრცელება ე.ი. კოსმოპო-
ლიტები. მესამეული პერიოდის რელიქტები ამჟამად თავმოყრი-
ლია მცირე ოლქებში, მათი არეალები წყვეტილია.

სამხრეთ ნახევარსფეროს კონტინენტალური წყალსატევების
მოსახლეობა ჯერ კიდევ არასრულადაა შესწავლილი. აქ არ ვხვ-
დვება მრავალი ჯგუფები, რომლებიც ჩრდილო ნახევარსფეროში
ფართოდ არიან გავრცელებული: ქორჭილასნაირნი, ქარიყლაპია-
სნაირნი, სივისნაირნი. სხვა ოჯახებითა და გვარებითაა წარმო-
დგენილი კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვა უხერხემლოები.

ქოლარულისპირა და მალალმთიანი 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 ზაფხულში აღემატება 10°C , ხოლო საშუალო კი $3,3-3,7^{\circ}\text{C}$.

ამ წყალსატევების ფაუნა და ფლორა სახეობათა ნაირგვარობით ჩამორჩება ზომიერ სარტყლებს. ორგანიზმებს ძალზე ხანმოკლე სავეგეტაციო პერიოდის, დაბალი ტემპერატურის ხანგრძლივი ზემოქმედების და სხვა არახელსაყრელ ფაქტორთა მიმართ გამოსუმუშავდათ მთელი რიგი ადაპტაციები. ციბრუტელებისა და უმდაბლესი კიბოსნაირებისათვის დამახასიათებელია განვითარების სწრაფი ტემპი და მოკლე სასიცოცხლო ციკლი. სიცოცხლის ხანგრძლიობა უფრო დაბალ განედებთან შედარებით შემცირებულია 3-ჯერ. მაღალმთიანი წყალსატევების მცხოვრებლებს ულტრაიისფერი რადიაციისაგან თავდასაცავად უნვითარდებათ გაძლიერებული პიგმენტაცია. მრდასრულ 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 სიცოცხლის მიმართ დამოკიდებულების მიხედვით გამოიყოფა 4 ჯგუფი:

1. სიცოცხლის მიმართ დაბალი წინააღმდეგობის გამწვევი ფორმები – არასიცოცხევამტანები.

2. სახეობები, რომელთაც შეუძლიათ სხეულის სითხის გადაცივებას გაუძლონ (ზოგჯერ თევზების მანძილზე), ხოლო ვერ იტანენ სითხის ნაწილობრივ კრისტალიზაციასაც – სიცოცხევამტანები სიღრუის სითხის გაყინვის ტემპერატურა $-3, -4^{\circ}\text{C}$ -ია. გადაცივების ყველაზე დაბალი ტემპერატურა -7°C -ია.

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

4. სახეობები კი, რომელთაც 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 დგება ის ქსოვილებში წყლის შემცველობის შემცირების შედეგად. სიცოვევამძლეობა 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. ანსხვაებენ 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 $+37^{\circ}\text{C}$. ამ წყალსატევების ტემპერატურა შეიძლება $+20^{\circ}\text{C}$ -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 $+37^{\circ}\text{C}$ -ად ითვლება. საერთოდ კი, სიცოცხლე თერმებში რეგისტრირებულია $+93^{\circ}\text{C}$ -დე.

$+40^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბალი ტემპერატურის მქონე წყალსატევების ფლორა და ფაუნა ნაირგვარია და ამ ოლქისათვის დამახასიათებელი ფორმებისაგან შედგება. ცხოველებისათვის ტემპერატურის მღვრად ითვლება $+50-52^{\circ}\text{C}$. თერმულ წყლებში უხერხემლოთა ძირითადი ჯგუფებია მწერები (განსაკუთრებით Ephydriidae, Hydrophylidae), მოლუსკები, ჭიები. მათი უმრავლესობა სხვა ტიპის წყალსატევთა მცხოვრებთაგან განსხვავებით მცირე ზომებით გამოირჩევა. ზოგიერთ ბაქტერიას და წყალმცენარეს – განსაკუთრებით კი ლურჯმწვანეებს შეუძლიათ $+89,5^{\circ}\text{C}$ -ზე არსებობა. დადგენილია, რომ მაღალორგანიზმულ ფორმებთან შედარებით დაბალორგანიზმული ფორმები მაღალი ტემპერატურის მიმართ მეტი ამტანობით გამოირჩევიან. ამ მხრივ განსაკუთრებით მგრძნობიარენია თბილსისხლიანები.

მაღალი ტემპერატურები იწვევენ შეუქცევად პროცესებს ცილოვან კომპლექსებში. ცილების შედეგების ტემპერატურა უმეტესად დამოკიდებულია მათში წყლისა და მარილების რაოდენობაზე: მარილების დაბალი შემცველობისას ის ქვეითდება, წყლის შემცველობის დაქვეითება კი მნიშვნელოვნად მაღლა სწევს მას. მაგალითად, ქათმის კვერცხის გაუწყლოვანებული ცილა I საათის მანძილზე $+100^{\circ}\text{C}$ -ის პირობებში იკვრება (დედდება) მხოლოდ. მაღალი ტემპერატურის დამლუპველი მოქმედება ცხოველებზე დაკავშირებულია არა მარტო უჯრედების თბურ დაზიანებასთან, არამედ ორგანიზმში მიმდინარე სხვადასხვა ფიზიოლოგიური პროცესების მიმდინარეობის დარღვევასთან. ასე, მაგალითად, ტემპერატურის აწევა იწვევს ჟანგბადზე მოთხოვნილების გაზრდას; სასუნთქი ზედაპირიდან O_2 -ის მიღება არასაკმარისი ხდება და ორგანიზმში გაგუღვისაგან იღუპება.

ბ. ტემპერატურის ზეგავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმორქმედაზე

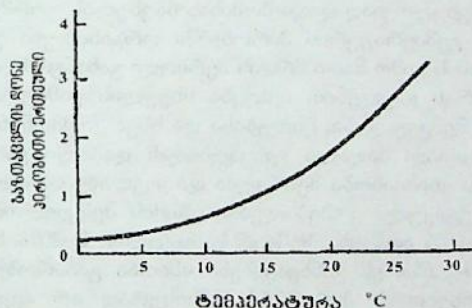
გარემოს ტემპერატურა მნიშვნელოვან როლს თამაშობს წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეში. ის გავლენას ახდენს ზრდაზე განვითარებაზე, გამრავლებაზე, ნივთიერებათა ცვლაზე, ბიოლოგიურ ციკლებზე და ცხოველმოქმედების სხვა მხარეებზე.

ჰიდრობიონტები, ისე როგორც ხმელეთის ორგანიზმები, სითბოს ცვლის გიპის მიხედვით იყოფიან პოიკილოთერმულ და პომოიოთერმულ ორგანიზმებად. პომოიოთერმულებს 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 შეცვლისას იცვლება სხეულის ტემპერატურა. პოიკილოთერმულებს განეკუთვნება ჰიდრობიონტების აბსოლუტური უმრავლესობა (უხერხემლოები, თევზები).

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

რის აწვეისას იზრდება 2-3 -ჯერ. ეს აჩქარება გამოიხატება Q_{10} კოეფიციენტით. Q_{10} -ის სიდიდე იცვლება ტემპერატურის სხვადასხვა მონაკვეთზე: უფრო დაბალი ტემპერატურისას Q_{10} მეტია, ვიდრე მაღალი ტემპერატურისას. ა. კროვმა დაადგინა, რომ სგანდარტული ცელის ინტენსიობა ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით მრავალ პირობიონტებში 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. კროვის „ნორმალური მრუდი“.

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

სტენოთერმული ორგანიზმების უმრავლესობა ცხოვრობს მუდმივ ან ნაკლებად ცვალებად ტემპერატურის პირობებში. ვერიტერმული სახეობების არსებობის ნორმაა ცვალებადი ტემპერატურა. ის ჩვეულებრივი მოვლენაა თხელწყლიანი მტკნარი წყალსატევებისათვის, ბლევების 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 ციფწყლიან გარემოში თბილწლიან ორ მუდმივ

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

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

გემპერატურის გავლენით იცლება სხეულის ქიმიური შემადგენლობა – ცხიმის შემცველობა, ცილებისა და სხვა კომპონენტების შემცველობა. მაგალითად: მაღალი განედებიდან დაბალი განედებისაკენ ზოოპლანქტონის ცხიმიანობა მცირდება და ყველაზე დაბალია ის ტროპიკებში. ანგარქტიკული 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 გემპერატურულ ოლქებში მცხოვრებ ორგანიზმებში. **ტორსონის** კანონის მიხედვით ოკეანის ცივი ოლქებიდან თბილი ოლქებისაკენ პელაგური სტადიის ლარვების მქონე ბენტოსური უხერხემლოების რიცხვი იზრდება და ლარვული ცხოვრების პერიოდი ხანგრძლივდება. პოლარულისპირა ოლქების მცხოვრებთა უმრავლესობისათვის შემჩნეულია პირდაპირი განვითარება პელაგური ლარვის სტადიის გარეშე, ამ ოლქებში მრავლადაა ცოცხლადმშობი ფორმები. ასე, მაგალითად, კანეკლიანთა ცოცხლადმშობი 41 სახეობიდან 32 ცხოვრობს არქტიკისა და ანგარქტიკის წყლებში. ცოცხლადმშობიარობა საშუალებას აძლევს სახეობებს შეინარჩუნონ შთამომავლობა მკაცრ კლიმატურ პირობებში.

4. ბარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე

ა. წყალსატევებისა და ჰიფრობიონტების კლასიფიკაცია ბარემოს აქტიურ რეაქციასთან დამოკიდებულებით

გარემოს აქტიური რეაქცია ზღვებში და უმეტესობა კონგინენციალურ წყალსატევებში საკმაოდ მდგრადი ფაქტორია. მის სწრაფ ცვალებადობას ხელს უშლის წყალში ნახშირორჟანგისა და კარბონატების არსებობა. ზღვებში წყლის აქტიური რეაქცია სუსტი გუგვა და მეყეობს 8,1-დან 8,4-დე. შიდა ზღვებსა და ყურეებში, სადაც მარილიანობა ნაკლებია, PH ფიგოლაბანქტონის ინგენსიური განვითარების დროს იზრდება 10-დე და მეტად თავისუფალი ნახშირორჟანგის სრული ასიმილაციისა და კარბონატების დისოციაციის გამო.

კონგინენციალური წყალსატევები აქტიური რეაქციის სიდიდის მიხედვით იყოფა ორ ძირითად გიპად: 1. ნეიტრალურ-გუგუე რეაქციის წყლები; 2. მეავე რეაქციის წყლები. პირველი გიპის წყალსატევებში „აყვავილებს“ დროს PH მერყეობს 6,95-დან 10-მდე და მეტად. მეორე გიპის წყალსატევებში გარემოს რეაქცია ცვალებადობს 3,4-დან 6,95-დე. ამ გიპს განეკუთვნება სფაგნური ჭაობები და სფაგნური ტბები. ამ წყალსატევების ფსკერი და ნაპირები დაფარულია ხავსით და გორფით. სფაგნური წყალსატევების მაღალი მეავიანობა გაპირობებულია გარემოში სხვადასხვა მეავეების არსებობით, რომელსაც ცხოველქმედების პროცესში და მათი ხრწნის დროს გამოყოფენ ხავსები და ჭაობის სხვა მეცნარეები. პირველი გიპის წყალსატევებში გარემოს აქტიური რეაქცია სემონური ცვალებადობით ხასიათდება. ზამთარში ცხოველქმედების პროცესის შენელებასთან დაკავშირებით წყალსატევების PH 7,0-7,5 -ია, ზაფხულში ის იზრდება და „აყვავილებს“ პერიოდში აღწევს 9-10 -ს. ზაფხულში შეიმჩნევა აგრეთვე PH-ის სიდიდის დღე-ღამური ცვლა. ეს გაპირობებულია მეცნარეთა მასობრივი განვითარებით და შეიძლება მიაღწიოს $\pm 4,5$. PH იცვლება სიღრმესთან ერთად: ფსკერულ შრეებში, სადაც შეწყვეტილია ფოტოსინთეზის პროცესი, შემჩნეულია მეავიანობის ზრდა.

მეავე რეაქციის გიპის წყალსატევებში გარემოს აქტიური რეაქცია უფრო მეტად მუდმივია, რადგან უფრო ნაკლებადაა დამოკიდებული ორგანიზმების ცხოველქმედებისაგან, სფაგნური წყალ-

საგვეების მოხლეობა ღარიბია თვისობრივად და რაოდენობრივად. PH-ის სიდიდებზე ძალზე დიდ გავლენას 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 ჰიდრობიონტები შეიძლება გაიყოს სტენოიონურ და ევრიონურ 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 ზღვრული ფარგლებია 5,0-10,0, ხოლო ზღვების მცხოვრებთათვის 6,0-დან 8,75-დე. სტენოიონურ ორგანიზმებს, რომლებიც არჩევენ ტუტე გარემოს, ეწოდებათ ოლიგოჰიდროგენური ორგანიზმები. მათი მაგალითია მოლუსკები, რომლებიც ცხოვრობენ 7-ზე მეტი PH-ის პირობებში. სტენოიონური ჰიდრობიონტები, რომლებიც ცხოვრობენ მუქე წყლებში, იწოდებიან პოლიჰიდროგენურად. ესენი სუაგენური წყალსაგვეების მოსახლეობაა, ზოგიერთი მათგანი ცხოვრობს 3,8-დე PH-ის პირობებში და არ გვხვდება ნეიტრალურ-ტუტე გარემოში.

ევრიონური ორგანიზმები ცხოვრობენ PH-ის ფართო დიაპაზონის პირობებში. მაგალითად, *Chironomusc*-ის ღარებს აქვთ უნარი გაუძლონ აქტიური რეაქციის ცვალებადობას 2-დან 10-დე ფარგლებში.

ბ. ბაბემოს აქტიური რეაქციის უბანზე ჰიდრობიონტების ცხოველმომქმედაზე

გარემოს აქტიური რეაქციის შემოქმედება ორგანიზმებზე შეიძლება იყოს არაპირდაპირი და პირდაპირი. არაპირდაპირი შემოქმედება ვლინდება სხვადასხვა ელემენტების მარილთა შემადგენლობის ცვალებადობით. მაგალითად, მრავალ წაყლმტკნარეს არ შეუძლია PH-ის მაღალი მაჩვენებლის პირობებში არსებობა იმის გამო, რომ ამ პირობებში გარემოში რკინის შემცველობა და ხსნადობა მკვეთრად მცირდება. *Gammarus pulex*-ის ახალგაზრდა თაობა 6,0-6,2 PH-ის პირობებში 1,5-2 დღეამის შემდეგ იღუპება კალციუმის შენაერთების უკმარისობის გამო.

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

PH-ის ცვალებადობისადმი მგრძობიარობის ხარისხი სხვადასხვა სახეობებისათვის არ არის ერთნაირი. მაგალითად, კობრი PH-ის მკავიანობისაკენ გადახრის მიმართ უფრო ძლიერ რეაგირებს, ვიდრე ქორჭილა: 5,5 PH-ის პირობებში გაცილებით ნაკლებ ეანგებადს თხოულობს, ვიდრე 7,4-ის დროს. ქორჭილას მოთხოვნილუბაც ეანგებადის მიმართ 5,5-ის პირობებში მცირდება, მაგრამ უფრო ნაკლები ხარისხით. PH-ის 4,5 პირობებში კობრები ეანგებადის ნორმალური შემცველობის პირობებშიც იწყებენ ასფიქსიას. სუნთქვის ცვლის დარღვევას მკავიანობის გამო მოსდევს ასიმილაციის პროცესების დარღვევა. ამასთან გარემოს უმნიშვნელო გამკავიანებისას საკვების ათვისება და ზრდის ტემპი უმჯობესდება. წყლის შემდგომი გამკავიანებისას შთანთქმული საკვების რაოდენობა იზრდება, ხოლო მისი ამთვისებლობა მცირდება. PH-ის 5,5-ის პირობებში ე. ი. იმ დროს, როცა კობრები შთანთქავენ ნაკლებ ეანგებადს, 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 მკავიანობის 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 მკავიანობა იწვევს კიბოსნაირების გამრავლებისა და ზრდის სტიმულირებას 150%-ზე მეტად. გარემოს გატუტიანება იწვევს ასეთისავე 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 ვასცენ 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-

ერავენ PH-ს ამ უკანასკნელის ერთმა და იგივე მაჩვენებლმა შეიძლება სხვადსხვანაირი შემოქმედება მოახდინოს ორგანიზმზე. მაგალითად, ჩხვლეტიები გარემოს PH-ის მაჩვენებლის 4-დე შემცირებისას ფოსფორმეკავას საშუალებით – ცოცხლობენ 8 საათზე მეტს, ხოლო ძმარმეკავას ხსნარში იგივე PH-ის პირობებში მხოლოდ 11 წუთს.

ბუნებრივ წყალსაგვეებში PH-ის შემცირებას ჩვეულებრივ იწვევს თავისუფალი ნახშირორჟანგი, რომელიც ძლიერ გოქსიკურ შემოქმედებას ახდენს პიდრობიონტებზე. ექსპერიმენტულად დამტკიცებული იყო, რომ შავი ზღვის ნიჩაბუფხიანი კიბოების სხვადასხვა სახეობები 5,8 PH-ის პირობებში, რომელიც გამოწვეულია მარილმეკავას შემოქმედებით. ცოცხლობენ 300-ჯერ მეტხანს, ვიდრე იგივე PH-ის პირობებში, რომელიც ნახშირორჟანგის შემოქმედებითაა გაპირობებული.

პიდრობიონტები ცხოველმყოფელობის პროცესში დიდ გავლენას ახდენენ PH-ის სიდიდეზე და იწვევენ მის ცვლილებებს. ცხოველები და მცენარეები. გამოყოფენ რა სუნთქვისას CO_2 -ს, ხელს უწყობენ წყლის მეკავიანობის 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 ადგილებში PH აღწევს 9,5-10 ს და ზოგჯერ მეტიცაა.

5. სინათლის ზეგავლენა წყლის ორბანზიმების სიცოცხლეზე

მზის სინათლე შედგება სხვადასხვა 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 შთანთქმება 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 ნახევრდება წყლის ზედა 10 სმ-იანი შრის გავლის შემდეგ.

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

სინათლე გემოქმედებს ცხოველების ნივთიერებათა ცვლაზე, სასქესო პროდუქტების მომწიფებაზე. წყალსატევების განათებულობასთანაა დაკავშირებული ცხოველთა აგებულება, მხედველობის, ყნოსვის ორგანოების განვითარება, შეფერადება და სხვ. წყლის ცხოველები ცხოვრობენ სრულიად სხვადასხვა სინათლის რეჟიმის პირობებში. მრავალ ორგანიზმებში სინათლეზე რეაქცია იცვლება განვითარების პროცესში. განვითარების ადრეულ სტადიებზე ცხოველები ცხოვრობენ უპირატესად ზედაპირულ შრეებში, ხოლო მრდასრული ფორმები კი ნაკლები განათების პირობებში. მაგრამ შეიმჩნევა შებრუნებული მოვლენაც; მაგალითად. ორაგულისნაირი თევზების ლიფსიგები შეფარებული არიან ქვების ქვემ.

სინათლის ზეგავლენით ჰიდრობიონტებში ხორციელდება სხვადასხვა ხანგრძლიობის ბიოლოგიური რიგმები (დღელამური,

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

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

ა. წყალსატევების სინათლის ზონები

ზღვებში სიღრმეზე სინათლის გავრცელების მიხედვით არჩევენ სინათლის 3 ზონას: ეფოტურს, დისფოტურს და აფოტურს.

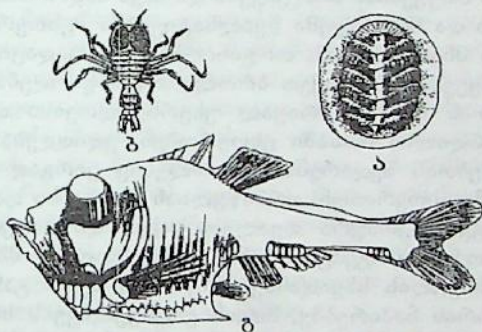
ეფოტური ზონა. წყალსატევის ამ ზედა შრეში კარგი განათებულობის გამო მიმდინარეობს მცენარეებში ფოტოსინთეზი. ამ ზონის ქვედა ზღვარი გამჭვირვალობისა და სხვა ფაქტორების მიხედვით ზღვის წყალსატევებში განლაგებულია სხვადასხვა სიღრმეზე: პელაგიალში 50-100 მ-დე, ბენთალში 200 მ-მდე.

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

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

დისფოტური ანუ ჩრიდილის მონა. ეს ზონა ვრცელდება ზღვებში 1000-1500 მ-ის სიღრმემდე. აქ პრაქტიკულად მცენარეები არ ცხოვრობენ, მაგრამ 1000 მ-ზე მეტ სიღრმეზე მსოფლიო ოკეანის რიგ რაიონებში შემჩნეულია ნანოპლანქტონის ზოგიერთი წარმომადგენლები. გაანგარიშებულია, რომ მათ შეუძლიათ ევფოტური ზონის მცხოვრებზე არანაკლები პროდუქციის მოცემა.

აფოტური ანუ შეღშივი წყედიადის მონა. ორგანიზმების სახეობრივი შემადგენლობა, რიცხოვნობა და ბიომასა სიღრმესთან ერთად მცირდება. მკვეთრად მცირდება მტაცებელი ცხოველების რაოდენობა (მელუმები, 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 აბეზულმის თავისებურებაანი

წყლის ორგანიზმების მხედველობის ორგანოების აგებულება დიდი ნაირგვარობით ხასიათდება (სურ. 15). ყველაზე მარტივია - სტიგმები - ორგანოები, რომელთაც მხოლოდ სინათლის შეგრძნება

შეუძლიათ. ისინი შედგებიან ლინზებისაგან და მისი ამომჟენი პიგმენტებისაგან. სტიგმები გააჩნიათ მთელ რიგ უმარტივესებს.

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

აბისალში და მიწისქვეშა წყალსატევებში მცხოვრებ ორგანიზმებში ხდება მხედველობის ორგანოების დეგრადაცია: თვალები ხდება შეუმჩნეველი, არა აქვთ ბროლი, აგროფირდება სხვა ნაწილებიც. ამასთან ერთად მრავალ უხერხემლოებსა და თევზებს, რომლებიც ჩრდილის ზონაში ცხოვრობენ, უდიდდებათ თვალები იმ ორგანიზმებთან შედარებით, რომლებიც კარგად განათებულ ჰორიზონტებში ცხოვრობენ; ღრმაწყლიან თევზებსა და თავფეხიან მოლუსკებს გელესკოპური თვალები აქვთ და მოგჯერ თავისი ფორმით ბინოკლს მოგვაგონებენ. უხერხემლოებს მხედველობის ორგანოები სხეულის სხვადასხვა ნაწილზე აქვთ განლაგებული: მეღუმებს ძაბრის ნაპირებზე, ზღვის ვარსკვლავებს სხივების ბოლოში; ორსაგდულიან მოლუსკებს მანგიის ნაპირებზე; ქიგონებსა და ტურბელარიებში ზურგის მხარებზე; მრავალ ჭიაში ღაყუჩებზეა განლაგებული. იმ ორგანიზმებს, რომლებსაც კარგად აქვთ განვითარებული მოძრაობის ორგანოები, თვალები განლაგებული აქვთ სხეულის წინა ნაწილზე. თვალების რაოდენობა მერყეობს ერთიდან მრავალ ასეულამდე.

ბ. წყლის ორბანიზმების შიშვრვა

შეფერადების მიხედვით ჰიდრობიონტებს ყოფენ სამ ძირითად ჯგუფებად: პირველი – ფორმები, რომლებსაც აქვთ მხედველობითი შეფერვა 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 ზღვაში მცხოვრები ნეისტონის სხვადასხვა წარმომადგენლები: სიფონოფორები, მცირე ზომის კიბოები, კიბორჩხალები, მოლუსკები და სხვა. მრავალი პლანქტონური ორგანიზმებისათვის დამახასიათებელია სრული გამჭვირვალობა, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ, როგორც პომოქრომია. აქტიური პომოქრომია განვითარებული აქვთ რიგ კიბოსნაირებს, თევზებს, თაფუხიან მოლუსკებს. შეფერადების აქტიური ცვალებადობა მიიღწევა კანში გაბნეული 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 პიგმენტი: წითელი, ლურჯი, ყვითელი. ეს ფერები შეიძლება შეეხამოს ერთმანეთს სხვადასხვა 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 ნერეული სისტემით.

თაფუხიან 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 თავდაცვის შეფერადებას — შავად გვეჩვენება. ამასთან ერთად გაუნათებელი გარემო რიგ ცხოველებში განაპირობებს რუხ შეფერადებას, ანდაც ისინი შეუფერავნი არიან. ასეთივე მოვლენა აღინიშნება იმ ორგანიზმებში, რომლებიც თხრიან სოროებს. მზურდავეებში და მიწისქვეშა წყლების მოსახლეობაში.

განსაკუთრებით მკვეთრი, ჭრელი შეფერადებაა დამახასიათებელი გროპიკული ოლქის ლითორალის მოსახლეობისათვის. ამ მხრივ მეგალ გამოჩენულია მარჯნის რიფების მოსახლეობა.

დ. ბიოლუმიინისცენცია და მისი ბიოლოგიური მნიშვნელობა

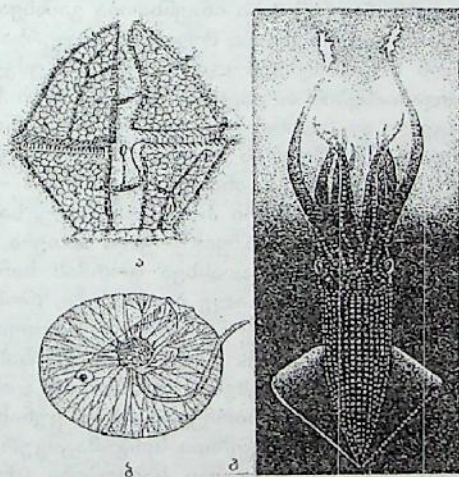
ორგანიზმების ნათების მოვლენამ მიიღო ბიოლუმიინისცენციის სახელწოდება. ნათება ფართოდაა გავრცელებული ზღვის ორგანიზმებში. ხმელეთის ფორმებიდან ანათებენ მხოლოდ სოკოების, მწერების, მოლუსკების ზოგიერთი სახეობა. მტკნარი წყლის მცირერიცხოვან მანათობელ ორგანიზმებს შორის შეიძლება დავასახელოთ ზოგიერთი ბაქტერია და მუსეღუხიანი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

ბიოლუმიინისცენცია — ცივი ნათებაა სითბოს გამოყოფის გარეშე. მისთვის ენერგიას გამოყოფს სპეციფიური ორგანული ნივთიერება ლუციფერინი („ლუციფერ“ — სინათლის მაგარებელი). ლაქანგვის რეაქციის შედეგად, რომელიც თავის მხრივ წარმოადგენს ცილის ბუნების ფერმენტს — ლუციფერაზას. ბიოლუმიინისცენციის მარტივ მოქმედების კოეფიციენტი ძალზე დაბალია. თვალისათვის შესამჩნევი ნათების მისაღებად საკმარისია შევეურიოთ 1 მლ წყალში 10^5 მკგ ლუციფერინი და 10^2 მკგ ლუციფერაზა. ამის შესაბამისი სინთლის მისაღებად საჭიროა 500-1000-ჯერ მეტი ნავთობის დაწვა, რომელიც შეიცავს ლუციფერინთან ახლოს მდგომ მენაერთებს. სხვადასხვა ორგანიზმების ლუციფერინი და ლუციფერაზა განსხვავდებიან ერთმანეთისგან თავიანთი სტრუქტურით. ასევე აუცილებლად აღსანიშნავია, რომ ბიოლუმიინისცენციის რეაქციები ყოველთვის არ წარმოადგენენ ლუციფერინის სუბსტრატის ლაქანგვის მარტივ სქემას ფერმენტ ლუციფერაზას თანაარსებობით. ნაწილობრივ რეაქციები მნიშვნელოვნად უფრო რთულია. ზოგიერთ რადიოლარიებს, მეღუმებს, სავარცხლურებს აქვთ უკანგბადო გარემოში ნათების უნარი. ზოგიერთ ორგანიზმებში ლუციფერინი ლუციფერაზას გარეშე იჟანგება.

ცნობილია ნათების სამი ტიპი: უჯრედშიდა, უჯრედგარეშე და ბაქტერიალური — სიმბიოზური მიკროოგანიზმების საშუალებით.

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

ზოგიერთ სახეობებში ფოტოფორები ალჭურვილია სხვადასხვა ფერის ქსოვილების ერთგვარი სვეტოფილტრებით და ასეთ შემთხვევაში ცხოველი ანათებს როგორც ფერადი ფანარი. მაგალითად ღრმაწყლიანი კალმარი *lycoteuthis* ალჭურვილია ულტრა მარინოისფერი ფოტოფორებით: გვერდითი ორგანოები ანათებენ თეთრად მუცლის ორგანოები ცისფრად, ხოლო წინა ორგანოები წითლად. არაუჯრდელი ნათებისას ანათებს სითხე, ანუ ლორწო, რომელიც გამოშუშავდება სპეციალური ჯირკვლებით და გამოიფორცნება ცხოველის მიერ გაღიზიანებისას. სიმბიოზური მიკროორგანიზმებით ნათება ცნობილია ზოგიერთ თაფფეხიან მოლუსკებში და ძვლიან თევზებში. ამ ორგანიზმებს არ გააჩნიათ გამოსხივებისათვის ბიოქიმიური აპარტი, მაგრამ მათ უნეითარდებათ სპეციალური ქსოვილი, რომელიც კარგად მარაგდება ქანგბადითა და საკვები ნივთიერებებით. მათზე ცხოვრობენ, მრავლდებიან და გამოსხივებენ სინათლეს სიმბიოზური ბაქტერიები.



სურ. 16. მანათობელი ორგანიზმები.

- ა - *Gonyaulax* - ზღვის ნათების ერთ-ერთი ძირითადი წყარო;
 ბ - ღამის მანათობელი - *Noctiluca*; გ - კალმარი - *Watasenia*.

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 ჰიდრობიონტებისათვის ნათება ისეთივე აუცილებელი ფიზიოლოგიური ფუნქციაა. როგორც სუნთქვა. სინათლე ესმარება 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 სინათლის სიგნალიზაცია. იმავე დროს ნათების როლი იმ ერთუჯრედიანებისათვის, რომლებიც განაპირობებენ ბიოლუმინისცენციას ზედაპირულ ჰორიზონტებში, არ არის გამოკვეული. ამეამად სულ უფრო მეტი მონაცემები გროვდება იმის შესახებ, რომ ნათება დამახასიათებელია ყველა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, მაგრამ მისი ინტენსიობა განსხვავებულია. როგორც ჩანს ზუსტი ლუმინისცენციის მოვლენა უნივერსალურია.

მანათობელი მღვის დიდებული სანახაობა უძველესი დროიდან იწვევდა ადამიანების აღტაცებას. მის შესახებ წერდნენ ჯერ კიდევ არისტოტელე და პლინიუსი. მღვის ბიოლუმინისცენციის მოვლენა სპეციალური შესწავლის საგანს წარმოადგენს. მღვის ნათების ფორმები სხვადასხვაა: ანათებს მკრთალი — ცისფერი ან მწვანე ფერით მთელი ზედაპირი ჰორიზონტამდე. საკვირველი და შედარებით იშვიათი მოვლენაა ფიგურული ნათება, როცა წყლის ზედაპირზე წარმოიქმნება სხვადასხვა ფორმის სინათლის ფიგურები: ბოლები, წრეები, მოგრიალე ბორბლები, რომლებიც სწრაფად ცვლიან ერთმანეთს. მღვის ნათებას ყოველთვის რაღაცა გამომწვევი მიზეზი განსაზღვრავს: ღელვა, მოქცევისას წყლის დარტყმა ნაპირზე, გემების ან თევზების მოძრაობა, დინებები. განსაკუთრებული სიმკვეთრით გამოირჩევა ნათება ცუნამის დროს.

ზღვაში არ ცხოვრობს არცერთი სისტემატიკური ჯგუფი, რომელთაც არ ჰყავდათ მანათობელი სახეობები (ძუძუმწოვრების გამოკლებით). დღეისათვის ცნობილია 800-ზე მეტი მანათობელი სახეობა, რომელთაგან 50 სახეობა უმარტივესებია, ნაწლავდრუიანები — 100, მოლუსკები — 200, ჭიები — 50, კიბოსნაირები — 150 და თევზები — 200-ზე მეტი.

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

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

6. ბარემოს ფაქტორთა კომპლექსის ზეზავლენა წყლის ორბანიზმებზე

გარემოს ყველა ფაქტორი ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება და კომპლექსურად (ერთიანად) ზემოქმედებს ორგანიზმებზე. გავეცნობით ზოგიერთ მოვლენას, რომლებშიც მკვეთრად ვლინდება ფაქტორთა კომპლექსის ზემოქმედება ორგანიზმებზე.

ა. ციკლომორფოზი

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

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

ბიოლუმინისცენციის ბიოლოგიური მნიშვნელობა ყველა ორგანიზმებისათვის არაა ვარკვეული. 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 ესმარება ღრმაწყლიან ორგანიზმებს იცნონ ერთმანეთი და თავი მოიყარონ ჯოგში, მამრმა მოძებნოს მღელრი, მიიზიდოს მსხვერპლი, შეაშინოს ან მოაგყოს მტრები. გაანგარიშება გვიჩვენებს, რომ აბისალში ორგანიზმების მიერ ერთმანეთის ნახვის შესაძლებლობა მილიონჯერ იზრდება, თუ მათ აქვთ სინთლის სიგნალიზაცია. იმავე დროს ნათების როლი იმ ერთუჯრედოვანებისათვის, რომლებიც განაპირობებენ ბიოლუმინისცენციას მედაპირულ პორიზონტებში, არ არის გამოვლენილი. ამეამად სულ უფრო მეტი მონაცემები გროვდება იმის შესახებ, რომ ნათება დამახასიათებელია ყველა ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, მაგრამ მისი ინტენსიობა განსხვავებულია. როგორც ჩანს მუსტი ლუმინისცენციის მოვლენა უნივერსალურია.

მანათობელი ზღვის დიდებული სანახაობა უძველესი დროიდან იწვევდა ადამიანების აღტაცებას. მის შესახებ წერდნენ ჯერ კიდევ არისტოტელე და პლინიუსი. ზღვის ბიოლუმინისცენციის მოვლენა სპეციალური შესწავლის საგანს წარმოადგენს. ზღვის ნათების ფორმები სხვადასხვაა: ანათებს მკრთალი — ცისფერი ან მწვანე ფერით მთელი მედაპირი პორიზონტამდე. საკვირველი და შედარებით იშვიათი მოვლენაა ფიგურული ნათება, როცა წყლის მედაპირზე წარმოიქმნება სხვადასხვა ფორმის სინათლის ფიგურები: მოლები, წრეები, მოგრიალე ბორბლები, რომლებიც სწრაფად ცვლიან ერთმანეთს. ზღვის ნათებას ყოველთვის რაღაცა გამოძწევი მიზეზი განსაზღვრავს: ღელვა, მოქცევისას წყლის დარტყმა ნაპირზე, გემების ან თევზების მოძრაობა, ღინებები. განსაკუთრებული სიმკვეთრით გამოირჩევა ნათება ცუნამის დროს.

ზღვაში არ ცხოვრობს არცერთი სისტემატიკური ჯგუფი, რომელთაც არ ჰყავდათ მანათობელი სახეობები (ძუძუმწოვრების გამოკლებით). დღეისათვის ცნობილია 800-ზე მეტი მანათობელი სახეობა, რომელთაგან 50 სახეობა უმარტივესებია, ნაწლავდრუიანები — 100, მოლუსკები — 200, ჰიები — 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. აქვეა პიროფიტების წარმომადგენლებიც — *Noctiluca*, *Gonialox*, *Pyroystis* და სხვ. მსხვილი ცხოველები: ნაწლავდრუიანები, სავარცხლურები, სხვადასხვა კიბოსნაირები. მოლუსკები, თევზები და სხვანი გამოსცემენ ძლიერ სინათლეს, რომელიც რამდენიმე წუთს გრძელდება.

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

6. ბარემოს ფაქტორთა კომპლექსის ზეგავლენა წყლის ორბანიზმებზე

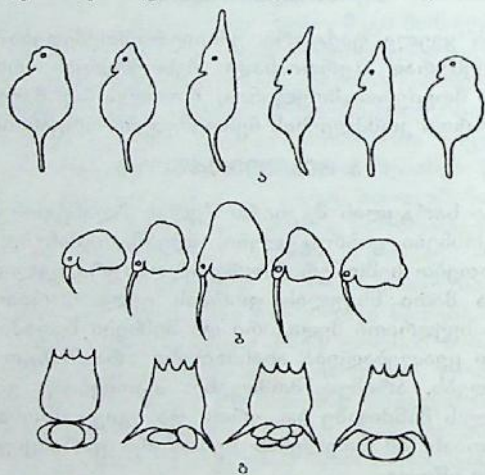
ბარემოს ყველა ფაქტორი ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება და კომპლექსურად (ერთიანად) ზემოქმედებს ორგანიზმებზე. გავეცნობით ზოგიერთ მოვლენას, რომლებშიც მკვეთრად ვლინდება ფაქტორთა კომპლექსის ზემოქმედება ორგანიზმებზე.

ა. ციკლომორფოზი

ზომიერი სარტყლის მტკნარი წყლის პლანქტონურ ორგანიზმებს (შოლტოსნები, ციბრუტელები, ულვაშტოტანები, ნიჩაბუხიანები) 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 შთამომავლობას. ამ მოვლენას სეზონური ვარიაციები ანუ ციკლომორფოზი ეწოდება.

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

ციკლომორფომის მოვლენა მკვეთრადაა გამოხატული ულვა-მტოტიანებისა და ციბრუტელების ზოგიერთ სახეობებში (სურ. 17). დაფნიებს შორის ზაფხულში იზრდება სხეულის გასწვრივი ღერძი თავზე წაგრძელებული ჩაჩის წარმოქმნასთან დაკავშირებით. გაზაფხულზე დაფნიებს აქვთ მომრგვალებული, მოკლე თავი. ზაფხულის დასაწყისში თანდათანობით ჩნდება თაობა, რომელთაც თავზე უნ-ვითარდებათ ჩაჩი. თუ გაზაფხულზე თავის ნაწილის სიგრძე შეად-გენს ნიქარის საგლეულების სიგრძის $\frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ -ს, ზაფხულში უკოლ-დება ან სჭარბობს მას. შემოდგომაზე გრძელთავიანი დაფნიები იძლევიან პართენოგენურ თაობას, რომელსაც აღენიშნება ჩა-ჩის შემოკლება, შემოდგომის ბოლოს ჩაჩი მთლიანად უქრებათ.



სურ. 17. ციკლომორფოზი

ა - *Daphnia longispina*. ბ - *Bosmina coregoni*.

გ - *Brachionus calyciflorus*.

ციკლომორფოზი რეგისტირებულია საქართველოს წყალსა-გვეებში ულვა-მტოტიანების მაგალითზე. ამის მაგალითს წარმოა-

დგენს *Daphnia longispina*, რომელიც სიონის და თბილისის წაყლსაცავებში განიცდის სეზონურ მორფოლოგიურ ცვლილებებს; კერძოდ მაფხულში უნვითარდება ჩაჩი და 15-2 -ჯერ ზომამში მაგულობს მუკროს, ხოლო შემოდგომაზე კი თავი მრგვალდება და მუკროს ზომა მცირდება. ასეთივე სეზონური მორფოლოგიური ცვლილებებია რეგისტრირებული საქართველოს სხვადასხვა წყალსატევებში ზოგიერთ ციბრუტელებზე. მაგალითად, *Keratella quadrata* (მაფხულში სხეულის ფორმა იცვლება-იზრდება მათი კბილანები, შემოდგომაზე მცირდება).

მრავალი უღვაშტოგვიანის და ციბრუტელების სხეულის ზომისა და ფორმის ცვალებადობა იმდენად დიდია, რომ ეს ართულებს მათ სისტემატიკას. ასე, მაგალითად, *Daphnia*-ს გვარის ცალკეული ფორმების ტაქსონომიური მნიშვნელობა დთემდე გაურკვეველი რჩება. მტკნარი წყლის ნიჩაბფეხიანების სეზონური ვარიაციები გამოვლინდება ხოლმე ძირითადად ზომის ცვალებადობით. ნიჩაბფეხიანი კიბოების უმეტესი სახეობები მაფხულში უფრო მცირე ზომისანია. ვიდრე ზამთარში. ამასთან ზოგიერთების ზომა წლის თბილ პერიოდში იზრდება. ციკლომორფოზის მოვლენა ცნობილია ზოგიერთ ტროპიკულ წყალსატევებში მცხოვრები უღვაშტოგვიანებისა და ციბრუტელებისათვისაც. შემჩნეულია ისიც, რომ ყოველთვის მაღალ ტემპერატურასთან არაა დაკავშირებული ციკლომორფოზის მოვლენა მაგალითად, ციბრუტელა ჭიას *Keratella cochlearis* გრძელი ეკლები უნვითარდება ზამთარში, ხოლო *Brachionus calyciflorus*-ს კი გაზაფხულსა და შემოდგომაზე.

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

ბ. სემონური მოვლენები წყალსატენების სიცოცხლეში

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

სემონურმა მოვლენებმა წყალსატენების სიცოცხლეში მიიღეს ბიოლოგიური სემონების სახელწოდება: ბიოლოგიური გამაფხული, მაფხული, შემოდგომა, ზამთარი. სემონური მოვლენები წყალსატენებში ყველაზე მკვეთრად გამოხატულია ზომიერ ტემპერატურულ ოლქებში.

ზღვის წყალსატენები. ბიოლოგიური სემონები კარგადაა შესწავლილი ზომიერი ოლქების ზღვების პელაგიალში. ბიოლოგიური სემონების სქემა ატლანტიკის ბორეალური წყლებისათვის და პოლარული სიპირა ოლქისათვის დამუშავებული იყო ბ. გ. ბოგოროვის მიერ.

ბიოლოგიური გამაფხული. ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმი ხასიათდება მზის რადიაციის ინტენსიობისა და ხანგრძლიობის გაზრდით, გელაპირულ შრეებში ტემპერატურის აწევით, სხვა სემონებთან შედარებით საკვები მარილების (ბიოგენების) დიდი რაოდენობით. ამის გამო ფიგოპლანქტონის განვითარებისათვის საუკეთესო პირობები დგება და ამ პერიოდისათვის წყალმცენარეების რიცხოვნობა ასეული და ათასეული რაოდენობით ჭარბობს ზოოპლანქტონს. ხშირად შემჩნეულია ზღვის „აყვავილება“. ზოოპლანქტონში დიდი რაოდენობით გვხვდება პელაგური და ბენტოსური ცხოველების კვერცხები და ლარვები. იწყება ფიგოფაგი კიბოსნაირების (Copepoda) გამრავლება.

ბიოლოგიური მაფხული. მზის რადიაცია მაქსიმალურ ინტენსიობას აღწევს, წყლის ტემპერატურა მაგულობს, მცირდება ბიოგენური ელემენტების რაოდენობა, რასაც წყალმცენარეების რაოდენობის მაგება განაპირობებს, ფიგოპლანქტონის რაოდენობა მცირდება, ხოლო ზოოპლანქტონის რიცხოვნობა წლიურ მაქსიმუმს აღწევს. წყალმცენარეების რაოდენობის შემცირება გაპირობებულია როგორც ბიოგენების რაოდენობის შემცირებით, ასევე ფიგოფაგი უხერხემლოების (პირველ რიგში Copepoda) მიერ მათი

მოხმარებით. ზოოპლანქტონში გვხვდება რიგი სითბოსმოყვარული სპეციფიკური ფორმები.

ბიოლოგიური შემოდგომა. ამ პერიოდისათვის დამახასიათებელია მზის განათებულობის ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის შემცირება; წყლის ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირება, საკვები მარილების რაოდენობის ზრდა გაზაფხულისა და ზაფხულის უხვი პლანქტონის ნარჩენების მინერალიზაციის გზით. ატლანტიკის ჩრდილოეთ ნაწილის წყლებში შეიმჩნევა ფიგოპლანქტონის განვითარების მეორე მაქსიმუმი, რომელიც ვერ უგოლდება გაზაფხულის მაქსიმუმს. წყლის აყვავილების შემდეგ ბიოგენების რაოდენობა თანდათანობით მცირდება. ზოოპლანქტონიდან ამოვარდებიან სითბოსმოყვარული ფორმები, რომლებმაც შემოდგომის დასაწყისში განვითარების მაქსიმუმს მიაღწიეს; მცირდება იმ ბენთოსურის ორგანიზმების ლარვების რიცხვი, რომლებიც თავისი განვითარების ციკლს წყლის სისქეში ამთავრებენ. პოლარულსპირა ზღვებში მთელი შემოდგომის მანძილზე ხდება როგორც ფიგოპლანქტონის, ისე ზოოპლანქტონის თანდათანობითი შემცირება.

ბიოლოგიური ზამთარი. შეიმჩნევა მზის განათებულობის ინტენსივობისა და ხანგრძლივობის ყველაზე მეტი შემცირება, მცირდება ტემპერატურა და მრავალი წყალსატენი 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. პოლარულსპირა ზღვებში უხერხემლოების ახალი გენერაციები არ წარმოიქმნება.

წყნარი ოკეანის ზომიერ ოლქში ბიოლოგიური სეზონები მიმდინარეობს ცოტა სხვაგვარად. ფიგოპლანქტონის განვითარებაში ბიოკლერობა 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 ხარისხით პირობითია. ყველაზე მკვეთრადაა გამოხატული საზღვა-

რი ზამთარსა 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 გემოქმედებას და არ მდებარეობენ პასატური ქარების ზონაში, რომლებიც იცვლიან თავის ინტენსივობას წყლის მანძილზე სეზონური მოვლენები სუსტადაა გამოხატული.

მატერიკული 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 კაეოვანების განვითარება მასობრივად (*Melosira*, *Asterionella* და სხვ.). კაეოვანების ინტენსიური განვითარებისათვის აუცილებელია წყალში რკინის შენაერთების დიდი შემცველობა, რომლის შენარჩუნებას წყალში განაპირობებს წყლის ტემპერატურა (არა უმეტეს 14-16°C). გვიან გაზაფხულზე უფრო მაღალი ტემპერატურის პირობებში კაეოვანები ქრებიან და იწყება პროტოკოკოვანების განვითარება. პროტოკოკოვანები თავის მხრივ საჭიროებენ წყალში დიდი რაოდენობით გახსნილი ორგანული ნივთიერებებისა და ამოტის შენაერთების არსებობას.

ადრე გაზაფხულზე ზოოპლანქტონში ჭარბობს ციბრუკელები, ნიჩაბუფიხიანების ზოგიერთი სახეობები. თხელწყლიან, კარგად გამოთბარ წყალსატევებში მაისში უკვე იწყებენ განვითარებას უღვაშტოკიანების ზოგიერთი სახეობები – *Simocephalus*, *Scapholoberis*, *Moina* -ს გვარების წარმომადგენლები. ისინი გვხვდება პლანქტონში ერთი თვის მანძილზე, შემდეგ ისინი ქრებიან. ამას განაპირობებს შალალი გემპერაგურა და კვების პირობების გაუარესება.

ბიოლოგიური მაფხული. ამ დროს, როგორც წესი, ღვება გემპერაგურული სტრატეფიკაცია. ფიტოპლანქტონში ბატონობს ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, 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 მაფხულის ბოლოს, როდესაც შედაპირული შრეების ძლიერი გათბობის შედეგად წყლის გემპერაგურის ვერტიკალური სტრატეფიკაცია განსაკუთრებით მღვრადი ხდება. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ისე როგორც მწვანე წყალმცენარეები, საჭიროებენ დიდი რაოდენობით ამოგის შენაერთებს. ისინი ძალზე მგრძობიარენი არიან მანგანუმის მიმართ, რომლის უმნიშვნელო რაოდენობით შემცველობაც კი მათთვის ლეგალურია და მათს მასობრივ ამოწყვეტას იწვევს. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები ძალზე მომთხოვნი არიან ჯანათებულობის მიმართ. მათი ფოტოსინთეზის მაქსიმუმი ემთხვევა ბუნებრივი პირობებისათვის მაქსიმალური ჯანათებულობის პერიოდს.

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

შირებულია, როგორც ჩანს, კვების პირობების გაუარებასთან და მაღალი გემპერაგურების არახელსაყრელ გემოქმედებასთან.

ბიოლოგიური შემოდგომა. ამ დროს ხდება განათებულობის და გემპერაგურის შემცირება, წარმოიშობა ვერტიკალური ცირკულაცია. შემოდგომის ფიგოპლანქტონში ღომინირებენ კაყოვანები. შემოდგომის დასაწყისში შეიმჩნევა ზოოპლანქტონის განვითარების მეორე მაქსიმუმი, რომელსაც წინ უსწრებს წყლის „აყვავილება“. თანდათანობით ქრებიან უღვაშგოგვიანების და ციბრუკელების სითბოსმოყვარული ფორმები. შემოდგომის ბოლოს ზოოპლანქტონი წარმოდგენილია ძირითადად ნიჩაბფეხიანებით.

ბიოლოგიური ზამთარი. ზამთრის პლანქტონი ძალზე ღარიბია როგორც თვისობრივად, ისე რაოდენობრივად. ყინულოვანი საფარის ქვეშ გვხვდება ზოოპლანქტონის მხოლოდ მცირერიცხოვანი ფორმები. წყალმცენარეების უმეტესობა იზამთრებს ფსკერულ დანალექებში, უმეტესად სპორების სახით. ფიგოპლანქტონის ვეგეტაცია აღინიშნება მხოლოდ ისეთ ძალზე გამჭვირვალე წყალსატევში როგორცაა ბაიკალის გბა.

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

ბ. ორბანიზმების ვიზტიკალური მიგრაციები

პლანქონისა და ნექონის წარმომადგენლებისათვის დამახასიათებელია ვერტიკალური მიგრაციების 3 ტიპი: ონტოგენეზური, სემონური, დელამური. ვერტიკალური მიგრაციები შეიძლება გამოიწვიოს არსებობის პირობების დროებითმა შეცვლამ. მაგალითად, ზედა ფენების გამტკნარებისას, ან ძლიერი დელევისას 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 დელამურ ვერტიკალურ მიგრაციებს აწარმოებს, შეადგენს 1 მილიარდ ტონას. ვერტიკალური მიგრაციები ახასიათებთ როგორც ზღვის, ისე მტკნარი წყლის ორგანიზმებს, მაგრამ განსაკუთრებით დიდ მასშტაბებს იღებენ ზღვის აუზებში:

ონტოგენეზური. ანუ ასაკობრივი მიგრაციები განპირობებულია იმით, რომ ორგანიზმებს სიცოცხლის სხვადასხვა პერიოდში სჭირდებათ არსებობის სხვადასხვა პირობები. ასე, მაგალითად, ზრდასრული ფორმები, რომლებიც ცხოვრობენ წყლის სისქის შუა შრეებში გამრავლებისათვის ამოდიან წყლის ზედაპირზე, სადაც ხდება ახალი თაობის ემბრიონალური და პოსტემბრიონალური განვითარება, ზრდასთან ერთად დასახლების ზონა ხდება შერეული. სხვა შემთხვევაში ზრდასრული ფორმები ცხოვრობენ და მრავლდებიან ფსკერზე, ხოლო მათი ქვირითი და ლარვები ამოგიეგვილებიან ზედა შრეებში. გვხვდება ისეთი შემთხვევაც, როცა ზრდასრული ფორმები ცხოვრობენ უფრო ნაკლებ სიღრმეზე, ვიდრე მათი ლარვები და ახალგაზრდა ფორმები. მიგრაციის ასეთი ტიპი ახასიათებს თავფეხიან მოლუსკებს.

სემონური მიგრაციები. 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. სემონურმა მიგრაციებმა შეიძლება მიაღწიონ 2-3 ათასი მეტრის ამპლიტუდას.

სემონურ ვერტიკალურ მიგრაციებს აწარმოებენ გრუნტის სიქეში ხირონომიდების ლარვები და მცირეჯაგრიანი ჭიები. მიგ-

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

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

ორგანიზმების გადაადგილების სიჩქარე გარკვეულწილად მათ ზომებთანაა დაკავშირებული. ამასთან მცირე ზომის ფორმებშიც კი (ნიჩაბუფხიანები, ნიკარიანი კიბოები) აღწევს 40-50 მ/სთ, ხოლო უფრო დიდი ზომის ცხოველებში (ეფუაუმიდეები, კიბორჩხალები, მიზიდები) ჭარბობს 90 მ/სთ. ზოგიერთ პიდრობიონტებში ქვემოთ მოძრაობის სიჩქარე 1,5-2 -ჯერ ჭარბობს ზემოთ ამოსვლის სიჩქარეს სხვებში ეს სიჩქარეები ტოლია. ცნობილია ისეთი შემთხვევებიც, როცა ზედაპირზე ამოსვლის სიჩქარე სჭარბობს ქვემოთ გადაადგილების სიჩქარეს. ასაკთან ერთად მიგრაციების ამპლიტუდა და სიჩქარე იზრდება, მაგრამ ამ წესიდან გადახრაც გვხვდება.

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

ზღვარს. სხვა სახეობები გაივლიან მას და ამოდიან წყლის ზედაპირზე. როგორც ჩანს გადაადგილების ზედა და ქვედა ზღვარს განაპირობებს ცალკეული ორგანიზმების დამოკიდებულება ტემპერატურის, განათებულობის და წნევის გარკვეულ დიაპაზონთან.

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

დღეღამური მიგრაციების ბიოლოგიური მნიშვნელობის ასახვას ნელად არსებობს სხვადასხვა ჰიპოთეზები. ფართო აღიარება პოულობს ბ. პ. მანტეიფელის, მ. ი. კოჟოვის და სხვა მკვლევართა ჰიპოთეზამ, რომელიც ამ მოვლენას თავდაცვითი შეგუებულობით ხსნის. ამ ჰიპოთეზის თანახმად დღეღამური მიგრაციები წარმოადგენენ ერთმანეთთან დაკავშირებული ფაქტორების შემოქმედებასთან შეგუებას, რომელთაგან უმნიშვნელოვანესია ბიოლოგიური ფაქტორები — საკვები და მტრები. მიგრაციაში მყოფი მემოპლანქტონის კვება ხდება წყლის ზედა შრეებში 30-50 მ-დე, სადაც თავმოყრილია ლეგრიტის, ფიგოპლანქტონის და ბაქტერიების ძირითადი მასა. ამასთან, დღისით, მკვეთრი განათებულობის პირობებში მემოპლანქტონი ადვილად ხელმისაწვდომი ხდება მისი მომხმარებლებსათვის (მაკროპლანქტონი და თევზები). სწორედ ამიგომ მემოპლანქტონის წარმომადგენლები ზედაპირულ შრეებში ამოდიან შებინდებისა და ღამის საათებში. ხოლო დღისით ისინი იმყოფებიან ისეთ სიღრმეზე, სადაც დღეღამის ნებისმიერ დროს ისეთი განათებაა, რომ მგაცებლებს პლანქტონური ფორმების შემჩნევა უჭირთ.

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

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

1863 წელს ე. მაკლარენმა ივარაუდა, რომ დღელამური მიგრაციები ცხოველებს საშუალებას აძლევს დაზოგონ ენერჯია, რამდენადაც საკვებით მდიდარ ზედაპირულ შრეებში მის მოპოვებას დიდი შრომა არ სჭირდება. სიღრმეში, დაბალი გემპერატურის პირობებში, ზრდასა და განვითარებაზე ენერჯიის ხარჯვა მიმდინარეობს უფრო ეკონომიურად. მაკლარენის ჰიპოთეზას კარგად შეესაბამება ის ფაქტი, რომ სემონების მიხედვით მიგრაციების ინტენსივობა იცვლება. მაგრამ ამასთან ერთად ძნელია აიხსნას ისეთი მოვლენები, როგორცაა 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 ჰიპოთეზაში 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. დღელამური და სემონური მიგრაციების შესწავლა დიდ პრაქტიკულ გამოხატულებას პოულობს პლანქტოფაგი თევზების რეწვის დროს. ისეთი პლანქტოფაგი თევზების რეწვა, როგორებიცაა ქაშაყი, სალკა, ქარსალა და სხვა დაკავშირებულია მათი ვერტიკალური მიგრაციების აუცილებელ შესწავლასთან.

დ. ბბერის ბამზანტველი შრომები

მიგრაციაში მყოფი ორგანიზმები ქმნიან ისეთ მნიშვნელოვან შეჯგუფებებს წყლის სხვადასხვა შრეში, რომ მათი არსებობა აღირიცხება პიდროაკუსტიკური ხელსაწყოებით. ამ შეჯგუფებებმა მიიღეს სახელწოდება — ბგერების გამფანგველი 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 ვგვხვდება. ღამით ისინი გაღმონაცვლებენ ზედა შრეებში — ზოგჯერ 3-4 დამოუკიდებელ შრედ იყოფიან. ცნობილია ასევე ღრმაწყლიანი შრეები, რომლებიც არ ეწევიან მიგრაციას. პიდროაკუსტიკის მიხედვით ღრმაწყლიან ბგშ გამოყოფენ გამფანგველთა 3 ჯგუფს: 1. თევზები — გამებით ავსებული საცურავი ბუშტით. ისინი იწვევენ ეხოლოგისა და სხვა პიდროაკუსტიკური აპარატის სიგნალების გაფანტვას. 2. კიბოსნაირები (კიბორჩხალები, ეფუაუზიიდები), საცურავ ბუშტს მოკლებული თევზები, სიფონოფორები პნევმატოპორებით, კალამრები. ამ ცხოველთა უმრავლესობას აქვს ჩონჩხი ან ჯავშანი. 3. ცხოველები ღრუბლისებური სხეულით — მეღუმები, სავარცხლურები, საღპები, პნევმატოპორს მოკლებული სიფონოფორები.

ზედაპირული ბგშ განლაგებულია რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეზე. ეს შრეებში შემჩნეულია ყველა განედის კონტინენტალურ (მაგერიკულ) წყალსატევებში, ოკეანის გაშლილ (ღია) ოლქებში, თავთხელის (მეჩეჩი) ფარგლებში და ყურეებში. ისინი რეგისტრირებულია გბებშიც. ზღვის აუზებში ზედაპირული ბგშ-ში ჭარბობს თევზების ქვირითი და ლიფსიტები, ფრთაფეხიანი, ქელფეხიანი და თავფეხიანი მოლუსკები, კიბოსნაირები. მაკროპლანქტონის გარდა აქ შემჩნეულია მემოპლანქტონური ფორმები — ნიჩაბფეხიანი კიბოები. გბებში ბგშ-ს შემადგენლობაში შედიან საობორუსის და ზოგიერთი სხვა მწერების ღარვები.

მიგრაციაში მყოფი ბგშ-ს მოსახლეობა მრავალი თევზის საკვება და მათ შორის ისეთი სარეწაო თევზებისა, როგორიცაა ზღვის ქორჭილა, მაკრურუსი და სხვ. საეარაუდოა, რომ ბათილის იხტოფაუნის სიმდიდრე დამოკიდებულია ბათილის ფერდობზე ბგშ-ს დიდ რაოდენობაზე.

1. დაზუჟყიანების წყაროები

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

მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის ინტენსიური განვითარება იწვევს წყალსატევების დაჟუჟყიანებას, რომლებშიც ხშირად გაწმენდის გარეშე ჩაედინება ინდუსტრიული, 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 მოძრავი საგრანსპორტო საშუალებების გზით ჩადის ათასობით ტონა სხვადასხვა სახის დამაჟუჟყიანებელი 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 ჰიდროსფეროზე ზემოქმედების მასშტაბები – ის სტიქიურ მოვლენებს გაუგოლდა. ასე, მაგალითად, მდინარეები ათწლეულების მანძილზე ადამიანის ზემოქმედებით უფრო მეტად იცვლიან სახეს, ვიდრე ათეული და ასეული ათასი წლის მანძილზე ბუნების ზემოქმედებით.

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

გავრცელების მასშტაბებითა და ჰიდრობიონტებზე გემოქმედების ძალით ამკამად წყალსატევების დაჭუჭყიანება გოქსიკური ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების ერთ-ერთი ძირითადი ფორმაა. ასეთი დაჭუჭყიანება ქმნის საფრთხეს ადამიანებისათვის, რომლებიც საკვების სახით ლებულობენ ისეთ ორგანიზმებს, რომლებიც შეიცავენ მძიმე მეტალებს, პესტიციდებს, რადიოაქტიურ ნივთიერებებს და სხვ.

წყლების გოქსიკური დაჭუჭყიანების წყაროები სხვადასხვაა. წყალსატევებში ხდება იმ გოქსიკური ნივთიერებების აკუმულირება, რომლებიც ჰაერში და ნიადაგში ხვდებიან პირველად საყოფაცხოვრებო და სამრეწველო ჩამონადენების გზით. ორგანული ნივთიერებებიდან დიდი გოქსიკურობით ხასიათდება პესტიციდები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება როგორც სოფლის მეურნეობაში, ასევე საგყო მეურნეობაში – სისხლის მწოველი ორფრთიანებისა და სამიში ინფექციის გადამტანების წინააღმდეგ, მელიორაციული სისტემებისა და წყალსატევების მაკროფიტების წინააღმდეგ, ასევე სახალხო მეურნეობის სხვა დარგებშიც. ავიაციის საშუალებით პესტიციდებით გყისა და სოფლის მეურნეობის პროდუქტების დამუშავებისას ამ პრეპარატების 25-დან 75%-დე ქარის საშუალებით მიმოიფანტება უშველებელ ტერიტორიაზე – ასეულ და ათასეულ კმ²-ზე. გამოყენებულ პესტიციდებს შორის ჭარბობს განსაკუთრებით მდგრადი ქლორორგანული შენაერთები, რომლებიც აკუმულირდება ორგანიზმთა ქსოვილებში.

ძალზე მავნებელია ჰიდრობიონტებისათვის სინთეტიკური სარეცხი საშუალებები – დეტერგენტები. ისინი პესტიციდების მსგავსად ხასიათდებიან დიდი მდგრადობით. მეტად ძლიერ გოქსიკურ ორგანულ ნივთიერებებს განეკუთვნებიან ნავთობი და ნავთობპროდუქტები. ხშირად ნავთობური დაჭუჭყიანების ფონზე სხვა დამჭუჭყიანებელთა მოქმედება უფრო ძლიერად გამოიკვეთება ხოლმე. ნავთობი თავისთავად წარმოადგენს მრავალკომპონენტთან შენაერთს – ამასთან ერთი კომპონენტების გოქსიკურობა არსებითად განსხვავდება სხვა კომპონენტების გოქსიკურობისაგან. მთელი რიგი ნავთობური ფრაქციები, განსაკუთრებით მაღალმდულარე, ხასიათდებიან მკვეთრად გამოხატული კანცეროგენული თვისებებით. ნავთობპროდუქტები გამოირჩევა განსაკუთრებული მდგრადობით და მხოლოდ მოგიერთ მიკროორგანიზმებს შეუძლიათ მათი დაშლა.

ჰიდრობიონტებისათვის განსაკუთრებით გოქსიკურ მინერალურ ნივთიერებებს განეკუთვნება ვერცხლისწყლის, დარიშხანის, სპილენძის, ცინკის, ტყვიის შენაერთები, რომელთა ძირითადი წყარო აგმოსფერო და ნალექებია. მაგალითად, ჩიკაგოს რაიონში წლის მანძილზე აგმოსფეროში 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 გოქსიკურობას 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 ევგროფიკაცია (eu – კარგად, trofe საკვები ე.ი. საკვებით მდიდარი). უკანასკნელი 20-30 წლის მანძილზე ყველა კონტინენტზე ხდება შიდა წყალსატევების ჰიდრობიოლოგიური რეჟიმის დარღვევა (განსაკუთრებით ტბების, წყალსატევების), რაც გამოწვეულია ამ წყალსატევების წყლის ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებით გამდიდრების შედეგად (წყალსატევების ინტენსიფიკაცია – მინერალური სასუქების, თევზების კომბინირებული საკვების შეტანა). ამას მოსდევს: ფიგოლანქტონის ინტენსიური გამრავლება ე.წ. „აყვავილება“, თხელწყლიანი სანაპირო ზოლის მაკროფიტებით დაფარვა. ყოველივე ამის შედეგად წყლის ხარისხი უარესდება (ენზებადის დეფიციტი, არასასიამოვნო გემო და სუნი და სხვ.). ყველა ეს ცვლილება გაპირობებულია წყალსატევებში სხვა შენაერთებთან ერთად ძირითადი ბიოგენური ელემენტების – აზოტის და ფოსფორის – ჩაგანით. 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 $5-13^{\circ}\text{C}$ -ით მეტია და ზოგიერთ შემთხვევაში $14-24^{\circ}\text{C}$ -ითაც კი. ეს კი თავის მხრივ მნიშვნელოვნად ცვლის წყალსატევების თერმულ რეჟიმს საკმაოდ დიდ ფართობზე, იწვევს ქანგბადის შემცველობის შემცირებას, ჰიდროლოგიური სეზონის შეცვლას და სხვ.

2. საძარტველოს წყალსატევების დაზუჟყიანება

ა. შავი ზღვის საძარტველოს სანაპიროს დაზუჟყიანება

ბ. მაგზანიდის (2002) მონაცემებით 1990-91 წლებისათვის დაზუჟყიანების (ძირითადად ნავთობური დაზუჟყიანება და მდინარის ჩანაგანები) მაღალი დონის გამო შავი ზღვის სანაპიროს იხტიოფუნის 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 შევეთრაღ დეგრადირებული. ამავ დროს თითქმის ყველა მსხვილი და ზოგიერთი მცირე ზომის კიბოსნაირების სრულ ელიმინაციასთან გვექონდა 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 დაზუჟყიანების 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 სამართველოს ჟგალსატემების ბიოლოგიაზე

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

ანთროპოგენური ევტროფიკაციის შედეგად იზრდება ორგანული ნივთიერებების ახლადწარმოქმნის სიჩქარე, პროდუქცია სჭარბობს ღესტრუქციას 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 მზდის თვალსაზრისით: ბიოგენების კონცენტრაციის მზდას შესაბამისად თან მოსდევს პირველადი პროდუქციის მზდა – შემდეგ შესაბამისად იზრდება ფიგოპლანქტოფაგი ჰეტეროტროფების (ზოოპლანქტონის) პროდუქცია და ბოლოს ზოოპლანქტოფაგი თევზების პროდუქციაც. ბიოგენების წყალსატევებში შემოსვლის ინტენსიობა ყოველთვის ევტროფიკაციით არ თავდება, თუ ეკოსისტემის მუშაობას სასურველად წარემართავთ: 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 გადაკეცვა.

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

აზოტის და ფოსფორის (ბიოგენების) შემადგენლობა. ქანგბადის რეჟიმი, CO₂, H₂S და მეთანის დაგროვება ფსკერზე.

ანთროპოგენური ევტროფიკაცია 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 ზრდა, სუბლითორალის შემცირება, დაჭაობება, კვდომა, წყლის სასმელი ხარისხის გაუარესება (მეტაბოლიტები, სხვადასხვა სუნსა და გემოს აძლევენ წყალს).

ბ. ანთროპოგენური ზემოქმედების ბავშვნა საქართველოს წყალსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე

წყალსატევების ეკოსისტემების ბიოლოგიური რესურსების აღწარმოებაზე უარყოფით გავლენას ახდენს ჰიდროტექნიკური და საირიგაციო მშენებლობა, მათი დაჭუჭყიანება საყოფაცხოვრებო და საწარმოო ჩამდინარე წყლებით, მათში მიმდებარე სასოფლო-სამეურნეო საფარგულებიდან ჩამორეცხილი მინერალური და ორგანული ნივთიერებების ზრდა.

ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედება აჩქარებს წყალსატევების ევტროფიკაციის ბუნებრივ პროცესს, რომელიც გარკვეულ მდგრადზე შეიძლება დადებით მოვლენად მივიჩნიოთ. ამ დროს წყლის ეკოსისტემების ყველა რგოლში ადგილი აქვს სუქცესიების მოვლენას, ხდება ამ რგოლების სახეობრივი შემადგენლობის შემცირება, მარტივდება ენერჯის ტრანსფორმაცია და ყველა რგოლის ცენოზში გაბატონებულ მდგომარეობას იკავენ ის ორგანიზმები, რომლებიც პოლისაპრობელი წყალსატევებისათვის არის დამახასიათებელი. თუ ევტროფიკაციის შედეგად წყალსატევების ბიოტური ბალანსი უარყოფითი მნიშვნელობის ვახდება, მაშინ მასში მოსალოდნელია ანაერობული მდგომარეობის შექმნა და ჰიდრობიონტების ვაგუდვა. ქვემოთ განვიხილავთ ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენას საქართველოს ზოგიერთი შიდა წყალსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე.

მდინარეებზე ჰიდროელექტროსადგურების, კაშხალების მშენებლობამ აუნაზღაურებელი მარალი მიაყენა გამსკვლევი თევზ-

ბის ბუნებრივ აღწარმოებას. მდ. მტკვარზე ჯერ ზაპესის და შემდგომ ორთაჭალისა და მინგეჩაურის ჰიდროელექტროსადგურების კაშხალების აშენებამ საგოფე ადგილებისაკენ გზა გადაუღობა კასპიის ზღვის ორაგულს და კასპიის საღამურას. ასევე მდ. ენგურზე – ჯვართან მდღეიშმა კაშხალმა გზა გადაუღობა ზუთხისნაირების 4 სახეობას, მათ შორის წითელ წიგნში შეტანილ – აგლანტიკურ ზუთხს და შავი ზღვის ორაგულს, ეს შეუქცევადი პროცესია და მისი კომპენსაცია ხელოვნური აღწარმოებით შეუძლებელია. ამას მოწმობს ის, რომ მიუხედავად რამდენიმე სალიფსიგე ქარხნის გახსნისა, ამ ბოლო წლებში კასპიის ზღვაში ზუთხისნაირების და ორაგულების რეწვა მკვეთრად შემცირდა.

საკმაოდ დიდია ჰიდროელექტროსადგურების კაშხალების გავლენა ადგილობრივ თევზებზეც. ეს კარგად ჩანს ჩითახევექსის მაგალითზე. 1984 წლის მონაცემებით მაისიდან ნოემბრამდე 1 დღელამის განმავლობაში საშუალოდ 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 ჩითახევექსის კაშხალი გზას უღობავს ადგილობრივ თევზებს საგოფე ადგილებისაკენ, მნიშვნელოვნად მცირდება თევზის მოზარდების გამოსავლიანობა იძულებით დაყრილი ქვირითიდან. გაანგარიშებულია, რომ ამის გამო მიღებული ზარალი წელიწადში საშუალოდ შეადგენს 52,7 ცენტნერს, რაც ასევე წლების მანძილზე საშუალოდ დაჭერილი თევზის 42%-ია.

თევზის რესურსების აღწარმოებაზე უარყოფით გავლენას ახდენენ საირიგაციო სისტემები. მაგალითად, გაშისკარის საირიგაციო სისტემაში, 1989 წლის მონაცემებით, მაისიდან ნოემბრის ჩათვლით ერთი დღელამის განმავლობაში საშუალოდ გავიდა 1250 ცალი თევზის მოზარდი, რომელთაგან 67% მოდის ძვირფას სარეწაო ობიექტებზე. სარწყავ სისტემაში მოხვედრილი ყველა მოზარდი იღუპება.

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

1,5 მგ O_2 /ლ-ს, მაშინ როცა მისი სიდიდე რუსთავის შემდეგ აღწევს 7 მგ O_2 /ლ-ს. ამონიუმის იონის კონცენტრაცია ხერთვისთან შედარებით თბილისისა და რუსთავის შემდეგ 5-ჯერ მეტი იყო. ზაფხულის 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 შედეგად დადგინდა, რომ ხერთვისიდან ბორჯომამდე – როგორც ყველა მთის მდინარეებში მისი როგორც სახეობრივი შემადგენლობა, ასევე რიცხოვნობა მცირეა. ეს პარამეტრები იზრდება არმაზი-ზაქესის მონაკვეთებზე, ხოლო თბილისისა და რუსთავის შემდეგ მკვეთრად მცირდება. იზრდება მხოლოდ იმ სახეობების რიცხოვნობა, რომლებიც დამახასიათებელია დაჭუჭყიანებული წყალსატევებისათვის.

ბენტოსური ორგანიზმებიდან ხერთვისთან და მინაძესთან არ იქნა რეგისტრირებული წურბელები. აქ ზოობენიოსის საშუალო წლიური ბიომასა შეადგენდა 12 გ/მ²-ს, დომინირებული ფორმები მოდიოდა ერთდღიურებსა და რუისელებზე. მცირეჯაგრიანი ჭიები მცირე რაოდენობით იყო წარმოდგენილი. თბილისის შემდეგ, სოლანულთან ბენტოსის ბიომასა მკვეთრად იზრდება და აღწევს 25 გ/მ²-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 ბენტოსის საერთო ბიომასა მკვეთრად ეცემა – 2 გ/მ²-დე. წამყვანი ადგილი უკავიათ მცირეჯაგრიან ჭიებს. ხერთვისთან და მინაძესთან ერთდღიურების რაოდენობა შეადგენდა შესაბამისად 1000 და 2300 ეგზ/მ²-ს, რუსთავის შემდეგ კი 67 ეგზ/მ²-ს. რუისელების რიცხოვნობა ხერთვისთან იყო 2200 ეგზ/მ², ხოლო რუსთავის შემდეგ 1 ეგზ/მ². რიცხოვნობისა და ბიომასის ასეთი მკვეთრი ცვლილებები გაპირობებულია თბილისისა და რუსთავში მდ. მტკვრის დაჭუჭყიანების მაღალი დონით. აქ მდინარის ბენტოსის ცენოზის მდგრადობა კრიტიკულ მდგომარეობამდეა მისული.

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

რობისა და მისი გაფობის 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/მ² წელიწადში, გროპიკულ წყალსატევებს უახლოვდება. ზაფხულში ფიგოპლანქტონში წამყვანი ადგილი უკავიათ ლურჯმწვანე წყალმცენარეებს და ფიგოპლანქტონის საერთო ბიომასა აღწევს 400 გ/მ³-ს.

ფიგოპლანქტონის ასეთი მაღალი განვითარება მრავალ წყალსატევეში იწვევს ანაერობული პირობების შექმნას, მაგრამ კუმისის წყალსატევეში 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 მაღალეფეროფულ დონეზე ნივთიერებათა ბრუნვის შენარჩუნებას.

ფიგოპლანქტონის მაღალი პროდუქცია განაპირობებს ზოოპლანქტონის მაღალ დონეს. კუმისის წყალსაცავში ზოოპლანქტონის სახეობრივი შემადგენლობა უკანასკნელ პერიოდში შემცირდა, მაგრამ გაიზარდა ღომინირებული ფორმების რიცხოვნობა და ბიომასა. ზაფხულში ზოოპლანქტონის ბიომასა აღწევს 70 გ/მ³-ს, რაც ძალზე მაღალი მაჩვენებელია.

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

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

მელიორაციული ღონისძიებების წყლის ეკოსისტემებზე უარყოფითი გავლენის მაგალითად შეიძლება დაეასახელოთ ინკიგის ტბა, რომელიც პირველადი პროდუქციის სიდიდის მიხედვით საქართველოს შესწავლილ წყალსატევებს შორის მეორე ადგილზე დგას. ფიგოპლანქტონის პირველადი პროდუქციის სიდიდე შეადგენს 5000 კკალ/მ²-ს; ინკიგის ტბის გარშემო თავის დროზე ჩატარდა მელიორაციული სამუშაოები ჭაობების დაშრობის მიზნით. ტბაზე მუშაობს წყალსაქაჩი გუმბო, რომელიც ტბის წყალს უშვებს ზღვაში. ტბის წყლის შევსება კი ხდება ჭაობების წყლით წყალშემკრები არხების საშუალებით. ამჟამად ტბის დონე ზღვის დონესთან შედარებით ერთი მეტრით დაბალია, რის გამოც, ის ხმელეთი (დიუნა), რითაც ტბა გამოიჯნულია შავი ზღვისაგან, შექმნილია მდ. ბზიფის მყარი ჩამონახანით, იგი ქვაქვიშისგანაა აგებული და ზღვის წყალი მისი გავლით ადვილად იფილტრება ტბაში.

30-იანი წლების მონაცემებით ინკიგის ტბის მარილიანობა შეადგენდა 130 მგ/ლ-ს ტბის წყალი ბუნებრივი 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 დაემსგავსა შავი ზღვის წყალს. ამჟამად, ბუნებრივი წყლების კლასიფიკაციის მიხედვით, როგორც შავი ზღვის წყალი, ისე ინკიგის ტბის წყალი, მიეკუთვნება ქლორიდული კლასის ნატრიუმის ჯგუფის წყლებს. ყოველივე ეს განაპირობა შავი ზღვის წყლის ფილტრაციამ ტბის წყალში და თავის მხრივ კი ეს მოვლენა მკვეთრ გავლენას ახდენს ინკიგის ტბის სასიცოცხლო პირობებზე და მის ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე.

ანთროპოგენური ევგროფიკაციის ძლიერი ზეგავლენით ხასიათდებიან ჯანდარის, კუმისის და პალიასტომის ტბები.

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

პლანქტონის წლიური პირველადი პროდუქციის მიხედვით პალიასგომის გბა მაღალ ევგროფული გიპის წყალსაგევეებს განეკუთვნება. წლების მიხედვით გბაში დაჭერილი თევზის რაოდენობა პლანქტონის პირველადი პროდუქციის 0,21-დან 0,012 %-დე მცირდება. ეს ეკოსისტემის სტაბილურობის დარღვევის მაჩვენებელია. თუ მივიღებთ, რომ წყალსაგევეებში დაჭერილი თევზის რაოდენობა წლიური პირველადი პროდუქციის 0,13%-ს უნდა შეადგენდეს, მაშინ აღწარმოებისათვის ზიანის მიუყენებლად მასში შეიძლება 1 ჰექტარზე არაუმეტეს 50 კგ თევზის რეწვა. პალიასგომის გბისათვის სათევზმეურნეო მნიშვნელობის დაბრუნება და ამჟამად შექმნილი ეკოლოგიური მდგომარეობის გამოსწორება შესაძლებელია მხოლოდ მისი თავდაპირველი ჰიდროლოგიური და ჰიდროქიმიური რეჟიმის აღდგენით.

უკანასკნელი 15-20 წლის მანძილზე ანთროპოგენური ევგროფიკაციის ზეგავლენით მკვეთრი ცვლილებები მოხდა ჯანდარისა და კუბისის წყალსაგევეებში. ზოოპლანქტონის სახეობრივი შემადგენლობა შემცირდა 2,5 -ჯერ. შეიცვალა დომინირებული ფორმების სტრუქტურა - გაბატონდა მგაცეხელი ფორმები (*A. vernalis*). სარეწაო თევზების (კობრი, სქელშუბლა) ზრდის ტემპი 1,5-ჯერ სჭარბობს ოლიგოტროფული წყალსაგევეების იგივე სახეობის თევზებისას.

ბუნებრივ წყლებზე ანთროპოგენური ფაქტორების მემოქმედების შემცირებისათვის საჭიროა სანიტარული ზონის და მოთხოვნების მკაცრი დაცვა. კერძოდ, იმ წყალსაგევეების გარშემო, რომლებიც სასმელი წყალმომარაგებისათვის არის გათვალისწინებული, უნდა დაწესდეს სანიტარული ზონა, რომელიც მთლიანად გამოორიცხავს მიმდებარე გერიტორიებიდან წყალსაგევეს 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 დროს გათვალისწინებული იქნება სანიტარული ჰიდრობიოლოგიის თანამედროვე მიღწევები.

3. ღაჯუჭყიანების გავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმობაზე

ჰიდრობიონტების მრავალგვარობა განსაზღვრავს ერთი და იგივე ნივთიერებების სხვადასხვა ორგანიზმებზე ზემოქმედების ნაირგვარ ხასიათს. ჩამდინარე წყლების შხამიანი ნივთიერებების ზემოქმედება ჰიდრობიონტების სხვადასხვა ფუნქციონალურ სისტემაზე – სუნთქვაზე, სისხლის მიმოქცევაზე – იწვევს პათოლოგიურ ძვრებს, რასაც მივყავართ მეტაბოლიზმის შეუქცევად პროცესებამდე და, საბოლოო ჯამში, ორგანიზმის დაღუპვამდე. ერთი და იგივე ტოქსიკანტმა სხვადასხვა სახეობის ჰიდრობიონტებზე შეიძლება მოახდინოს როგორც მასტიმულირებელი, ასევე დამორგუნველი ეფექტი. სახეობების ერთი ნაწილი ითრგუნება და იღუპება. სხვები – პირიქით მრდიან თავის რიცხოვნობას; დაბოლოს, ზოგიერთი სახეობა გარკვეული დროის მანძილზე არ განიცდის ამ ზემოქმედებას. ტოქსიკურ ზემოქმედებაზე ჰიდრობიონტების რეაქცია დამოკიდებულია მათ კონცენტრაციაზე და ზემოქმედების ხანგრძლივობაზე.

მრავალი ქიმიური ნივთიერებების მნიშვნელობა განისაზღვრება 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, ლეტერგენტები საშიშია არა მარტო იმიტომ, რომ მათი პიდროლიზის შედეგად წარმოქმნილი ფოსფატები ტოქსიკურია თევზებისა და უხერხემლოებისათვის, არამედ იმიტომაც, რომ ისინი იწვევენ მიკროორგანიზმების ზრდის სტიმულირებას, ეს უკანასკნელნი კი წარმოქმნიან ზრდის ნივთიერებებს, რომლებიც თავის მხრივ იწვევენ ორგანიზმების ზოგიერთი ჯგუფების გამრავლების სტიმულირებას, რასაც წყალსატევების ევტროფულობამდე მივყავართ.

პესტიციდების მოქმედების საშიშროება განისაზღვრება არა მარტო მათი ცხოველებისათვის ტოქსიკურობის ხარისხით, არამედ, აგრეთვე, ფიტოპლანქტონის ფოტოსინთეზზე დამორგუნველი ზეგავლენით მრავალი ტოქსიკანტი, კერძოდ, პესტიციდები, საშიშია მცირე რაოდენობითაც კი. ისინი ხანგრძლივი ზემოქმედების შედეგად ჰიდრობიონტების აღდგენას აფერხებენ. ტოქსიკური ნივთიერებების მიმართ ბაქტერიები, სოკოები და წყალმცენარეები უფ-

რო ნაკლებ მგრძობიარენი არიან ვიდრე უხერხემლოები და თევზები. მგრძობიარობის ხარისხში განსხვავებამ შეიძლება მიაღწიოს მრავალ ათეულ ათასს.

ბუნებრივი თანასაზოგადოებები მრავალკომპონენტია, ამიტომ მათი წევრების მგრძობელობა სხვადასხვა კომპონენტების მიმართ სხვადასხვაა. თუ დომინანტური ფორმა აღმოჩნდება მსაბიანი ნივთიერების მიმართ მგრძობიარე, მაშინ მისი გაქრობა, ან რიცხოვნობის მნიშვნელოვანი შემცირება გამოიწვევს სახეობათოშორისი დამოკიდებულების მკვეთრ ცვალებადობას. მცირერიცხოვანი სახეობის გაქრობა კი შესაძინეუვ გავლენას არ მოახდენს თანასაზოგადოების სტრუქტურზე და ის თავის სტაბილურობას მაინც შეინარჩუნებს.

წყალსატევების დაჭუჭყიანებისაგან დაცვის მიზნით დამუშავებულია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (ზღკ) იმ ნივთიერებებისა, რომლებიც აუარესებენ წყლის ხარისხს. ზღკ-ად ითვლება ნივთიერების ის მაქსიმალური კონცენტრაცია, რომლის დროსაც არ ირღვევა ისეთი მაჩვენებლები, როგორცაა ორგანული ნივთიერებების დესტრუქციის პროცესები, წყლის ორგანოექტიკური 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 ზღკ უმრუნველყოფს წყალსატევებში ბიოლოგიური პროცესების ნორმალური მიმდინარეობის შენარჩუნებას. ზღკ სხვადასხვა დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებისათვის ისაზღვრება ხანგრძლივი ცდების საფუძველზე. ამისათვის ორგანიზმებს შორის არჩევენ სახეობებს, რომლებიც უმეტესად მგრძობიარენი არიან უმეტესობა დამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების მიმართ. განსაკუთრებით დიდი 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, აღსორბცია, დიფუზია, გახსნა და სხვ. პიღრობიონტები ანხორციელებენ გახსნილი და შეწონილი ორგანული ნივთიერების მინერალიზაციას, თავიანთ სხეულში ახდენენ სხვადასხვა შენაერთების კონცენტრაციას, ხელს უწყობენ შეწონილი მასალის დალექვას, კვების პროცესში იყენებენ გახსნილსა და შეწონილ ნივთიერებებს. დაჭუჭყიანება ზოგჯერ ისეთი ღიღია, რომ მრავალი წყალსატევი კარგავს თვითგაწმენდის თვისებას. ბიოლოგიური პროცესების როლი თვითგაწმენდაში განსაკუთრებით ღიღია წყალსატევეების ორგანული ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების შემთხვევაში.

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

წყალსატევეებში მოხვედრილი ნივთიერებები ბაქტერიების გეგავლენით მინერალიზირდება ორგანული შენაერთების დაშლის სიჩქარე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ტემპერატურაზე, ეანგზადის შემცველობაზე, ორგანული ნივთიერების კონცენტრაციაზე, წყლის შრეების აღრევის პირობებზე და სხვ. გახსნილი ორგანული ნივთიერების მოთხოვნილების სიჩქარე კი დამოკიდებულია მიკროორგანიზმების ფიზიოლოგიურ აქტიურობაზე და მათს ბიომასაზე. დაბალი ტემპერატურის პირობებში მინერალიზაცია ნელდება დაეანგვის პროცესების სრულ შეწყვეტამდე.

მიკროორგანიზმების ღიღი ჯგუფი, რომლებიც ეანგავენ ნახშირწყალბადს, აქტიურად შლიან ნავთობსა და მისი გადამუშავების პროდუქტებს CO_2 -დე და H_2O -დე. ნავთობის ბიოლოგიური დაეანგვა ჭარბობს ქიმიურს, რომელიც ბიოლოგიურის მხოლოდ 10% ან იშვიათად 30-50% შეადგენს. ეს მიკროორგანიზმები გვხვდება როგორც წყალში, ასევე მტკნარი და ზღვის აუზის დანალექებში.

თვითგაწმენდის პროცესებში ენერგიულად მონაწილეობენ უმარტივესები. იმის გამო, რომ ნივთიერებათა ცვლა მათში ინტენსიურად მიმდინარეობს – ისინი სხვა პიღრობიონტებისაგან განსხვავებით ეანგავენ ორგანული ნივთიერების უმარმაზარ რაოდენობას. ამასთან უმარტივესების და სხვა უხერხემლოების მონაწილეობა თვითგაწმენდის პროცესებში ხორციელდება მათ მიერ ბაქტერიების, შეწონილი ორგანული მასალის და წყალმცენარეუ-

ბის მოხმარების გზით. პათოგენური ბაქტერიებისაგან წყლის გაუ-
ვნებელყოფის საქმეში ძირითად როლს უმარტივესები თამაშობენ.
ციბრუტელები, უმაღლესი კიბოსნაირები, მოლუსკები და სხვა პი-
დრობიონტები კვების პროცესში ფილტრავენ წყალში შეწონილ
მასალას და ამით ახდენენ მათს კოაგულაციას და დალექვას. მა-
გალითად, ვოლგოგრადის წყალსაგევე ერთი წლის მანძილზე
ორსაგდულიანი მოლუსკები იღებენ წყლიდან 44 მილიონ გონა
შეწონილ ნივთიერებებს. აქედან დაახლოებით 42 მილიონი გონა
გრანსპორტირდება (ილექება) გრუნტზე ფსევდოფუკალის სახით
და 2 მლნ. გ. აითვისება კვების პროცესში.

ფსევდოფუკალიებს წარმოქმნის გაფილტურლი, საკვებად გა-
მოუყენებელი მასალა, რომელსაც პიდრობიონტები არ ყლაპავენ
და შეწებებული სახით გამოისვრიან სხეულის სიღრუიდან.

თვითგაწმენდის პროცესებში ძალზე მნიშვნელოვანია ფსკე-
რული უხერხემლოების მონაწილეობა – ისინი იყენებენ საკვებად
სხვადასხვა უხსნად ორგანულ ნივთიერებებს. რომლებიც შედიან
გრუნტის შემადგენლობაში. მაგალითად, მტკნარ წყალსაგევეებში
მცირეჯაგრიანი ჭიები წლის მანძილზე გადაამუშავენ და ფსკე-
რის ზედაპირზე ამოაქვთ ისეთი რაოდენობის შლამი, რომელიც
ასჯერ და ათასჯერ აღემატება მათ წონას.

თვითგაწმენდის პროცესში ძალზე დიდ როლს თამაშობენ ნა-
ირგვარი წყალმცენარეები და უმაღლესი მცენარეები. ფოტოსინ-
თეზის პროცესში მცენარეები (განსაკუთრებით კი ფიტოპლანქტონ-
ი ე.ი. მიკროსკოპული მცენარეები) გამოყოფენ ენგებადს დიდი
რაოდენობით და ამით აჩქარებენ მინერალიზაციის პროცესს. ამა-
სთან ერთად მრავალ ლურჯმწვანე და მწვანე წყალმცენარეების
წარმომადგენლებს აქვთ უნარი მიქსოტროფული კვების პროცეს-
ში აითვისონ გახსნილი ორგანული ნივთიერებები. უმაღლესი
წყლის მცენარეების ლაქაშები წმენდენ წყალს ბიოგენური შენაე-
რთებისაგან, ორგანული და მინერალური წარმოშობის შეწონი-
ლი მასალისაგან. პერიფიგონი, რომელიც მცენარეებზე ვითარდე-
ბა, ზრდის ბაქტერიალური მოსახლეობის სიმჭიდროვეს, რაც თა-
ვის მხრივ მონაწილეობს ორგანული ნივთიერებების დაშლის
პროცესებში. ყვავილოვანი მცენარეებისა და წყალმცენარეების
მიერ გამოყოფილი ბაქტეროციდული ნივთიერებები თრგუნავენ
პათოგენური მიკროორგანიზმების განვითარებას. წყლის მცენა-

რეულობას ნავთობური აპკის აკუმულირების და ნავთობპროდუქტების დაენგვის უნარი აქვს.

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

ორგანული დაჭუჭყიანებისაგან წყლის გაწმენდის ხარისხზე მსჯელობენ ჟანგბადის იმ რაოდენობის მიხედვით, რომელიც აუცილებელია წყალში არსებული ორგანული ნივთიერებების დასაქანგად. ამ მიზნით მიღებულია მაჩვენებელი - ჟანგბადის ბიოქიმიური მოთხოვნილება - ებმ - გულისხმობს ჟანგბადის იმ რაოდენობას (მგ-ში), რომელიც მოიხმარება ორგანიზმების მიერ 1 ლ წყალში ორგანული ნივთიერებების დაქანგვის პროცესში. ებმ განისაზღვრება პეტეროტროფული მიკროორგანიზმების აერობული მეტაბოლიზმით (ებმ-ს I სტადია) და იმ ავტოტროფული ორგანიზმების მეტაბოლიზმით, რომლებიც ამოტის მინერალური შენაერთების უტილიზაციას და დაქანგვას ახდენენ (ებმ-ს II სტადია). სუსტად დაჭუჭყიანებულ წყალსატევებში ებმ მერყეობს 0,5-დან 1 მგ O_2 /ლ -მდე, ხოლო ჩამდინარე წყლების შერთვის ადგილებში აღწევს 40 მგ O_2 /ლ -მდე და მეტს. ამასთან, ორგანული დაჭუჭყიანებული ნივთიერებების თანამედროვე ნაირგვარობას გამო ჟანგ-

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

5. წყალსატევების საპრობულობის სისტემა

შემუშავებული იქნა წყლების თვისების ბიოლოგიური ანალიზის სისტემა. (ავტორები: ბოგანიკოსი რ. კოლკეიტცი და ზოლოგი მ. მარსონი). წყალსატევების ორგანული ნივთიერებებით დაჭუჭყიანების ხარისხის ანუ საპრობულობის (sapro - გახრწნა) შესაფასებლად ამ ავტორებმა დაადგინეს დაჭუჭყიანების 4 ზონა: პოლისაპრობული, ა მეზოსაპრობული, ბ მეზოსაპრობული და ოლიგოსაპრობული ზონა. საპრობულობის სისტემის შემდგომი განვითარებისა და დასაბუთების საქმეში თავიანთი წვლილი შეიტანეს მეცნიერებმა - გ. ი. დოლოგოვა, ი. ი. ნიკიტინსკიმ, ა. ს. რაზუმოვა, ნ. ს. სტროვანოვა.

პოლისაპრობული ზონა. ხასიათდება რთული ბიოქიმიური შენაერთების სიუხვით. წყალი მოკლებულია თავისუფალ ქანგბადს, ამიგომ ბიოქიმიური პროცესები ატარებენ ალდგენით ხასიათს, წყალში ვროვდება ვოგირდწყალბადი, ნახშირორქანგი, მეთანი, ამიაკი. მოსახლეობის საფუძველს შეადგენენ საპროფიტული ბაქტერიები, რომელთა რიცხოვნობა 1 მლ წყალში აღწევს მრავალ ასეულ მილიონ უჯრედს. მრავალრიცხოვანია უფერული შოლგოსნები და სოკოები. უფრო მაღალორგანიზებული ფორმებიდან აქ გვხვდება მცირეჯაგრიანები Tubifex tubifex და ბუზის - Eristalis, tenax-ის ლარვები. პოლისაპრობული წყლების სახეობების რიცხვი ცოგაა, მაგრამ ცალკეული სახეობები ვითარდებიან უდიდესი რაოდენობით.

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

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

მემოსაპრობული ზონა. წინა ზონებისაგან განსხვავდება იმით, რომ აქ ყანგვითი პროცესები ჭარბობს ადგენით პროცესებს. მრავალრიცხოვანი მცენარეების ინტენსიური ფოტოსინთეზის შედეგად ზაფხულში წყალი გადაჯერებულია ყანგბადით. ჭარბობს ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციის ისეთი პროდუქტები, როგორცაა ამონიუმის შენაერთები, ნიტრატები და ნიტრიტები, ორგანული ნივთიერებების შემცველობა უმნიშვნელოა. მოსახლეობა გამოირჩევა დიდი სახეობრივი ნაირგვარობით. საპროფიგული ბაქტერიების რიცხოვნობა 1 მლ წყალში შეადგენს მხოლოდ 20-30 მილიონ უჯრედს. ამ ზონის წყლებში მრავალრიცხოვანია ციბრუტელები. უმდაბლესი კიბოსნაირები, მწერები, მთლუსკები და თევზები.

ოლიგოსაპრობული ზონა. ის მთლიანად მოკლებულია დაჭუჭყიანებას და გაჯერებულია ყანგბადით. მოსახლეობა გამოირჩევა სახეობრივი ნაირგვარობით, მაგრამ რაოდენობრივად წინა ზონებთან შედარებით მნიშვნელოვნად ღარიბია.

წყალსატევები უმეტესწილად გოქსიკური ნივთიერებით ჭუჭყიანდება. ამასთან დაკავშირებით ვ. ჯადინმა შემოიღო დაჭუჭყიანების 3 შკალა: საპრობულობის, გოქსიკურობის და საპროგოქსობულობის ხარისხის შესაბამისად. ვ. სლადეჩეკმა სხვა კლასიფიკაცია შემოგვთავაზა: ის ყოფს წყლებს – კარბონატულ (სუფთა), ლიმნოსაპრობულ (საპრობულობის ყველა ხარისხი), ეესაპრობულ (ჩამდინარე წყლები) და გრანსსაპრობულ (რადიაქტიური და გოქსიკური ნივთიერებებით დაჭუჭყიანებული წყლები მაღალი გემპერატურით) წყლებად.

6. ორბანიზმები, ორბოტც დაჯუჭყიანების 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, კანგბადით მდიდარ წყლებში. პიდრობიონტების განსხვავებული დამოკიდებულება წყალსატევების დაჭუჭყიანების ხარისხის მიმართ გაპრობებულია ორი ძირითადი მიზეზით: ორგანიზმების მოთხოვნილებით ორგანული ნივთიერებების, როგორც საკვების მიმართ და ორგანიზმების ამგანობის ხარისხით, მათი დაჭუჭყიანებულ წყალსატევებში არსებობის უნარით, სხვადასხვა საპრობულობის ზონისათვის დამახასიათებელი ორგანიზმები იწოდებიან საპრობულობის მაჩვენებლად ან ინდიკატორებად. ინდიკატორი ორგანიზმების პირველი სიები შედგენილ იქნა კოლკეიტისა და მარსონის მიერ. ამჟამად ასეთი მცენარეებისა და ცხოველების სახეობათა რიცხვი სჭარბობს 2500-ს, პოლისაპრობული წყლების საიმედო მაჩვენებლებს წარმოადგენს მრავალი ბაქტერია (*Sphaerotilus natans*, *Thioplycoccus ruses* და სხვ.) და სოკო. ძაფისებური ბაქტერიების, სოკოების და უმარტივესების თანასამოგადობები ძლიერი ორგანული დაჭუჭყიანებისას ქმნიან ლორწოვან შემონაზარდებს. ზოგიერთი მკვლევარი ასეთ ბიოცენოზებს უწოდებს ჩამდინარე წყლების „სოკოს“.

ა მემოსაპრობული ზონის ინდიკატორებს განეკუთვნება ლურჯმწვანე წყალმცენარეების ზოგიერთი სახეობები (*Oscillatoria*), 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 უღვაშგოციანი კიბოები (*Bythotrepes longimanus*, *Daphnia longispina*) და მოლუსკი *Dreissena polymorpha*.

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

გოქსობური და საპროგოქსობური დაჭუჭყიანების მაჩვენებელი ორგანიზმები თითქმის არაა შესწავლილი, ჯერჯერობით ცნობილია ზოგიერთი სახეობა, რომელთაც აქვთ მაღალი კონცენტრაციის გოქსობური ნივთიერებების გამძლეობის უნარი. მაგალითად, ორფრთიანების - *Cricotopus bicinetus*-ის ლარვებს აქვთ უნარი განვითარდნენ Cr - 25 მგ/ლ, Cu - 22 მგ/ლ, ციანიდების - 32 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, ბაქტერიოლოგიური 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.

ბაქტერიოლოგიური მეთოდი. გულისხმობს ბაქტერიების თვისობრივსა და რაოდენობრივ შესწავლას. შეისწავლება ბაქტერიული ფლორა ან მხოლოდ რაოდენობრივად ან თვისობრივი და რაოდენობრივი ანალიზების შენათანაწყობით. რაოდენობრივი ანალიზი ფართოდ გამოიყენება წყალგამშვებ სადგურებში წყლისაგან მიკროორგანიზმების გასაწმენდი ფილტრების მუშაობის შესაფასებლად. თვისობრივ ბაქტერიოლოგიურ 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, ბენტოსი, იხგიოფაუნა, 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 სამუალებას იძლევა შემჩნეულ იქნეს წყალსატევეებზე ზემოქმედება, რომელიც წინ უსწრებს ანალიზის დროს, რამდენადაც ქიმიური და ბაქტერიოლოგიური 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 მგრძობელობის სხვადასხვა ხარისხი.

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

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

ბიოლოგიური მეთოდის უარყოფითი მხარეა პლანქტონური და ბენტოსური სინჯების დეგალური დამუშავების 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 ვაჩნდა ახალი ბიოლოგიური მეთოდები. მაგალითად, იქმნება მეთოდები, რომლებშიც არ გამოიყენება სახეობა-ინდიკატორები. დიდი ყურადღება ექცევა პოპულაციურ ეკოლოგიაში მიღებული სხვადასხვა ინდექსების გამოყენებას. ასე, მაგალითად, დაჭუჭყიანების ხარისხის ზრდისას მცირდება სახეობრივი ნაირგვარობა – გამოყენებულია ნაირგვარობის სხვადასხვა ინდექსები. სახეობრივი შემადგენლობის ანალიზის დროს შემჩნეული განსხვავებულობის მიხედვით ყოველთვის არ შეიძლება ვიმსჯელოთ სხვადასხვა დამჭუჭყიანებულთა მოქმედების განსხვავებულობაზე. მაგალითად, ღარიბი სახეობრივი შემადგენლობა შემჩნეულია არა მარტო ჩამდინარე წყლების შეერთების უბანზე, არამედ წყალსატევიდან 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 (სსრკს ყოფილი რესპუბლიკები) განსაკუთრებით პოპულარულია კოლკეიტც-მარსონის მეთოდი, როგორც უფრო მეტად დამუშავებული და დახვეწილი.

ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდის მეთოდები

ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხდება 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 დამლექავეებში ან იფილტრება სხვადასხვა სახის ლითონის ბადეებში. მსუბუქი ელემენტების (ცხიმები, ნავთობი) მოსაცილებლად გამოიყენება ვერტიკალური ფერდობები, რომლებზედაც ჩამოედინებიან ჩამდინარე წყლები. მუხავეებს, ტუტეებს, მძიმე მეტალების მარილებს აცილებენ მათი ნეიგრალიზაციის, 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, აეროგენკები, მეტანგენკები).

ფილტრაციისა და სარწყავი მინდვრები წარმოადგენენ მცირე აუზების სისტემას 2-5 ჰექტარი ფართობით. მათში შემოედინება ჩამდინარე წყლები, რომლებიც წინასწარ გაწმენდილია უხეში, შეგივტიეებული 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 ათავისუფლებს წყალს

ქელმინთების კვერცხებისაგან და 98-99% ბაქტერიებისაგან. ჩამდინარე წყლების დაგვირთვა ფართობის ერთეულზე ნიადაგების საფილტრაციო და მინერალიზაციის შესაძლებლობის მიხედვით მერყეობს: ფილტრაციის მინდვრებზე 25-დან 75 მ³/ჰა-მდე. სარწყავ მინდვრებზე 5-დან 15 მ³/ჰა-მდე დღეღამეში.

ჩამდინარე წყლების ინდუსტრიული გაწმენდა ხდება ბიოლოგიურ ფილტრებში, აეროფილტრებში, აეროტენკებში – დანადგარებში, რომელთაც მცირე ფართობი უკავიათ. ბიოფილტრები – საცავეებია, რომლებიც ავსებულობა ფორთვანი და ხორკლიანი მასალით (შლაკი). 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 ნაირგვარი და მრავალრიცხოვანია წყალმცენარეები. მათ შორის წამყვანი როლი ეკუთვნის კაჟოვანებს – ფსკერულ და ეპიფოტურ 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 ისევე მოწყობილი, როგორც ბიოფილტრები, მინერალიზაციის პროცესების დაჩქარებისათვის ხდება ჰაერის მუდმივი გაბერვა.

აეროტენკები წარმოადგენენ დახურულ რეზერვუარებს, რომლებშიც ხდება ჩამდინარე წყლების გაწმენდა იმავე პრინციპით, როგორც წყალსატევებში თვითგაწმენდა, მაგრამ დიდი ინტენსიობით, რადგან აქ წყლის მთელი სისქე მუდმივად ნიავედება. აეროტენკების ზომები მნიშვნელოვანია: სიგრძე რამდენიმე ათეული მეტრია. სიგანე – 1,5-2,0 მ; სიღრმე 2-4 მ. აეროტენკებში, ისევე როგორც აეროფილტრებში, თავსდება დიდი რაოდენობით მსხვილფორთვანი მასალა: წაქა, კოქსი, ლორღი. 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 მეტივგვიებული მასალა შემდგომი დამუშავებისათვის გადადის ე.წ. მეგანგენკებში – 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 გბორები წარმოადგენენ ჩამდინარე ან გაუმდინარე თხელწყლიან აუზებს (0, 6-1,5 მ-ის სიღრმის). ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ხდება ბუნებრივ წყალსატევებში თვითგაწმენდის პროცესებთან ახლოს მდგომი პროცესებით. ჩამდინარე სითხე გბორებში ჩაშვების წინ განზავდება სუფთა წყლით 3-5 -ჯერ. ჩამდინარე წყლების გბორებში გაჩერების ხანგრძლივობა მერყეობს გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში 3-დან 20 დღემდე პროტოკოკოვანი წყალმცენარეების კულტურით მათი ინგენსიფიკაციის პირობებში. ამასთან, ხდება ისეთი წყალმცენარეების შერჩევა, რომლებიც გბორებში შეგანისას მასიურად ვითარდებიან (*Scenedesmus*, *Ankistrodesmus*, *Chlorella* და სხვ.)

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

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდამ ბიოაპკით (ბიოფილტრებში, აეროფილტრებში) და აქტიური შლამით (აეროგენკებში) 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 შიდაქარხნული გაწმენდა და ხდება წყლის მრავალმხრივი 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.

ანგროპოტენურ ევგროფიკაციასთან ბრძოლის ორი მიდგომა არსებობს: პირველი – ევგროფიკაციის მიზემების მოხსობა; მეორე – ამ მოვლენის შედეგების გაუნებელყოფა.

ანგროპოტენული ევგროფიკაციის ძირითადი წყაროა წყალშემკრები აუზიდან ან ჩამდინარე წყლებით წყალსატევებში ბიოგენების ღიდი რაოდენობის მოხვედრა, რის შედეგადაც ხდება წყალმცენარეების ძალზე მასობრივი გამრავლება ანუ წყალსატევების „აყვავილება“.

ევგროფიკაციის მიზემების გასაუვნებელყოფად შენაკადების გაწმენდის გზით ხდება ბიოგენების შემცირება. ამ მიზნის მისაღწევად ორსაფეხურიან გაწმენდის სისგემას ემატება მესამე საფეხური ე.ი. ჩვეულებრივი ბიოლოგიური გაწმენდის შემდეგ სხვადასხვა საშუალებებით 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 დანერგულია და რეგისტრირებული ქიმიური, ბიოლოგიური და მექანიკური მეთოდები. ქიმიური მეთოდების დროს წყალსატევებში შეაქვთ ესა თუ ის ალგიციდები: სპილენძის კუპროსი ქლორი და

სხვ. ყველა ეს მეთოდი ამკამად ნაკლებად გამოიყენება. მათი მოქმედების დროებითი ეფექტი, სწორი დოზირების სიმწლე, ხშირად შემჩნეული განმეორებითი „აყვავილება“, ალგიცილების გოქსიკური მოქმედების საშიშროება სხვა ორგანიზმებზე – ყოველივე ეს აძნელებს ქიმიური მეთოდების ფართო გამოყენებას.

ბიოლოგიური მეთოდის ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ხდება წყალსატევებში ბალახისმჭამელი თევზების ჩასახლება (გილაპია – *Tilapia aurea*, თეთრი ამური – *Ctenopharyngodon idella*, თეთრი სქელშუბლა – *Hypophthalmichthys molitrix*). გილაპია მოიხმარს წყალმცენარეებს, ყვავილოვან მცენარეებს, ღებრიგს; თეთრი ამური მოიხმარს; წყლის წყალმცენარეებს, ყვავილოვან მცენარეებს, ღებრიგს; 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 ღესტრუქციას და ამასთან ბიოგენების რეგენერაციას; ისინი კვლავ ჩაერთვებიან ბიოტურ წრებრუნვაში და შეუძლიათ წყალმცენარეების განვითარების სტიმულირება.

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

თ ა ზ ი V

კვება და წყლის ორგანიზმების კვებითი ურთიერთდამოკიდებულება

1. წყლის ორგანიზმების კლასიფიკაცია კვების ხასიათის მიხედვით

პიდრობიონტებში, 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 რივ ფაქტორებზე. მაგალითად, მცენარეთა სახეობებზე და ასაკზე. მინერალური კვების პირობებზე, განათებულობაზე, ტემპერატურაზე და სხვ. რიბინსკის წყალსაცავზე ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ ერთსა და იმავე პირობებში ფოტოსინთეზი კაქოვანებში 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 ევტროფული წყლები).

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

ორგანული ნივთიერებების შექმნაში მონაწილეობენ აგრეთვე მაქემოსინთეზირებელი 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 მაქემოსინთეზირებული ბაქტერიები ინტენსიურად ახორციელებენ რიგი შენაერთების დაქანგვას. ქემოსინთეზი შეადგენს ფოტოსინთეზის სიდიდის 5-10%-ს.

ჰეტეროტროფული 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, მოგიერთი შოლტოსნები, სოკოები. კონსუმენტები იყოფა 3 ძირითად ჯგუფად: პირველი რიგის კონსუმენტები – მცენარისმჭამელი ორგანიზმები; მეორე რიგის კონსუმენტები – ლემისმჭამელი ცხოველები, რომლებიც იკვებებიან სხვა ლემისმჭამელი ცხოველებით. ჰეტეროტროფულ 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 ავტოტროფულიდან ჰეტეროტროფულ 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 ვადის 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 ბიოტომს.

ტროფოლიტური ზონის მცხოვრებთა საკვები წყარო ჯერ სრულად არაა შესწავლილი. მრავალი ცხოველი აწარმოებს მიგრაციებს პროდუქციის შემქმნელ შრეში 500-1000 მ-ის სიღრმიდან. საკვების ერთ-ერთი წყაროა ე.წ. „გვამებისა და ფეკალური ნარჩენების წვიმა“ წყლის შეღა შრეებიდან. ის შეიძლება მეტად მნიშვნელოვანი იყოს. მაგალითად, შავ ზღვაში პროდუქციის შემქმნელ შრეში ცხოველთა გვამები შეადგენენ ცოცხალი ორგანიზმების მასის 30-70 %-ს. ეს ნარჩენები შეიცავენ 28%-მდე ცილას, 2,5 % ცხიმს, 20%-მდე ორგანულ ნახშირბადს. ამასთან გვამებისა და ფეკალური მასის დიდი ნაწილი მთლიანად იხსნება და მინერალიზდება 1000 მ-ის სიღრმემდე. 1000 მ-ზე უფრო ღრმად შემქმნულია დიდი რაოდენობით მცენარეული ნანოპლანქტონი, რომლის შემადგენლობაში შედის ქრიზომონადის გიპის შოლგოსნები, ვოლვოქსისნაირნი, კოკოლიტოფორიდები და სხვები. ამ ორგანიზმების კვება ხორციელდება ჰეტეროტროფული ვით ორგანული ნახშირბადის ხარჯზე. ღრმაწყლიანი მცენარეული პლანქტონის სიხშირე აღწევს განათებულ

შრეში მცხოვრები პლანქტონის $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ -ს და ზოგჯერ ჭარბობს კიდეც

მას. მომხმარებელი ოლქის მცხოვრებთა საკვებს შეადგენენ აგრეთვე უმარტივესები, რომლებიც გახსნილი ორგანული ნივთიერებების და ბაქტერიების ხარჯზე არსებობენ, და თვით ბაქტერიებიც.

ღრმაწყლიან ცხოველებს გამოუმუშავდათ ადაპტაციები საკვების უკმარისობასთან დაკავშირებული ენერგეტიკული დანახარჯების მიმართ. მაგალითად, აბისალური სიღრმეების წარმომადგენლები ეწევიან პასიურ ცხოვრებას. აქ პრაქტიკულად არ არის ნექტონი. ამ ოლქის დიდი ზომის წარმომადგენლებიც კი – თევზები, კიბოსნაირები, მოლუსკები მაკროპლანქტონს განეკუთვნებიან. ძელოვანი 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 თაფფხიანი 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 დაშლის პროდუქტების, ხმელეთიდან ჩამოგანილი მასალის ერთიანობას ეწოდება წყალსატევის საკვები რესურსები. არჩევენ საკვები რესურსების 6 ძირითად ჯგუფს.

მცენარეები. პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ ფიგოპლანქტონი. ძალზე დიდია მისი საკვები როლი ჰიდროსფეროში. განსაკუთრებით დიდი ღირებულებით გამოირჩევა კაეოვანები და მწვანე წყალმცენარეები. კაეოვანებში მწვანე მასის 16% ცხიმია (სხვა წყალმცენარეებში ცხიმის შემცველობა 1-10%-მდეა). მათი ცილების შემადგენლობაში შედის ყველა შეუცვლელი ამინომჟავები. დიდი საკვები ღირებულება აქვთ პერიდინებს, მათი დიდი ზომის ფორმები ცელულოზური გარსის გამო ცუდად აითვისება. გროპიკული ზოოპლანქტონის კვებაში დიდ როლს ასრულებენ კოკოლიტოფორიდები. მტკნარსა და მომლამო წყალსატევებში მასობრივი ჯგუფია ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, რომელთა ზოგიერთი წარმომადგენელი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რიგი უღვამტოგიანებისა და ხირონომიდების ფიგოფილური 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 დღელამის მანძილზე ფიგოფაგები მათი ბიომასის 50-60 %-ს ითვისებენ. მსოფლიო ოკეანეში ფიგოპლანქტონის წლიური მოსავალი 10-ჯერ სჭარბობს ზოოპლანქტონისა და 200-ჯერ ბენთოსის მოსავალს.

ფიგოპლანქტონთან შედარებით უსკერის მცენარეულობას ნაკლები მნიშვნელობა აქვს. ხმელეთის წყალსატევებში მცენარეები გამოიყენება რიგი მწერებისა და მათი ლარვების, მუცელფეხიანი მოლუსკების, ზოგიერთი თევზების საკვებად. ზღვებში მსხვილ მცენარეებს ითვისებენ ზოგიერთი ლითორალური ცხოველები (ლორცაგები, თევზები).

უსკერული მცენარეების შამბნარებში გროფული კავშირები წარმოიშობა ძირითადად ჰიდრობიონტებსა და პერიდინებს.

ტროფოლიტური ზონის მცხოვრებთა საკვები წყარო ჯერ სრულად არაა შესწავლილი. მრავალი ცხოველი აწარმოებს მიგრაციებს პროდუქციის შემქმნელ შრეში 500-1000 მ-ის სიღრმიდან. საკვების ერთ-ერთი წყაროა ე.წ. „გვამებისა და ფეკალური ნარჩენების წვიმა“ წყლის მედა შრეებიდან. ის შეიძლება მეტად მნიშვნელოვანი იყოს. მაგალითად, შავ ზღვაში პროდუქციის შემქმნელ შრეში ცხოველთა გვამები შეადგენენ ცოცხალი ორგანიზმების მასის 30-70 %-ს. ეს ნარჩენები შეიცავენ 28%-მდე ცილას, 2,5 % ცხიმს, 20%-მდე ორგანულ ნახშირბადს. ამასთან გვამებისა 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 შედის ქრიზომონადის გიპის შოლტოსნები, ვოლვოქსისნაირნი, კოკოლიტოფორიდები და სხვები. ამ ორგანიზმების კვება ხორციელდება პეტეროტროფული ვებით ორგანული ნახშირბადის ხარჯზე. ღრმაწყლიანი მცენარეული პლანქტონის სიხშირე აღწევს განათებულ

შრეში მცხოვრები პლანქტონის $\frac{1}{3} - \frac{2}{3}$ -ს და მოგჯერ ჭარბობს კიდეც

მას. მომხმარებელი ოლქის მცხოვრებთა საკვებს შეადგენენ აგრეთვე უმარტივესები, რომლებიც გახსნილი ორგანული ნივთიერებების და ბაქტერიების ხარჯზე არსებობენ, და თვით ბაქტერიებიც.

ღრმაწყლიან ცხოველებს გამოუმუშავდათ ადაპტაციები საკვების უკმარისობასთან დაკავშირებული ენერგეტიკული დანახარჯების მიმართ. მაგალითად, აბისალური სიღრმეების წარმომადგენლები ეწევიან პასიურ ცხოვრებას. აქ პრაქტიკულად არ არის ნექტონი. ამ ოლქის დიდი მომის 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 თაევფხიანი მოლუსკები საყრდენი და კუნთოვანი ქსოვილების განვითარების გამო მოგვაგონებენ მელუმებს. ბოგიერთი ღრმაწყლიანი თევზების ნივთიერებათა ცვლის ინტენსივობა ორჯერ დაბალია მათივე მომის თხელწყლიან თევზებთან შედარებით.

2. საკვები რესურსების ძირითადი კატეგორიები

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

მცენარეები. პირველ რიგში უნდა აღენიშნოთ ფიტოპლანქტონი. ძალზე დიდია მისი საკვები როლი ჰიდროსფეროში. განსაკუთრებით დიდი ღირებულებით გამოირჩევა კაეოვანები და მწვანე წყალმცენარეები. კაეოვანებში მწვანე მასის 16% ცხიმია (სხვა წყალმცენარეებში ცხიმის შემცველობა 1-10%-მდეა). მათი ცილების შემადგენლობაში შედის ყველა შეუსცვლელი ამინომჟავები. დიდი საკვები ღირებულება აქვთ პერიდინებს, მათი დიდი ზომის ფორმები ცელულოზური გარსის გამო ცუდად აითვისება. გროპიკული ზოოპლანქტონის კვებაში დიდ როლს ასრულებენ კოკოლიტოფორიდები. მტკნარსა და მომლამო წყალსატევებში მასობრივი ჯგუფია ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, რომელთა ზოგიერთი წარმომადგენელი მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რიგი ულვაშტოტიანებისა და ხირონომიდების ფიტოფილური ღარვების კვებაში. საერთოდ კი ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების საკვები ღირებულება სხვა წყალმცენარეებთან შედარებით დაბალია. ისინი ქმნიან მემოპლანქტონისათვის 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 ბენტოსის მოსავალს.

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

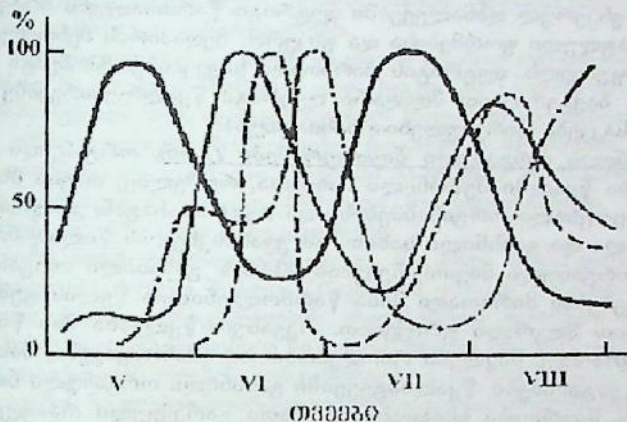
ფსკერული მცენარეების შამბნარებში გროფული კავშირები წარმოიშობა ძირითადად ჰიდრობიონტებსა და პერიდინებსა და

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 ყოვლისა კი – ფსკერული დანალექების ზედაპირულ შრეში, სადაც მათი კონცენტრაცია ქმნის რამდენიმე მმ-ის სისქის შრეს. გრუნტებში ბაქტერიების ბიომასა 10-დან 100 გ/მ²-მდე ცვალებადობს. წყალში ბაქტერიები გავრცელებულია დისპერსიულად ან შეჯგუფებულია კოშტებად – ბაქტერიალურ აგრეგატებად. ისინი ქმნიან 5-8 მკმ-ის სისქის მიკროსკოპულ ბოჭკოებს. ბაქტერიების რაოდენობა ძალზე დიდია სათევზმეურნეო ტბორებში – 2-8 გ/მ³, ხოლო მინერალური სასუქების პირობებში 30 გ/მ³-დე. მაღალპროდუქტიულ ტბებსა და წყალსაცავებში ბაქტერიოპლანქტონი იძლევა ბიომასას 2-5 გ/მ³. ხოლო უფრო დაბალპროდუქტიულ წყალსაცავებში – 0,5-1,5 გ/მ³ პროდუქტიული წყლების ევფოტურ ოლქში – ზღვის აუზებში მისი ბიომასა აღწევს 0,5-1,5 მ³-ს. ბაქტერიებისათვის ენერჯიის ძირითად წყაროს წარმოადგენენ გახსნილი ორგანული ნივთიერებები, ასევე მინერალური ფოსფორი. ბაქტერიები ფსკერისა და პელაგიალის მრავალი უხერხემლოების საკვების მნიშვნელოვანი კომპონენტია. ზღვის მცენარისმჭამელი მემოპლანქტონის რაციონში ბაქტერიები შეადგენენ საშუალოდ 30%-ს, ხოლო ფიტოპლანქტონის წილად მოდის 20-50%.

წყალსატევეში ბაქტერიოპლანქტონის კონცენტრაცია როცაა 0,2-1 გ/მ³-ია, იგი სრულად აკმაყოფილებს უმარტივესების, ღრუბლების, მარჯნის პოლიპების, ულვაშოტოიანებისა და სხვათა კვებით მოთხოვნილებებს. ბევრი მათგანისათვის ბაქტერიებს უფრო მეტი კვებითი ღირებულება აქვთ, ვიდრე წყალმცენარეებს (ფიტოპლანქტონს). ნიჩაბუებიანები, ევფაუზიიდები, 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) რიესონანსის სეზონური ცვლილებები რიბინსკის წყალსაქავეის ვოლგის მუხლში (%-ით მათი მაქსიმალური მაჩვენებლებიდან).

ბაქტერიები ფსკერული, შლამისმჭამელი ცხოველების მეტად მნიშვნელოვან საკვებ წყაროს წარმოადგენენ.

დეგრიტი (detritus – დანამცეცებული). დეგრიტი წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანიზმების არასრულად მინერალიზებული ნარჩენებისა და მცირედლისპერსიულ მინერალური ნაწილაკების ნარევს. დეგრიტის ფორმირებაში დიდ როლს ასრულებენ პიდრობიონტების მიერ ნაკლებად მოხმარებული ლურჯ-მწვანე და კაეოვანი წყალმცენარეების დიდი ზომის სახეობები, მომაკედავი ყვავილოვანი მცენარეები. დეგრიტის ნაწილაკები გაუღნითილია ბაქტერიებით, რომლებსაც გახსნილი ორგანული ნივთიერების აღსორბციის უნარი აქვთ. დეგრიტის ზომები სხვადასხვაა. ყველაზე მცირე ზომისანი 0,1 მკმ-ისინი წყლის სისქეშია შეგიფიციებული. უფრო დიდი ზომის დეგრიტი ფსკერულ დანალექებშია კონცენტრირებული. მსოფლიო ოკეანეში დეგრიტის წილად მოდის წყალში შეწონილი მთელი ორგანული ნივთიერებების 8-10%. სათევზმეურნეო ტბორებში – სესტონში დეგრიტის რაოდენობა 30-დან 70%-მდე მერყეობს. წყალში შეწონილი დეგრიტი მრავალი უხერხემლოსა და თევზთა ღარების

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

გახსნილი ორგანული ნივთიერებები (გონ). ორგანული ნივთიერებები წყალში შეწონილი სახითაა, რომელიც, თავის მხრივ, შედგება ცოცხალი ორგანიზმებისა და ლეგრიტისაგან, კოლოიდურ – გახსნილი და გახსნილი სახით. ამ უკანასკნელის წილად მოდის მთელი ორგანული ნივთიერებების 90-98%. გახსნილი ორგანული ნივთიერებების ძირითადი მასა წარმოდგენილია წყლის გუმუსის შედარებით მღვრადი ფრაქციით. ოკეანურ წყლებში მის წილად მოდის 60%-მდე. ნაკლები რაოდენობითაა ამინომჟავები, ნახშირწყლები, ვიტამინები. წყალსაგევეებში გახსნილი ორგანული ნივთიერებების წყაროები სხვადასხვაა. მათი გარკვეული რაოდენობა ხმელეთიდან მოდის. მკვდარი პიდრობიონტების გახრწნისას (განსაკუთრებით პლანქტონის) მათი ნაწილი გადადის ხსნარში, დიდი ნაწილი შემდგომ განიცდის მინერალიზაციას, ხოლო დარჩენილი რაოდენობა წარმოდგენილია პუმუსით. წყალში გახსნილი ნივთიერებების დაგროვებაში დიდ როლს ასრულებს ფიგოპლანქტონისა 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, უმაღლეს კიბოსნაირებს, ხოლო ბენტალში – ხირონომიდების ლარვეებს, მცირეჯაგრიან ჭიებს, მცირე ზომის მოლუსკებს. ზღვის პელაგიალში მნიშვნელოვანი საკვები ღირებულება აქვთ ნიჩაბუფხიან კიბოსნაირებს, ზოგიერთ უმაღლეს კიბოსნაირებს. (ევფაუზიდები, 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 ღარვები. ზღვებში ნაკლებად მოიხმარება ღრუბლები, ნაწლავღრუიანები, მსხვილი მუცელფეხიანები, ორსაგდულიანები და მრავალი კანეკლიანები.

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

ალექტონური მასალა. (allos - სხვა, Chtos - მიწა). კონგინენტალურ წყალსატევებში და ზღვის ნერიტულ ოლქში არანაკლები ღირებულების კვების წყაროს წარმოადგენს სხვადასხვა ორგანული მასალა, რომელიც ხმელეთიდან ჩამოიგანება: ლეგრიტი, ხის მერქნის ნაწილები (მათმა წონამ წყალსატევებში შეიძლება მიაღწიოს ასეულ და ათასეულ გრამს 1მ²-ზე), მცენარეების მტვერი, რომელიც სხვადასხვა უხერხემლოებისა და თევზების საკვებია. ასე, მაგალითად, ხეთა ფოთლები Asselus aquaticus-ის საკვების 90%-ს შეადგენს და მნიშვნელოვან როლს თამაშობს ზოგიერთი გამარილებისა და მეწყლიათა ღარვების კვებაში. მცენარეთა მტვრით იკვებება მრავალი ციბრუტელა და უღვამტოგინი კიბოსნაირი. მთის მდინარეებში, რომლებიც ღარიბია პლანქტონით, ხოლო ბენტოსი ძნელად ხელმისაწვდომია, ალექტონური წარმოშობის ორგანიზმები ხშირად თევზების ძირითად საკვებს წარმოადგენს.

3. წყალსატენების საკვები ბაზა და ნაკვებობა

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

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

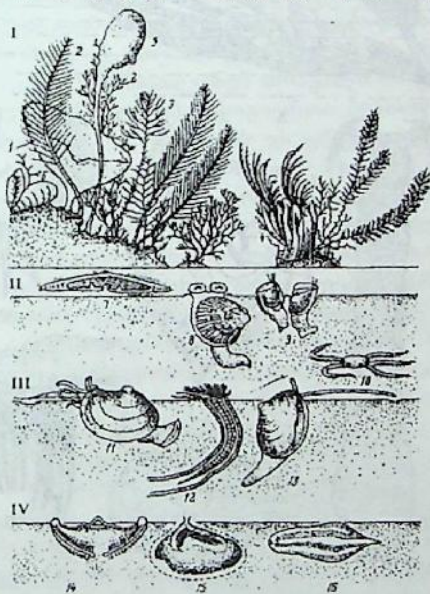
ორგანიზმებს, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება საკვებად, თავის მხრივ გამოუმუშავდათ სხვადასხვა შეგუებანი, რომლებიც ხელს უშლის მათს ინტენსიურ მოხმარებას – მასკირება, სხვა ორგანიზმების დაცვის ქვეშ არსებობა, გრუნტში ჩაფლვა და სხვ.

პლანქტონისა და ბენტოსის რაოდენობაზე წყალსატენებში ხშირად დიდ გავლენას ახდენენ მტაცებელი უხერხემლოები. მაგალითად, ზუთხის სატბორე მეურნეობებში ხირონომიდების მტაცებელი ლარვეები Procladius -ის გვარიდან ანადგურებენ თითქმის იგივე რაოდენობის მშვიდობიანი ხირონომიდების ლარვეებს, რამდენსაც ზუთხის ლიფსიგები. რიბინსკის წყალსაცავში ციკლოპები 1მ² ფართობზე გაფხულში მოითხოვენ სამჯერ მეტ უხერხემლოებს, ვიდრე თევზების ლარვეები. ძალზე დიდია მტაცებელი უხერხემლოების შემოქმედება ზღვების პლანქტონისა და ბენტოსზე. მაგალითად, ჩრდილოეთის ზღვაში ბენტოსის 90% მეტს მოიხმარენ მტაცებელი და ყველაფრისმჭამელი უხერხემლოები (კიბორჩხალები, კანეკლიანები, მუსეულფეხიანი მოლუსკები).

4. საკვების მოპოვების ხერხები

წყლის ცხოველებს შორის, ისევე როგორც ხმელეთის მკვიდრთა შორის, ასხვავებენ ყველაფრისმჭამელ, მცენარისმჭამელ და მტაცებელ სახეობებს. იმის მიხედვით, თუ წყალსატენის რომელ თლქში მოიპოვება საკვები ს. ა. მერნოვი გამოყოფს ბენტოფაგებს და სესტონოფაგებს. პირველნი იკვებებიან ფსკერული ორგანიზმებით ანუ ვრუნტით, ხოლო მეორენი საკვებად იყენებენ წყალში შეწონილ მასალას: პლანქტონს, ნექტონს, ლეტრიტს. (სურ. 19).

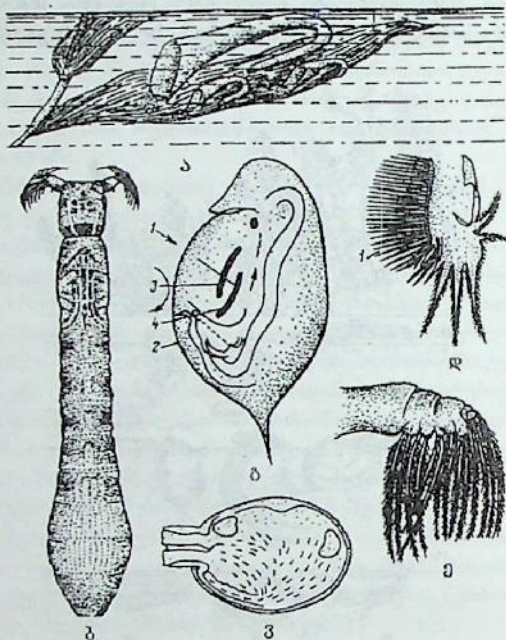
ფსკერული დანალექებით მკვებავი ცხოველები შეიძლება ორ ჯგუფად დავყოთ. პირველს განეკუთვნება მცლაპავეები – ისინი, რომლებიც მცლაპავენ გრუნგს განურჩევლად, არ აცილებენ ერთმანეთს ორგანულსა და მინერალურ ნაწილაკებს. ასეთებია მრავალი ჭია, ზოგიერთი ზღვის ზღარბი, პოლოთურიები, ზღვის ვარსკვლავები. მცლაპავე ორგანიზმების დიდი ნაწილი გრუნგში ჩაფლულ ცხოვრებას ეწევა.



სურ. 19. ზღვის ფსკერის უხერხემლოების დაყოფა საკვების მოპოვების ადგილიდან დამოკიდებულებით

I – უმოდრაო სესტონოფაგები; II – მოძრავი სესტონოფაგები; III – დეტრიტის მომპოვებლები. IV – გრუნგის მცლაპავეები; 1 – ღრუბლები; 2 – პიდროიდები. 3 – ხავსელები; 4 – ბალანუსები; 5 – ასცილიდები; 6 – მიდიები; 7 – ბრტყელი ზღვის ზღარბი. 8 – კარდიუმი; 9 – ამფიპოდები (Ampeliscidae); 10 – ოფიურა; 11 – მოლუსკიოლოდი; 12 – მრავალჯაგრიანი ჭია; 13 – მოლუსკი მაკომა; 14 – ზღვის ვარსკვლავა; 15 – ზღვის ზღარბი; 16 – პოლოთურია.

მეორე ჯგუფს განეკუთვნება ფორმები, რომლებიც აგროვებენ დეგრის ნაწილაკებს გრუნტის ზედაპირიდან – სიფონების საშუალებით (ზოვიერთი Bivalvia), პალპების საშუალებით (რივი მრავალჯაგრებიანი), ამბულაკრალური ფეხებით (ოფიურების უმეტესობა).



სურ. 20. წყლის უხერხემლოთა საკვების მოძიების ხერხები

ა – მეწყლის – *Neuroclipsis bimaculata* -ს ლარვის საჭერი ბადე; ბ – ხესელას – *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 ლარი; დ – დაფნიას შესამე 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, მიმაგრებული 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, ჰრიჭინების 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 ჰოლოთურია), სხვები იპყრობენ უფრო მაღალ ჰორიზონტებს (ღრუბლები, მიდიები, ასციდიები). პელაგიალში პიდრობითონტების უმეტესი ნაწილი განეკუთვნება სესტონოფაგებს. ზოგი მათგანი უპირატესად ფიგოპლანქტონით იკვებება (მრავალი ნიჩაბუფხიანი და ულვაშოტიანი კიბოსნაირები), სხვებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიებს, უმარტივესებს, შეწონილ დეტრიტს. მტაცებლებს განეკუთვნება მრავალი ნაწლავდრუიანი, საფარცხლურები, ჯაგარცხიანები, რიგი ნიჩაბუფხიანები. მათი უმრავლესობა აქტიური მტაცებლებია.

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

ფილტრატორები. 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 უმაღლესი კიბოსნაირები, მწერთა ზოგიერთი ლარვები, ვარსიანები და უკბილო ვეშაპები). ულვაშოტიანი კიბოსნაირების – Daphniidae, Bosminidae, Chydoridae, Macrothixidae და სხვ. საფილტრაციო აპარატს წარმოადგენს მკერდის ფეხები, რომლებიც მოქმედებენ გუმბოს მსგავსად. 3-4 წყვილი ფეხის ენდოპოდები წვრილი ჯაგრების ერთგვარ საცერს ქმნიან, რომელშიც იფილტრება წყალში არსე-

ბული სესგონი. შემდგომ ეს მასა ხვდება მუცლის ღარში და წინაკილურების მოძრაობით მიემართება პირის ხერხელისაკენ. ნიჩაბფეხიანი კიბოსნაირები ქმნიან წყლის ნაკადს მეორე წყვილი ანტენებითა და თავის სხვა დანამატებით, ხოლო ფილტრაციის როლს მეორე მაქსილების ჯაგრები ასრულებენ.

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

ზოგიერთ ცხოველს შეუძლია სხვადასხვა ზომის ნაწილაკების გაფილტვრა. მაგალითად, უღვაშფეხიანი კიბოსნაირები იკვებებიან სესგონით, რომლის ზომა 2 მმ-დან 1მმ-მდეა, ხოლო ზოგიერთი ოფიურები ფილტრავენ სესგონს 0,5-დან 11 მმ-მდე.

კვების პროცესში ფილტვრატორები თავიანთი სხეულის სიღრუეში უშვებენ წყლის მნიშვნელოვან მოცულობას. მაგალითად, *Calanus finmarchicus* დელამეში ფილტვრატს 3 ლ-მდე წყალს. უჩინსკის წყალსაცავში მცხოვრები დრეისენები მაისიდან ოქტომბრამდე ფილტვრატენ 302 მილიონ მ³ წყალს, რაც წყალსაცავის მოცულობას ორჯერ სჭარბობს.

ფილტვრაციის სიჩქარე დამოკიდებულია სხვადასხვა ფაქტორზე. დადგენილია, რომ არის პირდაპირი კავშირი ტემპერატურასა და ფილტვრაციის სიჩქარეს შორის. მაგალითად, ნიჩაბუეხიან კიბოსნაირებში $+20^{\circ}\text{C}$ -ის დროს ფილტვრაციის სიჩქარე ორჯერ მეტია, ვიდრე $+10^{\circ}\text{C}$ -ის დროს. არსებითი მნიშვნელობა აქვს საკვების კონცენტრაციას. დადგენილია, რომ საკვების კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად ფილტვრაციის სიჩქარე მკვეთრად ეცემა. ფილტვრატორების უმრავლესობას აქვს საკვების კონცენტრაციის მიხედვით ფილტვრაციის რეგულირების უნარი. საკვების სიუხვის შემთხვევაში ამცირებს ენერჯის ხარჯვას.

პასიური ფილტვრატორები მოიპოვებენ საკვებს მათს გვერდით მომდინარე წყლებიდან. ეს პიდრობიონტები ცხოვრობენ მიმდინარე წყლებში ან მიქცევა-მოქცევის ძლიერ დინებაში. პასიურ ფილტვრატორებს განეკუთვნება მოძრავი და მიმაგრებული ფორმები. მეწყლიების ზოგიერთი ლარვები აგებენ სპეციალურ ბადეებს, რომელთა ღია ბოლო მიმართულია დინების საწინააღმდეგოდ. ბადებზე დალექილი სესტონი დაგროვების მიხედვით მოიხმარება ცხოველების მიერ. სიმულიდეების ლარვები ეწევიან მიმაგრებულ ცხოვრებას მცირე ზომის მდინარეებსა და ნაკადულებში. მათს საფილტვრაციო აპარატს წარმოადგენს მარათოსებური უღვაშები, რომლებიც დინების შემხვედრადაა მიმართული. წყლის მიერ მოგანილი საკვები ნაწილაკები რჩება უღვაშებზე, როგორც ფილტვრატე. მთელი რიგი ლითორალური ოფიურები ცვლიან საკვების მოპოვების ხერხს გარემომცველი გარემოს მდგომარეობის შესაბამისად დამდგარ წყალში ოფიურები აგროვებენ დეტრიტს ფსკერის ზედაპირიდან, ხოლო ძლიერი დინების დროს კი ისინი აღმართავენ სხივებს და გაშლიან ამბულაკრალურ ფეხებს ისე, რომ ქმნიან სხივებზე ორ გასწვრივ სავარცხელს, რომლებიც ერთმანეთის მიმართ სწორი კუთხით არიან მიმართული. მღვის შრომანები გაშლიან სხივებს ფართო მარათოს სახით -- დინების

შემხველრი მიმართულებით და მათი საცეცები ამ დროს ქმნიან წერილოვლიან ბადეს.

სედიმენტატორები ანუ დამლექავეები. შეწონილი მასალის დალექვის გზით საკვების მოპოვებას ახდენენ მრავალი ჰიდრობიონტები: უმარტივესებიდან კანეკლიანებამდე. სედიმენტატორების უმრავლესობას სხეულის წინა ბოლოში გააჩნიათ ერთგვარი საჭერი ძაბრი, რომელიც-გარსშემორტყმულია საცეცებითა და წამწამებით, რომელთა მოძრაობა წყალში ქმნის შორევეს და შეწონილი მასალა ილექება ძაბრის ფსკერზე. დრუბლებში 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 კარვად განვითარებული წამწამიანი ეპითელიუმი და მათზე უხვად არსებული ლორწო. ხირონომიდების მრავალი ლარვია. რივი მრავალუჯრედიანები ახორციელებენ საკვები მასალის სედიმენტაციას თავიანთ სახლებში – მილებში სხეულის გაღლისებური 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. ორსაგდულიანი მოლუსკებში (მიდიები, ხამანწკები, უკბილოები) წყლის დინება იქმნება ლაყუჩებისა და მანგიის 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 – ზღვისა და მტკნარი წყლის ფილტრატორები და სედიმენტატორები, ფსკერული და პელაგური ორგანიზმები (დრუბლები, ორსაგდულიანი მოლუსკები, კიბოსნაირები და სხვ.). კვების პროცესში ატარებენ წყლის დიდ მასას სხეულის დრუს გზით (პარაგასტრალური, მანგიის, ლა-

ყუჩების) და სხეულის ირველიე. მაგალითად, ვოლგოგრადის წყალსაცავში დრეისენა მაფხულის მანძილზე ფილტრავს 840 კგ³ წყალს, რაც ჭარბობს მდ. ვოლგის დინებას დარეგულირებამდე 3-ჯერ. მარჯნის პოლიპების მოსახლეობა და, უპირველეს ყოვლისა – მადრეპორული მარჯნები წარმოადგენენ უზარმაზარ ბიოფილტრებს. ეს ცხოველები გაფილტვრითა და დაღეჭვით აუშრობენ წყლის გამჭვირვალობას. მაგალითად, ვოლგოგრადის წყალსაცავში მოლუსკები იღებენ 36 მილიონ ტონა შეწონილ მასალას. ამასთან ერთად ბიოფილტრაგორი ცხოველების მოქმედება ხელს უწყობს შლამოვანი დანალექების ფორმირებას – განსაკუთრებით სანაპიროზე – სადაც ორსავდულიანი მოლუსკებისა და სხვა მიმაგრებული ფორმების დასახლება ქმნის ძლიერ ბარიერებს. წყალსატევების თვითგაწმენდის პროცესში ფილტრაგორები და სედიმენტატორები ძალზე დიდ როლს თამაშობენ.

5. ტროფული ჯგუფები და ზონები წყალსატევების ბენტალში

წყალსატევების გაშლილი უბნების ბენტალის თანასამოვადობების დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ის, რომ ეს უბნები ან სრულიად მოკლებულია პროდუცენტებს ან ისინი სუსტადაა განვითარებული. აქ მცხოვრები უხერხემლოების კვების წყაროს წარმოადგენს დეგრიტი, რომელიც წყლის ფსკერულ ფენაშია შეწონილი ან დაღეჭილი გრუნტის ზედაპირზე. ღია რაიონების ბენტალში მტაცებელი უხერხემლოების როლი შედარებით მცირეა.

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

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

უების რეჟიმთან, რომელიც განაპირობებს დეგრიტის ძირითადი მასის შეწონილ მდგომარეობას, დალექვას ან დამარხვას. დეგრიტის განაწილების ხასიათზე გავლენას ახდენს ფსკერის რელიეფი. ფსკერის აწევის რაიონებში იზრდება წყლის ცირკულაცია, რომელიც დეგრიტის დალექვას უშლის ხელს. ღრმულებსა და სწორ ფსკერზე ხდება დეგრიტის დაგროვება დანალექების სახით. გრუნტის ხასიათზეა დამოკიდებული ორგანული ნივთიერებების კონცენტრაცია მასში. მსხვილი ფრაქციებისაგან შემდგარ გრუნტში მცირდება დამარხული და დალექილი დეგრიტის რაოდენობა. ამ რაიონებში იზრდება ფსკერულ შრეში შეწონილი ორგანული ნაწილაკების რაოდენობა. მცირე ზომის ფრაქციებისაგან შედგენილ გრუნტში – პირიქით – დალექილი და დამარხული დეგრიტის რაოდენობა იზრდება. მაგალითად, თიხიანი მლამი 4-ჯერ მეტს შეიცავს დეგრიტს, ვიდრე სილა. წყალსაგვეების ბენტალისათვის დამახასიათებელია არათანაბრობა დეგრიტის დაგროვებაში. ცხოველების საკვების დაჯგუფებების განაწილებასთან დაკავშირებით აღინიშნება გარკვეული ზონალობა. ფსკერის მონაკვეთს, რომელიც ამა თუ იმ გროფიკული დაჯგუფებების ბიოცენოზითაა დაკავებული, ეწოდება გროფიკული ზონა. გროფიკული ზონა მთელ თავის სიგრძეზე ხასიათდება კვების მსგავსი პირობებით. სესტონოფაგების გროფიკული ზონა განლაგებულია წყლის მასების ინტენსიური მოძრაობის რაიონებში. განურჩეველი დეგრიტოფაგი-მყლაპავების გროფიკული ზონა მდებარეობს დანალექწარმოქმნის დაბალი სიჩქარეების ადგილებში, მაგალითად, ღრმაწყლიან ღრმულებში. ამ რაიონის ბენთოსში განურჩეველი მყლაპავები შეადგენენ მთელი ცხოველების 50-99%-ს. დამახარისხებელი დეგრიტოფაგების სიჭარბის ზონა განლაგებულია უმეტესად თხელწყლიან უბნებში – დეგრიტის 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 გადაამუშავება. მრავალ უხერხემლოს აქვს იმის უნარი, რომ ორგანიზმის გარეშე გადაამუშაოს საკვები. ასეთი ხერხით იკვებებიან, მაგალითად, ზოგიერთი ზღვის

ვარსკვლავები. მათს ძირითად საკვებს ორსაგდულიანი მოლუსკე-
 ბი შეადგენს, თუ ნაღველი აღმოჩნდება დიდი მომის, ზღვის ვარს-
 კვლავა ამბულაკრალური ფეხებით მიეკრობა მოლუსკის საგდუ-
 ლებს და განუწყვეტელი გაწეღვითი 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) მიცოც-
 დება მარჯნის კოლონიებთან, გადმოაბრუნებს თავის გვეად
 კუჭს, გადააფარებს მას მარჯნებს და გადაამუშავებს კოლონიის
 ყველა რბილ ნაწილს. ორგანიზმის გარეშე საკვების მონელება
 შემჩნეულია პოგონოფორებში. ამ ცხოველებს არ გააჩნიათ არც
 პირი, არც ანალური ხერელი, არც ნაწლავი. ვარაუდობენ, რომ
 პოგონოფორების კეება ხდება განსაკუთრებული მსხვილი უჯრე-
 დების საშუალებით, რომლებიც განლაგებულია მათს საცეცებზე.
 ისინი წყლის ფილტრაციის გზით საცეცების საშუალებით ითვისე-
 ბენ ვანაფილტრ შეწონილ მასალას. ორგანიზმის გარეშე საკვების
 მონელება დამახასიათებელია ხოჭო-მოცურალების ლარვებისათ-
 ვის. მათ კარგად აქვთ განვითარებული ზედა ყბები, რომლებიც
 გადაქცეულია მხვლეტავ-მწოველ ორგანოდ. ამ ორგანოს ნამგ-
 ლისებური ფორმა აქვს და შიგნით არხი უვითარდებათ. (სურ. 21).



სურ. 21. ხოჭო - მოცურალების ლარვის მიერ ორგანიზმის გარეშე
 საკვების გადაამუშავება:

- ა - ლარვის თავის წინა ნაწილი;
- ბ - ლარვა ჭამს თავკომბალას.

პირის ხერელი დახშულია მთელ სიგანეზე კიდეების გარდა, სადაც ყბების ფუძეებია განლაგებული. ყბების საშუალებით იჭერენ ნადავლს. ყბებში არსებული არხების საშუალებით მსხვერპლის სხეულში შედის კუჭის წვენი, რომელიც ხსნის ყველა რბილ ნაწილს და ასეთი გზით გადამუშავებული საკვები შეიწოვება იგივე არხების გზით კუჭში. ნადავლისაგან რჩება მხოლოდ გარეთა თხელი გარსი. ხოჭო-მოცურალების ლარეები ჭამენ სხვადასხვა უხერხემლოებს, თევზთა ლიფსიგებს, რომლებიც თავიანთი ზომით ბევრად აღემატებიან მათ. ასეთივე გზით იკვებებიან წყლის ტკიპები.

ხმელეთის მცხოვრებთა შორის ორგანიზმის გარეშე საკვების გადამუშავება იშვიათად გვხვდება. ის ცნობილია ჭიანჭველისებრი ლომის (ბადეფრთიანი მწერების რიგი), მწერთა მოციერტი ლარეებისათვის (რომლებიც ბინადრობენ მცენარეთა ქსოვილებში - ხოჭო-გრძელცხვირების ლარეები, ბუმბები).

ვახსნილი ორგანული ნივთიერებებით (გონ) კვება. წყალში ვახსნილი ორგანული ნივთიერებების მნიშვნელოვანი ნაწილი ჰეტროტროფული ორგანიზმებისათვის ძნელად ხელმისაწვდომ ფორმაშია. ცხოველთა უმეტესობისათვის გონ მხოლოდ დამატებით საკვებს წარმოადგენს. მტკნარი წყლის ორგანიზმებს, როგორც ირკვევა, არა აქვთ ვახსნილი 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, პოგონოფორები და სხვ.) ოსმოსურ კვებასთან ერთად არსებობს ვახსნილი ორგანული ნივთიერებების მოხმარების სხვა გზაც. ამ ნივთიერებებს აქვთ შეწონილ დეგირგზე და მიკროსკოპულ ვაზონან ბუშტუკებზე აღსორბირების უნარი. ამ უკანასკნელთა წარმოქმნა ხდება 5-10 მ-ის სიღრმეზე გალღების შემოქმედებით - განსაკუთრებული ინტენსიობით ლელვის დროს. დიდ სიღრმეებზე ამ პროცესებს ხელს უშლის წნევა. ჰაერის ბუშტუკებზე აღსორბირებული ორგანული ნივთიერებები ქმნიან 0,5 მმ-დან რამდენიმე მმ-ის სისქის აპკს. ისინი ძალზე მყიფეა და აღვილად იშლება, ვარაუდობენ, რომ ე.წ. თოვლი, რომელიც მუდმივად შეიმჩნევა ბაგისკაფებიდან სხვადასხვა სიღრმეებზე, წარმოადგენს ასეთ წარმონაქმნს.

ჰიდრობიონტებში 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 B₁₂), წარმოადგენენ ინგიბიტორ ნივთიერებებს, რომლებიც კონკურენტი ორგანიზმების განვითარების დამთრგუნველია. ამგვარად, მეტაბოლიკური ნივთიერებანი წყალსატევებში ორგანიზმებს შორის ქმნიან მეტად ნაირგვარსა და რთულ კავშირებს.

კვება სიმბიონტი-მცენარეების ხარჯზე. ჰიდრობიონტები იკვებებიან ძირითადად ევზოგენურად ე.ი. საკვები არაა მათს ორგანიზმში – ორგანიზმის გარეშეა. მაგრამ არა იშვიათად შექმნილია ენდოგენური კვება. ის ხდება წყალმცენარეებთან შიდაუჯრედული სიმბიოზისას, რაც შემჩნეულია მრავალ მტკნარი წყლისა და ზღვის ცხოველებში: უმარგივესებში, ღრუბლებში, ნაწლავდრუიანებში, 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 უბრუნველყოფს მადრეპორული მარჯნების ავტოტროფულ კვებას. დადგენილია, რომ მარჯნების ენერგეტიკული დანახარჯები შეიძლება ფოტოსინთეზის ხარჯზე მთლიანად აღდგეს. ზოოქსანთელები მარჯნებში ცვლიან გამოყოფ ორგანოებს, ისინი ახდენენ თაფიანთ სხეულში ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტების აკუმულირებას. და ბოლოს – წყალმცენარე-სიმბიონტების მოქმედება წარმოადგენს კალციფიკაციის (კალციფის დაგროვება) პროცესის საფუძველს მარჯნის ჩონჩხის წარმოქმნისას.

ზოგიერთ უხერხემლოში წყალმცენარე-სიმბიონტების მოქმედება დამატებითი კვებითი წყაროს საფუძველია (მოლუსკები – Tridacna, Hyppopus, მრავალი ჰიდრები, აქტინიები), სხვებში საკვები მთხოვნილებები მთლიანად კმაყოფილდება წყალმცენარეებით (რბილი მარჯნები, ბრტყელი ჭია – *Convoluta roscoffensis*). ამის გამო ცხოველებში მთლიანად ან ნაწილობრივ რედუცირდება საჭმლის მომნელებელი ორგანოები.

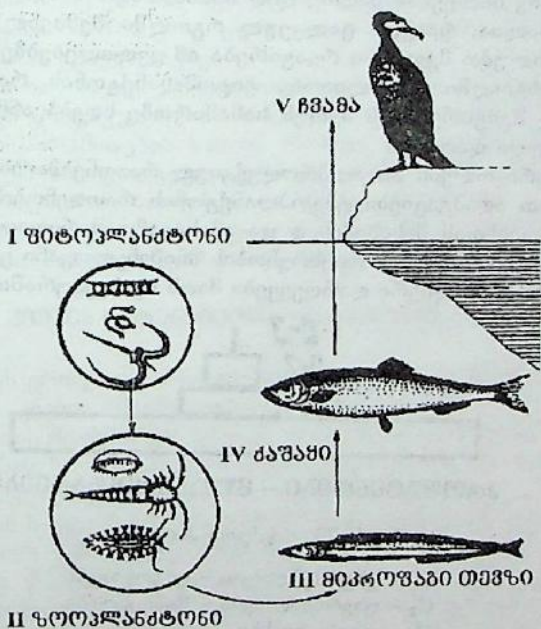
კვებითი ელექციობა ანუ ამორჩევითობა. მოხმარებული საკვების ნაირგვარობის მიხედვით ჰიდრობიონტებს ყოფენ სტენო და ევრიფაგებად. წყალსატევების მოსახლეობაში გაბატონებულია მეორე ჯგუფის წარმომადგენლები. მაგრამ ამასთან ერთად ცხოველებში კარგადაა გამოხატული საკვების მიმართ ამორჩევითობა. მაგალითად, *Daphia magna* შეწონილი მასალიდან არჩევს პროტოკოკოვან წყალმცენარეებს, ხოლო არასაკვებ ნაწილაკებს ყრის. ხოჭო-მოცურალას მაგლები 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 ავტოგროფული კვება ზოოქსანთელუბის საშუალებით, პეტეროგროფული 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 (უღვაშეხიანები, ნიჩბაფეხიანები, ევფუზიასებრნი) 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 დეგრიტით კვებაზე. პოლიფაგიის უნარი მრავალი ჰიდრობიონტებისათვისაა 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 ფართოვდება. კვების სპექტრი იცვლება სემონურად და დლედამურადაც კი. მაგალითად, აზოვის ზღვაში პერკარინა დღისით იკვებება პლანქტონით, ხოლო ღამით ქარსალათი.

7. ტროფული დონეები და კვებითი ჯაჭვი

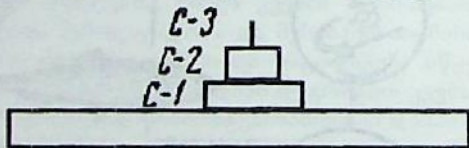
ორგანული ნივთიერება, რომელიც იქმნება პროდუცენტების მიერ კვების პროცესში, ტრანსფორმირდება წყალსატევში, ისე როგორც ხმელეთზე, საფეხურებად ანუ ე.წ. ტროფულ დონეებად. პირველ საფეხურს შეადგენენ მცენარეები – პროდუცენტები. შემდეგ საფეხურებს ქმნიან მცენარისმჭამელი და ცხოველისმჭამელი ორგანიზმები – კონსუმენტები.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



სურ. 22. კვებითი ჯაჭვის მაგალითი, რამადის (1984) მიხედვით.

გამოიყოფა ჯაჭვის ორი ტიპი: ერთი იწყება ცოცხალი მცენარეებით, მეორე – დეტრიტით. კვებით ჯაჭვში გროფული 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 გროფული ჯაჭვი შედგება სულ ორი რგოლისაგან: ფიტოპლანქტონი – ანჩოუსი. ბიოცენოზის სტაბილურობა უმეტესწილად დამოკიდებულია კვებითი ჯაჭვის სიგრძეზე. ის იზრდება გროფული ღონეების 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 სემონურ ცვალებადობასთან შესაბამისად და ამის გამო ძირითადი პროდუქტების ან კონსუმენტების რიცხოვნობის მნიშვნელოვანი ცვალებადობისას არ ხდება ძლიერი დარღვევები მათს სტრუქტურაში.



პროდუცენტები – მწვანე მცენარეები

სურ. 23. რიყეთა პირამიდა

C₁ – უხერხემლოები – ფიტოფაგები.

C₂ – უხერხემლოები – მტაცებლები.

C₃ – თევზი და სხვ.

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

მიდან პირველ რგოლში — ასეულ გრამამდე ბოლო რგოლში (პელაგური თევზები, მხვილი უხერხემლოები), ხოლო პოპულაციები მრავალრიცხოვანია და იძლევიან დიდ მოსავალს. ფსკერული საკვები ჯაჭვი, როგორც წესი, წარმოდგენილია დიდი ზომის ინდივიდებით. მათი ბიომასა პირველსა და შემდგომ რგოლებში აღირიცხება გრამებითა და კილოგრამობით. ერთი გროფული ღონიდან მეორეზე გადასვლისას ორგანული ნივთიერების გრანსფორმაციის შედეგად ხდება მისი დაკარგვა, რადგან ნაწილი გამოიყოფა გადამუშავებული ნარჩენების სახით, ხოლო ნაწილი კი ათვისებული ნივთიერებებისა იხარჯება ნივთიერებათა ცვლაზე და იკარგება კიდევ. ცნობილია, რომ ერთი გროფული ღონიდან მეორეზე გადასვლისას საშუალოდ იკარგება საკვებთან ერთად შთანთქმული ენერჯიის 60-70%. რაც უფრო დიდია საკვები ჯაჭვი, მით მეტ დანაკარგთან გვაქვს საქმე.

ამგვარად, საკვების ხელმისაწვდომი რაოდენობა თანდათან მცირდება. გრაფიკულად ამ მოვლენას წარმოადგენენ ე.წ. ეკოლოგიური პირამიდების სახით, რომელთა ასაგებად სარგებლობენ მონაცემებით ცალკეული გროფული რგოლის (ღონის) ინდივიდთა რიცხოვნობის, ბიომასის და ენერჯიის შესახებ. ეკოლოგიურ პირამიდებს ყოველთვის აქვთ სამკუთხედის ფორმა, რომლის მწვერვალი (მახვილი 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 დღელამური რაციონის სიდიდით, რომელიც გამოიხატება მშრალი ან სველი მასის ერთეულებში, ან ენერჯეტიკულ ერთეულებში — კალორიებში. დღელამური რაციონის პროცენტული შეფარდება ცხოველის წონასთან წარმოადგენს კვებით ინდექსს. დღელამური რაციონის სიდიდე განისაზღვრება სხვადასხვა მეთოდებით. ფილტვრაგორებისა და სელიმენტაგორების კვების შესწავლისას სარგებლობენ აღრიცხვის მეთოდებით. ისინი ეფუძნება მოხმარებული საკვების რაოდენობის განსაზღვრას მისი კონსენტრაციით ან რაოდენ-

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

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

გარემოში საკვების კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად იზრდება კვებითი ინტენსივობა, გარკვეულ ზღვრამდე, ხოლო შემდეგ ეცემა. საკვების სიუხვისას ზოგიერთ, პიდრობიონტებში დღელამური 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, ათვისებლობა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც ათვისებული ნაწილის შეფარდება რაციონთან. საკვების ათვისების ხარისხი დამოკიდებულია მის ხარისხზე, რაციონის სიდიდემ, ცხოველის ასაკზე, გარემოს პირობებზე (ტემპერატურა,

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

წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობა

1. პირითადი ცნებები წყალსატევების პროდუქტიულობისა და პროდუქციის შესახებ

ბიოლოგიური პროდუქტიულობა წყალსატევების თავისებურებაა განაპირობოს ნივთიერების წარმოქმნისა და განვითარების ესა თუ ის ხასიათი და მისი განახლების გეგმი ცოცხალ ორგანიზმებში და მათს მიერ შექმნილ ბიოცენოზებსა და ეკოსისტემებში. პროდუცირების პროცესი ხორციელდება ორგანიზმებს შორის გროფული ურთიერთდამოკიდებულებით, რის შედეგადაც ნივთიერებისა და ენერჯის ნაწილი გადაეცემა ერთი გროფული ღონიდან შემდგომ გროფულ ღონეს. ბიოცენოზებისა და ეკოსისტემების ღონეზე მსჯელობენ ისეთი მაჩვენებლების სიდიდის მიხედვით, როგორცაა ბიომასა, პროდუქცია, პ/ბ კოეფიციენტი.

ბიომასა. წყლის ფართობის, ან მოცულობის ერთეულზე არსებული ორგანიზმების ერთობლიობა გამოხატულია წონით ან ენერგეტიკულ ერთეულებში. ბიომასა წარმოადგენს საწინააღმდეგოდ მიმართული პროცესების შედეგს: ერთის მხრივ გამრავლებისა და ზრდის, ხოლო მეორეს მხრივ ელიმინაციის (eliminare- გამოწკიპისი, გაძეეება). ბიომასა ორგანიზმების რაოდენობრივი განვითარების ხარისხია. მრავალი კომპლექსური პიდრობიოლოგიური გამოკეეევის შედეგად დადგინდა მსოფლიო ოკეანის პლანქტონისა და ბენტოსის ბიომასა. აღმოჩნდა, რომ მსოფლიო ოკეანის აკვატორიის ნახევარზე მეტი ხასიათდება პლანქტონის დაბალი ბიომასებით (50 მგ/მ³-ზე ნაკლები) და ასეეე ბენტოსის დაბალი ბიომასებით (0,05-1/გმ²). მაღალი ბიომასებით (ზოოპლანქტონი 200 მგ/მ³-ზე მეტი, ზოობენტოსი 50 გ/მ²-ზე მეტი) ხასიათდება ოკეანის ფართობის მხოლოდ $\frac{1}{4}$ ნაწილი.

პროდუქცია. პროდუქცია წყალსატეეეში გარკეეული დროის შუალეეეში ზრდისა და გამრავლების დროს პოპულაციის მიერ შექმნილი მთელი ორგანული ნივთიერებაა. (მიუხედავად იმისა,

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

პ/ბ კოფეციენტი. პროდუქციის შეფარდებაა საშუალო ბიომასასთან. ხდება საშუალო წლიური პროდუქციის გაანგარიშება. ასევე გაიანგარიშება ორგანიზმების საშუალო წლიური ბიომასა. მათი შეფარდება წარმოადგენს პ/ბ კოფეციენტს, 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 კოფეციენტი ბაქტერიებისათვის 250-ია, ზოოპლანქტონისათვის — 30, ზოობენთოსისათვის — 4, თევზებისათვის კი 0,5.

ხვედრითი პროდუქცია. დროის ერთეულში — დღეებში არსებული პროდუქციაა, რომელიც ბიომასის ერთეულზეა გადაანგარიშებული. ეს ცნება ახლოსაა პ/ბ კოფეციენტთან, მაგრამ ამ უკანასკნელის გამოთვლისას ოპერირებენ დროის დიდი შუალედებით და მიაკუთვნებენ პროდუქციას ხან საშუალო, ხან საწყის და ხან მინიმალურ ბიომასებს. ამიტომ მიღებული სიდიდეები ძნელად შესადარებელია.

არჩევენ პირველად და მეორად პროდუქციას. პირველად პროდუქციას ქმნიან ავტოტროფული 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 განახლებას, რომელიც თავის მხრივ გულისხ-

მობს ე.წ. ჩასასმელი მასალით – მოზარდი ფორმებით წყალსატევის პროლუქტიულობის განახლებას.

2. წყალსატევების ბიოლოგიური პროდუქტიულობის ბანსამზღვრელი ძირითადი ფაქტორები

პირველადი პროლუქცია. მისი სიდიდე მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული. დიდი მნიშვნელობა აქვს ავტოტროფების სახეობრივ შემადგენლობას, მათს რიცხოვნობას და წყალსატევეში განაწილებას. გარემოს ერთნაირ პირობებშიც კი სხვადასხვა სახეობის მიერ ორგანული ნივთიერებების პროდუქციების შესაძლებლობა სხვადასხვაა. ფოტოსინთეზი დიდადაა დამოკიდებული განათების ინტენსივობაზე და სახეობათა სხვადასხვა პოპულაციებში ის ერთნაირი არაა. პროლუქციის 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 პროლუქცია მკვეთრად მცირდება. წყალში არსებული მინერალური ნივთიერებებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვთ, უპირველეს ყოვლისა, აზოტსა და ფოსფორს. წყალსატევეებში გემპერატურა დადებითადაა კორელირებული განათებულობასთან და უარყოფითად მკვებავი მარილების კონცენტრაციასთან, რის გამოც ფიტოპლანქტონის პროცესზე ახდენს როგორც პირდაპირ ისე არაპირდაპირ გავლენას.

გარემოს ცალკეული ფაქტორების გავლენა პირველად პროლუქციაზე ერთმანეთთან რთულ ურთიერთდამოკიდებულებაში იმყოფება.

მეორადი პროლუქცია. ცხოველთა პოპულაციების და ცალკეული სისტემატური ჯგუფების პროდუქცირება დამოკიდებულია მათი ზრდის გემპზე, გამრავლების ინტენსივობაზე, ასაკზე, ინდივიდთა სიდიდეზე. გარემოს ფაქტორებიდან დიდ გავლენას ახდენენ: გემპერატურა, 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 ზრდასთან ერთად წონითი ზრდის ხვედრითი სიჩქარე (მასის ერთულზე ნაშატი), 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 ზრდისა და გამრავლების ტემპი ე.ი. მცირდება პოპულაციაში ახალგაზრდა ფორმების წილი. პროდუქციის სიდიდეზე დიდ გავლენას ახდენს გროფული დამოკიდებულება. ასე, მაგალითად, წყნარ ოკეანეში, ეკვატორიალური დინების ზონაში აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ მოძრაობასთან ერთად წყლების გროფულობა მცირდება და შესაბამისად ქვეითდება ფიგოპლანქტონისა და ბაქტერიოპლანქტონის ბიომასა. ამის შედეგად იზრდება გროფული დამოკიდებულების დაძაბულობა: იზრდება მგაცებლების როლი, ძლიერდება კანიბალიზმი და ზოოპლანქტონის პროდუქციის 50-80%, და უმარტივესების თითქმის მთელი პროდუქცია მოიხმარება იმავე გროფული ინდივიდების მიერ. ყოველივე ამის შედეგად ამ ჯგუფების და მთელი ზოოპლანქტონის სუფთა და ხვედრითი პროდუქციის სიდიდე ქვეითდება.

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

3. პროდუქციის სიდიდე სხვადასხვა ფხალსატემში

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 გავლენით, რომლებიც ფოტოსინთეზის ინტენსივობას განსაზღვრავენ: სინათლის ენერჯიის რაოდენობით და ბიოფენური

ელემენტების არსებობისათვის საჭირო პირობებით. პირველადი პროდუქციის ყველაზე დაბალი მაჩვენებელი აღნიშნულია პოლარულისპირა რაიონებში, სადაც წყალსაგვეები ყინულითაა დაფარული და მოკლებულია სინათლეს. პირველადი პროდუქციის დიდი მაჩვენებელი დამახასიათებელია კონკინენტალური მეჩჩისა (თავთხელი) და კონკინენტალური ფერდობისათვის. წყალმცენარეების პროდუქციებისათვის განსაკუთრებით ხელსაყრელია ის რაიონები, სადაც ხდება თავმოყრა (მოდინება) და დინების დივერგენცია. მსოფლიო ოკეანის გაშლილ რაიონებში მაღალი პროდუქცია დამახასიათებელია ეკვატორიალური და ანტარქტიკული ზონებისათვის და დივერგენციის ზონებისათვის. ასევე პოლარული ფრონტებისათვის, რადგანაც აქ ხდება ღრმა ფენების წყლების ამოსვლა, რომლებიც მდიდარია საკვები ნივთიერებებით. ოკეანის ანტიციკლონურ ხალისგატიკურ ოლქებში ჭარბობს ზედა ფენების ჩაძირვა და შემჩნეულია პირველადი პროდუქციის დაბალი დონე.

ფიგობენტოსი, რომელსაც უკავია ზღვის ფსკერის მხოლოდ მცირე ფართობი, იძლევა ძალზე მცირე პროდუქციას 0,2 მილიარდ ტონა სველ მასას. მაგერიკული წყლები ზღვებთან შედარებით გაცილებით მეტ ბიოგენურ ელემენტს შეიცავენ. ეს განპირობებულია მდიდარი მაგერიკული 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 ფიგობენტოსი.

მეორადი პროდუქცია. მეორადი პროდუქციის განსაზღვრა ძალზე რთულია; რადგან ჰეტეროტროფები საკვებად მოიხმარენ ორგანიზმებს, რომლებიც სხვადასხვა გროფულ ღონეებს განეკუთვნება. მაგალითად, მცენარის მჭამელი ცხოველები მოიხმარენ ბაქტერიებსაც, რომლებიც მეორე გროფულ საფეხურს განეკუთვნებიან. მეორადი პროდუქციის სიდიდებზე წარმოდგენას გვაძლევს ცხოველთა ცალკეული ჯგუფების პროდუქციის განსაზღვრა და ასევე მსოფლიო ოკეანეში ზოოპლანქტონისა და ზოობენტოსის ბიომასის განაწილება. მსოფლიო ოკეანის აკვატორიის დაახლოებით 63% მოდის პლანქტონისა და ბენტოსის დაბალი მაჩვენებლების უბნებზე. ასეთი დაბალი ბიომასის ოლქებია: არქტიკული, ორი სუბტროპიკული და ანტარქტიკული. ამასთან, ამ უკანასკნელის ბი-

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

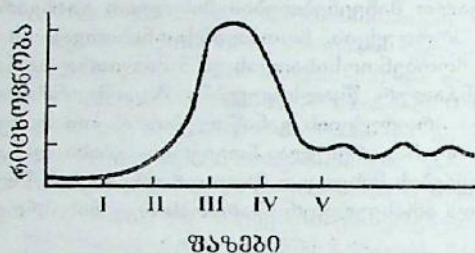
კონტინენტალურ წყალსატევებში პლანქტონისა და ბენტოსის ბიომასისა და პროდუქციის განაწილების ასეთი დაწვრილებით გამოკვლევები არ ჩატარებულა. ზოგიერთი ტბისა და ტბორის გამოკვლევის შედეგების მიხედვით მათი ორგანიზმების წლიური პროდუქცია ასეულ და ათასეულჯერ სჭარბობს ოკეანის პროდუქციას.

4. სარეწაო პროდუქტიულობის ბაზრდის ბზემბი

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 სიდიდებზე, მის განაწილებებზე და საშუალებას იძლევა მოინახოს ჰიდროსფეროს სარეწაო პროდუქტიულობის შემდგომი გაზრდის გზები. ამ გზებიდან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია: სარეწაო და საკვები სახეობების გადასახლება ახალ, ხელსაყრელ სასიცოცხლო გარემოში (აკ-

ლიმაგიზაცია). სარეწაო ორგანიზმების გამოსაზრდელი საზღვაო მეურნეობის შექმნა (მარიკულტურა); დაბალი გროფული საფეხურების ორგანიზმების სარეწაოდ გამოყენება.



სურ. 24. აკლიმატიზაციის ფაზები:

I – ინდივიდების გადარჩენა; II – გამრავლება და რიცხოვნობის ზრდა. III – რიცხოვნობის აფეთქება. IV – ბიოგური დამოკიდებულების დადგენა – რიცხოვნობის დაქვემდებარება. V – ნატურალიზაცია.

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

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

ვამოყოფენ 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 გამოვლენილი 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 აუტოკლიმატიზაციის 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 გარდებოდა 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, მუთხისნაირნი, 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 ვადასხმა 976 წყალსაცავში, აკლიმატიზაციის ყველაზე წარმატებულ ცდებად შეიძლება დაეხსახელოთ შავი ზღვის კეფალის გადასმა კასპიის ზღვაში; კაპარჭინას, კობრის, ფარვას, სივის აკლიმატიზაცია მტკნარ წყლებში.

ფართო მასშტაბებით გარდება აკლიმატიზაციის სამუშაოები ისეთ ქვეყნებში, როგორცაა ინდონეზია, პაკისტანი, ინდოეთი, ვიეტნამი, ჩინეთი, იაპონია და სხვ. ამ ქვეყნებში წარმატებით ხდება გილაპიას აკლიმატიზაცია.

აქვაკულტურების შექმნა. აქვაკულტურების შექმნას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ზღვის მეურნეობა ანუ მარიკულტურა ამჟამად ფართოდაა გავრცელებული მსოფლიოს მრავალ ქვეყანაში. გამოსაზრდელი ობიექტებია: საკვები 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 გამომრდის ტექნოლოგია სულ უფრო სრულყოფილი ხდება. ფართობის ერთეულზე პროდუქციის გაზრდის მიზნით იყენებენ მინერალურ სასუქებს, ხელოვნურ საკვებს, 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 ევფაუმბიდეებს და მოლუსკებისა და წყალმცენარეების კულტივირებას.

5. ჰიდროსფეროს ბიორესურსები საქართველოში და მათი გამოყენება

ჰიდრობიონტების 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 ჰიდრობიონტთა პირველად პროდუქციას. სწორედ ამიტომ ჰიდროსფეროს ბიორესურსების დიდი ნაირგვარობის გამოყენებას ადამიანისათვის ძალზე დიდი მომავალი აქვს. დღითიდღე იზრდება ჰიდროსფეროს ბიორესურსების მოპოვების ტექნიკური საშუალებები და მასშტაბები. მაგალითად, ამ ბოლო ხანებში წარმატებით ხორციელდება კიბოსნაირთა სარეწაო ათვისება, რომელთა პროდუქცია მსოფლიო ოკეანეში არანაკლებია თევზების პროდუქციაზე. ჰიდროსფეროს ბიორესურსები თვითგანახლებადი სისტემაა და მის მოცულობაზე უნდა ვიმსჯელოთ არა ამჟამინდელი (გარკვეული პერიოდის) რაოდენობით. არამედ მათი პროდუქციით ე.ი. დროის ერთეულში მათი ბიომასის ნამაგით.

ჰიდროსფეროს ბიორესურსების პროდუქციის რეალიზაციის ძირითადი ფორმა მათი რეწვაა, რომლის მასშტაბები და პარამეტრები უნდა შეესაბამებოდეს სარეწაო ჰიდრობიონტების თვითგანახლების პროცესს. ე.ი. რეწვა არ უნდა აღემატებოდეს ჰიდრობიონტთა ბუნებრივი მაგების რაოდენობას და თვითგანახლების თავისებურებებს. (ვადები, ადგილი, სარეწაო იარაღები და სხვ.) ბიორესურსების გაზრდა გარდა ბუნებრივი თვითგანახლების პროცესისა ხორციელდება ჰიდრობიონტების აკლიმატიზაციისა და მცირე ზომის წყალსატევების (ტბორები, ვუბურები) ინტენსიფიკაციის გზით, რომელიც გულისხმობს წყალსატევებში ბიოგენების რაოდენობის გაზრდას 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 გბებსა 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 წარმოადგენა ჰქონდეთ საგბორე თევზმეურნეობის სტრუქტურაზე.

მეურნეობის იმ დარგს, რომელიც აწარმოებს თევზის მოშენებას და გამოზრდას საგანგებოდ შექმნილ ხელოვნურ წყალსატევებში – გბორებში – საგბორე მეურნეობა ეწოდება. ხელოვნურ წყალსატევებში თევზის მოშენება იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ ვმართოთ მათი სასიცოცხლო პროცესები და ვაწარმოოთ ხელოვნური კვება, რაც განაპირობებს თევზის მაღალი პროდუქციის მიღებას, რომელიც ათჯერ და ზოგჯერ ასჯერ მეტია ბუნებრივი წყალსატევების თევზის პროდუქტიულობაზე.

საგბორე მეურნეობის განვითარებას მრავასაუკუნოვანი ისტორია აქვს. საქართველოში სახალხო მეურნეობის ამ მნიშვნელოვან დარგს 1932 წელს ჩაეყარა საფუძველი – ლანჩხუთის რაიონის სოფელ ჯაპანაში მოეწყო პირველი საგბორე მეურნეობა, რომელიც ამჟამად უშუებს როგორც მოზარდ, ასევე სასაქონლო კობრს (დღესაც საგბორე 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 შესაბამისად არჩევენ ორი ტიპის საგბორე მეურნეობას – თბილწყლიანსა და ცივწყლიანს. საქართველოს პი-

რობებში ორივე პერსპექტიულია და განვითარებული. ორივე გი-
ჰის მეურნეობები თავის მხრივ შეიძლება იყოს სრულსისგემიანი
და არასრულსისგემიანი.

სრულსისგემიან მეურნეობებში წარმოებს ქვირითიანი სასაქონ-
ლე კობრის ან სხვა რომელიმე თევზის გამოზრდა, აქვე აუცილებუ-
ლია სადედე ჯოგის, ანუ მწარმოებლების არსებობა, რომლებიც
ყოველწლიურად იძლევიან საჭირო რაოდენობის ქვირითს. ჩვეუ-
ლებრივ სრულსისგემიან საგბორე მეურნეობებში ზრდიან ორწლი-
ან სასაქონლე კობრს, რომლის სგანდარტული წონაა 500 გ.

არასრულსისგემიანი საგბორე მეურნეობა შეიძლება იყოს
ორგვარი: თაევზსაშენი და სანასუქო. თევზსაშენში გამოჰყავთ
გბორების დასათევზიანებელი მასალა — წლევანდელი ან ერთწ-
ლიანი კობრი. თევზსაშენს აქვს მხოლოდ ისეთი სახის გბორები,
რომლებიც აუცილებელია ჩასასმელი მასალის გამოსაზრდელად.
ასეთი გბორებია: საგოფო ანუ სანაშენო, საზრდელი, დასაზამთრე-
ბელი და სადედე გბორები. სანასუქო გბორები თევზსაშენებში ან
სრულებით არ არის, ან ძალიან მცირე ფართობებზეა გაშენებული.

არასრულსისგემიან სანასუქე საგბორე მეურნეობას აქვს
მხოლოდ სანასუქე გბორები, რომლებშიც წარმოებს სასაქონლო
თევზის გამოზრდა. ასეთი მეურნეობა წლევანდელ ან ერთწლიან
კობრს იძენს უახლოესი თევზსაშენიდან. საქართველოში ძირითა-
დად სანასუქო გბორებია, რომელთაც ჩასასმელი მასალით კვება-
ვენ კონდოლისა და ჯაჰანას საგბორე მეურნეობები.

სათევზმეურნეო გბორებს ყოფენ საზაფხულო, საზამთრო და
სპეციალურ გბორებად. საზაფხულო გბორებს განეკუთვნება სანა-
შენო ან საგოფო საზრდელი, სანასუქე და სადედე გბორები. ამ
გბორებში წარმოებს ძირითადი ბიოტექნიკური პროცესები: მწარ-
მოებელთა ჩასმა გოფობისათვის, თვით გოფობის ანუ ქვირითო-
ბის ჩატარება, ლიფსიგების გამოზრდა ჯერ საგოფო. შემდეგ საზ-
რდელ გბორებში, ერთწლიანი თევზის ჩასმა სანასუქე გბორებში
და მათგან სასაქონლო თევზის მიღება.

შემოდგომამდე წლევანდელი თევზი და მწარმოებლები, ან მა-
თი შემცვლელები გადაჰყავთ საზამთრო გბორებში. სპეციალურ
ანუ დამხმარე გბორებს მიეკუთვნება: საკარანგინო-საიზოლაციო,
სარემერეო და სხვ.

1. სანაშენე ანუ საგოფო გბორი განკუთვნილია კობრის გოფობისა და მიღებული ლიფსიგების გამოზრდისათვის - 7-8 დღის განმავლობაში. სანაშენო გბორები ეწყობა ნოყიერ ნიადაგზე, შედარებით მყუდრო ადგილას. ფსკერი დაფარული უნდა იყოს ქვირითის დასაყრელ სუბსტრატად გამოსადეგი ნორჩი მცენარეებით. მუავე რეაქციის მქონე ნიადაგიანი დაჭაობებული ნაკვეთები სანაშენო გბორების მოსაწყობად არ გამოდგება.

სანაშენე გბორის ფართობი 100-1000 კვადრატული მეტრი უნდა იყოს, წყლის სიღრმე 15-20 სმ-ია გბორის ზემო ნაწილში (წყალმომყვანთან) და დაახლოებით 1 მეტრი - წყალგამშვებთან. გბორის ფსკერი უნდა იყოს თანდათანობით დაქანებული წყალმომყვანიდან წყალგამშვებისაკენ. სანაშენო გბორებიდან 7-18 დღით ლიფსიგები გადაჰყავთ საზრდელ გბორებში.

2. საზრდელ გბორებში გადაჰყავთ აქტიურ კვებაზე გადასული ლიფსიგები და აქ ჰყავთ დაახლოებით ოთხი-ხუთი თვის ასაკამდე საზრდელი გბორების ფართობი დაახლოებით 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 გბორის გავსება შესაძლებელი იყოს 5-10 და დაცლა 4-5 დღეში.

3. სანასუქე გბორები. სრულსისტემიანი საგბორე მეურნეობის ძირითადი ნაწილია. ასეთ გბორებში წარმოებს ერთწლიანი კობრების გამოზრდა სასაქონლედ. ზოგჯერ აწარმოებენ ერთწლიანი და წლევიანდელი კობრების შერეულ გამოზრდასაც. გბორის ფართობი შეიძლება იყოს ერთი-ორი ჰექტარიდან რამდენიმე ათეულ და ასეულ ჰექტარამდე. უფრო მიზანშეწონილია 5-10 ჰექტარის ფართობის გბორები, სადაც თევზის ხელოვნური კვება და სხვადასხვა ღონისძიებითა ჩატარება შედარებით ადვილია. გბორების საშუალო სიღრმე 1,5-1,7 მეტრი უნდა იყოს. თხელწყლიან წყალსატევეში წყალი ადვილად თბება, რაც ხელს უწყობს თევზის საკვები ორგანიზმების ზრდა-განვითარებას და მაღალ თევზპროდუქტიულობას.

4. სადღეე გბორებში აწარმოებენ მწარმოებლების კვებას და გამოზამთრებას. მწარმოებლებთან ერთად ასეთ გბორებში ზრდის ე.წ. რემონტის ჯოგს ე.ი. ისეთ თევზებს, რომლებიც განკუთვნილი არიან მწარმოებლების შესაცვლელად. ჩვეულებრივ, სადღეე

ტბორებში თითოეულ მწარმოებელზე უნდა მოდიოდეს არანაკლებ 15 მ² ფართობი, ხოლო თითოეულ სათაღარიგო (რემონტის) თევზზე არანაკლებ 7,5მ²-ისა. ტბორის ფართობი 0,2-0,4 ჰა. ასეთი ტბორების არსებობას დიდი პროფილაქტიკური მნიშვნელობა აქვს, რადგან მწარმოებლები ხშირ შემთხვევაში ინფექციის მაგარებლებია (მაგ. წითელა, ვიროლაქტილოზი) ამდენად მათს იზოლირებას წლებანდელი და ერთწლიანი თევზებისაგან დიდი მნიშვნელობა აქვს.

5. საზამთრო ტბორები. გამოყენებულია წლებანდელი კობრების, მწარმოებლებისა და სათაღარიგო თევზების გამოსაზამთრებლად, სადაც საზრდელი 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 სავსებით 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 ანოციერებენ 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 განოციერება, მელიორირება, ნიადაგის მაღალ აგროტექნიკურ ღონებზე დამუშავება, ხელოვნური კვება, შერეული დათევზიანება და სხვა. ყოველივე ამის შედეგად სასაქონლე თევზის პროდუქცია იზრდება 50 ცენტნერამდე ჰექტარზე.

სათევზმეურნეო გბორებში სარეწაო თევზების მაღალ პროდუქციას განსამზღვრავენ 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, გემპერატურა და თერმული რეჟიმი, ქანგბადის 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 ღონეს.

თევზების კვების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ მათს საკვებს შეადგენს წყალსატევეში არსებული თითქმის ყველა წვრილი უხერხემლო ცხოველი და უმაღლეს წყალმცენარეთა უმრავლესობა. ასეთებია წყალმცენარეებიდან: კაეოვანები, მწვანე წყალმცენარეები, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები, ცხოველებიდან: ღაფნიები, ციკლოპები, ციბრუგელა ჭიები, მოლუსკები, მწერთა ღარეები. ყველა ეს ორგანიზმები ძირითადად ორ სასიცოცხლო არეალში ცხოვრობენ: წყლის სისქეში შეტიეტივებულნი – პლანქტონი და წყლის ფსკერზე მცხოვრებნი – ბენტოსი. ბენტოსით იკვებებიან: კობრი, კაპარჭინა, წვერა, ქაშაყი; პლანქტონით მკვებავებია: სიგა, რიპუსი, სქელშუბლა – ფიგოპლანქტონით იკვებება; თეთრი ამური იკვებება – ფსკერის მცენარეულობით ანუ მაკროფიტებით.

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

პირითადი 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.

საბანთა საძიებელი

შემოგებნილი: ზ. კერესელიძე

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

- ბათიალი 9
- ბასკუნჩაკის გბა 52
- ბაქტერიული ხრწნა 96

- ბაქტერიები 17, 149
- ბგერის გამფანტველი შრეები 116
- ბენტოალი 7, 10, 11, 12, 22, 23, 49, 150, 166
 - ზღვების 7
 - ტბების 11
- ბენტოსი 10, 13, 14, 21, 36, 51, 82, 83, 112, 125, 175, 184
 - ბენტო-ნექტონი 41
 - მბურღავები 40
 - მიმაგრებული ფორმები 36
 - მოძრავი ფორმები 37
 - მწოლარე ფორმები 42
 - ჩაფლული ფორმები 41
 - მაკრობენტოსი 42
 - მეზობენტოსი 42
 - მიკრობენტოსი 42
- ბენტოსური უხერხემლოები 14
- ბენტოფაგები 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 რიგმები 97
- ბიოლოგიური სეზონები 108
- ბიოლოგიური ტბორები 139, 141
- ბიოლოგიური ფილტვები 139, 140
- ბიოლუშინისკენცია 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

- გაგუღვები 70
 – ზამთრის 70, 71
 – ზაფხულის 70, 72
 განათებულობა 8
 განიავებული ტბორები 141
 გაზები 62, 68
 – წყალში გახსნილი 62
 გაზის ბუჭუკები 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
 – შლამიანი 8
 დაჭუჭყიანება 118, 119, 120, 121
 დაჭუჭყიანების წყაროები 118
 დეგრადაცია 99
 დეჟერგენტები 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
 ეერიბატური 16
 ეერიბიონტები 16

- ვერიტერმული 16
 ვერიონური 16
 ვერიეკები 16
 ვერიოქსიგენური 16
 ვერიფოტური 16
 ვერიფაგური 16
 ვერიპალინური 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
 ელგონის ტბა 52
 ელექტრომაგნიტური ველი 40
 ელექტრული დენი 40
 ენერგეტიკული ეფექტი 64
 ენერჯის ცვლა 68
 ეპითელიუმი 58
 ეპინეისტონი 31
 ესტუარიები 3, 46, 47, 48
 ესკრეტორული ორგანოები 58
 ესტრემალური პირობები 52
 ექტოპარაზიტები 22
 ვერტიკალური მიგრაციები 113
 – დელტამური 114
 – ონტოგენეზური 113
 – სემონური 113
 ვერტიკალური ცირკულაცია 5, 10, 63, 65, 85, 86, 108, 109, 110, 112
 ვიტამინები 20
 ვიტრიფიკაცია 88
 ზემლაშე 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
თითისგარისებური 35
იზოგონური 55
იმაგო 19
ინლიკატორი ორგანიზმები 136
ინფრაწითელი 31
ინჰიბირება 18
ინფაუნა 41
იონური რადიაცია 58
იხტიოფაუნა 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
კლაკენითი მოძრაობა 35
კლიმატი 3
კოლონია 30, 38
კომენსალიზმი 21
კომბინირებული სუნთქვა 66
კონვერგენტული ჯგუფები 30
კონგინენტალური ფერღობი 7, 50

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

 ლაბოვანი გარსი 27
 ლარეები 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
 ლუციფერინი 102

 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 თავთხელი 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

- მემოსაპრობული 134, 135
 მზის რადიაცია 31
 მთლიანი პროდუქცია 174
 მიგრაციები 113, 114, 116
 მიკროორგანიზმები 34
 მიკროფლორა 78
 მიკროელემენტები 59
 მიკროკლანქტონი 30
 მიმეზია 34
 მინერალიზაცია 72, 79, 109, 130, 131, 150
 მინერალური ელემენტები 58
 მისაწოვარი 44
 მიქცევა 8
 მკვდარი ზღვა 52
 მოლუსკები 46
 მომლამო 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
 ნანოკლანქტონი 30
 ნარჩენი წონა 26
 ნატურალიზაცია 177
 ნახშირორგანიკი 63
 ნეისტონი 13, 31
 ნეიტრალიზმი 21
 ნექტონი 12, 34, 36
 ნერიტული ზონა 10
 ნივთიერებათა ცვლა 68

ოკეანე 10
 ოლიგოსაპრობული ზონა 64, 135
 ოლიგოპიდროგენური 94
 ოლქები (ტემპერატურული) 73
 ონტოგენეზი 57
 ონფაუნა 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
 პარტენოგენეზი 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
 პლემტონი 13
 პნევმატოფორი 27
 პროდუცენტები 144, 159
 პროდუქცია 122, 170, 172
 პროტოკოთოპერაცია 21
 პოიკილოსმოსური ორგანიზმები 54
 პოლისაპრობული ზონა 79, 134
 პოლიპიდროიონური 94
 პოპულაცია 16, 17, 18, 19, 22, 167, 173, 177
 პროფუნდალი 11

მეზოსაპრობული 134, 135
 მზის რადიაცია 31
 მთლიანი პროდუქცია 174
 მიგრაციები 113, 114, 116
 მიკროორგანიზმები 34
 მიკროფლორა 78
 მაკროელემენტები 59
 მიკროპლანქტონი 30
 მიმეზია 34
 მინერალიზაცია 72, 79, 109, 130, 131, 150
 მინერალური ელემენტები 58
 მისაწოვარი 44
 მიქსევა 8
 მკვლარი ზღვა 52
 მოლუსკები 46
 მომლაშო წყალსატევები 44, 46
 მონადირეები 155
 მოსვენებული სტადია 46
 მოქსევა 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
 ნახშირორენგი 63
 ნეისტონი 13, 31
 ნეიტრალიზმი 21
 ნექტონი 12, 34, 36
 ნერიტული ზონა 10
 ნივთიერებათა ცვლა 68

ოკეანე 10
 ოლიგოსაპრობული ზონა 64, 135
 ოლიგოპიდროგენური 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
 პერიფიგონი 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
 პლემისტონი 13
 პნევმატოფორი 27
 პროდუცენტები 144, 159
 პროდუქცია 122, 170, 172
 პროტოკოლოპერაცია 21
 პოიკილოსმოსური ორგანიზმები 54
 პოლისაპრობული ზონა 79, 134
 პოლიპიდროთონური 94
 პოპულაცია 16, 17, 18, 19, 22, 167, 173, 177
 პროფუნდალი 11

პეტროპოლიური შლამი 74

უანგბადის შემცველობა 9, 12, 20, 62, 64, 69, 70, 72, 114, 121, 132, 134

უანგბადის 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

სატბორე მეურნეობა 180, 181, 182, 183, 184

საპრობულობის სისტემა 134

საპროფიტული ბაქტერიები 33

საცურავი ბუშტი 35

საჭვები 26, 31

სელიმენტატორები 158

სეისმურობა 9

სესკონოფაგები 14, 152, 153, 155, 159

სითბოგამტარუნარიანობა 4

სითბოტევადობა 4

სიბლანტე 24

სივამი 52

სიმბიოზი 78

სიფონები 41

სიდრუის სითხე 57

სიციტხლის ხანგრძლიობა 88

სინათლის ზონები (ეეფოტური, დისფოტური, აფოტური) 98

სპორები 5

სტაბილიზატორები 26, 31

სტენობაგური 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
სფაგური ტბები 45

ტაფობი (ქვაბური) 11
ტბები 11, 12, 52, 53, 63, 70, 71, 86, 120, 127
ტბორები 182, 183, 184
ტემპერატურული სტრუქტურა 4, 73
ტემპერატურული ოლქები 73
ტიეტივის 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
ულტრაბგერა 40
ულტრაიისფერი 32, 96
უხერხემლოები 17, 150, 151, 152, 154, 156, 159, 160, 161, 166, 167

- 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 ბოლახ გოლი 51
 ყველაფრისმჭამელი ფორმები
 ყინვაგამძლეები 88
 ყინვარები 83
 ყინულის დნობის ფარული სითბო 4

 შეღფი (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

 ცივისსხლიანები 4

ციკლომორფოზი 105, 106, 107

ცისტები 45

ციგოპლაზმა 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 პროლუქცია 171

ხვედრითი წონა 26

ხისტი წყალი 45

ჯავშანი 22

პაერის ჩანაერთები 27

პალობიონტები 16, 53

პეტროტროფული კვება 144, 145, 146

პილრობიონტები 4, 18, 29, 50, 61, 62, 66, 69, 90, 93, 97, 119, 120, 129, 144, 157, 163

პილროაკუსტიკური ხელსაწყოები 117

პილროსტატიკური წნევა 6

პილროსტატიკური აპარატი 27

პილროსფერო 3, 118

პილროტექნიკური ნაგებობები 14

პილროქიმიკა 74

პიპერტონური ორგანიზმები 55

პიპერტონური წყალსატევები 49, 51

პიპერტონური წყალსატევები 51, 52, 53, 54

პიპონისტონი 31

- ფაუნა 85, 87, 88, 138
ფაქტორები (აბიოტური, ბიოტური, ანთროპოგენური) 15
ფიგურული ნათება 104
ფილტრაგორები 155
ფილტრაციის მინდვრები 139
ფიგოპლანქტონი 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 ბოლახ გოლი 51
ყველაფრისმჭამელი ფორმები
ყინვაგამძლეები 88
ყინვარები 83
ყინულის დნობის 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
ცივისსხლიანები 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

ჯავშანი 22

პაერის ჩანაერთები 27

პალობიონტები 16, 53

პეტროგროფული კვება 144, 145, 146

პიდრობიონტები 4, 18, 29, 50, 61, 62, 66, 69, 90, 93, 97, 119, 120, 129, 144, 157, 163

პიდროაკუსტიკური ხელსაწყოები 117

პიდროსტატიკური წნევა 6

პიდროსტატიკური აპარატი 27

პიდროსფერო 3, 118

პიდროტექნიკური ნაგებობები 14

პიდროქიმიკა 74

პიპერტონური ორგანიზმები 55

პიპეროსმოსური წყალსატევები 49, 51

პიპერპალინური წყალსატევები 51, 52, 53, 54

პიპონეისტონი 31

პიპოგონური 56

პოლოპლანქტონი 56

პომოიოთერმული ორგანიზმები 90

პომოიოსმოსური ორგანიზმები 54, 55, 56

პომოქრომია (შეფერვა) 100

შინაარსი

შესავალი -----	3
თავი I. წყლის ეკოლოგიის ძირითადი ცნებები -----	4
1. წყალი, როგორც სასიცოცხლო გარემო -----	4
2. წყალსატევების 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 ბენტალის სიცოცხლის პირობებთან -----	23
1. პლანქტონი -----	23
2. ნეისტონი -----	31
3. ნექტონი -----	34
4. ბენტონი -----	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 ცვლა - ნივთიერებათა და ენერჯის ცვლის მაჩვენებელი -----	68

ე. გავლენები -----	70
<i>3. გემპერატურის როლი წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეში -----</i>	73
ა. ზღვის წყალსატევები -----	73
ბ. მაგერიკული წყალსატევები -----	86
გ. გემპერატურის ზეგავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე -----	90
<i>4. გარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე -----</i>	93
ა. წყალსატევებისა და ჰიდრობიონტების კლასიფიკაცია გარემოს აქტიურ რეაქციასთან დამოკიდებულებით -----	93
ბ. გარემოს აქტიური რეაქციის ზეგავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე -----	94
<i>5. სინათლის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმების სიცოცხლეზე -</i>	96
ა. წყალსატევების სინათლის მონები -----	98
ბ. ჰიდრობიონტების მხედველობის ორგანოების აგებულების თავისებურებანი -----	99
გ. წყლის ორგანიზმების შეფერვა -----	100
დ. ბიოლუმინისცენცია და მისი ბიოლოგიური მნიშვნელობა -----	102
<i>6. გარემოს ფაქტორთა კომპლექსის ზეგავლენა წყლის ორგანიზმებზე -----</i>	105
ა. ციკლომორფოზი -----	105
ბ. სემონური მოვლენები წყალსატევების სიცოცხლეში -----	108
გ. ორგანიზმების ვერტიკალური მიგრაციები -----	113
დ. ბჟერის გამჟანგველი შრეები -----	117
თავი IV. წყალსატევების დაჭუჭყიანება -----	118
<i>1. დაჭუჭყიანების წყაროები -----</i>	118
<i>2. საქართველოს წყალსატევების დაჭუჭყიანება -----</i>	121
ა. შავი ზღვის საქართველოს სანაპიროს დაჭუჭყიანება -----	121
ბ. ანთროპოგენური ევტროფიკაციის ზეგავლენა საქართველოს წყალსატევების ბიოლოგიაზე -----	122
გ. ანთროპოგენური ზემოქმედების გავლენა საქართველოს წყალსატევების ბიოლოგიურ პროდუქტიულობაზე -----	123
<i>3. დაჭუჭყიანების გავლენა ჰიდრობიონტების ცხოველმოქმედებაზე -----</i>	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. გროფული ჯგუფები და მონები წყალსატევების ბენტალში -----	159
6. წყლის ცხოველების კვების თავისებურებანი -----	160
7. გროფული დონეები და კვებითი ჯაჭვი -----	165
8. კვების ინტენსიუობა 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 წყალსატევეში -----	173
4. სარეწაო პროდუქტიულობის გაზრდის გზები -----	175
5. ჰიდროსფეროს ბიორესურსები საქართველოში და მათი გამოყენება -----	179
ძირითადი ლიგერატურა -----	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

საალრ.-საგამომც. თაბახი 9,53

შეკვეთა № 111 ტირაჟი 300

უასი სახელშეკრულებო

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

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

Зелимхан Кереселидзе

Биология
морских и пресных вод

(на грузинском языке)

Издательство Тбилисского университета

Тбилиси 2003

