

ზაალ კიკვიძე

ეკოლოგია:
დიადი
აღგორითი

თბილისი
1998

ანოტაცია

წარმოდგენილი ნარკვევის ძირითადი იდეა ისაა, რომ განათლების მთავარ ამოცანას სხვადასხვა დისციპლინების პარადიგმებისა და ცოდნის სინთეზი შეადგენს, ხოლო ეკოლოგია არის კარგი საფუძველი დისციპლინების ფართო სპექტრის ინტეგრირებისა.

ცოდნის ინტეგრირება უნდა ეფუძნებოდეს და იყენებდეს ზოგად იდეებსა და ცნებებს, როგორიცაა სისტემა და გარემო, სტრუქტურა, ფუნქცია, ორგანიზაცია, სირთულე - კომპლექსურობა, სპეციალიზაცია, ეფექტურობა, კოოპერაცია, ევოლუცია, მდგრადობა, ინფორმაცია. უნდა გამოჩნდეს, რომ მრავალი მოვლენა, რომელთაც შეისწავლიან სულ სხვადასხვა დარგები, ფიზიკითა და ბიოლოგიით დაწვებული, ეკონომიკითა და სოციოლოგიით დამთავრებული, შეიძლება გადმოვცეთ მსგავსი ტერმინებით. ესაა სამყაროს მთლიანობის გამოხატულება, რომელიც ეფუძნება რამდენიმე პირველსაწყის პრინციპს. თავისთავად ეს იდეები ახალი არ არის. სიახლე ისაა, რომ რამდენიმე ზოგადი ცნება გარკვეული წესით უკავშირდება ერთმანეთს. კერძოდ, განიხილება გადარჩევის ალგორითმი, რომელშიც სელექციის კრიტერიუმებად მიღებულია სპეციალიზირების დადებითი და უარყოფითი მხარეები. ამ ალგორითმის მუდმივი მოქმედების შედეგად მიიღება სისტემის გართულებული ორგანიზაცია, დაფუძნებული სპეციალიზირებული ელემენტების კოოპერაციაზე. გადარჩევის ასეთი ალგორითმი ხსნის და შეესაბამება საგანთა და მოვლენათა ფართო სპექტრს (გადაწყვეტილების მიღება, ბიოლოგიური ევოლუცია, კონსტრუქციის გაუმჯობესება, ეკონომიკის მოდერნიზაცია და სხვ.). ამ მოვლენებს საერთო ისა აქვთ, რომ ნებისმიერი მათგანი შეიძლება განხილულ იქნეს სისტემისა და გარემოს ურთიერთქმედების ჭრილში.

ნაშრომი გათვალისწინებულია ეკოლოგიითა და ბიოლოგიით დაინტერესებული მეცნიერების, პედაგოგების, ასპირანტებისა და სტუდენტებისათვის.

რედაქტორი გიგო თევზაძე

© გამომცემლობა „სკოლა“, 1998

© ზაალ კიკვიძე, 1998

ამ წიგნის დაწერა შესაძლებელი გახდა ამერიკის შეერთებული შტატების საინფორმაციო სააგენტოსა და მკვლევართა საერთაშორისო გაკვლის (USIA/IREX) გრანტით.

რედაქტორის წინასიტყვაობა

ზაალ კიკვიძის წიგნი, “ეკოლოგია: დიდი ალგორითმი”, საქართველოში საფუძველს უყრის ტრადიციას, რომელიც დიდი ხანია არსებობს დასავლეთში და რომელმაც ჩვენში რატომღაც ჯერ ვერ მოიკიდა ფეხი. ამ ტრადიციას შეიძლება ვუწოდოთ ფუნდამენტური მეცნიერების თვითრეფლექსია. ანუ, უფრო კონკრეტულად, ფუნდამენტური მეცნიერების [წარმომადგენლების] მიერ აზროვნების დაწყება.

ეს ფრაზა უჩვეულოდ არ უნდა მოგგვჩვენოს, თუკი გავიგებთ და საკუთარ თავს ავუხსნით თუ რას ნიშნავს აზროვნება; აზროვნება, თვით ამ სიტყვიდან გამომდინარე, არის აზრების გენერირება - აზროვნება - აზრების ერთმანეთისგან გამომდინარეობა და ისეთი პროცესი, რომელიც გამომდინარეობს, მოძრაობს და მიმოიქცევა მხოლოდ აზრებში. ეს იმას კი არ ნიშნავს, რომ აზროვნების შემთხვევაში მხოლოდ აზრებს ეყრდნობიან და არაფრად აგდებენ ფაქტობრივ და ექსპერიმენტულ მასალას (ასეთ წარმოდგენას ფილოსოფიის შესახებ დღესაც ხშირად გვხვდებით), არამედ იმას, რომ აზროვნებაში, ანუ აზროვნების პოზიციაში ყველაფერი - ექსპერიმენტული მონაცემი, დაკვირვება და სხვა - აღიქმება როგორც აზრი.

მაშასადამე, აზროვნებაში ხდება (ან უნდა მოხდეს) საბოლოო განთავისუფლება რეალობის რწმენიდან. ანუ, სამყარო აღარ იყოფა რეალურად და იდეალურად, ემპირიულად და ტრანსცენდენტურად. თუმცა ეს სახელები და ტერმინები რჩება, როგორც ოპერირების ელემენტები, მათ შორის პრინციპული განსხვავება წაშლილია და არ ხდება მათი შეფასება როგორც ნამდვილის და არანამდვილის, სარწმუნოსი და საეჭვოსი და ა.შ. აზროვნება ყველა და ყველანაირ არსებულს აქცევს აზრად და ანიჭებს აზრის სტატუსს. მხოლოდ ასე არის შესაძლებელი შეხედო არსებულს როგორც მთლიანს და დაინახო საკუთარი ადგილი სამყაროში. ამდენად, აზროვნება არის თვითრეფლექსია, ანუ რეფლექსია საკუთარ თავზე.

ზაალ კიკვიძის წიგნი არის სწორად ასეთი თვითრეფლექსია. აზროვნების სუბიექტად გვევლინება ეკოლოგია, უფრო ზუსტად, ეკოლოგიური განათლება. მაგრამ ეს არ არის ეკოლოგია ჩვეულებრივი გაგებით. წიგნის პროცესში (წაიკითხე: აზროვნების პროცესში) ეს მეცნიერება თვითონ ქმნის საკუთარ თავს.

მკითხველის მიერ ზაალ კიკვიძის ნაშრომის შინაარსის ცოდნა შემდგომი კომენტარებისათვის არის აუცილებელი. ამიტომ, მეც აქ დავამთავრებ ჩემს წინასიტყვაობას და გულით გირჩევთ წაიკითხოთ ეს მეტად საინტერესო წიგნი. მე კი კვლავ შევხვდები მკითხველს წიგნის ბოლოს და რამდენიმე კომენტარს შევთავაზებ.

შესავალი

ეკოლოგია და ბიოლოგია ღღეს მეცნიერებისა და განათლების განსაკუთრებული დარგებია, რომელთაც დიდი გავლენა აქვს დღევანდელი კაცობრიობის განვითარებაზე, ადამიანის წინაშე მდგომი მეტად საჭირობო სოციალური, ეკონომიური და გარემოსდაცვითი პრობლემების გადაწყვეტაზე. დღევანდელ ეკოლოგიასა და ბიოლოგიას მნიშვნელობა აქვს ახალი ტექნოლოგიების, ცხოვრების ახალი წესების შემუშავების, შემეცნებისა თუ ჯანმრთელობისათვის, ზემოქმედებას ახდენს თანამედროვე ადამიანის მსოფლმხედველობაზე, მის რელიგიურ, ეთიკურ, ესთეტიკურ შეხედულებებზე. ეკოლოგიზაცია (და შეიძლება ითქვას, ბიოლოგიზაცია) შეეხო პოლიტიკასაც (მწვანე პარტიები, სახელმწიფო მეთაურთა მსოფლიო კონფერენციები გარემოსდაცვით საკითხებზე), ეკონომიკასა და ტექნიკასაც (მწვანე ბიზნესი, ეკოლოგიური ტექნოლოგიები, გარემოზე ზეგავლენის შეფასება), სამართალსაც (ეკოლოგიური კანონმდებლობა, გარემოსდაცვითი სტანდარტები), ფილოსოფიასაც (ღრმა ეკოლოგია, ანთროპოცენტრიზმის კრიტიკა). სწრაფად ვითარდება ევოლუციური ეკოლოგია, კლასიკური ბიოლოგიის წიაღიდან ამოზრდილი დისციპლინა.

ეკოლოგიისა და ბიოლოგიის სწრაფი განვითარება და ყოვლისმომცველი გაფართოება ფილოსოფოსების, მეცნიერების, პედაგოგების წინაშე მეტად საინტერესო და გამომწვევ საკითხებს წამოჭრის.

ამოცანის ასე დასმის შემდეგ ნათელი ხდება, რომ საკითხთა ერთობ ფართო სპექტრთან გვაქვს საქმე. ამიტომ, მეტად მნიშვნელოვანია, თუ რა კუთხით შევხედავთ ამ პრობლემას და რომელი პოზიციიდან დავიწყებთ მის შესწავლას: როგორია ჩვენი საწყისი მსოფლმხედველობა? ამ საწყისი პოზიციის დადგენა ჩემი ანალიზის დასაწყისი იქნება.

1996 წლის 26 ოქტომბერს რომის პაპმა იოანე-პავლე მეორემ განაცხადა, რომ ამიერიდან კათოლიკური ეკლესია აღარ ეწინააღმდეგება ევოლუციის თეორიას. დარვინის თეორიის ეს აღიარება, განცხადებული ერთ-ერთი ყველაზე გავლენიანი ეკლესიის მეთაურის მიერ, მეტად საგულისხმოა. ამიტომ, ჩვენი საწყისი პოზიციის აღწერას დავიწყებთ სწორად რელიგიური ასპექტიდან.

1. მსოფლმხედველობა

სამყაროს აღწერა ბიბლიაში, რაღა თქმა უნდა, უეჭველად სწორი და ჭეშმარიტია. საქმე ისაა, რომ რადგან ეს აღწერა ზატოვანია, ამიტომ რჩება შესაძლებლობა მისი სხვადასხვაგვარი აღქმისა. ამიტომ, საჭიროდ მიგვაჩნია დაზუსტება, თუ როგორ გვესმის იგი ჩვენ.

სამყაროც, სიცოცხლეც და ადამიანიც ზენაარი ნებით შეიქმნა. ასევე ღრმად გვწამს, რომ ზენაარი ნების აღსრულება, როგორც ეს ბიბლიური ვერსიით არის გადმოცემული, მოხდა უზენაესი ცნობიერების მიერ სამყაროს გაჩენისა და განვითარების უძირითადესი პრინციპების განსაზღვრით. ჩვენი აზრით, სავსებით დასაშვებია, რომ “დაბადებაში” აღწერილი ღვთიური აქტების მიმდევრობა,

უწინარესად, ამ პირველსაწყისი იდეების ჩამოყალიბებას აღწერს და მეორე რიგში ეხება სამყაროს გაჩენისა და მისი შემდგომი განვითარების მატერიალურ გზას. ანუ, შესაქმის ექვსი დღე, სავსებით დასაშვებია, რომ უზენაეს ცნობიერებაში ამ პრინციპების ფორმირებისა და განვითარების ეტაპებია, ზატონად გამოთქმული. უზენაესის ნებითვე დაიწყო ამ პირველსაწყისი იდეების მატერიალიზაცია და ეს ის სფეროა, რომელსაც ადამიანის განჭვრეტის უნარი შეიძლება მისწვდეს. ვაფიქსირებთ რა ამ დებულებებს, როგორც სავარაუდოს, ამავე დროს, ალბათ, საჭიროა ასევე განვმარტოთ, რომ ჩვენი პოზიცია არ არის დეისტური და მიგვაჩნია, რომ უზენაესი ცნობიერება ურთიერთქმედებდა და ურთიერთქმედებს მისსავე ქმნილებასთან, განსაკუთრებულ მომენტებში წარმართავდა მოვლენებს ისე, როგორც ამას საღვთო წერილი გადმოგვცემს. ამჟამადაც არსებობს ეს ურთიერთობა და მუდამ იარსებებს. ამის საუკეთესო დასტური თვით ბიბლიის არსებობაა.

ამ ჩვენს პოზიციას, უპირველეს ყოვლისა, განსაზღვრავს ღვთის რწმენა. საერთოდ, უადგილოდ და უაზროდ მიგვაჩნია რაიმე საკითხის განხილვა უზენაესის არსებობის შესახებ. მეორე: ესაა აღიარება ფაქტებისა, რომელთა გონივრული ახსნა გარკვეულ თეორიებში აისახება. სავსებით დაუშვებელია რწმენისა და გონივრული მეცნიერული თეორიების დაპირისპირება, ყოველ შემთხვევაში, ეს ჩვენთვის მიუღებელია. რადგან უფალმა გონება გვიბოძა და ამით, ალბათ, მოგვცა შესაძლებლობა მასთან დაახლოებისა, ჩვენც უნდა განვაკითხოთ ჩვენი რელიგიური წარმოდგენები ისე, რომ ფაქტების რაციონალური ახსნა პრობლემატური არ გახდეს.

მაგალითად, ბუნებრივი გადარჩევის ალგორითმის მოქმედება არის უზარმაზარი ფაქტობრივი მასალის, როგორც დაკვირვებების გზით, ისე ცდების საშუალებით მიღებული, ერთ-ერთი გონივრული ახსნა. ამიტომ, ჩვენი პოზიციიდან გამომდინარე, დასაშვებად მიგვაჩნია, რომ სიცოცხლის გაჩენა და მისი განვითარება დედამიწაზე არის ამ ალგორითმის მოქმედების შედეგი და, რომ ამ ალგორითმის ფუძემდებლური საწყისები სწორად უზენაესმა შექმნა, თანაც ისე, რომ მისი განხორციელების პროცესში იდეისა და მატერიის ურთიერთქმედება ხდება. ამიტომაც მიგვაჩნია, რომ კრეაციონისტთა პოზიცია ალბათ იმავე რანგისაა, როგორიც იმ უკიდურეს ათეისტთა პოზიცია, რომელნიც თავიანთი შეხედულების დასასაბუთებლად, სრულიად უსაფუძვლოდ, ღარვინის ბუნებრივი გადარჩევის თეორიას იშველიებენ.

ქალსი

ბიოლოგიის საგანში გარკვევა, სიცოცხლის ბუნების დადგენა და ამ ცოდნის ინტეგრაცია ფიზიკურ და სოციალურ მეცნიერებებთან საჭიროებს განყენებულ ანალიზს, რათა გამოჩნდეს ცოცხალი არსებების ადგილი სამყაროში. ამიტომ, ალბათ, მიზანშეწონილია სამყაროსა და მასში მოქმედი ძალების შესახებ ჩვენი წარმოდგენების დაფიქსირება. იმედია, ეს მოგვცემს საწყის პოზიციას სიცოცხლის ფენომენის გასაანალიზებლად.

უკვე ვახსენეთ ჩვენ მიერ ბიბლიური ვერსიის სისწორის აღიარების შესახებ, ასევე ზოგადად მიმოვიხილეთ, თუ როგორ გვესმის ჩვენ იგი. ითქვა, რომ “შესაქმე” ზატონად აღწერს იმ ფუძემდებლური საწყისების შექმნას, რომელთაც განსაზღვრეს

სამყაროს წარმოქმნა და განვითარება. დავუბრუნდეთ “დაბადების” პირველ სტრიქონებს: “დასაბამად ქმნა ღმერთმან ცა და ქუეყანა. ზოლო ქუეყანა იყო უზილაჲ და განუმზადებელ და ბნელი ზედა უფსკრულთა და სული ღმრთისა იქცეოდა ზედა წყალთა” (დაბ.1: 1,2). ერთ-ერთი სავარაუდო შინაარსი ამ სტრიქონებისა, ალბათ, არის ის, რომ უზენაესმა არსებამ სულიერი სამყაროს მატერიალიზება გადაწყვიტა, მაგრამ ეს ნივთიერი სამყარო თავიდან ცარიელი და უფორმო იყო. ჩვენს დღევანდელ წარმოდგენებში არსებობის ასეთი სახეს, ალბათ, ყველაზე მეტად ქაოსის ცნება უახლოვდება. ესე იგი, მატერიალური სამყარო ქაოსით იწყება.

მსჯელობის გაგრძელებისთვის, როგორც ჩანს, აქვე უნდა გავერკვეთ, თუ როგორ შეიძლება ამ ცნების გაგება და აღქმა. ტრივიალური მნიშვნელობით ქაოსი წარმოადგენს უწესრიგობას - წესრიგის არქონას. მაგრამ რაღაა წესრიგი? იგი შეიძლება გაგებულ იქნეს, როგორც მოვლენების განმეორებადობა-აღწარმოება დროსა და სივრცეში; გარკვეულობა, რომ მოცემულ პირობებში მოსალოდნელია ესა თუ ის მოვლენა (ხდომილება). მაგალითად, ხიდან ვაშლის ჩამოვარდნა მსოფლიო წესრიგის ერთ-ერთი გამოხატულებაა, კერძოდ, როგორც ეს ნიუტონმა შენიშნა. საერთოდაც, წესებისა და კანონების არსებობა არის სწორად წესრიგი. მაგრამ კანონები ზომ აბსოლუტური არ არის, მათ შორის არც “მყარი” ფიზიკური კანონები. გარდა ამ ყველაზე “მყარი” ფიზიკური კანონებისა, როგორცაა მაგალითად, მსოფლიო მიზიდულობის კანონი, არსებობს კიდევ სტატისტიკური კანონზომიერებანი, ტენდენციები, კორელაციები, მოვლენათა მსგავსება და სხვ. ამიტომ, მოსალოდნელია, რომ ქაოსიც სხვადასხვა ხარისხის იყოს. აი, რამდენიმე განსაზღვრება ქაოსისა, მოტანილი ლექსიკონებიდან: ქაოსი ესაა ...სამყაროს მატერიალური ელემენტების უწესრიგო გროვა, რომლისგანაც წარმოიშვა ყველაფერი არსებული (მ.ჭაბაშვილი, უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბილისი, განათლება, 1989;) ... სრული უწესრიგობა, არეულ-დარეულობა, უსისტემობა (ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისი, მეცნიერება, 1986); ...მასში გულისხმობენ მოუწესრიგებელ მასას, რისგანაც შემდგომ სამყარო წარმოშვა (ქართული ენციკლოპედია); კიდევ: *a state of things in which chance is supreme; esp. the confused unorganized state of primordial matter existing before the creation of distinct forms* (Memphis General Dictionary, ინტერნეტის ვერსია); კიდევ ერთი განსაზღვრება, სხვადასხვა ასპექტის გარჩევით: 1. *confusion - disorder resulting from failure to behave predictably*; 2. *physical phenomenon - a natural phenomenon, involving the physical matter and energy*; 3. *the most ancient of gods; the personification of the infinity of space preceding creation of the universe* (WordNet Vocabulary Helper (Notredame)). და კიდევ: (a) *a state of things in which chance is supreme; nature that is subject to no law or is not necessarily uniform*; (b) *a state of utter confusion completely wanting in order, sequence, organization, or predictably operation*; (c) *a confused mass or agglomerate of matters or heterogeneous items that are hard to distinguish, isolate or interpret* (Webster's Third New International Dictionary). ეს არცთუ ხმაშეწყობილი დებულებანი უჩვენებენ, რომ ქაოსის ცალსახად განსაზღვრა ვერ ხერხდება. ქაოსი და წესრიგი ამჟამად კვლევის პოპულარული ობიექტია და გამოქვეყნებული შრომების დიდი რაოდენობაც ეძღვნება. ასე თუ ისე, დგინდება პირობები ქაოსიდან წესრიგის დაბადებისა. ამ პროცესს სიცოცხლის წარმოშობასა და სხვა ბიოლოგიურ

მოვლენებთან ახლო მიმართება გააჩნია. ამიტომ, ჩვენი ამოცანის მისაღწევად, აუცილებელია ქაოსის და წესრიგის შესახებ თვალსაზრისის გამოუმუშავება.

ამჟამინდელ მატერიალურ სამყაროში სრული ანუ აბსოლუტური ქაოსი თეორიულადაც კი ძნელი წარმოსადგენია. მაგალითად, რემზის (Ramsey) თეორემები უჩვენებენ, რომ არცთუ ბევრი ელემენტისგან შემდგარ სიმრავლეში ქაოსის მიღწევა პრაქტიკულად შეუძლებელია და ყოველთვის მოიძებნება რაიმე წესი, რომელიც აღწერს ელემენტების ერთმანეთთან მიმართებას (Graham et al., 1990). “ქაოტური” მოძრაობის კლასიკური მაგალითია ბროუნის მოძრაობა. სინამდვილეში, ამ მოძრაობის აღწერა სტატისტიკური ხერხებით შეიძლება და რასაც კი მახასიათებელი და პარამეტრი მოეძებნება, ის აბსოლუტურ ქაოსად ვერ ჩაითვლება.

ყველასთვის კარგად არის ცნობილი თერმოდინამიკის მეორე კანონი, რომლის მიხედვით მატერიალურ სამყაროში აბსოლუტური წესრიგის მიღწევა არ შეიძლება. იქმნება შთაბეჭდილება, რომ ქაოსის მიმართაც ასეთივე წესი მოქმედებს: მატერიალურ სამყაროში სრული ანუ აბსოლუტური ქაოსის მიღწევა ასევე ძნელია. ეს კი, ჩვენი თვალსაზრისით, მეტად მნიშვნელოვანია, რადგან სახავს მოვლენათა იმ დიაპაზონის საზღვრებს, რომელშიც სიცოცხლის ფენომენი უნდა ვეძებოთ.

ბიბლიური ტექსტის ერთ-ერთი შესაძლო გაგება, ჩვენი აზრით, ასეთია: თავიდან იყო აბსოლუტური ქაოსი, ესე იგი, არაფერი - არც ღრო, არც სივრცე და არც, საერთოდ, მატერიალური სამყარო. იყო მხოლოდ უზენაესი სული, რომლის შემოქმედების შედეგად შეიქმნა მატერიალური სამყაროს არსებობის იდეები - წესები: ღრო, სივრცე, ენერგია, მიზიდულობა, მოძრაობა და სხვ., რასაც მოჰყვა სამყაროს გაჩენა და ამ წესების მიხედვით განვითარება.

წესრიგი

რაკი სამყაროს მატერიალიზაცია მოხდა და იგი იშვა ქაოსის სახით, მაშასადამე, მასთან ერთად დაიბადა წესრიგიც, რადგანაც, როგორც ჩვენ ვვარაუდობთ, სრული ქაოსის მიღწევა მატერიალურ სამყაროში შეუძლებელია და იგი წესრიგის ელემენტს მეტ-ნაკლებად ყოველთვის შეიცავს. შემდეგ “შესაქმე” ამბობს: “*და თქუა ღმერთმან: იქმნინ ნათელი და იქმნა ნათელი. და იხილა ღმერთმან ნათელი, რამეთუ კეთილ. და განწვალა ღმერთმან შორის ნათლისა და შორის ბნელისა. და უწოდა ღმერთმან ნათელსა ღლე და ბნელსა უწოდა ღამე. და იქმნა მწუხრი და იქმნა განთიად ღლე ერთი*” (დაბ.1: 3-5). ეს სტრიქონები ბევრ ვარაუდს ბადებს. ბიოლოგიის თვალსაზრისით, სინათლე არის ენერგიის მთავარი წყარო, რომლითაც ქაოსიდან (მაღალი ენტროპიიდან) წესრიგის (დაბალი ენტროპიის) შექმნა შეიძლება. მაგრამ არანაკლები მნიშვნელობა აქვს გაყოფის აქტს. სწორად გაყოფაა წესრიგის პირველსაწყისი, გარკვეულობის შემოტანა, რომ “ეს” არის სინათლე და “ის” არის სიბნელე, ისინი განსხვავებულია. აქ ჩნდება მთელი რიგი ურთიერთდაკავშირებული კატეგორიებისა, რომლებიც პირველსაწყისი იდეების რანგში უნდა იყვნენ განხილულნი. ესენია “განსხვავება”, “გაყოფა”, რომელთაც უკავშირდება ისეთი ფუძემდებლური კატეგორიები, როგორიცაა “არჩევანი”, “კრიტერიუმი”, “წონასწორობა”, “განვითარება.” ჩვენი აზრით, სამყაროს განვითარების გზა სწორად

ამ კატეგორიებმა განსაზღვრეს. ცხადია, რომ ჩვენთვის სამყაროს წესრიგის ყველა წესი და კანონი ცნობილი არ არის და ეს მომავალი მეცნიერული კვლევის საქმეა. ჩვენი ვარაუდი ისაა, რომ “შესაქმის” მოტანილ სტრიქონებში ასახულია ამ პირველსაწყისი კანონების დაფუძნება და, რომ ამ პირველსაწყისი კანონების მოქმედებამ განსაზღვრა კოსმოსის განვითარება, დედამიწაზე სიცოცხლის გაჩენა და ცივილიზაციების წარმოშობა.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება *განსხვავებას, გაყოფასა და არჩევანს*. ეს ხდომილებანი - ქმედებანი განსაზღვრავენ, თუ რა გზით წავა განვითარება და რას მოიტანს ის. ეს კატეგორიები აფუძნებენ, რომ არსებობს საგანთა შეუთავსებელი კომბინაციები და გაყოფისა და არჩევანის შედეგად რჩება ერთი სახის კომბინაციები, მატერიალური ყოფის გარკვეული სახეები, ხოლო მათგან განსხვავებული კომბინაციები ქრება. ამიტომ იმარჯვებს წესრიგის ერთი სახე და სხვა შესაძლებელი ვარიანტები ქრებიან. ამის უკიდურესი გამოხატულებაა, მაგალითად ის, რომ არ შეიძლება მატერიალური საგანი, რაღაც ეტალონთან შედარებით, ერთდროულად ღიდიც იყოს და მცირეც. იგი ან ღიდია, ან მცირე, ან ეტალონის ტოლი. თუ რაიმე კრიტერიუმის გამო მოცემულ წესრიგს სჭირდება რომელიმე ვარიანტი - ღიდი, მცირე ან ტოლი და განსხვავებს მათ, კეთდება არჩევანი და, ამის შედეგად, ერთი ვარიანტი რჩება წესრიგის შესაბამისად, დანარჩენი ორი კი, მოცემულ შემთხვევაში, წყვეტს ასახვას - “თამაშიდან გადის”. ჩვენი აზრით, განსხვავებაზე და გაყოფაზე დამყარებული არჩევანის პრინციპი არის ერთ-ერთი პირველსაწყისი და ფუძემდებლური პრინციპი, უზენაესის მიერ მატერიალური სამყაროს განვითარებისთვის დადებული და მსოფლიო მიზიდულობისა თუ თერმოდინამიკის კანონები ამ პრინციპიდან გამომდინარე არსებობენ.

“შესაქმის პირველი დღე” (ჩვენი გაგებით, უზენაესი შემოქმედების პირველი უმთავრესი ეტაპი), ალბათ, ასე შეიძლება შევჯამდეს: შემოქმედმა განსაზღვრა მატერიალური სამყაროს გაჩენისა და განვითარების წყაროს იდეა - ენერგია. ასევე, განსაზღვრა განვითარების მთავარი წესი: განსხვავებასა და გაყოფაზე დაფუძნებული არჩევანი. სავარაუდოა აგრეთვე, რომ ამ ეტაპზევე დაიწყო ამ პირველსაწყისი იდეების მატერიალიზაციაც.

სიცოცხლის გაჩენა

“დაბადების” მიხედვით, სამყაროს შექმნის მეორე უმთავრესი ეტაპი ანუ “დღე” ასე წარმართა: “*და თქუა ღმერთმან: იქმენინ სამყარო შორის წყლისა და იყავნ განმყოფელ შორის წყლისა და წყლისა. და იქმნა ეგრეთ. და განყო ღმერთმან შორის წყლისა, რომელი იყო ქუეშე კერძო სამყაროსა და შორის წყლისა ზედა კერძო სამყაროსა. და უწოდა ღმერთმან სამყაროსა ცა და იხილა ღმერთმან, რამეთუ კეთილ. და იქმნა მწუხრი და იქმნა განთიად დღე მეორე*” (დაბ.1: 6-8). ჩვენი ვარაუდით, ეს კოსმოსის შექმნაა - “ღიდი აფეთქება”, ქაოსიდან - “წყლიდან” წესრიგის, მიზიდულობით დაკავშირებული “მყარი” სხეულების სისტემის წარმოქმნის დასაწყისი. შეიძლება ვივარაუდოთ ენერგიის გამოსხივების წყაროების გაჩენა, უზოგადესი ასტროფიზიკური კანონების ამოქმედება, სამყაროს გამრუდება დრო-სივრცის

კონტინუუმში მატერიის მიერ, როგორც შედეგი განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ციკლების შესრულებისა. შემდეგ “საღმრთო წერილში” წერია: “და თქუა ღმერთმან: შეკერბინ წყალი ქუეშე კერძო ცისა და შესაკრებელსა ერთსა, და გამოჩდინ ხმელი. და იქმნა ეგრეთ. და შეკრბა წყალი ქუეშე კერძო ცისა შესაკრებელთა მათთა. და გამოჩნდა ხმელი. და უწოდა ღმერთმან ხმელსა ქუეყანა და შესაკრებელსა წყალთა უწოდა ზღუებ. და იხილა ღმერთმან, რამეთუ კეთილ. და თქუა ღმერთმან: აღმოამორჩენ ქუეყანამან მწუანილი თივისა, მთესუელი თესლისა, ნათესაობისაებრ და მსგავსებისა და ზე ნაყოფიერი მყოფელი ნაყოფისა, რომლისა თესლი მისი მის თანა მსგავსებისაებრ ქუეყანასა ზედა. და იქმნა ეგრეთ. და გამოიღო ქუეყანამ მწუანილი თივისა, მთესუელი თესლისა ნათესაობისაებრ და მსგავსებისაებრ და ზე ნაყოფიერი, მყოფი ნაყოფისა, რომლისა თესლი მისი მის თანა ნათესაობისაებრ ქუეყანასა ზედა. და იხილა ღმერთმან, რამეთუ კეთილ. და იქმნა მწუხრი და იქმნა განთიად ღლე მესამე” (დაბ.1: 9-13). ეს სტრიქონებიც მრავალ ვარაუდს აღძრავს. ჩვენი აზრით, შემოქმედების ამ მესამე, უმთავრესი ეტაპის ძირითადი შინაარსი არის სიცოცხლის პირველი ფორმების გაჩენა ხმელეთზე. კვლავ გავიმეორებთ, რომ განვითარების ეს გზა განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ციკლებმა განაპირობეს. ამის ირიბი დასტური შეიძლება იყოს “შესაქმის” მოყვანილ სტრიქონებში და, შემდეგ, ქვემოთაც მრავალჯერ განმეორებული “და იხილა ღმერთმან, რამეთუ კეთილ”, ესე იგი, არჩევანით მიღებული შედეგი რალაც უზენაეს კრიტერიუმს აკმაყოფილებდა. ამისავე დასტურად მიგვაჩნია, რომ შესაქმის შემდგომი სტრიქონები კოსმოსს უბრუნდება: ვარსკვლავების გაჩენა, სინათლის (ჩვენი აზრით, ენერგიის) დიდ და მცირე მმართველებად - “მთავრობებად” დაყოფა - განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ციკლი უზენაესის ნებით, ალბათ მრავალჯერ განმეორდა, ვიდრე უზენაესივე კრიტერიუმებთან სრული შესაბამისობა არ იქნა მიღწეული და რაც მეოთხე “ღლეს”, ანუ შემოქმედების მეოთხე უმთავრეს ეტაპს წარმოადგენს “შესაქმეში”: “და თქუა ღმერთმან: იქმნინ მნათობნი სამყაროსა შინა ცისასა მნათობად ქუეყანისა განსაყოფელად შორის ღლისა და ღამისა. და იყუნედ სასწაულებად ღლეებად და ჟამებად და წელიწადებად. და იყუნედ განმანათლებლად სამყაროსა ცისა, რათა ჩნდეს ქუეყანასა ზედა. და იქმნა ეგრეთ. და შექმნა ღმერთმან ორნი მნათობნი ღიდნი: მნათობი ღიდი მთავრობად ღლისა. და მნათობი უმრწემესი მთავრობად ღამისა. და ვარსკულავნი. და დასხნა იგინი ღმერთმან სამყაროსა ცისასა, რათა ჩნდენ ქუეყანასა ზედა. და მთავრობდენ ღლესა და ღამესა და განწვალეზდენ შორის ნათლისა და შორის ბნელისა. და იხილა ღმერთმან ნათელი, რამეთუ კეთილ. და იქმნა მწუხრი და იქმნა განთიად ღლე იგი მეოთხე” (დაბ.1: 14-19).

შემდეგ “შესაქმე” ამბობს: “და თქუა ღმერთმან: გამოიღეთ წყალთა ქუეწარმავლები სამშენველთა ცხოველთა და მფრინველნი მფრინველნი ქუეყანასა ზედა სამყაროსაებრ ცისა. და იქმნა ეგრეთ. და შექმნა ღმერთმან ვეშაპნი ღიდნი და ყოველი სული ცხოველთა ქუეწარმავალთა, გამოიღეს წყალთა ნათესაობისაებრ მათისა ყოველი მფრინველი მფრინველნი ნათესაობისაებრ. და იხილა ღმერთმან რამეთუ კეთილ. და აკურთხნა იგინი ღმერთმან მეტყუელმან: აღორძნდით და განმრავლდით. და აღავსენით წყალნი ზღუისანი. და მფრინველნი განმრავლდენ ქუეყანასა ზედა. და იქმნა მწუხრი და იქმნა განთიად ღლე მეხუთე” (დაბ.1: 20-23). ჩვენი აზრით, ეს სტრიქონები, ალბათ, ასახავს სიცოცხლის შემდგომ განვითარებას და ასაბუთებს მისი მრავალფეროვნების აუცილებლობას, რაც ისევ უზენაესის მიერ დაფუძნებული და,

ზემოთ უკვე მრავალჯერ ნახსენებ, განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის წესს დაექვემდებარა. ამ წესის მოქმედებას ჩვენ მრავალჯერ შევხვდებით და დაუბრუნდებით.

“შესაქმის” მეექვსე უმთავრესი ეტაპის ამსახველი სტრიქონებია: “და თქუა ღმერთმან: გამოიღეთ ქუეყანამან სამშინველი ცხოველი ნათესაობისაებრ ოთხფეხთა და ქუეწარმაგალთა და მხეცთა ქუეყანისათა ნათესაობით. და იქმნა ეგრეთ. და შექმნა ღმერთმან მხეცნი ნათესაობითნი და საცხოვარნი ნათესაობით მათისა და ყოველი ქუეწარმაგალი ქუეყანასა ნათესაობისაებრ მათისა და იხილა ღმერთმა, რამეთუ კეთილ. და თქუა ღმერთმან: ვქმნეთ კაცი ხატისაებრ ჩვენისა და მსგავსისაებრ. და მთავრობდეს თევზთა ზღუისასა და მფრინველეთა ცისათა და პირუტყუთა და მხეცთა ყოველისა ქუეყანისა ყოველთა ქუეწარმაგალთა მავალთა ქუეყანასა ზედა. და შექმნა ღმერთმან კაცი სახელ თვისად და ხატად ღმერთისა შექმნა იგი, მამაკაცად და დედაკაცად ქმნა ივინი. და აკურთხა ივინი ღმერთმან მეტყუელმან: აღორძნდით და განმრავლდით. და აღავსეთ ქუეყანა და ეუფლენით მას. და მთავრობდით თევზთა ზღუისათა, და მფრინველეთა ცისათა, და ყოველთა პირუტყუთა, და ყოველთა ქუეყანასა და ყოველთა ქუეწარმაგალთა, მავალთა ქუეყანასა ზედა. და თქუა ღმერთმან: აჰა მოგცე თქუენ ყოველი თივა სათესავი მთესუელი თესლისა, რომელ არს ზედა ყოველისა ქუეყანისა. და ყოველი ხე, რომელსა აქუს თავსა შორის თვისსა ნაყოფი თესლისა სათესავი, თქუენდა იყოს საჭამელად. და ყოველთა მხეცთა ქუეყანისა და ყოველთა მფრინველთა ცისათა და ყოველისა ქუეწარმაგლისა, რომელი ვალს ქუეყანასა ზედა, რომელსა აქუს თავსა შორის თვისსა სული სიცოცხლისა, და ყოველი თივა მწუანილისა საჭამელად და იქმნა ეგრეთ. და იხილა ღმერთმან ყოველნი, რაოდენნი ქმნა. და აჰა, კეთილ ფრიად. და იყო მწუხრი და იქმნა დღე მეექვსე” (დაბ.1: 24-31). ეს სტრიქონები, ალბათ, ასახავს სიცოცხლის შემდგომი განვითარებისა და ადამიანის წარმოშობით მისი დაგვირგვინების უზენაეს იდეებს. ამის შემდეგ, “საღმრთო წერილი” ამბობს, რომ უფალმა დაისვენა. ჩვენთვის ბიბლიის ეს ადგილი წყალგამყოფია. ბიბლიის შემდეგი ტექსტი ღიად აღარ ეხება სამყაროს, სიცოცხლისა და ადამიანის წარმოშობას. ხოლო “შესაქმეში” აღწერილი უფლის მიერ სამყაროს შექმნის დასრულება და დასვენება უნდა მიაწინებდეს მატერიალური ძალების სრულ ამოქმედებას და სამყაროს “თავისთავადი” განვითარების დაწყებას. ამიერიდან უზენაესი სამყაროს განვითარების მხოლოდ კრიტიკულ მომენტებში ერევა, ხოლო სამყარო ვითარდება უზენაესის მიერ მინიჭებული ენერგიის ხარჯზე და, კვლავ და კვლავ, განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის პრინციპით ემორჩილება რა უზენაეს კრიტერიუმებს: “და იხილა ღმერთმან ყოველნი, რაოდენნი ქმნა. და აჰა, კეთილ ფრიად”!

ფაქტების ახსნა

არსებობს ერთი, ზემოთ შემუშავებული საწყისი პოზიციის, მნიშვნელოვანი ასპექტი. საქმე ეხება იმას, თუ რამდენად ერეოდა და ერევა შემოქმედი მატერიალური სამყაროს განვითარებასა და მისი მამოძრავებელი ძალების მოქმედებაში. ეს იმდენად არის მნიშვნელოვანი, რამდენადაც ფაქტების ახსნისას საჭიროა ვიცოდეთ ამოსავალი წერტილი: ესა თუ ის მოვლენა მატერიალურ სამყაროში მმართავი ბუნებრივი

კანონების მოქმედების შედეგია, თუ უზენაესის ჩარევით მომხდარი? (რასაკვირველია, სამყაროს შექმნიდან მოყოლებული, სავარაუდო ბუნებრივი კანონის მოქმედებაც უზენაესის ნებითვე გახდა შესაძლებელი. აქ, ლაპარაკია კონკრეტული მოვლენის ანალიზზე სამყაროს გაჩენის შემდეგ). ეს საკითხი დელიკატურ გადაწყვეტას მოითხოვს, რისთვისაც წინასწარი შეთანხმება საჭირო.

ჩვენთვის ამოსავალი წერტილი ისაა, რომ “შესაქმის” ექვსი დღის შემდეგ შემოქმედი მატერიალური სამყაროს განვითარებასა და, შესაბამისად ამისა, მისი მამოძრავებელი ძალების მოქმედებაში ჩვენთვის საგრძნობლად აღარ ერეოდა. ამიტომ, მოვლენათა ახსნისას ჩვენ უნდა ვიხელმძღვანელოთ რაციონალური ანალიზითა და ლოგიკით, ვიმოქმედოთ ინდუქციისა თუ დედუქციის ხერხებით და, ვეცადოთ, გონივრული ახსნა მივცეთ ჩვენთვის საინტერესო მოვლენებს. თუმცა, უნდა გვახსოვდეს, რომ ჩვენს სამყაროში აბსოლუტური კანონები არ არსებობენ. ვეცდებით, ჩვენთვის მისაწვდომი ენით განვმარტოთ ეს ჩვენი ამოსავალი წერტილი.

თანამედროვე ფილოსოფიურ შეხედულებათა შორის (თევზაძე, 1995) ჩვენთვის მისაღებია აზრი, რომ მატერიალური სამყაროს წარმოშობამდე არსებობდა აბსოლუტური ქაოსი - არაფერი (როგორც ზემოთ აღვწერეთ) - და აბსოლუტურივე წესრიგი - უზენაესის სამყარო. ამ უკანასკნელიდან, იდეების მატერიალიზაცია შესაძლებელი გახდა გარკვეული “კომპრომისის” შედეგად აბსოლუტურ ქაოსსა და აბსოლუტურ წესრიგს შორის. მატერიალურ სამყაროში ისინი თანაარსებობენ ისე, რომ საგანთა განლაგება ვერც აბსოლუტურ წესრიგს აღწევს და ვერც აბსოლუტურ ქაოსს. ამიტომ, ნებისმიერი წესრიგი შეიცავს ქაოსის ელემენტს, ესე იგი იმის ალბათობას (რაგინდ მცირე იყოს), რომ ეს წესრიგი დაირღვევა. ესაა ერთ-ერთი მიზეზი, თუ რატომ არ შეიძლება ჩვენს სამყაროში კანონი აბსოლუტური იყოს.

ასევე ატარებს დარღვევისა და/ან კატასტროფის ალბათობას ის წესრიგი, რომელშიც ადამიანი ცხოვრობს. მაგალითად, დასაშვებია დედამიწის შეჯახება რომელიმე ციურ სხეულთან და მისი კატასტროფა. იგივე შეიძლება, ალბათ, ვივარაუდოთ საზოგადოების განვითარებასა და არსებული საზოგადოებრივი წესრიგის თაობაზეც. ამ წესრიგსაც ემუქრება ქაოტური ძალებით გამოწვეული კატასტროფა (რაც არ უნდა მცირე იყოს ამის შანსი, იგი მაინც არსებობს). უზენაესის ჩარევა ჩვენს გარშემო არსებული მატერიალური სამყაროს განვითარებაში შეიძლებოდა წარმოგვედგინა, როგორც კრიტიკულ მომენტებში ამ წესრიგის გადარჩენა. თუმცა, ეს უკანასკნელი დებულება უფრო რწმენის საკითხია, ვიდრე მეცნიერებისა. გარდა ამისა, შემოქმედი მონაწილეობს ადამიანის სულიერების ჩამოყალიბებაში, რასაც “საღმრთო წერილიც” ადასტურებს და ესაა სწორად შემოქმედის ურთიერთობა მისსავე შექმნილ სამყაროსთან. მაგრამ, ადვილი შესაძმწევია, რომ უზენაესის ჩარევის შემთხვევები ცხადი ხდება სასწაულების მეოხებით. ესე იგი, უზენაესი უკიდურესად ერიდება შესაქმით დადგენილ მოვლენათა ბუნებრივი მსვლელობის დარღვევას და მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში ახდენს სასწაულებს - “ზებუნებრივ” მოვლენებს. ეს გარემოებაც, ჩვენი აზრით, იმის სასარგებლოდ მეტყველებს, რომ მეცნიერულ კვლევაში, უპირველეს ყოვლისა, რაციონალური პრინციპებით უნდა ვიხელმძღვანელოთ და ბუნებრივი და გონივრული ახსნები ვეძებოთ.

ამით ვამთავრებთ ჩვენი საწყისი პოზიციის აღწერას, თუ საიდან ვიწყებთ ბიოლოგიის საგნისა და მისი სხვა საგნებთან ურთიერთკავშირების შეცნობას.

დაბეჯითებით უნდა გავაცხადოთ, რომ ჩვენ არა გვაქვს ბიბლიური ტექსტის ინტერპრეტაციის პრეტენზია. ზემოყვანილი მსჯელობა და, ბიბლიის ტექსტზე დაყრდნობა დაგვჭირდა ჩვენი, როგორც მკვლევრის, პოზიციის მოსაძებნად, ძირითადი თემის შესახებ ჩვენეული ანალიზი და მსჯელობა მეცნიერების ფარგლებს არ სცილდება.

2. სამყაროს ერთიანობა

ჩვენი საწყისი პოზიციის წინასწარი აღწერისთვის საჭიროა სამყაროზე ზოგიერთი იმ შეხედულების დაზუსტება, რომელიც განსაზღვრავს ჩვენს მიდგომებს სხვადასხვა პრობლემებისადმი, განსაკუთრებით, ბუნებასა და სიცოცხლესთან კავშირში. ქვემოთ შევეცდებით განვმარტოთ ეს შეხედულებანი.

“შესაქმეს” უზენაესისგან, სხვებთან ერთად, კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ცნობა მოაქვს ჩვენამდე: სამყარო ერთიანია და ეს ერთიანობა უზენაესი არსებისგან, სამყაროს დაბადებიდანვე მოდის. სამყარო ერთიანია იმ აზრით, რომ მასში მოქმედებს საყოველთაო ხასიათის ზოგადი კანონები, საერთოა მატერიალურ საგანთა შემადგენლობა - ქიმიური ელემენტები და ა.შ. სამყაროს ერთიანობა კარგად არის დასაბუთებული და გააზრებული, მაგალითად, ტეიარ დე შარდენის “ადამიანის ფენომენი”-ში (Teilhard de Chardin, 1959) და ჩვენს მსოფლმხედველობას სავსებით შეესაბამება.

სამყაროს ერთიანობის ერთ-ერთი შედეგი და მისი ფუნდამენტური თვისება არის გარდამავლობა, თანდათანობითობა, გრადუალობა. მაგალითად, ქიმიურ ელემენტთა მწკრივი არის გარკვეული წესით, მაგრამ მაინც თანდათანობით მზარდი ელექტრონული ორბიტალების მიმდევრობა - სპექტრი. სიცოცხლის არსებული და გადაშენებული ფორმებიც შესაძლებელია წარმოდგენილ იქნეს როგორც მწკრივი ცოცხალი არსებების ასევე თანდათანობით გართულებული ორგანიზაციისა უმდაბლესიდან უმაღლესისაკენ. რაგინდ განსხვავებული ორი ბიოლოგიური ფორმა ავიღოთ, ყოველთვის შეიძლება მათ შორის გავაწყოთ მწკრივი, რომლის ყოველი მომდევნო წევრი, გარკვეულად, მეზობელი წევრების მსგავსია და მათს თვისებასაც იზიარებს, თუნდაც მწკრივის თავსა და ბოლოში ამ მსგავსებიდან აღარაფერი რჩებოდეს. მაგალითად, მცენარე და ცხოველი, ტრივიალური წარმოდგენით, მკვეთრად განსხვავებული ორი ფორმაა. მცენარე უძრავი და ავტოტროფულია (ესე იგი, მზის ენერგიის გამოყენებით შეუძლია არაორგანული ნივთიერებებით იკვებოს), ცხოველი კი მოძრავი და ჰეტეროტროფულია (კვებისათვის ბიომასა სჭირდება). სიცოცხლის პრიმიტიული ფორმების შესწავლამ კი აჩვენა, რომ არსებობენ მოძრავი ავტოტროფები (შოლტიანები და მათი აგრეგატები - კოლონიები), ისევე როგორც უძრავი ჰეტეროტროფები (სოკოები). გარდა ამისა, უჯრედის აგებულებისა და მეტაბოლური გზების შესწავლამ ნათელყო, რომ მცენარესა და ცხოველს გაცილებით მეტი აქვთ საერთო, ვიდრე განსხვავება. იგივეს თქმა შეიძლება ციური სხეულების კლასიფიკაციაზეც. ეკონომიკური სისტემების გართულება, რაც კაცობრიობის მთელი ისტორიის მანძილზე საფუძვლად ედო სულ უფრო და უფრო განვითარებული ცივილიზაციების არსებობას, ასევე გრადუალური და თანდათანობითია. აღარაფერს

ვიტყვიან მეცნიერული აზრის განვითარებაზე დაწყებული პრიმიტიული შეხედულებებიდან თანამედროვე ფიზიკური თეორიებით დამთავრებული. გარდამავლობის მოვლენას ჩვენ კიდევ დავუბრუნდებით, აქ კი აღვნიშნავთ, რომ ადამიანს უჭირს ამ გარდამავლობის აღქმა და მსგავსების ნაცვლად, პირველ რიგში, განსხვავებებს ეძებს.

კონსტრუქტების თეორია, რომელიც ადამიანის აზროვნებას ხსნის, სწორად ამ თავისებურებაზე, ანუ აზროვნების დიქტომიურობაზე მიუთითებს (Kelly, 1955; Osgood et al., 1978). კონსტრუქტების თეორიამ არა მარტო მეცნიერთა აღიარება, არამედ დიდი გამოყენებაც ჰპოვა ფსიქიატრიას, პედაგოგიკასა და პრაქტიკულ ფსიქოლოგიაში, ამიტომ ეს დებულებები საზოგადოდ მეცნიერებისთვის გასათვალისწინებელია. მით უმეტეს, რომ ამ თეორიის მიხედვით ადამიანის აზროვნების ალგორითმი ყველასათვის ერთია და იგი ყველაზე კარგად მეცნიერული აზროვნებით გამოიხატება. ესე იგი, ბავშვი, თუ ნებისმიერი სხვა “არამეცნიერული” პროფესიის ზრდასრული ადამიანი, სამყაროს შეიმეცნებს ისევე, როგორც მეცნიერი, განსხვავება, ალბათ, მხოლოდ ისაა, რომ მეცნიერი მაღალპროფესიულად აანალიზებს იმ მოვლენებს, რომელნიც უფრო ხშირად სხვა ადამიანების ინტერესების სფეროს სცილდება.

როგორც ითქვა, ეს პროცესი - აზროვნება - დიქტომიურია და განსხვავებებს უსვამს ხაზს, ამკვეთრებს მათ, ხოლო მსგავსება უკანა პლანზე გადააქვს. ამიტომ იოლი ხდება გრადუალობის - თანდათანობითი გარდამავლობის მხედველობიდან დაკარგვა, ხოლო ანალიზი იგება მკვეთრად დაპირისპირებულ ცნებებზე: ღამე-დღე, ნათელი-ბნელი, დადებითი-უარყოფითი, დიდი-მცირე, მძიმე-მსუბუქი და ა.შ. მაგრამ დავუბრუნდეთ “შესაქმეს”: ჯერ კიდევ დღე-ღამის მონაცვლეობის საბოლოოდ დადგენამდე, რაც მეოთხე დღეს მოხდა, დგებოდა საღამო და დგებოდა დილა. ესე იგი, როგორც კი შემოქმედმა ნათელი და ბნელი გაჰყარა, მათს შორის გარდამავლად დააწესა დილა და საღამო: ნათელს ბნელი და ბნელს ნათელი ერთბაშად როდი ცვლის, აუცილებელია თუნდაც მოკლევადიანი გარდამავალი პერიოდები - დილა და საღამო დღესა და ღამის შორის.

ამრიგად, გარდამავლობა მატერიალური სამყაროს ერთ-ერთი ძირითადი თვისებაა. მოვლენათა ანალიზისას განსხვავებების კვლევას აუცილებლად უნდა ეხამებოდეს მსგავსების კვლევა, რომ ამ მოვლენის ადგილი და მნიშვნელობა სწორად განიჭვრიტოს. მაგალითად, სამყაროს წარმოდგენა ორგვარი შეიძლება იყოს. პირველი და საყოველთაოდ გავრცელებულია დიქტომიური წარმოდგენა: სამყარო არის ან “ცოცხალი”, ან “არაცოცხალი”. ასეთი წარმოდგენა ხელს უშლის “ცოცხალსა” და “არაცოცხალს” შორის კავშირების დანახვას და აშკარად ამახინჯებს ნამდვილ სურათს. ეს, განსაკუთრებით, იგრძნობა ახლა, ეკოლოგიური შეხედულებების განვითარების, განათლებისა და მეცნიერების ეკოლოგიზაციის პერიოდში. სამყაროს დიქტომიური აღქმა აგრეთვე იწვევს უაზრო დებატებს, მაგალითად, თუ რომელ სამყაროს ეკუთვნიან ვირუსები - ცოცხალს, თუ არაცოცხალს (Broda, 1976), ან როგორია ფიზიკურ-ქიმიური ტერმინებით სიცოცხლის “ჭეშმარიტი” განსაზღვრება. მეორე წარმოდგენა გრადუალურია: მატერიალური სამყარო უნდა წარმოვიდგინოთ, როგორც ფართო სპექტრი მარტივიდან რთული მოვლენებისაკენ, სადაც არაცოცხალი ბუნების ტიპურ ნიშნებსა და ცოცხალი ბუნების ასევე ტიპურ ნიშნებთან ერთად

მოსალოდნელია გარდამავალი ფორმების არსებობაც. ამგვარი წარმოდგენა იშვიათობაა და ერთეულებს აქვთ გამოთქმული (Teilhard de Chardin, 1959). ეს სურათი არ არღვევს სამყაროს ერთიანობის შეგრძნებას, არამედ პირიქით, სამყაროში არსებულ კავშირურთიერთობებს უსვამს ხაზს და იგივე სამეცნიერო დისციპლინების ეკოლოგიზაციისათვის და, საერთოდ, დარგთაშორისი მიმართულებების განვითარებისთვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, როგორც მსოფლმხედველობას.

წინა აბზაცში შემთხვევით არ გვინხმარია სიტყვები “ეკოლოგიური” და “ეკოლოგიზაცია”. ეკოლოგია არის მეცნიერება სწორად კავშირურთიერთობათა შესახებ, როგორც ცოცხალ არსებათა შორის, ისე “ცოცხალ” და “არაცოცხალ” ბუნებას შორის. ეკოლოგიის მნიშვნელობა დღეს სავსებით ნათელია. იგი განმსაზღვრელია ადამიანის მომავალი არსებობისა - თუ როგორ გარემოში, რა რესურსებით იარსებებს მომავლის საზოგადოება. ეკოლოგიურ აზროვნებას, ასევე, უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სამყაროს სწორი სურათის დანახვისთვის. ამიტომ, ჩვენი შრომა მიგვაჩნია ეკოლოგიური განათლებისა და მეცნიერების ეკოლოგიზაციისადმი მიძღვნილ შრომად. შესაბამისად ამისა, შემდეგი ჩვენი ნაბიჯი იქნება მიმოხილვა მეცნიერების და განათლების მიმართებისა ეკოლოგიასთან, როგორც საგანთან (დისციპლინასთან), მსოფლმხედველობასა და პრაქტიკასთან.

ეკოლოგიური განათლება და მეცნიერების ინტეგრირება

თანამედროვე ეპოქა რომ მეცნიერების სწრაფი პროგრესით ხასიათდება, საყოველთაოდ ცნობილია. დაგროვდა ცოდნის უზარმაზარი მარაგი, რომლის ზრდის ტემპი დღითიდღე მატულობს. ამავე დროს, მეცნიერებაში შეინიშნება ვიწრო სპეციალობებად დიფერენცირების მეტად გამოკვეთილი ტენდენცია. სპეციალიზაცია, თავისთავად, ზრდის მეცნიერთა შრომის ეფექტს, რამდენადაც მთელ თავიანთ შესაძლებლობებს ვიწრო არეში იყენებენ და, ამიტომ, ღრმად იჭრებიან კვლევის საგანში. ეს პროცესი შეიძლება შეედაროს ადამიანს, რომელიც მიწის პლასტს თხრის. თუ იგი ფართო ფრონტით გათხრის, მაშინ მისი განათხარის სიღრმე, რასაკვირველია, არ იქნება ძალიან დიდი. თუ იგი ვიწრო ჭას გათხრის, დროის იმავე მონაკვეთში მით უფრო ღრმა განათხარის გაკეთებას შეძლებს, რაც უფრო ვიწრო დიამეტრი ექნება ჭას (რა თქმა უნდა, გარკვეულ ზღვრამდე, რომ ჭაში თხრისთვის საჭირო მოძრაობების შესრულება არ გაჭირდეს).

ამ უპირატესობასთან ერთად, სპეციალიზაციას მნიშვნელოვანი ნაკლიც აქვს: სხვადასხვა დარგის სპეციალისტთა შორის ინფორმაციის გაცვლა მეტად ძნელდება, რადგან ყველა სპეციალობაში გროვდება უამრავი ტექნიკური ტერმინი, რომელთა აზრი ამ დარგის სპეციალისტთა გარდა პრაქტიკულად არავის ესმის. ამ სტრიქონების ავტორმა საკუთარი გამოცდილებით იცის, თუ როგორი გაძნელებულია სპეციალისტთა ურთიერთგაგება. სტუდენტობის დროს, მეცნიერებით დაინტერესებულ თანაკურსელთა ჯგუფს, ერთმანეთის სავსებით გვესმოდა, როცა რაიმე მეცნიერულ პრობლემას ვიხილავდით. სადიპლომო შრომების შესრულების და წარმოდგენის დროს ერთი კათედრის სტუდენტებს კვლავ გვესმოდა ერთმანეთისა, თუმცა სხვა კათედრებზე მოსმენილი მოხსენებების აღქმა უკვე გაგვიძნელდა. ბევრი ჩვენთაგანი კვლევით

ინსტიტუტებში მოხვდა და უმრავლესობამ 4-6 წლის მანძილზე ასპირანტურის დამთავრებისას დისერტაციები წარმოადგინეს. აქ უკვე ყოფილი თანაჯგუფელების მიერ გადმოცემული ინფორმაცია, ერთი სპეციალობის ფარგლებშიც კი, გარდა ზოგიერთი ზოგადი დებულებისა, აღარ იყო გასაგები, რაც ყველამ აღიარა. ისევ ზემოთ მოყვანილი მაგალითი მოვიშველიოთ: როცა რამდენიმე მუშაკიდან თითოეული თავის ჭკას თხრის, რაც უფრო ღრმად იჭრებიან მიწის პლასტში, მით უფრო უძნელდებათ ერთმანეთთან კომუნიკაცია.

ამავე დროს, ჩვენი საუკუნე მოწმეა უდიდესი მეცნიერული მიღწევებისა, რომელნიც სწორად დისციპლინათშორისი ბარიერების გარღვევისა და სხვადასხვა სპეციალობათა კვლევის ერთ მიმართულებად ინტეგრირებამ განაპირობა. მაგალითისათვის იკმარებს თანამედროვე მედიცინისა და ბიოლოგიის მიღწევები, რაც შესაძლებელი გახდა ამ დარგებში ფიზიკური და ქიმიური ცოდნის გამოყენებით - ინტეგრირებით. არის ნაყოფიერი ინტეგრირების სხვა მაგალითებიც: მათემატიზაციამ, სტატისტიკური ანალიზის მეთოდებისა და თეორიის დანერგვამ მრავალი, აქამდე “არაზუსტი” დარგი, როგორიცაა ეკონომიკა, გეოგრაფია და სხვ., თვისობრივად ახალ საფეხურზე აიყვანა.

ცოდნისა და კვლევის ინტეგრირების უპირატესობანი აშკარაა. ინტეგრირებული ცოდნა შეიძლება გავიგოთ, როგორც დიდი ფაქტობრივი მასალის განზოგადების შედეგად მიღებული ურთიერთდაკავშირებული წესებისა და კანონების წესრიგი. ამგვარი წესრიგის შექმნა მეტად საშური საქმეა, რამდენადაც ემპირიული ცოდნის დაგროვების ტემპი აშკარად წინ უსწრებს განზოგადებით, დედუქციითა თუ რედუქციონისტული ანალიზის გზით ინტეგრირებული ცოდნის ორგანიზების ტემპს და, ამავე დროს, აბრკოლებს ამ დაგროვილი ცოდნის გამოყენებას საგანმანათლებლო მიზნებით.

მეორე დიდი ნაკლი, ცოდნისა და მეცნიერების ვიწრო სპეციალობებად დანაწევრებისა, არის ის, რომ ამით ხელი ეშლება, კვლავ და კვლავ, სამყაროს ერთიანობის აღქმას. ჭიდან, როგორც მოგეხსენებათ, ცის მხოლოდ მცირე ნაგლეჯი მოჩანს და რაგინდ კარგი ასტრონომები არ უნდა ისხდნენ ღრმად გათხრილ ჭებში, ერთმანეთთან კომუნიკაციის გარეშე მეტად გაუჭირდებოდათ ერთიანი ცის სურათის წარმოდგენა. ზოლო თუ რა დიდი მნიშვნელობა ენიჭება სამყაროს ერთიანობას, როგორც ბუნებისმეტყველების მსოფლმხედველობის საფუძველსა და მეცნიერების მთავარ ორიენტირს, უკვე ზემოთ ვისაუბრეთ. ამავე საუბრიდან გამოიკვეთა ეკოლოგიის განსაკუთრებული ადგილი მეცნიერებასა და განათლებაში, ანუ მათი “ეკოლოგიზაციის” საჭიროება. ნათელია, რომ ვიწრო სპეციალობებად დიფერენცირება ეკოლოგიზაციასაც ასევე უშლის ხელს, რამდენადაც ეკოლოგიური მსოფლმხედველობა სწორად სამყაროს ერთიანობას, კავშირურთიერთობათა სრულად აღქმას ეყრდნობა.

რამდენადაც სწორად მეცნიერება და განათლება განსაზღვრავს მომავალი საზოგადოების ჩამოყალიბებას, ამდენად, დიდი მნიშვნელობა აქვს ეკოლოგიზაციის პროცესს. ზემოთქმულიდან გამომდინარე კი, ცოდნის ინტეგრაციის გარეშე, მეცნიერების ეკოლოგიზაცია მეტად პრობლემატური ჩანს. მეორე მხრივ, ეკოლოგიური განზოგადებები და კანონები სწორად კავშირურთიერთობების დამყარებისა და მოქმედების წესებსა და პრინციპებს ასახავს, ამიტომ ეკოლოგიზაცია მეცნიერული ცოდნის ინტეგრირების სამსახურშიც უნდა იდგეს. შეიძლება ითქვას, რომ

მეცნიერული ცოდნის ინტეგრირება და მისი ეკოლოგიზაცია ერთი და იგივე პროცესი უნდა იყოს.

აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავაზუსტოთ, რომ ჩვენი შრომის მიზანი არის მეცნიერებისა და განათლების დაახლოება და ინტეგრირება მათი ეკოლოგიზაციის გზით. ამ მიზნის შესაბამისი ამოცანების დასახვისთვის, მიმოვიხილოთ მეცნიერებისა და განათლების დღევანდელი ურთიერთობანი.

ნებისმიერი საზოგადოების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი ამოცანა რომ დაგროვილი ინფორმაციის თაობიდან თაობაზე გადაცემაა, ეს ტრადიციული ჭეშმარიტება გახლავთ. განათლება, მეცნიერება და კულტურა სწორად ამ ფუნქციის შესრულებას ემსახურება. შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ სქემა, თუ როგორ მიმდინარეობს ეს პროცესი თანამედროვე საზოგადოებაში:

- მეცნიერება ადგენს ახალ ცოდნას ფაქტების შესახებ;
- თეორეტიკოსები ახდენენ ამ ცოდნის ნაწილობრივ განზოგადებასა და მოწესრიგებას;
- განათლების მუშაკები, მეთოდისტები ახდენენ ამ ცოდნის შემდგომ ორგანიზებას ისე, რომ სკოლისთვის მისაღები გახდეს და ამუშავებენ ამ ცოდნის გადაცემის ხერხებს;
- პედაგოგები მომზადებისა და დახელოვნების პროცესში ეცნობიან ამ მასალას და გადაცემის ხერხებს;
- მასწავლებლები სკოლაში ახორციელებენ ცოდნის გადაცემას;

მოსწავლეები იზრდებიან, ზოგი მათგანი თვითონვე ზდება მეცნიერი ან პედაგოგი და ასე იკრება წრე, რომლის გამართულ ბრუნვაზე არის დამოკიდებული საზოგადოების მომავალი. ფილოსოფოსები, ფსიქოლოგები, სოციოლოგები აკვირდებიან ამ პროცესს ყველა ეტაპზე და ანვითარებენ თეორიებს სამყაროზე ადამიანის წარმოდგენების შესახებ, უკეთეს შემთხვევაში კი, თავის მხრივ, გავლენას ახდენენ ზემოთ აღწერილი ჯაჭვის სხვადასხვა საფეხურის მუშაობაზე.

ცენტრალური ადგილი ამ სქემაში, მაინც ცოდნის განზოგადება-ორგანიზების ეტაპს უჭირავს, რომელზედაც თეორეტიკოსების - მეცნიერების, პედაგოგებისა და ფილოსოფოსების წვლილი ყველაზე მეტ ეფექტს მოიტანდა. უკვე ნახსენები პრობლემების გამო, რასაც მეცნიერების ვიწრო სპეციალობებად დანაწევრება განაპირობებს, ამ ეტაპზე, ჩვენი აზრით, სერიოზული შეფერხება იგრძნობა. მეცნიერებისა და განათლების ეკოლოგიზაციისთვის, პირველ რიგში, სწორად ეს ეტაპია განმსაზღვრელი. ამიტომ უნდა მოიძებნოს გზები ვიწრო სპეციალიზაციის თანამდევი პრობლემების დასაძლევად. ჩვენი შრომის შემდეგი განყოფილება სწორად ამ ამოცანას ეძღვნება.

საკომუნიკაციო ენა

როგორ შეიძლება სპეციალისტების ამოყვანა მათ მიერ გათხრილი ღრმა “ჭებიდან” ისე, რომ ინფორმაციული ბარიერები გაირღვეს? საამისოდ, ყველაზე თვალნათელ და მარტივ საშუალებად მოჩანს საგანგებო საკომუნიკაციო ენის შემუშავება, რომელიც ყველასთვის საერთო იქნებოდა. ამით გაადვილდებოდა

სპეციალისტების მიერ მიღებული შედეგების გაზიარება. მით უმეტეს, რომ ასეთი უნივერსალური ენა არსებობს. მხედველობაში გვაქვს სისტემების ზოგადი თეორია (კიბერნეტიკა, ხელოვნური ინტელექტის ენა). ეს თეორია კარგა ხანია არსებობს და კაცს შეიძლება დაებადოს კითხვა, აქამდე რატომ ვერ მოხერხდა დისციპლინათშორისი ურთიერთობების მოგვარება მის საფუძველზე.

საქმე ისაა, რომ სისტემების ზოგადი თეორიის განვითარებამ, სინამდვილეში, დიდად შეუწყო ხელი მათემატიზაციას, მოდელირებისა და სისტემური ანალიზის დანერგვას ბევრ დისციპლინაში. მაგალითად, ამ თეორიას დიდი წვლილი მიუძღვის მედიცინის, ტექნიკის, ეკოლოგიის, მართვის, ეკონომიკის წინსვლაში. მაშინ კითხვა ასეთია: ხომ არ შეიძლება მეტი მიღწევების მოწმენი გავმზადარიყავით, კიბერნეტიკა რომ უფრო სწრაფად გავრცელებულიყო? მეცნიერების, ასე ვთქვათ, “გლობალურ კიბერნეტიზაციას” მართლაც ელოება სხვადასხვა სახის დაბრკოლებები. უპირველეს ყოვლისა, სისტემების ზოგადი თეორია და საკუთრივ კიბერნეტიკა, თვით არის დამოუკიდებელი დისციპლინა. ყველა სხვა დარგის სპეციალისტთა მიერ ამ ცალკე დისციპლინის დამატებითი შესწავლა და გამოყენება იოლი საქმე არა ჩანს. მეორე “სუსტი მხარე” სისტემების ზოგადი თეორიის გამოყენებისა სხვა ნებისმიერი დისციპლინის “საერთო საკომუნიკაციო ენაზე ასამეტყველებლად” ისაა, რომ მოცემული დისციპლინის ძირითადი იდეების ფორმალიზება ხდება, ამ სიტყვის პირდაპირი მნიშვნელობით. ესაა ერთი ენის მეორით შეცვლა, რაც ზღუდავს ამ დისციპლინის პარადიგმების, აქსიომებისა და პოსტულატების შინაარსის გააზრებას, სუსტად იკვეთება დამოკიდებულება სხვა დისციპლინების ძირითად იდეებთან, ღიად არ წარმოჩინდება მოცემული დარგის ადგილი სამყაროს შემსწავლელ სხვა მეცნიერებათა სპექტრში. მაგალითისათვის შეიძლება ავიღოთ მოდელების გამოყენება ბიოლოგიაში.

მოდელები, ალბათ, მეცნიერების არც ერთ დარგში არ არის ისე პოპულარული, როგორც თანამედროვე ბიოლოგიაში. მაგრამ, თვით ამ მიმართულების სპეციალისტთა აღიარებით, მიუხედავად რთული მათემატიკური მეთოდების გამოყენებისა, ეს მოდელები იშვიათად სცილდება ფორმალურ ან მხოლოდ საილუსტრაციო აღწერებს და, უკეთეს შემთხვევაში, ტრივიალური ამოცანების გადაწყვეტას ემსახურება (Maddox, 1993). ეს მოდელები აღწერენ საკვლევი ობიექტის ქცევას, ევოლუციას, დინამიკას, უფრო იშვიათად - სტრუქტურასა და ფუნქციას, მაგრამ მოვლენათა მექანიზმის ამხსნელი მოდელები საკმაოდ ცოტაა. ალბათ, ამგვარი მოჭარბებული ფორმალიზმის გამო, მოდელებმა ვერ მიანიჭეს თეორიულ ბიოლოგიას განვითარების ისეთი ძლიერი ბიძგი, როგორსაც მეცნიერები ელოდნენ ბოლო 20-30 წლის მანძილზე. ამის მიზეზი უნდა იყოს ის, რომ სისტემების ზოგადი თეორიის გამოყენება ხდება საკმაოდ სწორხაზოვნად და პირდაპირ ფორმალიზებაზეა მიმართული. ამავე დროს, ნაკლები ყურადღება ექცევა რედუქციონისტულ მიდგომას. რა თქმა უნდა, რედუქციონისტული ანალიზი უპირატესად ინტუიციური პროცესია და მისი ფორმალიზება ყოველთვის არაა შესაძლებელი, მაგრამ ჯერ-ჯერობით მოვლენათა შინაგანი მექანიზმების გამოვლენის სხვა ხერხები არ ჩანს. ამიტომ, უკეთესი შედეგების მისაღწევად უფრო იმედის მომცემი ჩანს წმინდა “პოლისტური” სისტემური კვლევის წინ რედუქციონისტული ანალიზის წამმდგარება, თუნდაც ეს ბევრად იყოს დამოკიდებული მკვლევრის

ინტუიციაზე. რასაკვირველია, ეს ყველაფერი ისევე შეეხება მეცნიერების ყველა სხვა დარგს, როგორც ბიოლოგიას.

თუ დისციპლინათშორისი ურთიერთობების განვითარება გვინდა, უნდა გავითვალისწინოთ როგორც ეს უკანასკნელი, ისე ზემოთ წარმოჩენილი სხვა გარემოებებიც, რომელნიც მეცნიერების განვითარების დღევანდელ მდგომარეობას ასახავს. ამავე გარემოებათაგან გამომდინარე, ალბათ, სასარგებლო იქნებოდა წინასწარ შეგვეფასებინა ის კრიტერიუმები, რომელსაც საერთო საკომუნიკაციო ენა უნდა აკმაყოფილებდეს.

უპირველეს ყოვლისა, ეს ენა უნდა იყოს ორიენტირებული მატერიალურ საგანთა და მოვლენათა მსგავსების ანალიზისკენ და არა მათს შორის განსხვავებათა ძიებისკენ, რათა სამყაროს ერთიანობა უფრო თვალსაჩინო, ზოლო საგანთა და მოვლენათა ურთიერთკავშირი უფრო გამოკვეთილი იყოს.

მეორე მნიშვნელოვანი ასპექტია რედუქციონისტულ ანალიზზე დაყრდნობა და ფორმალიზაციის უკანა პლანზე გადაწევა. ამას ორი უპირატესობა შეიძლება ახლდეს: ფორმალური აპარატის გამოყენება არც ისე გავრცელებულია, რაც შემაკავებელი ფაქტორი იქნებოდა მეცნიერთა მიერ საკომუნიკაციო ენის გამოყენებისას. გარდა ამისა და ეს უფრო მთავარია, რედუქციონისტული ანალიზი იდეათა სინთეზის, სხვადასხვა მეცნიერებათა პარადიგმების ერთმანეთთან დაკავშირებისა და შედარების საშუალებას იძლევა. ამით ჩნდება შანსი, რომ შეიქმნას არა მარტო საკომუნიკაციო ენა, არამედ ძლიერი იდეა-ორგანიზატორი, რომელიც მატერიალური სამყაროს არსებობის უზოგადეს კანონებსა და პრინციპებს ასახავს.

მესამე კრიტერიუმი - ეს თვით საკომუნიკაციო ენის ქმედითობაა, რომელიც, მაგალითად, გულისხმობს, რომ თუ მოხერხდება იდეა-ორგანიზატორის ფორმულირება, ეს უნდა მოხდეს ამავე საკომუნიკაციო ენის ტერმინებში.

მეოთხე კრიტერიუმი წინამდებარედან გამომდინარეობს: საკომუნიკაციო ენა უნდა შეიცავდეს ტერმინების მინიმალურ რაოდენობას, რომ გაადვილდეს მისი გამოყენება ნებისმიერი დარგის სპეციალისტის მიერ, შესაბამისად, ეს ენა უნდა იყოს მარტივი, საღ აზრზე დაყრდნობილი და მაქსიმალურად დაახლოებული იმ ბუნებრივ ენასთან, რომელზეც სხვადასხვა მეცნიერების წარმომადგენლები ერთმანეთში საუბრობენ.

მეხუთე კრიტერიუმის მიხედვით ფაქტების მშრალ კონსტანტირებას უნდა შეესაბამებოდეს იდეებისა და მექანიზმების აღწერის ხატოვანი გადმოცემის ხერხები, უფრო მეტიც, ხატოვანი ახსნა უხვად უნდა გამოიყენებოდეს, როგორც იდეების აღწერის ანდა წარმოდგენის შეუზღუდავი საშუალება.

თავისთავად ცხადია, რომ ასეთი ენა არ შეიძლება შეიქმნას ერთი ავტორის ან ავტორთა თუნდაც დიდი ჯგუფის მიერ, ვთქვათ ისე, როგორც ჩამოყალიბდა ბოტანიკური, ზოოლოგიური, ბიოქიმიური და სხვა ნომენკლატურები. თუ მოხერხდა გამაერთიანებელი იდეა-ორგანიზატორის ფორმულირება, შემდეგ თვით ამ იდეის საფუძველზე მეცნიერთა ურთიერთობის შედეგად შეიძლება მოხდეს საერთო საკომუნიკაციო ენის დამკვიდრება და მისი ტრადიციების შექმნა.

გადავდგათ პირველი საცდელი ნაბიჯები ამ მიმართულებით იმ იმედით, რომ თუნდაც ისინი ერთბაშად შედეგიანი არც აღმოჩნდეს, მაინც ეს გარკვეული

გამოცდილება იქნება მეცნიერების ინტეგრირებისკენ მიმართული მუშაობისა, რომელსაც მომდევნო და უფრო წარმატებული მცდელობები გაიზიარებენ.

3. სისტემები

მეცნიერების ინტეგრირებისათვის საკომუნიკაციო ენის ძიების უპირველესი ნაბიჯი, ალბათ, უკვე არსებული შესაძლებლობების და რესურსების გამოვლენაა. წინა თავში უკვე ითქვა, რომ უნივერსალური ენა მატერიალური საგნების და მოვლენების აღწერისა და ფორმალური წარმოდგენისა უკვე არსებობს და საკმაო გამოცდილებაც არის დაგროვილი. ამ ენის, ანუ სისტემების ზოგადი თეორიის ტრანსფორმაცია ისე, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი კრიტერიუმები დააკმაყოფილოს, ალბათ, სწორი გზა იქნება დასახული ამოცანის შესასრულებლად. ოღონდ, როგორ უნდა მივაღწიოთ ამას? ჩვენი აზრით, სისტემების ზოგად თეორიას საკმაოდ აქვს რეზერვები, რომ სხვადასხვა გზით განვითარდეს. საქმე ისაა, რომ როგორც კი განვითარების “მიმართულება” დადგინდება, იქვე იგულისხმება, რომ მეტ-ნაკლებ სპეციალიზირებას აქვს ადგილი. ხოლო, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, სპეციალიზირებული ენა არის სწორად ის ინფორმაციული ბარიერი, რომელიც ინტეგრირებას აბრკოლებს. ამიტომ, თუ სისტემების თეორიას სასტარტო პოზიციად მივიღებთ, მაშინ უნდა ვეცადოთ მისი პარადიგმების, ძირითადი იდეების გამოყენებას, რომელთა საფუძველზე აიგოს სისტემების ზოგადი თეორიის, კიბერნეტიკის, ხელოვნური ინტელექტის თეორიის შენობები და ავარიდოთ თავი ამ იდეების შემდგომ განვითარებას სხვადასხვა მიმართულებით, ესე იგი, სპეციალიზირებულ გამოყენებას.

ცენტრალური იდეა სისტემების ზოგადი თეორიისა არის თვით სისტემის ცნება. ამ ცნების განმარტება თუ სისტემის განსაზღვრება მრავალგვარია. აი, მაგალითები: 1. გარკვეული წერსრივი, რაც დაფუძნებულია რისამე ნაწილების გეგმაზომიერ განლაგებასა და ურთიერთკავშირზე. 2. ერთობლიობა პრინციპებისა, რომლებიც რაიმე მოძღვრების საფუძველს წარმოადგენს. 3. დაჯგუფება, კლასიფიკაცია, მაგალითად ლინეს ბოტანიკური სისტემა. 4. სტრუქტურა, მთლიანობა, რომელიც შედგება ერთმანეთთან კანონზომიერად დაკავშირებული ნაწილებისგან, მაგალითად, მზის სისტემა, ნერვული სისტემა. 5. საზოგადოებრივი წყობილების ფორმა, მაგალითად, სოციალისტური სისტემა, კაპიტალისტური სისტემა, სახელმწიფოებრივი სისტემა. 6. რისამე მოწყობის, ორგანიზაციის ფორმა, წესი, მაგალითად, საარჩევნო სისტემა. 7. ორგანიზაციულად გაერთიანებულ წარმოებათა, დაწესებულებათა ერთობლიობა (მჭაბაშვილი, უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბილისი, “განათლება”, 1989). კიდევ: 3. თანმიმდევრულად გატარებული მეთოდი, წესები, რომელთა მიხედვით ხდება რამე - აღზრდის სისტემა, საარჩევნო სისტემა. ... 6. ტექნიკური მოწყობილობა, კონსტრუქცია - ახალი სისტემის თვითმფრინავი (ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისი, “მეცნიერება”, 1986). სისტემის განსაზღვრებანი ამით არ ამოიწურება და სხვა ლექსიკონებსა თუ ენციკლოპედიებში კიდევ მეტი დეფინიციების ნახვა შეიძლება. დაინტერესებულ მკითხველს თვითონვე შეუძლია გაეცნოს მათ. ამ დეფინიციებიდან ჩვენთვის საინტერესო ორი ასპექტი იკვეთება. პირველი: რა სფეროსაც არ უნდა მიეკუთვნებოდეს მოყვანილი

განსაზღვრება, ყოველთვის ლაპარაკია მთელისა და ნაწილების ურთიერთობაზე. მთავარი აზრი ისაა, რომ ნაწილები ქმნიან მთლიანობას, ერთობას და ეს ერთობა მიიღწევა არა უბრალოდ ნაწილების თავმოყრით, არამედ დროსა და სივრცეში გარკვეული წესრიგის მიხედვით მოწყობილი ურთიერთობებით ამ ნაწილებს შორის. მეორე ასპექტი ისაა, რომ სისტემა, ამგვარად გაგებული, შეიძლება უნივერსალურად იქნეს გამოყენებული კვლევის ნებისმიერ სფეროში. ამასთან დაკავშირებით, წარმოჩინდება რამდენიმე საგულისხმო გარემოება.

პირველი: ჩვენ გვჯერა, რომ სამყარო მთლიანობაა, ერთიანია და მის ნაწილებს შორის ურთიერთკავშირები არსებობს, რაც განაპირობებს კიდევ ამ ერთიანობას. ამიტომ, ნამდვილი და ჭეშმარიტი სისტემა - ეს თვით უნივერსუმი, ანუ სამყაროა. ნებისმიერი სხვა სისტემა, რომელსაც ადამიანი წარმოიდგენს, არის წარმოსახვითი და პირობითი, იმ დაშვებით მიღებული, რომ ის, რასაც მოცემულ შემთხვევაში სისტემას ვუწოდებთ, არის სიმრავლე იმ ელემენტებისა (ნაწილებისა), რომლებიც ერთმანეთთან შესამჩნევად უფრო მჭიდრო ურთიერთკავშირში იმყოფებიან, ვიდრე ამ სიმრავლის განხილვისას ჩვენს თვალისწიერში მოხვედრილი სხვა ელემენტები - მატერიალური სამყაროს ის ნაწილები, რომელსაც გარემოს უწოდებენ. მაგალითად, დედამიწა, როგორც პლანეტა, შეიძლება განხილულ იქნეს როგორც სისტემა ურთიერთდაკავშირებული ნაწილებისა, როგორიცაა ჰაერი - ატმოსფერო, წყლები - მდინარეები, ზღვები, ტბები და ოკეანეები ანუ ჰიდროსფერო და ხმელეთი - ლითოსფერო, ხოლო მის გარშემო არსებული ციური სხეულები და კოსმოსი (მზისა და მთვარის გარდა, რომლებთანაც დედამიწა აშკარად უფრო მჭიდროდაა დაკავშირებული მიზიდულობით, ვიდრე სხვა პლანეტებსა და ვარსკვლავებთან), გარემოს წარმოადგენს, ანუ სამყაროს იმ ნაწილებს, რომლებიც დედამიწასთან ნაკლებადაა დაკავშირებული.

მეორე საგულისხმო გარემოება სწორად გარემოს ცნებას უკავშირდება. უნდა ითქვას, რომ გარემოსგან სრულიად იზოლირებული სისტემის წარმოდგენა მხოლოდ თეორიულად შეიძლება. სინამდვილეში, სისტემა აუცილებლად უნდა ითვალისწინებდეს კავშირურთიერთობებს გარემოს ელემენტებთან. ჩვენი აზრით, ეს გარემოება ხშირად ხვდება ხოლმე მეორე პლანზე, რაც, ალბათ, გამოწვეულია მოვლენათა ანალიზში დიქტომიური ტენდენციებით. ამ გარემოების საილუსტრაციო მაგალითად შეიძლება ორგანიზმის მოყვანა. ორგანიზმი სისტემის ერთ-ერთი კლასიკური მაგალითია, რომელშიც გამოკვეთილად ჩანს ნაწილების (ორგანოების, ქსოვილების, უჯრედების) მჭიდრო ურთიერთობა, რაც მთლიან ორგანიზმს ქმნის. ამავე დროს, ხშირად, ნაკლები ყურადღება ექცევა იმ ვითარებას, რომ ორგანიზმი არანაკლებ მჭიდრო კავშირშია გარემოსთან და მისგან იზოლირება სიკვდილის ტოლფასია. ამიტომ ჭეშმარიტებასთან უფრო ახლო იქნება იმის თქმა, რომ ორგანიზმი არის არა სისტემა, არამედ ქვესისტემა, ან სტრუქტურა (ამ ტერმინს ქვემოთ განვიხილავთ) სისტემისა, რომელსაც ორგანიზმი და გარემო ქმნიან. ცხადია, გარემოს დაკონკრეტება სჭირდება: ეს იმ მატერიალურ, ცოცხალ და არაცოცხალ საგანთა ერთობლიობაა (ჰაერი, მიწა, წყალი, მეზობელი ორგანიზმები...), რომელშიც ეს ორგანიზმი ბინადრობს.

მესამე საგულისხმო გარემოება თვით სისტემის არსებობის წესს შეეხება. როგორც ითქვა, სისტემის მთლიანობა იქმნება გარკვეული წესრიგით, რომელიც არსებობს ნაწილებს შორის ურთიერთობებში. ამ წესრიგს ზოგადად შეიძლება

ეწოდოს სტრუქტურა. ამდენად, სტრუქტურა, ანუ აგებულება, არის ნებისმიერი სისტემის საფუძველი. ამიტომაც, ამ ტერმინის დეფინიციებიც საკმაოდ მრავალფეროვანია: 1. რისაზე შემადგენელი ნაწილების ურთიერთმიმართება - აგებულება, წყობა, აღნაგობა (ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისი, "მეცნიერება", 1986) კიდევ: ობიექტის მყარი კავშირების ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს ობიექტის მთლიანობასა და თავისთავის მიმართ იგივეობას, მისი ძირითადი თვისებების შენარჩუნებას სხვადასხვა გარეგანი და შინაგანი ცვლილებების დროს... (ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია). სტრუქტურის ამ დეფინიციებში საერთო არის კვლავ და კვლავ ის, რომ ესაა წესრიგი, რომელსაც ემორჩილება ელემენტების ურთიერთობა, იქნება ეს შენობაში მისი ელემენტების (ბლოკების) შეკავშირების წესრიგი თუ ცოცხალი ორგანიზმის აღნაგობა ან ელექტრულ სქემაში დეტალების ელექტროდენით დაკავშირების წესი დროსა და სივრცეში.

მეოთხე საგულისხმო გარემოება არის ის, რომ ამ წესრიგისთვის საჭირო აგებულების - სტრუქტურის ქონა შეიძლება არ აღმოჩნდეს საკმარისი სისტემის არსებობისთვის. ამისათვის საჭიროა სისტემის ნაწილების მიერ ფუნქციების შესრულება. ფუნქციის ცნებაც საკმაოდ ცნობილია და მისი განსაზღვრებების ნახვა მრავალ ლექსიკონსა თუ ენციკლოპედიაში შეიძლება. მაგალითად: 1. შესასრულებელი საქმე, სამოქმედო საგანი, მოვალეობა, როლი, მნიშვნელობა, დანიშნულება, ფუნქციების დანაწილება. 2. ორგანიზმის ან სხეულის რომელიმე ორგანოს სპეციფიკური მოქმედება - სხეულის ამა თუ იმ ორგანოს დანიშნულება - ძვლის ფუნქცია ორგანიზმში, სანერწყვე ჯირკვლების ფუნქცია. აღნაგობა (ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისი, "მეცნიერება", 1986) კიდევ: 1. შესასრულებელი საქმე, მოვალეობა. 2. როლი, მნიშვნელობა, დანიშნულება. 3. (ბიოლ.) ორგანიზმის ან რომელიმე ორგანოს სპეციფიკური მოქმედება. 4. (მათემ.) ცვლადი სიდიდე, რომლის მნიშვნელობანი დამოკიდებულია სხვა ცვლადი სიდიდის მნიშვნელობებზე და შეესაბამება მათ. 5. მოვლენა, რომელიც მეორე მოვლენაზეა დამოკიდებული და იცვლება ამ მოვლენის ცვლილებასთან ერთად (მჭაბაშვილი, უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბილისი, "განათლება", 1989). ფუნქციის ამ დეფინიციებში საერთო ისაა, რომ ფუნქცია - ესაა ქმედება, რომლის შესრულება ამა თუ იმ ელემენტის მიერ (მაგალითად, ორგანოს მიერ ორგანიზმში) საჭირო და აუცილებელია, რომ სისტემის არსებობა შენარჩუნებულ იქნეს (თუმცა ეს იდეა არცთუ ცხადად ჩანს მოყვანილ დეფინიციებში).

მეხუთე საგულისხმო გარემოება უკავშირდება თვით სისტემის წარმოქმნას, სტრუქტურის ჩამოყალიბებასა და ელემენტებისთვის ფუნქციების მინიჭებას. საბჭოთა პერიოდის სამეცნიერო ლიტერატურაში ხშირად შეხვდებით ტერმინს "სტრუქტურულ-ფუნქციური ორგანიზაცია". ჩვენი აზრით, ესაა მაგალითი ტერმინისა, რომლის ხმარებასაც შეიძლება ავარიდოთ თავი იმ მოტივით, რომ დაკმაყოფილდეს კრიტერიუმი ტერმინების მინიმალურ რაოდენობამდე დაყვანის მოთხოვნით (იხილე წინა თავი). სიტყვა "ორგანიზაცია", ფართო გაგებით აღებული, ფარავს ამ ტერმინის შინაარსს და ალბათ სავსებით იკმარებს მისი გამოყენება იმ იდეების გამოსახატად, რასაც "სტრუქტურულ-ფუნქციური ორგანიზაცია" ეწოდება. "ორგანიზაცია" ლექსიკონების მიხედვით შემდეგნაირად განიმარტება: 1. სისტემაში მოყვანა; მოწესრიგება; მოწყობა (ამ მნიშვნელობით იხმარება, აგრეთვე, ორგანიზება)... 3.

აგებულება, შემადგენელ ნაწილთა განლაგება და ურთიერთმიმართება (მჭაბაშვილი, უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბილისი, “განათლება”, 1989; ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია). ორგანიზებული: ...2. გვემაზომიერი; მოწესრიგებული (ქართული ენის განმარტებითი ლექსიკონი, თბილისი, “მეცნიერება”, 1986). ორგანიზების (ორგანიზაციის წარმოქმნის) ამ დეფინიციების საერთო აზრი არის ინტეგრირება, მთლიანობის, ერთიანობის მიღწევა.

დაკემაყოფილდეთ, ჯერ-ჯერობით, სისტემების თეორიის ამ ძირითადი ცნებებით და უკვე ვცადოთ მათი გამოყენება ანალიზის იარაღად, რათა შეგვექმნას გარკვეული აზრი, თუ როგორი სისტემების სახით შეიძლება მოგვევლინოს მატერიალური სამყარო.

კონგლომერატიდან სისტემამდე

სიტყვები: “სისტემა”, “სტრუქტურა”, “ფუნქცია” და “ორგანიზაცია” იმდენად გავრცელებულია, რომ ისინი ჩვეულებრივი სასაუბრო ენის ნაწილებად იქცნენ. მოსაუბრე, რომელიც არასოდეს გასცნობია ამ ტერმინების “მეცნიერულ” დეფინიციებს, მაინც მეტ-ნაკლებად სწორად საზღვრავს მათს შინაარსს, რამდენადაც, როგორც წესი, საუბარი ცნობილ ობიექტებს ეხება, რომელთა ორგანიზაცია, აგებულება და ნაწილების ფუნქციები, ასე თუ ისე, ცნობილია. ასეთი შემთხვევებისგან განსხვავებით, როცა მეცნიერი საკვლევ ობიექტს განიხილავს, როგორც სისტემას, წინასწარ არასდროს არაა დანამდვილებით ცნობილი, არის თუ არა ელემენტთა სიმრავლე, რომელიც კვლევის ობიექტს შეადგენს, საკმარისად ორგანიზებული ისე, რომ რეალურად შექმნას სისტემა. კვლევის პროცესი ხშირად სწორად იმაში მდგომარეობს, რომ დადგინდეს, საკვლევი ობიექტი, როგორც ელემენტთა სიმრავლე, სისტემაა თუ არა და თუ არის, მაშინ რა სახის სისტემასთან გვაქვს საქმე. აქ კიდევ ერთი ტერმინის დამატება მოგვიწევს: თუ ელემენტთა სიმრავლე, რაიმე ნიშნის მიხედვით ჰიპოთეტურად სისტემად მიჩნეული, არ აღმოჩნდება იმდენად ორგანიზებული, რომ სისტემა წარმოქმნას, მაშ რასთან გვაქვს საქმე? ჩვეულებრივ ასეთი არაორგანიზებული, შემთხვევით ან შერჩევის გარეშე თავმოყრილი ელემენტების სიმრავლეს კონგლომერატს უწოდებენ. ამ ტერმინსაც რამდენიმენაირი დეფინიცია გააჩნია: 1. სხვადასხვაგვარი ნაწილების ან საგნების (აგრეთვე მსჯელობათა, ცნებათა) მექანიკური, შემთხვევითი შეერთება. 2. (გეოლ.) ნალექი ქანი, რომელიც შედგება თიხით, კირით და მისთანებით შეკავშირებული კენჭებისა და ქვებისგან (მჭაბაშვილი, უცხო სიტყვათა ლექსიკონი, თბილისი, “განათლება”, 1989). კიდევ: სხვადასხვაგვარი რამის (საგნების, მათი ნაწილების, ცნებების, მსჯელობების და სხვ.) მექანიკური შენაერთი, უწესრიგო გროვა, ნარევი (ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია). შეიძლება ითქვას, რომ მთავარი აზრით კონგლომერატი არის ერთად თავმოყრილი ელემენტების ნაკრები, რომელთაც ერთმანეთთან რაიმე საერთო წესი არ აკავშირებთ. აქ არ შეიძლება არ გაგვახსენდეს წინა თავებში განხილული ურთიერთობა ქაოსსა და წესრიგს შორის. მატერიალურ საგანთა ურთიერთობებიც, კონგლომერატიდან სისტემამდე, ეჭვი არ არის, რომ იმავე ფუნდამენტურ პრინციპს ემორჩილება. ეს იმას ნიშნავს, რომ დასაშვებია კონგლომერატიც და სისტემაც ერთი და იგივე

ელემენტებისგან შედგებოდა (და იმავე პროპორციით), მაგრამ კონგლომერატს არ გააჩნდეს ორგანიზაცია ამ ელემენტებისა ისე, რომ მათ კოორდინირებულად შეასრულონ ფუნქციები და ამით მთლიანი, ერთიანი სისტემა წარმოქმნან.

გარდა ამისა, ეჭვი არ არის, რომ თუ სამყაროში გრადუალობა, თანდათანობითობა, გარდამავლობა წესია, მაშინ სისტემებიც, რომლებიც სამყაროს ასახვას წარმოადგენენ, ამ წესს უნდა დაემორჩილონ. უნდა არსებობდეს სისტემების სპექტრი, რომელთა წარმომადგენლებსაც ახასიათებთ განსხვავებებიც და მსგავსებაც, ისე, რომ სპექტრის ერთი ბოლოდან მეორემდე გადასვლები გრადუალური იყოს. ასევე, გრადუალურად შეიძლება წარმოვიდგინოთ ორგანიზაციის განვითარება და კონგლომერატის სისტემად გადაქცევა. ეს იმას ნიშნავს, რომ არსებობენ დაბალორგანიზებული და მაღალორგანიზებული სისტემები. უფრო სწორად, შეიძლება ელემენტების მოცემული სიმრავლე წარმოადგენდეს კონგლომერატს, მაგრამ მასში იყოს “ორგანიზებულობის კერები” - ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების სტრუქტურები, “ჩაფლული” არაორგანიზებული ელემენტების გარემოცვაში, როგორც კუნძულები ზღვაში. ისიც კი შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ სიმრავლის ელემენტთა შორის კავშირურთიერთობათა აღმოჩენილი რაოდენობის შეფარდება კავშირურთიერთობათა თეორიულად არსებულ რაოდენობასთან უნდა აჩვენებდეს სიმრავლის ორგანიზაციის ხარისხს (დამატება 1). საერთოდ კი, განასხვავებენ ფიზიკურ და სტატისტიკურ სისტემებს. ფიზიკურს უწოდებენ სისტემას, რომელშიც ელემენტებს შორის სტრუქტურული კავშირები ცხადად ჩანს და ეს მისი სტრუქტურა გარემოსგანაც აშკარად განირჩევა. ფიზიკური სისტემის ნათელი მაგალითია იგივე ორგანიზმი. სხვა მაგალითების მოყვანაც უხვად შეიძლება: ფიზიკური სისტემაა ზიდი, რომლის ელემენტები გარკვეულ სტრუქტურას ქმნიან, გარემოსგან აშკარად გამოირჩეულს. ასევე, ფიზიკური სისტემაა ძრავი, რომლის ნაწილების ურთიერთკავშირი და კოორდინირებული მოქმედება, ისევე როგორც გარემოსგან მკვეთრი გამოცალკევება, ნათელია. ფიზიკური სისტემაა ჰიდროლოგიური ქსელი ანუ მდინარეთა ურთიერთდაკავშირებული კალაპოტების სტრუქტურა. სტატისტიკურ სისტემაში ელემენტთა კავშირურთიერთობების დაფიქსირება, ანუ სტრუქტურის აღმოჩენა, ისევე როგორც გარემოსგან მისი გამოცალკევება არცთუ იოლია და კვლევის საგანგებო მეთოდებს მოითხოვს. როცა ამ პროცედურების შემდეგ გაირკვევა, რომ ელემენტებს შორის კავშირურთიერთობები გარკვეული სახით არსებობს და თითოეულ ელემენტს ერთი კავშირი მაინც აქვს დამყარებული ამავე სიმრავლის სხვა რომელიმე ელემენტთან, მაშინ სახეზეა სტატისტიკური სისტემა. სტატისტიკური სისტემის მაგალითია ეკოსისტემა, რომლის ელემენტებს შორის კავშირების დანახვა საგანგებო დაკვირვებების გარეშე ძნელია. თუკი სიმრავლეში აღმოჩნდება ელემენტი, რომელიც არც ერთ სხვა ელემენტს არ უკავშირდება, ან გამოვლინდება ურთიერთდაკავშირებულ ელემენტთა რამდენიმე ჯგუფი, ამ ჯგუფებს შორის კავშირების გარეშე, მაშინ კონგლომერატთან გვქონია საქმე.

ჩვენ, თითქოს, საკმაოდ მკვეთრად გავავლეთ ხაზი კონგლომერატსა და სისტემას შორის და, თითქოს, ასევე ნათელია სხვაობა ფიზიკურ და სტატისტიკურ სისტემებს შორის, რაც არცთუ ეთანხმება ჩვენს მიერ აღიარებულ გრადუალობის პრინციპს. საქმე ისაა, რომ სინამდვილეში არც ისე იოლია იმის დადგენა, თუ რა სახის სისტემაა ჩვენს წინაშე. სტატისტიკური სისტემა უკვე თავისთავად

გულისხმობს, რომ ალბათობასთან გვაქვს საქმე და არა მუდმივ ფიზიკურ კავშირებთან. ხშირად, სტატისტიკურ სისტემაში აღმოჩნდება ხოლმე ელემენტი, რომელსაც დაკვირვების მომენტში არ გააჩნია კავშირი სხვა რომელიმე ელემენტთან. ზომ არ ნიშნავს ეს, რომ სისტემას უნდა “ჩამოვართვათ წოდება” და კონგლომერატის რანგში გადავიყვანოთ? ცხადია, რომ არა. აქ, უბრალოდ, გრადუალობის პრინციპი თავისებურად მქადავდება. მაგალითისთვის ისევ ეკოსისტემის მოყვანა შეიძლება: ეგრეთ წოდებული კვებითი ქსელის ორგანიზაცია ხშირად აღმოჩნდება ხან მაღალორგანიზებული კონგლომერატის, ხანაც დაბალორგანიზებული სისტემის შესაბამისი. იგივე გრადუალობა შეინიშნება ფიზიკურ და სტატისტიკურ სისტემებს შორის. მაგალითად, ტრანსპორტის სისტემა ერთი შეხედვით ფიზიკური სისტემაა, რადგან მკვეთრად ჩამოყალიბებული სტრუქტურა - გზების ქსელი გააჩნია. ამავე დროს, ამ გზებით განხორციელებული კავშირურთიერთობები - ტვირთბრუნვის თვისობრივი და რაოდენობრივი მაჩასიათებლები - უფრო სტატისტიკური ხასიათისაა, ვიდრე ფიზიკურის.

გარდა ამისა, სისტემების სპექტრი კიდევ უფრო ფართოა იმის მიხედვით, თუ როგორია სისტემის არსებობის წესი: ღია თუ დახურული, როგორია კავშირურთიერთობათა ფიზიკური ბუნება და სხვ., რაც, პრინციპში, მატერიალურ სამყაროში საგანთა არსებობის ფორმებს ასახავს. ეს გარემოება გვაფიქრებინებს, რომ თუ ჩვენს ამოცანად თავიდანვე ყველა სახის სისტემის განხილვას დავისახავთ, ეს, ამ ეტაპზე, დაუძლეველი ამოცანა იქნება. ამიტომ, ამოცანის შესრულებადობა რომ რეალური გახდეს, კომპრომისზე უნდა წავიდეთ და დავავიწროვოთ სისტემათა სპექტრი, რომელსაც მომავალში განვიხილავთ. რა თქმა უნდა, ასეთი დავიწროება არ უნდა იყოს იმდენად რადიკალური, რომ კვლავ ვიწრო სპეციალობის “ჭაში” აღმოვჩნდეთ და დისციპლინათშორის ინტეგრირებას საერთოდ ავცდეთ. განსახილველ სისტემათა სპექტრი საკმაოდ ფართო უნდა იყოს იმისთვის, რომ ინტეგრირებისთვის შევინარჩუნოთ ასპარეზი, როგორც პოლიგონი გამოცდილების დასაგროვებლად და განსაზოგადებლად. ამდენად, შემდეგი თავი მიეძღვნება სწორად ჩვენი საბუთო ობიექტის, როგორც სისტემათა გარკვეული სპექტრის, გამოვლენას.

დამატება 1.

სისტემის ორგანიზაციის ხარისხი

სისტემის ორგანიზაცია შეიძლება შეფასდეს ელემენტებს შორის კავშირების სიხშირისა და სიძლიერის მიხედვით. ამ კუთხით, სისტემას გარკვეული მაჩასიათებლები აქვს. ერთი მათგანი არის მრავალფეროვნება S (Diversity), ე.ი., რამდენი სახის ელემენტი იღებს მონაწილეობას სისტემის შექმნაში, მაგალითად, რამდენი ორგანოსგან შედება ორგანიზმი. ვთქვათ, ტიპური მცენარეული ორგანიზმი შედგება ოთხი ორგანოსგან: ფესვისგან, ფოთლისგან, ღეროსა და ყვავილისგან, ესე იგი, ამგვარი სისტემისათვის $S=4$. სისტემის ორგანიზაციის შემდეგი მაჩასიათებელია ბმულობა C (Connectance). ესაა ალომეტრიული მაჩასიათებელი და უჩვენებს, თეორიულად შესაძლებელი რაოდენობიდან რამდენი კავშირი არის დამყარებული ელემენტებს შორის:

$$C=L/S(S-1) \quad (1)$$

სადაც L არის რეალიზებული კავშირების რიცხვი. მაშასადამე, ბმულობა ურვენებს შეფარდებას L რეალურად არსებული კავშირებისა თეორიულად შესაძლებელი კავშირების რიცხვთან - $S(S-1)$ -თან. მაგალითად, მცენარის ოთხ ძირითად ორგანოს შორის წმინდა ფორმალურად შეიძლება არსებობდეს $(4*3)=12$ სახის კავშირი:

	ღერო	ფესვი	ფოთოლი	ყვავილი
ღერო	X	1	1	1
ფესვი	1	X	1	1
ფოთოლი	1	1	X	1
ყვავილი	1	1	1	X

დაკვირვება კი გვიჩვენებს, რომ ბუნებაში, უიშვიათესი გამონაკლისების გარდა, პრაქტიკულად გვხვდება ექვსი სახის კავშირი:

	ღერო	ფესვი	ფოთოლი	ყვავილი
ღერო	X	1	1	1
ფესვი	1	X	0	0
ფოთოლი	1	0	X	0
ყვავილი	1	0	0	X

მაშასადამე, ასე დანახული სისტემის ბმულობა ტოლი იქნება: $C=6/12=1/2$.

ასეთი სტრუქტურული კავშირების გარდა შეიძლება არსებობდეს სხვა სახის ბმებიც: ფიზიკური სიახლოვე, ქიმიურ ნივთიერებათა ნაკადი, ინფორმაციის გადაცემა და სხვ. ამ ურთიერთობებს შეიძლება სხვადასხვა ძალა გააჩნდეთ იმ აზრით, თუ როგორ გავლენას ახდენს ესა თუ ის ბმა სისტემის არსებობასა და მოქმედებაზე (ანუ ფუნქციობასა და მდგრადობაზე). მაგალითად, კვებითი ქსელისათვის ნაჩვენებია, რომ სისტემა ინარჩუნებს მდგრადობას, თუ $i(SC)^{1/2} < 1$, სადაც i არის ურთიერთობათა ძალა. ეს ნიშნავს, რომ თუ ურთიერთობათა ძალის საშუალო სიდიდე მეტ-ნაკლებად მუდმივია, მაშინ უფრო მრავალფეროვან სისტემაში ბმულობა უფრო ნაკლები უნდა იყოს ისე, რომ ნამრავლი SC მუდმივი დარჩეს. ემპირიულ მონაცემთა ნაწილი ეთანხმება ამ თეორიულ გამოთვლებს, ნაწილი კი - არა. SC ნამრავლი საინტერესო სიდიდეა. მისი არსის გასარკვევად დავუბრუნდეთ სისტემის განსაზღვრას: ესაა ურთიერთდაკავშირებული ელემენტები, რომლებიც უწყვეტ მთლიანობას ქმნიან, ხოლო თუ რომელიმე ელემენტი, ან ელემენტთა ჯგუფი კავშირის გარეშეა, მაშინ განხილული სიმრავლე ელემენტებისა კონგლომერატია. ე.ი., არსებობს ბმულობის რაღაც მინიმუმი, საჭირო სისტემის ყველა ელემენტს შორის კავშირების უზრუნველსაყოფად. უმარტივეს, მხოლოდ ორი ელემენტის სისტემაში ერთადერთი კავშირი საკმარისია და ყოველი ახალი ელემენტის დამატებისას

კავშირურთიერთობათა უწყვეტობის შენარჩუნებისათვის საჭიროა ერთი მაინც კავშირის დამატება, ამდენად S - ელემენტებისგან შემდგარ სისტემაში სულ ცოტა, $S-1$ რაოდენობის კავშირები უნდა იყოს რეალიზებული: $\min(L)=(S-1)$. ამ სიდიდის განტოლება (1)-ში ჩასმა იძლევა: $SC=L/\min(L)$, ე.ი., როცა $SC \geq 1$, მაშინ ელემენტების მოცემული სიმრავლის ორგანიზაცია საკმარისად მაღალია იმისათვის, რომ ყოველი მათგანი მონაწილეობდეს სისტემის შექმნაში. ცხადია, რომ რაც უფრო მაღალია SC სიდიდე, მით უფრო მაღალია სისტემის ელემენტებს შორის კავშირების სიხშირე და გარკვეულწილად, სისტემის ორგანიზებულობის ხარისხიც. ზემოთ განხილული მცენარის აგებულებისათვის $SC=1/2 \cdot 4=2$, ე.ი., ტიპურ მცენარეულ ორგანიზმის აგებულებაში ორგანოების ბმულობა აუცილებელ მინიმუმს პრაქტიკულად ორჯერ აღემატება.

ლიტერატურა

- Briand, F. Environmental control of food web structure. *Ecology* 64: 253-263. 1983
- Gardner, F. & Ashby W.R. Connectance of large dynamical systems: critical values for stability. *Nature* 228:787. 1970.
- Gitay, H. & Agnew, A.D.Q. Plant community structure, connectance, niche limitation and species guilds within a dune slack grassland. *Vegetatio* 83:241-248. 1989
- May, R.M. The search for patterns in the balance of nature. *Ecology* 67:1115-1126. 1986.
- McNaughton, S.J. Stability and diversity of ecological communities. *Nature* 274:251-253. 1978.
- Paine, R.T. Foodwebs: road maps of interactions, or grist for theoretical development? *Ecology* 69:1648-1654. 1988.
- Pimm, S.L. 1980. Bounds on foodweb connectance. *Nature* 307:321-326
- Sugihara, G., Schoenly, K. & Trombla, A. Scale-invariance on food-web properties. *Science* 245:48-52. 1989.
- Warren, P.H. Variation in food-web structure: the determinants of connectance. *Am.Nat.* 136:689-700. 1990.
- Warren, P.H. Making connestions in food webs. *Trends Ecol.Evol.* 9:136-141. 1994.
- Wilson, J.B. & Watkins, A.J. Guilds and assembly rules in lawn communities. *J.Veg.Sci.* 5:591-600. 1994.
- Winemiller, K.O. Must connectance decline with species richness? *Am.Nat.* 134:960-968. 1989.

4. ბიოლოგიური სისტემები

ბიოლოგია მიეკუთვნება მეცნიერებათა იმ სფეროს, სადაც განსაკუთრებით მწვავედ იგრძნობა ვიწრო სპეციალობებად დანაწევრებაც და ინტეგრაციის დეფიციტიც. მკვლევრები, რომლებიც ბიოლოგიის სხვადასხვა ვიწრო სპეციალობის

ფარგლებში მუშაობენ, აქვეყნებენ უზარმაზარი რაოდენობის სამეცნიერო ინფორმაციას. ამ ზღვა მასალის სისტემური ორგანიზება ძალიან რთულია და ბიოლოგიურ დისციპლინათა ფართო სპექტრი, მართლაც, კარგ ასპარეზს წარმოადგენს ინტეგრირებისთვის. არის კიდევ ერთი გარემოება, თუ რატომ ვირჩევთ ჩვენი კვლევის ასპარეზად ბიოლოგიის სფეროს. ადრე უკვე გამოვთქვით იმედი, რომ ეკოლოგიზაცია შეიძლება იყოს ინტეგრირების ერთ-ერთი შესაძლო გზა. ეკოლოგია ბიოლოგიის დარგად ითვლება და ამიტომ ესეც ზრდის ჩვენს ინტერესს ბიოლოგიის სფეროსადმი, რომლის ეკოლოგიზაცია ბუნებრივი უნდა იყოს. შესაბამისად ამისა, ჩვენ შევეცდებით დავსახოთ ბიოლოგიის ინტეგრირების გზები, ამისთვის კი თავდაპირველად შევეცადოთ სისტემების თეორიის პარადიგმების გამოყენება ისე, როგორც ეს აღწერილია წინა თავში.

იმის დასადგენად, თუ რას წარმოადგენს ბიოლოგიური სისტემა, საკმაოდ ბევრი შრომაა დახარჯული და უამრავი მასალაა დაგროვილი, განსაკუთრებით, ყოფილ საბჭოთა კავშირში და საერთოდ, აღმოსავლეთ ევროპულ მეცნიერთა მიერ. მათი დასავლეთეეროპელი და ამერიკელი კოლეგები უფრო პრაგმატულ საკითხებს ამუშავებდნენ და, ამგვარი, თეორიული ხასიათის შრომები, მათ მიერ შესრულებული, შედარებით ცოტაა. ეს საკითხი უშუალოდ უკავშირდება სიცოცხლის განსაზღვრის პრობლემას (თუმანიშვილი, 1991). ანალიზის დიქტომიური ტენდენციის გამო, ტრადიციულად, მთელი მცდელობა მიმართულია ისეთი თვისებების აღმოსაჩენად, რომლებიც ბიოლოგიურ სისტემებს ყველა სხვა სისტემებისგან გამოარჩევდა. უნდა ითქვას, რომ საბოლოო შედეგი ამ ძალისხმევას არ მოუტანია, იმ აზრით, რომ ბიოლოგიური სისტემების მკვეთრი განსაზღვრა, ისევე როგორც სიცოცხლის არსისა, ჯერ ვერ იქნა მიღწეული. სამაგიეროდ, მოხერხდა ის, რომ ასე თუ ისე დადგინდა ბიოლოგიური სისტემების დამახასიათებელი თვისებები, მიუხედავად იმისა, რომ ეს თვისებები არ აღმოჩნდა უნიკალური და ისინი სხვა სახის სისტემებსაც გააჩნიათ. ქვემოთ ჩამოვთვლით რამდენიმე უმთავრეს თვისებას, რომელიც ბიოლოგიური სისტემების ანალიზისთვის შეიძლება გამოდგეს. სხვა დეტალებით დაინტერესებულ მკითხველს კი ვურჩევთ გაეცნოს გ.თუმანიშვილის ნაშრომს “ცოცხალი სისტემების ონტოგენეზური თეორია” (1991), სადაც სიცოცხლის არსისა და ბიოლოგიური სისტემების განსაზღვრის შესახებ დიდი მასალაა წარმოდგენილი.

თერმოდინამიკის თვალსაზრისით ცოცხალი სისტემა არის ღია, ესე იგი, გარემოსგან იღებს ენერგიასა და მატერიას. ასევე, გარემოში გამოყოფს ენერგიასა და მატერიას, ოღონდ, თავისუფალი ენერგიის უკვე ნაკლები შემცველობით; მას ახასიათებს ენერგიის გარდაქმნისა და მუშაობის შესრულების უნარი და ამით იგი ინარჩუნებს საკუთარ ორგანიზაციას სტაციონარულ მდგომარეობაში თერმოდინამიკული წონასწორობიდან მოშორებით (Schroedinger, 1967).

კინეტიკის თვალსაზრისით, ცოცხალ სისტემას ახასიათებს ფოტო- და ქიმიური ენერგიების სასარგებლო მუშაობად და სხვა სახის ენერგიებად - მაგალითად, ქიმიური ენერგიის მექანიკურ, ან ისევ სინათლის ენერგიად გარდაქმნის უნარი, რასაც მეტად სპეციფიკური და სელექტიური კატალიზის მეოხებით მიიღწევა და ამისათვის იგი საჭიროებს გარემოდან რესურსების (ენერგიის მატარებლები, მასალა სტრუქტურული ელემენტების შესაქმნელად და კატალიზური რეაქციების მოსაგვარებლად) მიღებას. ბიოლოგიური სისტემების სტაციონარულ მდგომარეობაში ყოფნა დიდად არის

დამოკიდებული გარემოდან რესურსების, როგორც მატერიისა და ენერგიის წყაროს, მიღების შესაძლებლობაზე.

ამგვარი ფიზიკალისტური თვალსაზრისით დანახული, ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებები შეიძლება გააჩნდეთ სხვა ხელოვნურ და ბუნებრივ არაცოცხალ სისტემებს (მაგალითად, ბენარის უჯრედები, Prigogine, 1984; Prigogine & Nicolis, 1989).

გარდა ამისა, ბიოლოგიურ სისტემებს ახასიათებთ თვითორგანიზაციის, თვითგანვითარების, თვითსტრუქტურირების თვისება, რაც ასევე არაა უნიკალური თვისება მატერიალურ სამყაროში (Haken, 1988).

ცოცხალ სისტემებში მოქმედებს ევოლუციის კანონები - დარვინისეული ბუნებრივი გადარჩევა (ეს თვისებაც აღმოჩენილია ზოგიერთ არაცოცხალ სისტემაში, მაგალითად, ლაზერული გამოსხივების მოდებში, Eigen & Schuster, 1979).

ბიოლოგიური სისტემების სხვა დამახასიათებელ თვისებად მოჰყავთ მათი დიდი სირთულე, თუმცა, ძნელი დასადგენია, რომელიმე განვითარებული ქვეყნის ეკონომიკა იმავე რანგის სირთულისაა, მეტის, თუ ნაკლების, ვიდრე უჯრედის ან ორგანიზმისა.

რადგან ბიოლოგიური სისტემების ან სიცოცხლის უნიკალობის დამაკმაყოფილებელი ფიზიკალისტური დეფინიციის მოძებნა არ ხერხდება, ამ განსაზღვრებებს უმატებენ ქიმიურ დეტალებს: რა სახის ელემენტებისა და ორგანული ნაერთებისგან შედგება “ცოცხალი მატერია”, რომელსაც შეუძლია ზემოთ აღწერილი თვისებების დემონსტრირება? აქ საქმე უკეთესადაა, რადგან შეიძლება მიეთითოს, რომ ბიოლოგიური სისტემები ან ცოცხალი მატერია უმთავრესად შედგება ნუკლეინის მუჟაებისა და ცილებისგან, რომელთაც აქვთ ისეთი უნიკალური ქიმიური თვისებები, როგორიცაა ორმაგი სპირალის წარმოქმნა დნმ-ს მიერ, ალფა-სპირალის წარმოქმნა ცილებში, კატალიზის უნარი, ნუკლეოტიდების კომპლემენტარობა, ცილების კონფორმაციული ცვლილებები კონტრაქტილობის ჩათვლით და სხვ. ამ თვისებების მეოხებით ზორციელდება ბიოლოგიური სისტემებისთვის დამახასიათებელი ორი მეტად მნიშვნელოვანი ფუნქცია. პირველია გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა და თაობებზე გადაცემა, ხოლო მეორე - გენეტიკური ინფორმაციის რეალიზაცია ორგანიზმის აგებულებასა და მოქმედებაში. ამას გარდა ცოცხალ სისტემებს ახასიათებთ აგზნებადობა - გარემოს ცვლილებებზე პასუხი. ასევე, მაღალგანვითარებული ფორმებისთვის დამახასიათებელია მიზანშეწონილი ქცევა.

თუმცა, ეს თვისებებიც, ისევე როგორც სხვა ნებისმიერი თვისება, რაც სიცოცხლეს ახასიათებს, შესაძლებელია რაიმე ფიზიკურ-ქიმიური მოდელით აღიწეროს ან იმიტირებულ იქნეს. და, რადგან სიცოცხლის ფენომენის უნიკალურ ფიზიკურ-ქიმიურ თვისებებს ვერ ადასტურებენ, მაშინ გამოსავალს ეძებენ იმ გარემოებაში, რომ სიცოცხლის ფენომენი ესაა თვისებების “კომპლექსი”, ხოლო თუ ამ “კომპლექსს” ან ნაკრებს ერთი მაინც ძირითადი თვისება აკლია, სისტემა აღარ არის ცოცხალი. საქმე ისაა, რომ ფიზიკურ-ქიმიური მოდელირება მეტად განვითარდა და ზემოთ ჩამოთვლილი თვისებების ერთად, “კომპლექსში”, იმიტირებაც სავსებით რეალური ჩანს. ჩაითვლება კი ასეთი ფიზიკურ-ქიმიური მოდელი ცოცხალ არსებად? ამ კითხვაზე პასუხი ჯერ გაურკვეველია.

როგორ შეიძლება ამ პრობლემის გრადუალისტურ ჭრილში დანახვა? როგორც ზემოთ ითქვა, “დიქტომიური ხედვის” გამო სამყარო ჩვენს წარმოდგენაში არაა მთლიანი, არამედ წყვეტილია. შეიმჩნევა დიდი და მცირე წყვეტილობები: დიდი

წყვეტილობაა ცოცხალისა და არაცოცხალის მკვეთრი გამოჯვნა, მათი დაპირისპირება, მიუხედავად იმისა, რომ ფაქტები ცოცხალის და არაცოცხალის ერთობასა და მსგავსებას მეტყველებენ და არა მათს სხვაობას. იგივე შეიძლება ითქვას ბიოლოგიურისა და სოციალურის (ამ სიტყვის ვიწრო გაგებით - იგულისხმება ადამიანის სოციალური სისტემები), ანუ ადამიანისა და ცხოველების დაპირისპირება (ამის შესახებ ცოტა ქვემოთ). მცირე წყვეტილობების მაგალითებია: მცენარის ცხოველისგან გამოჯვნა, მეცნიერების საბუნებისმეტყველო დარგების საზოგადოებრივისგან გამოჯვნა, ხერხემლიანი ცხოველების უხერხემლოებისგან გამოჯვნა და სხვ. (იხილე აგრეთვე, ზემოთ). თუმცა, ისიც უნდა ითქვას, რომ გრადუალობა ზოგ საკითხში ისე ცხადია, რომ ის პრინციპადაც არის აღიარებული, მაგალითად, დარვინისეულ გადარჩევაზე დაფუძნებული ევოლუცია და სახეობების წარმოქმნა, ბევრ შემთხვევაში გრადუალურ პროცესად არის წარმოდგენილი. ამასთან, “ნახევრად ცოცხალი” ფორმების არსებობაც ფაქტია. იგივე ვირუსს ყველა მეცნიერი არ აღიარებს ცოცხალ არსებად, მიუხედავად მათი აშკარად ბიოლოგიური წარმოშობისა: ვირუსები ბაქტერიებისა და რიკეტსიების გამარტივების შედეგად გაჩნდნენ (Broda, 1976). ვირუსების ადგილი მატერიალურ სამყაროში შემდეგნაირად შეიძლება იქნეს გააზრებული. სიცოცხლის ზემოთ ჩამოთვლილ ნიშნებს თუ განვაზოგადებთ, ისინი შეიძლება ორ ჯგუფში გავეართიანოთ. პირველი: მემკვიდრეობითი ინფორმაციის გენებში შენახვისა და თაობებზე გადაცემის უნარი და მეორე: ნივთიერებათა ცვლა ანუ მეტაბოლიზმი, რაც ამავე დროს მემკვიდრეობით მიღებული ინფორმაციის რეალიზაციის უნარსაც განსაზღვრავს. ეს ორი რთული თვისება, პრაქტიკულად, ყველა დანარჩენ თვისებას მოიცავს. ვირუსებს გააჩნიათ პირველი უნარი, ხოლო მეორე დაკარგული აქვთ. ეს ვითარება შეიძლება ცხრილის სახითაც იქნეს მოცემული:

გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა და გადაცემა		
მეტაბოლიზმი	აქვს	არ აქვს
აქვს	“ნამდვილი” ცოცხალი ფორმები, მაგალითად, ბაქტერია	ჰიპოთეტური სიცოცხლის წინა გარდამავალი ფორმები და მოდელები: სულფობები, კოაცერვატები, მიკროსფეროები;
		----- ეკოსისტემები
არ აქვს	ვირუსები	არაცოცხალი მატერიალური სხეულები და მოვლენები

ეს ცხრილი, ცხადია, მეტად გამარტივებულია, მაგრამ იგი მაინც აჩვენებს ჩვენს წარმოდგენებს არაცოცხალიდან ცოცხალ ფორმებზე გადასვლის თანდათანობითობაზე. ვირუსების გარდა შუალედური ფორმად შეიძლება მოგვევლინონ სხვა წარმონაქმნებიც: ეს ის ფორმებია, რომელთაც ორი კრიტიკული თვისებიდან, ვირუსების მსგავსად, ერთ-ერთი აკლიათ, ოღონდ, ვირუსებისგან განსხვავებით, ის, რაც მათ აკლიათ, აქვთ ვირუსებს და, პირუკუ. ეს თვისებაა მეტაბოლიზმი, რომლის გამარტივებული სახით იმიტირება სამოდელო ლაბორატორიულ ცდებში ასე თუ ისე მიიღწევა (სულფობები,

კოაცერვატები, კატალიზის უნარის მქონე პოლიფუნქციური პროტეინოიდებისგან შემდგარი მიკროსფეროები, Fox & Dose, 1972). ეს ის საგარაუდო წარმონაქმნებია, რომელიც წინ უძღოდა სიცოცხლის გაჩენას დედამიწაზე, თუმცა სიცოცხლის წარმოშობის თანამედროვე წარმოდგენები ამჟამად უფრო “რნმ-სამყაროს” უკავშირდება (ამ საკითხს კიდევ შევეხებით). ეკოსისტემებსაც გააჩნიათ მეტაბოლიზმი - ნივთიერებათა ცვლა (ელემენტების წრებრუნვად ცნობილი), მაგრამ არ გააჩნიათ მემკვიდრეობითობა, გენეტიკური ინფორმაციის შენახვისა და გადაცემის უნარი. ეკოსისტემა, პირდაპირი გაგებით, არის ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნების ურთიერთქმედებით შექმნილი სისტემა და მისი შუალედურობა ამ კუთხითაც შეიძლება მოვიაზროთ.

რაც შეეხება “ნამდვილ” ცოცხალ ფორმებს, მათ შორის განსხვავებები უფრო მეტიც შეიძლება იყოს, ვიდრე, ვთქვათ, ბაქტერიასა და ვირუსს შორის. მიუხედავად იმისა, რომ გრადუალობის პრინციპი ხშირ შემთხვევაში მიიღება ცოცხალ ორგანიზმთა ნაირგვარობის დახასიათებისას, მაინც არასაკმარისადაა გაცნობიერებული ის ფაქტი, რომ სიცოცხლის ზოგიერთი რთული ფორმის გაჩენა, ახალი თვისობრიობის შექმნის თვალსაზრისით, არანაკლებად დრამატული მოვლენაა, ვიდრე თვით სიცოცხლის წარმოშობა დედამიწაზე. ასეთი მოვლენებია, მაგალითად, სიცოცხლის ფორმების განვითარება პროკარიოტებიდან ეუკარიოტებამდე, ერთუჯრედიანიდან - მრავალუჯრედიან დიფერენცირებულ ორგანიზმებამდე, ლანცეტადან ადამიანამდე, ერთნაირი უჯრედების კოლონიიდან - ყვავილოვან მცენარემდე. ამდენად, სიცოცხლის ნაირგვარობის სპექტრი, ჩვენი აზრით, სიფართოვით სავსებით ედრება საერთოდ მატერიალურ მოვლენათა სპექტრს და მის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს. ამავე დროს, სუბიექტური დაპირისპირება ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის და სიცოცხლის წარმოშობაზე განსაკუთრებული აქცენტის გაკეთება, როგორც მკვეთრ, ერთბაშად მომხდარ მოვლენაზე, გამოწვეულია ალბათ იმითაც, რომ გარდამავლობა ცოცხალ არსებათა ევოლუციაში გეოლოგიური მონაცემებით, ასე თუ ისე, დასტურდება, მაშინ როცა სიცოცხლის გაჩენას ასეთი ფაქტობრივი საყრდენი ნაკლები აქვს, რომ ჩვენს დიქტომიურ წარმოდგენებში გრადუალისტური შესწორების საფუძველი გამხდარიყო.

გრადუალობა ცოცხალ სისტემებში სხვა ასპექტითაც მჟღავნდება. სისტემების განხილვისას უკვე ვახსენეთ, რომ ორგანიზმი არის კარგი მაგალითი ფიზიკური სისტემისა, ხოლო ეკოსისტემა - სტატისტიკურისა. გრადუალობა, ანუ შუალედური ფორმების არსებობა, ორგანიზმსა და ეკოსისტემას შორისაც შეიმჩნევა. ასეთ შუალედურ ფორმად შეიძლება მივიჩნიოთ ერთუჯრედიანი მცენარეებისა და ცხოველების კოლონიები, რომლებიც უბრალო აგრეგატებს ქმნიან. ხოლო საზოგადოებრივი მწერების კოლონიებში (ჭიანჭველები, ტერმიტები, ფუტკრები) ფუნქციების დანაწილება და ინდივიდთა შესაბამისი დიფერენცირება ორგანიზმის ორგანიზაციის ზოგიერთ პრინციპს იმეორებს (მათ კიდევ დავუბრუნდებით).

ახლა განვიხილოთ სამყაროს, სიცოცხლისა და საზოგადოების შესახებ ადამიანის წარმოდგენებში არსებული მეორე წყვეტილობა. თქმა არ უნდა, ადამიანის სოციალურ სისტემებს აქვს თავისებურებანი, რაც მართლაც უნიკალურ მოვლენებად შეიძლება იქნეს აღქმული, როგორიცაა, მაგალითად, კულტურისა და ცივილიზაციების გაჩენა. მაგრამ, სამართლიანი იქნებოდა იმის არ დავიწყება, რომ ჯერ ერთი, აქაც

ნათელია თანდათანობითი ევოლუცია, რაც ღროში გრადუალობის გამოხატულებაა; მეორეც: ადამიანთა სოციალური სისტემების არსებობის მატერიალური საფუძველი - ეკონომიკური სისტემა დიდ სიახლოვეს იჩენს ბიოლოგიური სისტემებისადმი, ზოლოზოგიერთი ეკოლოგიური სისტემა იმავდროულად ეკონომიკური სისტემაც არის (პლანტაციები, ფერმები, სატბორე მეურნეობები და სხვა, ეგრეთ წოდებული აგროეკოსისტემები).

დასკვნის სახით, ამ თავის ბოლოში, ალბათ, უნდა ითქვას, რომ ჩვენ მიერ გრადუალობის წინ წამოწევა ემსახურება მხოლოდ ბიოლოგიური დისციპლინების ინტეგრირების გაადვილებას და, არამც და არამც, არ ისახავს მიზნად სამყაროზე და სიცოცხლეზე არსებული შეხედულებების საფუძვლიან რევიზიას. უბრალოდ, გრადუალიზმის პრინციპმა, როგორც სამყაროს ერთიანობის გამოხატულებამ, შესაფერი ადგილი უნდა დაიჭიროს განათლებაში, ფილოსოფიასა და თეორიულ მეცნიერებაში, რაც უფრო ადეკვატურს გახდის ადამიანის წარმოდგენებს სამყაროს შესახებ. რაც შეეხება მეცნიერთა აზროვნების ალგორითმს და კონსტრუქტების დიქტომიურ ბუნებას, ანალიზის სხვა გზა ალბათ არც არსებობს და რაიმე მოვლენის აღქმისათვის ამ მოვლენის სხვებისაგან გამორჩეულობა უნდა დაფიქსირდეს. ასე, რომ ანალიზის ამ გზის უარყოფა სრული უაზრობა იქნება. მაგრამ მიღებული შედეგების გააზრებისას, გრადუალობის პრინციპის გახსენება მეტად სასარგებლო უნდა იყოს.

შესაბამისად ამისა, როცა ჩვენ ინტეგრირების ასპარეზად ბიოლოგიის სფეროს ვარჩევთ, არ შემოვიფარგლებით მხოლოდ “ჭეშმარიტად ბიოლოგიური” ობიექტებით, არამედ, გრადუალობის პრინციპიდან გამომდინარე, განხილვის სპექტრში მოვაქცევთ სხვა სისტემებსაც, რომლებიც ბიოლოგიურ ობიექტებთან არსებით მსგავსებასა და ორგანულ კავშირს გამოამჟღავნებენ.

5. სპეციალიზაცია

რადგან, ჩვენი კვლევის ასპარეზად უპირველესად ბიოლოგიური სისტემების სპექტრი ავირჩიეთ, დავიწყეთ ბიოლოგიაში ცენტრალური ფიგურით - ორგანიზმით. ორგანიზმი მკვეთრად გამოხატული, სტრუქტურულად კარგად ჩამოყალიბებული სისტემაა, რომელიც, ასევე, მეტ-ნაკლებად ცნობილ გარემო პირობებში არსებობს და ამ პირობებთან არის შეგუებული. ბიოლოგიური სისტემების ცნობილი, ზემოთ უკვე ჩამოთვლილი თვისებებიდან გამომდინარე, წინასწარ ვიცით, რომ ორგანიზმს უხდება გარემოდან რესურსების მოპოვება და გამოყენება, რათა შეინარჩუნოს თავისი არსებობა და გააგრძელოს იგი შემდეგ თაობებში. ორგანიზმის ბედი პრაქტიკულად იმაზეა დამოკიდებული, თუ რამდენად იოლად მოიპოვებს იგი რესურსებს. მაგრამ იმ გარემოში, რომელშიც ორგანიზმს შეუძლია იარსებოს, რაც არ უნდა ჭარბად მოიპოვებოდეს რესურსები, მას მაინც მრავალი მომხმარებელი ეყოლება. ამიტომ, როგორც წესი, რესურსები კონკურენციის საგანია, როგორც ერთი სახეობის, ისე სხვადასხვა სახეობის ორგანიზმებს შორის. ბუნებრივი გადარჩევა სწორად აქეთკენ არის მიმართული: გადარჩებიან ის ინდივიდები, რომელთა სტრატეგია რესურსების მოპოვებისა ყველაზე ეფექტურია. ეს უკანასკნელი გარემოება მეტად საინტერესოა.

რომელი სტრატეგიაა ყველაზე ეფექტური? რაზე არის დამოკიდებული რესურსების მოპოვება? ალბათ, იმაზე, თუ როგორ არის შეგუებული ორგანიზმი იმ საარსებო გარემოსთან, რომელშიც ცხოვრობს. Huxley-მ (1974) ადრევე შენიშნა სპეციალიზაციის მნიშვნელობა შეგუებისათვის (ადაპტაციისთვის, იხილე აგრეთვე Ridley, 1993; Rensch, 1960, 1985; Grant, 1991). სპეციალიზაციის, როგორც მოვლენის ფორმალური ანალიზი მოცემულია ცალკე, ზოგადი მოდელის სახით (დამატება 2). განვიხილოთ ეს მოდელი და მისი გამოყენების შედეგები.

საქმე ისაა, რომ სადაც არ უნდა ბინადრობდეს ორგანიზმი, მისი საარსებო გარემო ყოველთვის მეტ-ნაკლებად ჰეტეროგენულია, ესე იგი, არაა ერთგვაროვანი. ასეთი გარემო შეიძლება წარმოდგენილი იქნეს, როგორც სპექტრი ეკოლოგიური პირობების კომბინაციებისა, რომელსაც ორგანიზმი თავისი ცხოვრების კონკრეტულ მომენტებში სხვადასხვა სიხშირით ხვდება. ამ კომბინაციებში იგულისხმება იმ ფაქტორთა სიდიდეები, რომლებიც ორგანიზმთა ბინადრობის ეკოლოგიურ რეჟიმებს ქმნიან. ასეთებია: განათება, ჰაერის სინოტივე, ჰაერის ტემპერატურა, მასში ნახშირორჟანგის შემცველობა, ულტრაიისფერი გამოსხივების წილი და სხვ.; ასევე ნიადაგის მახასიათებლები: ტემპერატურა, მექანიკური თვისებები, სინოტივე, მჟავიანობა, ელემენტების შემცველობა და სხვ.; ასევე, მნიშვნელოვანია საკვების მოპოვების სიხშირე, კონკურენტების, მტაცებლების, პარაზიტების შეხვედრის ალბათობა, სიმბიონტების თანაარსებობა და სხვ. ცხადია, რომ ამ ფაქტორების ნუსხა საკმაოდ გრძელი შეიძლება იყოს და მათი კომბინაციები კი თეორიულად უსასრულო. საბედნიეროდ, რეალურ გარემოში საქმე სხვაგვარადაა. კერძოდ, არსებობენ, ასე ვთქვათ, ნაკლებად მოსალოდნელი კომბინაციები, რომლებიც გარემოში პრაქტიკულად ანგარიშგასაწევი არაა, ხოლო ჩამოთვლილი ფაქტორების სიდიდეები, ერთმანეთზე დამოკიდებულების გამო, ერთგვარ კომპლექსებად ყალიბდებიან (McIntosh, 1970; Gauch, 1982). მაგალითად, მიწისზედა პირობები პრაქტიკულად განისაზღვრება სინათლის რეჟიმით. ძლიერ განათებას, თითქმის ყოველთვის, შეესაბამება ჰაერის მაღალი ტემპერატურა და დაბალი სინოტივე და პირუკუ, სუსტი განათებისას ჰაერის ტემპერატურაც ნაკლებია, ხოლო სინოტივე - მეტი. სხვაგვარი კომბინაციები შესაძინევად დიდ ხნის მანძილზე არ ფიქსირდება. ასე რომ, ამ კომბინაციათა თუ ფაქტორთა სიდიდეების კომპლექსთა დიაპაზონი არცთუ ფართოა. განხილულ შემთხვევაში ეს დიაპაზონი შეიძლება დაიყოს იმდენივე კლასად, რამდენ კლასადაც გავყოფთ წამყვან ფაქტორს - განათებას. მაგალითისთვის, იგი შეიძლება ხუთ კლასად გავყოთ: ძლიერი განათება, სუსტი, საშუალო, საშუალოზე მაღალი და საშუალოზე დაბალი. თითოეული ეს კლასი დახასიათდება არა მარტო განათების სიდიდით, არამედ აგრეთვე ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის შესაბამისი სიდიდეებითაც. იგივე შეიძლება ითქვას ნიადაგის თვისებებზე: მისი წყლის რეჟიმი დამოკიდებულია მექანიკურ თვისებებზე და განათებაზე, ხოლო წყლის რეჟიმზე დიდად არის დამოკიდებული მცენარეების მიერ რესურსების მოპოვება. თავისთავად, ნიადაგის წყლის რეჟიმის ასევე ხუთ კლასად აღწერა გარკვეული მიახლოებით, მიუთითებს ამ კომპლექსში შემავალ სხვა ფაქტორების სიდიდეებსაც. ასეა თუ ისე, თუ გონივრულად გაანალიზდა ამა თუ იმ ორგანიზმის გარემო, შეიძლება მისი საბინადრო პირობების სასრული რაოდენობის კლასებად დაყოფა. ამ საკითხის დეტალური განხილვა შორს წაგვიყვანს, ხოლო დაინტერესებული მკითხველი უმჯობესია გაეცნოს ეკოლოგიისა და

ეკოლოგიური ფიზიოლოგიის თანამედროვე სახელმძღვანელოებს (Begon et al., 1996; Larcher, 1995; Louw, 1993; Schmidt-Nielsen, 1990). აქ შემოვიფარგლებით ორი-სამი მაგალითით, რომელთა გამოყენებით შევეცდებით ნათელვყოთ სპეციალიზაციის ფენომენი.

დავუბრუნდეთ ორგანიზმის საბინადრო პირობების კლასებად დაყოფას და მათი შეხვედრიანობის სიხშირეებს. მაგალითად, თუ განათების ზემოთ მოყვანილ ხუთ კლასს ავიღებთ საფუძვლად, ადვილი მისახვედრია, რომ თითოეული კლასის სიხშირე კლიმატურ პირობებზეა დამოკიდებული; გარკვეული წვლილი შეიძლება მიუძღოდეს რელიეფის ფორმასაც და მდებარეობასაც (მაგალითად, სამხრეთისაა ფერდობი თუ ჩრდილოეთის); სამხრეთის განედებისაკენ და კონტინენტების სიღრმეში, სანაპირო ზოლისგან დაცილებით მოსალოდნელია საშუალოზე მაღალი და ძლიერი განათების კლასების მეტი სიხშირე, ჩრდილოეთის განედებისაკენ და სანაპირო ზოლთან ახლოს კი - პირუკუ, სხვა მიზეზებს შორის, მეტი ღრუბლიანობის გამოც - საშუალოზე დაბალი და სუსტი განათების კლასების მეტი სიხშირე. არც ისეთი ადგილების წარმოდგენაა ძნელი, სადაც საშუალო განათება იქნება ყველაზე ხშირი.

თუ ავიღებთ ერთი შეხედვით ერთგვაროვანი მდელის ნაკვეთს და მას გარკვეული ზომის კვადრატების ბადით დაფარავთ, აღმოვაჩენთ, რომ ნიადაგის პირობები სხვადასხვა შეიძლება იყოს. მაგალითად, თუ ავიღებთ 100x100 მ ფართობის ნაკვეთს და მას პალოებისა და თოკის დახმარებით 1x1 მ ზომის კვადრატებად დაფოფოთ, შემდეგ კი კვადრატების ცენტრში ავიღებთ ნიადაგის სინჯებს, მათი ანალიზის შემდეგ ხელთ გვექნება ნიადაგის პირობების სპექტრის სიხშიროვანი მონაცემები. სულ გვექნება 10000 კვადრატი. აქაც ვეცადოთ ნიადაგის პირობების კლასებად დაყოფა სინოტივის მიხედვით და ისევ ხუთი კლასი გამოვყოთ: ძლიერ ნოტიო, ნოტიო, საშუალო (სინოტივის ან სიმშრალის), მშრალი და ძლიერ მშრალი. განსხვავებები სინოტივეში, სხვა მიზეზთა შორის, შეიძლება გაპირობებული იყოს მიწისქვეშა წყლებისა და წყაროების არსებობით, ისევე როგორც ნიადაგისა და ნიადაგქვეშა ქანების სტრუქტურით, კლდის, ლოდებისა და ქვების სიჭარბით ზედაპირზე ან მიწის ზედაპირთან ახლო ნიადაგის ფენაში, რაც მცირე სისქის ნიადაგის სწრაფ გამოშრობას უწყობს ხელს; მიკრორელიეფით: ჩაღრმავებებით, სადაც სინოტივე გროვდება და ამობურცულობებით, რომლებიც სწრაფად შრება; თიხების არსებობით, რომელთაც წყლის შემაკავებელი თვისებები აქვთ და სხვ. იმის მიხედვით, თუ სად მდებარეობს ჩვენი საკვლევი ნაკვეთი, ნიადაგის პირობების ამ ხუთი კლასის სიხშირეთა განაწილება შეიძლება სხვადასხვაგვარი იყოს. თუ იგი კლდოვანი და ქვიანია - მშრალი და ძლიერ მშრალი კლასების სიხშირე იქნება მაღალი, თუ წყაროები ჭარბობს, მაშინ - ნოტიო და ძლიერ ნოტიო კლასები შესაბამისად ხშირი გამოვა. ისეც შეიძლება მოხდეს, რომ ხუთივე კლასის სიხშირე ერთნაირი იყოს - ასეთ შემთხვევას სტატისტიკაში თანაბარ-სიხშიროვან განაწილებას უწოდებენ. მაშინ, 10000 კვადრატიდან 2000 იქნება ძლიერ მშრალი, ამდენივე მშრალი, ამდენივე საშუალოდ მშრალი (ანუ საშუალოდ ნოტიო), ამდენივე ნოტიო და ამდენივე ძლიერ ნოტიო. გარდა თანაბარი განაწილებისა, სტატისტიკაში კიდევ ბევრი სხვა სახის განაწილებაა ცნობილი. ყველაზე გავრცელებულია, ეგრეთ წოდებული, ნორმალური განაწილება. ცვალებადობის ხუთი კლასიდან შემდგარი დიაპაზონისთვის სიხშირეების შეფარდება ნორმალური განაწილებისას, პროცენტებში, შემდეგია: 5:25:40:25:5, ესე

იგი, ჩვენს ნაკვეთში თუ ნიადაგური პირობების სიხშიროვანი განაწილება ნორმალური იქნება, მაშინ, 10000 კვადრატიდან 500 იქნება ძლიერ მშრალი, 2500 მშრალი, 4000 საშუალოდ მშრალი, 2500 ნოტიო და 500 ძლიერ ნოტიო. ცხადია, იგულისხმება, რომ ამ კლასებს შორის პირობების სხვაობა საკმაოდ მნიშვნელოვანია ნიადაგიდან რესურსების მოპოვების თვალსაზრისით იმ მცენარეთათვის, რომელნიც პოტენციურად აქ შეიძლება სახლობდნენ.

მეორე ჩვენი ნაკვეთი წარმოვიდგინოთ ტყეში და ვცადოთ ამ ნაკვეთში რესურსების მოპოვების პირობების სიხშიროვანი განაწილების შეფასება ხეებზე მცხოვრები და თესლით მოსაზრდოვე ფრინველების თვალსაზრისით. რამდენი სახეობის ხის თესლიც არის მისაწვდომი ამ ფრინველებისთვის, პირობების იმდენი კლასი შეიძლება გამოიყოს. აქაც იგულისხმება, რომ ხის სახეობები ზომებითა და მორფოლოგიით განსხვავებულ თესლს იძლევიან, ისე, რომ ფრინველებისთვის შეიძლება მნიშვნელობა ჰქონდეს, თუ რა სახეობის თესლით იკვებება იგი. თუ ტყე შერეულია და სახეობებით მდიდარი, მაშინ, შესაბამისად, რესურსების კლასთა რიცხვიც მაღალი იქნება: 10-12 და მეტი კლასი. შეიძლება ნაკვეთი ერთი სახეობის ტყით იყოს დაფარული - ნაძვნარით, ფიჭვნარით და ასე შემდეგ. მაშინ, პრაქტიკულად, რესურსის ერთ კლასამდე დავდივართ. შედარების გასაადვილებლად დავეშვათ, რომ ტყის ჩვენს ნაკვეთში ხუთი სახეობის ხეა და შესაბამისად რესურსების ხუთი კლასი გვექნება. იმის მიხედვით, თუ რომელი სახეობაა უფრო გავრცელებული, ამ ხუთი კლასის სიხშიროვანი განაწილებაც განსხვავებული იქნება, იგი შეიძლება თანაბარიც იყოს, ნორმალურიც და ლოგარითმულიც. ბოლო შემთხვევაში, მაგალითად, კლასების შეხვედრიანობის სიხშირე პროცენტებში დაახლოებით შეიძლება იყოს შემდეგი: 4:7:14:25:50.

ახლა ვცადოთ შეფასება, როგორი შეიძლება იყოს სტრატეგია რესურსების მოპოვებისა მდელოს მცენარეებისა და ტყის ფრინველების მიერ.

ისევე, როგორც ფორმალურ მოდელში (დამატება 2), განვიხილოთ სტრატეგიების ორი “კიდურა” ვარიანტი: გენერალისტური და სპეციალიზირებული. ჯერ შევაფასოთ სტრატეგიები მცენარეთათვის, რომლებიც ჩვენ მიერ განხილულ მდელოს ნაკვეთზე იცხოვრებენ. გენერალისტური სტრატეგია ნიშნავს, რომ ორგანიზმი ეცადოს მისთვის საჭირო რესურსების მოპოვებას ჰეტეროგენული გარემოს ნებისმიერ პირობებში, ჩვენს მდელოზე მოსახლე მცენარისთვის ეს ნიშნავს რესურსების მოპოვებას ნებისმიერი კვადრატიდან. ეს რომ მცენარემ შეძლოს, ცხადია, შესაბამისი აგებულება უნდა ჰქონდეს და, ასე ვთქვათ, “ყველაფერი ემარჯვებოდეს”. უკიდურესი გენერალისტობა ნიშნავს, რომ მას ერთნაირი უნარი აქვს რესურსების მოპოვებისა ნებისმიერი კვადრატიდან, ძლიერ მშრალიდანაც და ძლიერ ნოტიოდანაც. ამის შესაბამისად, მცენარისთვის სულ ერთი უნდა იყოს, თუ რომელ კვადრატში იმყოფება და იგი გარკვეული ინტენსივობით მოიპოვებს რესურსებს ნებისმიერ კვადრატში. დავეშვათ, რომ ეს ინტენსივობა არის 1 პირობითი ერთეული რესურსისა დღეში ერთი კვადრატიდან. ესე იგი, ნაკვეთი რომ სულ გენერალისტი სახეობით იყოს დაფარული, ისინი დღეში 10000 პირობით ერთეულ რესურსს უნდა მოიპოვებდნენ და გამოიყენებდნენ ზრდისა და გამრავლებისთვის, ისე რომ მათი პოპულაცია, ესე იგი, ერთი სახეობის ორგანიზმთა ერთობლიობა ტერიტორიის გარკვეულ მონაკვეთზე,

შენარჩუნებულ იქნეს სტაციონარულ მდგომარეობაში (რაც ბიოლოგიური სისტემებს ახასიათებთ).

აღწერილის საწინააღმდეგო “კიდურა” სტრატეგიის განხორციელება შეუძლია სპეციალიზირებულ ორგანიზმს, რომელიც რესურსების მოპოვებას ცდილობს არა ნებისმიერ, არამედ გარკვეული კლასის პირობებში. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, თუ როგორ ზდება სპეციალიზირება. ცხადია, რომ სპეციალიზირებულ ორგანიზმს, ეგუება რა რაიმე გარკვეულ სასიცოცხლო პირობებს, შესაბამისი აგებულება და ფიზიოლოგიური თვისებები უნდა ჰქონდეს. მისთვის აღარ არის აუცილებელი, რომ “ყველაფერი ემარჯვებოდეს” და, ამის კვალობაზე, ორგანიზმს შინაგანი რეზერვები უთავისუფლდება. ეს განთავისუფლებული რეზერვები შეიძლება მოხმარდეს იმ ფუნქციის გაძლიერებას, რომელზედაც სპეციალიზირება მოცემული ორგანიზმი. ამიტომ, რამდენადაც ვიწროვდება ორგანიზმისთვის სამოქმედო პირობების სპექტრი სპეციალიზირების შედეგად, იმდენადვე იზრდება დარჩენილ დიაპაზონში მისი მოქმედების ეფექტურობა. სპეციალიზაციის ეს თვისება მატერიალურ სამყაროში საყოველთაო მოვლენაა და მისი გამოვლინება უზვად გვხვდება ფიზიოლოგიაში, ეკოლოგიაში, ეკონომიკაში, ტექნიკაში თუ სხვა სფეროებში. ჩვენს მაგალითში წარმოვიდგინოთ თანდათანობითი სპეციალიზირება გენერალისტი მცენარისა, რომლის მოქმედების სპექტრი შესაბამისად ვიწროვდება. ჯერ განვიხილოთ შემთხვევა, როცა ამ პირობათა სიზშიროვანი განაწილება თანაბარია (ესე იგი, თითოეული კლასის 2000-2000 კვადრატია წარმოდგენილი ნაკვეთზე). დაუშვათ, რომ გენერალისტი ორგანიზმი სპეციალიზირების პროცესში თავდაპირველად უარს ამბობს რესურსების მოპოვების მცდელობაზე “კიდურა” პირობებში - ძლიერ მშრალ და ძლიერ ნოტიო კვადრატებში და თავის შესაძლებლობებს თავს უყრის რესურსების მოსაპოვებლად საშუალო სინოტივის, ნოტიო და მშრალ პირობებში. შესაბამისად ამისა, მისი აგებულება აღარ მოითხოვს პირობათა “უარყოფილი” კლასებიდან რესურსების მოპოვებისთვის საჭირო თვისებების ტარებას და ეს რეზერვები შეიძლება მოხმარდეს “არჩეულ” კვადრატებზე “დასპეციალებას”. ამის შესაბამისად, რეზერვები ზუთის ნაცვლად გადანაწილდება 3 კლასზე და, ამ კლასის პირობებში, რესურსების მოპოვების ეფექტურობაც ამდენჯერვე მოიმატებს: $5/3=1.6(6)$ -ჯერ. ამგვარი ორგანიზმი 10000-ის ნაცვლად, უკვე, მხოლოდ 6000 “არჩეული” კვადრატიდან მოიპოვებს რესურსებს, მაგრამ გაზრდილი ეფექტურობის გამო ჯამური ინტენსივობა რესურსების მოპოვებისა იგივე რჩება: $6000 \times 5/3 = 10000$!

შემდეგი ეტაპი სპეციალიზირებისა იყოს “უკიდურესი”: ორგანიზმი “უარს ამბობს” რესურსების მოპოვებაზე პირობათა ყველა კლასიდან გარდა ერთისა, ვთქვათ, საშუალო სინოტივის კვადრატებისა. რესურსების მოპოვების ფართობი კიდევ უფრო შემცირდა - ზუთჯერ (2000 კვადრატი 10000-დან), მაგრამ ამდენჯერვე გაიზრდება რესურსების მოპოვების ეფექტურობა. ამიტომ მთელი ნაკვეთიდან რესურსების მოპოვების ჯამური ინტენსივობა კვლავ იგივე დარჩება ($2000 \times 5 = 10000$). სხვათა შორის. არა აქვს მნიშვნელობა, პირობათა რომელ კლასს აირჩევს “უკიდურესი სპეციალისტი” - ძლიერ ნოტიოს, ნოტიოს, საშუალო სიმშრალის, მშრალს თუ ძლიერ მშრალს, შედეგი დასპეციალებისა იგივე იქნება. გამოდის, რომ რესურსების მოპოვების თვალსაზრისით, სტრატეგიის არჩევას, პირობების თანაბარი სიზშიროვანი განაწილებისას მნიშვნელობა არ აქვს, ჯამური ინტენსივობა რესურსების მოპოვებისა

პოპულაციის მიერ არ იცვლება. მაგრამ, თუ დავუშვებთ, რომ ჩვენს ნაკვეთზე მართო ერთი სახეობა არ სახლობს, არამედ ბევრი სხვაც, მაშინ კონკურენციასაც ექნება ადგილი. გავიხსენოთ, რომ კონკურენციაში იმარჯვებს უფრო ეფექტური სახეობა და არსებობს კონკურენტული გამოთიშვის პრინციპი. მაშინ საგარაუდოა, რომ სპეციალიზირებული სახეობები გამოაძევენ გენერალისტებს თავიანთი “სპეციალობის” კვადრატებიდან და, საბოლოო ჯამში, ნაკვეთის ხუთი სახის კვადრატებს დაეპატრონება ხუთი სპეციალიზირებული სახეობა, რომელთაგან თითოეული გენერალისტთან შედარებით ხუთჯერ მეტი ეფექტურობით მოიპოვებს რესურსებს. მთლიანობაში, ამ ხუთი სპეციალიზირებული სახეობის პოპულაციებისგან შემდგარი სისტემა ასევე ხუთჯერ მეტ რესურსს მოიპოვებს კვადრატების “სპეციალობათა მიხედვით” განაწილების შედეგად, ვიდრე ამას შეძლებდა ამავე ფართობზე გავრცელებული გენერალისტი სახეობების რაგინდ დიდი რაოდენობა. ამავე დროს, სახეობათშორისი კონკურენციის დანახარჯები, სპეციალისტ სახეობათა შორის, უკვე აცილებულია, რადგან ყოველი სახეობა “თავისი სპეციალობის” კვადრატებს უწევს ექსკლუატივას და არ ცდილობს რესურსების წართმევას სხვა კვადრატებიდან.

ახლა, განვიხილოთ შემთხვევა, როცა რესურსების მოპოვების პირობების კლასთა სიხშირეები არაა თანაბარი. ავიღოთ კვადრატების სიხშირეების ნორმალური განაწილება: 500 ძლიერ მშრალი, 2500 მშრალი, 4000 საშუალო სინოტივის, 2500 ნოტიო და 500 ძლიერ ნოტიო კვადრატი, სულ 10000.

გენერალისტი, ისევ ისე, თითო კვადრატიდან დღეში 1 პირობით ერთეულ რესურსს მოიპოვებს, ჯამური ინტენსივობა მოპოვებული რესურსებისა დღეში 10000. ახლა ვნახოთ სპეციალისტების მაჩვენებლები. ვთქვათ, ორგანიზმი დასპეციალდა ძლიერ მშრალ პირობებზე და, შესაბამისად, ხუთჯერ გაზარდა რესურსის მოპოვების ეფექტურობა ძლიერ მშრალი კვადრატებიდან. მაშინ, მის მიერ რესურსების მოპოვების ჯამური მაქსიმალური ინტენსივობა იქნება $500 \times 5 = 2500$. იგივე ჯამურ ინტენსივობას მიაღწევს ძლიერ ნოტიო კვადრატების სპეციალისტიც. ნოტიო და მშრალი ნაკვეთების სპეციალისტები, შესაბამისად, მიაღწევენ $2500 \times 5 = 12500$ პირობით ერთეულს თითოეული, რაც უკვე აღემატება გენერალისტის მაჩვენებელს 10000 კვადრატიდან. და ბოლოს, საშუალო სინოტივის კვადრატებზე დასპეციალებული ორგანიზმების ჯამური მაჩვენებელი იქნება $4000 \times 5 = 20000$, ესე იგი, ორჯერ მეტი, ვიდრე გენერალისტის მაჩვენებელი მთელი ნაკვეთიდან. და ეს მიუხედავად იმისა, რომ მოცემულმა სპეციალისტმა უარი თქვა რესურსების მოპოვებაზე კვადრატების 60%-დან! ახლა დავუშვათ, რომ კონკურენტული გამოთიშვა უკვე მოხდა და ყველა სპეციალისტი “თავის” კვადრატში “მუშაობს”. მაშინ გვექნება:

$$\begin{aligned} &5 \times 500 \text{ (ძლიერ მშრალი)} + 5 \times 2500 \text{ (მშრალი)} + \\ &5 \times 4000 \text{ (საშუალო სიმშრალის)} + \\ &5 \times 2500 \text{ (ნოტიო)} + 5 \times 500 \text{ (ძლიერ ნოტიო)} = \\ &5(500 + 2500 + 4000 + 2500 + 500) = 5 \times 10000 = 50000. \end{aligned}$$

ესე იგი, სიხშიროვანი განაწილების სხვადასხვაობის მიუხედავად, ჯამური ინტენსივობა რესურსების მოპოვებისა ხუთი სპეციალისტის სისტემაში ისევ ხუთჯერ მეტი გამოვიდა. იგივე შედეგს მივიღებთ, სიხშიროვანი განაწილების სხვა ნებისმიერი

ვარიანტი რომ განვიხილოთ. ამჯერად გავანალიზოთ ფრინველების მაგალითი. დაუშვათ, ტყის ჩვენს ნაკვეთში 1000 ძირი ხეა. ლოგარითმული განაწილების მიხედვით, 40 იქნება პირველი, 70 - მეორე, 140 - მესამე, 250 - მეოთხე და 500 ძირი - მეხუთე, ყველაზე გავრცელებული სახეობის, ხე. დაუშვათ, რომ უკიდურესად გენერალისტი ფრინველი ახერხებს ნებისმიერი სახეობის თითო ძირიდან დღეში 100გ თესლის მოპოვებას. მაშინ, ამ ფრინველით ტყის ნაკვეთის სრული დასახლების შემთხვევაში თესლის მოპოვების ჯამური ინტენსივობა იქნება $1000 \times 100 = 100000$ გ. თესლის ზომები და მორფოლოგია განსხვავებულია ისე, რომ ვიწროდ დასპეციალების შემთხვევაში (ხის თითოეულ სახეობაზე ერთი სპეციალისტი ფრინველის სახეობა), ფრინველები ხუთჯერ ზრდიან თესლის მოპოვების ეფექტურობას. ამიტომ, ხის პირველ სახეობაზე დასპეციალებული ფრინველები დღეში შეძლებენ $40 \times 100 \times 5 = 20000$ გ თესლის მოპოვებას, მეორე სახეობაზე დასპეციალებული - $70 \times 100 \times 5 = 35000$ გ-ს დღეში, ხის მესამე სახეობის სპეციალისტები - $140 \times 100 \times 5 = 70000$ გ-ს, მეოთხე სახეობიდან ამ სახეობის სპეციალისტები შეაგროვებენ $125 \times 100 \times 5 = 125000$ გ-ს (ეს მაჩვენებელი უკვე აჭარბებს გენერალისტის მაჩვენებელს ყველა სახეობის ზიდან), ხოლო მეხუთე სახეობის სპეციალისტები მოიპოვებენ $500 \times 100 \times 5 = 250000$ გ-ს დღეში. ესე იგი, განხილულ შემთხვევაში, ხის ყველაზე გავრცელებული სახეობის მიმართ დასპეციალებული ფრინველები ორნახევარჯერ მეტ რესურსს მოიპოვებენ ხეების ნახევარი რაოდენობიდან, ვიდრე გენერალისტი სახეობა ყველა ზიდან ერთად. კონკურენტული გამოთიშვის შემდეგ ჯამური ინტენსივობა რესურსის მოპოვებისა იქნება: $(40+70+140+250+500) \times 5 \times 100 = 500000$. ამჯერადაც, სპეციალისტების სისტემა ხუთჯერ მეტი ეფექტურობით მუშაობს, ვიდრე გენერალისტების რაგინდ დიდი ჯგუფი.

ისმის კითხვა, რამდენად შეესაბამება განხილული მაგალითები სინამდვილეს? რა თქმა უნდა, “უკიდურესი” გენერალისტები და სპეციალისტები ბუნებაში ძალიან იშვიათია. სახეობათა უმრავლესობის სპეციალიზების ხარისხი უფრო შუალედურია, თუმცა ცნობილია ბევრი მართლაც საოცარი მაგალითი ვიწრო სპეციალიზირებისა, განსაკუთრებით, მცირე ზომის ცხოველებში. ამას თავის მიზეზი აქვს და ამ საკითხს მოგვიანებით დაუბრუნდებით. ზემოთ განხილული მაგალითები კი უფრო საილუსტრაციო ხასიათს ატარებენ და არ არიან გამიზნულნი კონკრეტული მდელის ან ტყის დახასიათებისთვის. ამავე დროს, მოყვანილი მაგალითები ბევრად გამარტივებულია, ვიდრე რეალური ვითარება, რასაც შეიძლება ადგილი ჰქონდეს სინამდვილეში. თუმცა, სპეციალიზაციის მნიშვნელობა ეკოსისტემების ორგანიზაციისთვის, რაც უფრო რელიეფურად გამოჩნდა განზრახ გამარტივებული მაგალითების განხილვით, არა ნაკლებია რეალური პირობებისთვისაც.

დამატება 2

სპეციალიზაციის ზოგადი მოდელი

ეს მოდელი წარმოადგენს “ნულოვანი ჯამის თამაშს”, რომელშიც სპეციალიზირებით სისტემის გაძლიერება მიიღწევა ერთ გარკვეულ სასიცოცხლო პირობებში, მაგრამ ეს გულისხმობს სისტემის დასუსტებას სხვა პირობებში. მოდელი

მოქნილია და შეიძლება მიესადაგოს სხვადასხვა მასშტაბის მოვლენებს: სასიცოცხლო პირობებზე შეიძლება განხილულ იქნეს კლიმატი, ჰაბიტატი, ნიშები და მიკროუბანი; შესაძლებელია სასიცოცხლო პირობების რანჟირება რაიმე ფიზიკური ან რთული ეკოლოგიური გრადიენტის გასწვრივ; ასევე შეიძლება ღროისა და სივრცის (გეოგრაფიული) გრადიენტის გამოყენებაც.

ნებისმიერი თვითრეგულირებადი ერთეული (ამ სინერგეტიკული ტერმინით აღვნიშნავთ გარემოსთან ურთიერთობაში მყოფ ყველა რანგის ბიოლოგიურ სისტემას დაწყებული უჯრედიდან, პოპულაციითა და ბიოცენოზით დამთავრებულს) სპეციალიზირებულია: მისი არსებობა შესაძლებელია მხოლოდ გარკვეული ფიზიკურ-ქიმიური მაზასიათებლების მქონე გარემოში. სხვა სიტყვებით, არსებობს გარემო პირობათა სპექტრის გარკვეული, საკმაოდ ვიწრო ზოლი, რომელშიც მოცემულ თვითრეგულირებადი ერთეულს ძალუძს ეფექტურად შეასრულოს სასიცოცხლო აქტები - მოიპოვოს და გამოიყენოს რესურსები. პირობათა სპექტრის ამ ზოლის მიღმა კი რესურსების უტილიზაციის ეფექტურობა მკვეთრად ეცემა ისე, რომ ამ ერთეულის აქ არსებობა აღარ არის მოსალოდნელი. ერთეულები (მაგალითად, ორგანიზმები) რესურსებისათვის კონკურირებენ, ამიტომ კონკურენტუნარიანობა სწორად რესურსების უტილიზაციის ეფექტურობაზე არის პირდაპირ დამოკიდებული. ეფექტურობა კი, თავის მხრივ, როგორც ზემოთ ვნახეთ, სპეციალიზირებით განისაზღვრება. აქედან გამომდინარე, სპეციალიზაცია განსაზღვრავს დიფერენციალურ გადარჩენას ბუნებრივი გადარჩევის პროცესში და მოსალოდნელია, რომ სპეციალიზაციის ანალიზი მოგვცემს ბიოლოგიაში მორფოგენეზისა და სტრუქტურულიზაციის კანონზომიერებებში გარკვევის გასაღებს.

სპეციალიზაცია შეიძლება დაკავშირებულ იქნეს რესურსების უტილიზაციის ალბათობასთან მოცემულ პირობებში. თუ $\{X_i\}$ მიმდევრობა აღწერს სასიცოცხლო პირობებს სპექტრის გარკვეულ $[X_0, X_n]$ მონაკვეთზე, მაშინ რესურსების უტილიზაციის ალბათობათა შესაბამისი მიმდევრობა ამავე მონაკვეთზე იქნება $\{P_i\}$, რომელიც აღწერს ფუნქციურ დამოკიდებულებას $P_i = p(X_i)$. $\{X_i\}$ მიმდევრობის ელემენტები შეიძლება რანჟირებულ იქნენ ნებისმიერი წესით: რაიმე რესურსის ან ეკოლოგიური ფაქტორის გრადიენტის მიხედვით, ან X_i პირობების შეზღუდრიანობის სიზშირის (F_i -ის) მიხედვით. შესაბამისად, $P_i = p(X_i)$ ფუნქციის ფორმა შეიძლება იყოს ზარისებრი, მონოტონურად მზარდი ან მონოტონურად კლებადი. მაგრამ, ორგანიზმის ნებისმიერი ერთი თვისების გაძლიერება შესაძლებელია მხოლოდ სხვა თვისებების შესუსტების ზარჯზე. ზუსტად ასევე, რესურსების უტილიზაციის ალბათობის გაზრდა ერთ რომელიმე X_i პირობების მიმართ სპეციალიზირების გზით გამოიწვევს ამ ალბათობის შემცირებას $\{X_i\}$ მიმდევრობის სხვა ($X_{i \neq i}$) პირობებში. ეს ნაცვალებია შეიძლება აიწეროს შემდეგი პირობით: $P_i = p(X_i)$ ფუნქციის ფორმა შეიძლება ნებისმიერი სახით შეიცვალოს, მაგრამ ალბათობათა ჯამი, ე.ი. ფუნქციის მიერ შემოსაზღვრული ფართობი, მუდმივი უნდა დარჩეს:

$$\sum P_i = p(x_i) = \text{const.} \quad (1)$$

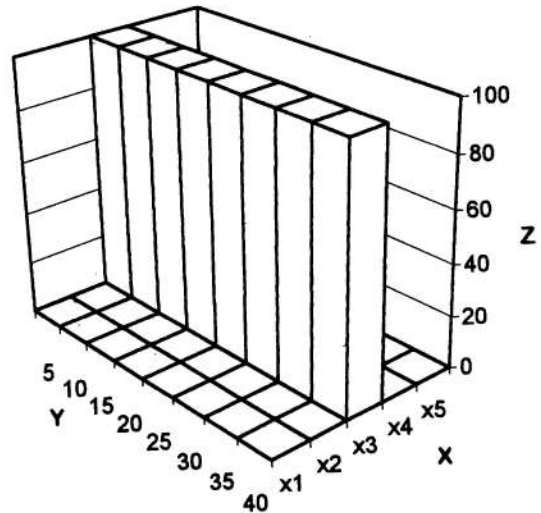
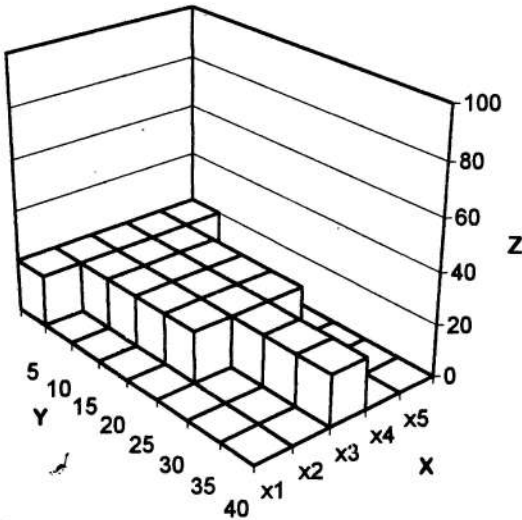
ცხადია, რომ სისტემის მიერ გარემოდან რესურსების უტილიზაციის P_i ალბათობის რეალიზაცია პროპორციულია შესაბამისი X_i სასიცოცხლო პირობების შეზღუდრიანობის

სიხშირისა, ანუ F_i -ისა. მაშასადამე, რესურსების უტილიზაციის ეფექტურობა შეიძლება განსაზღვრულ იქნეს, როგორც ნამრავლების ჯამი, რომელშიც სამრავლოა რესურსების უტილიზაციის ალბათობა P_i , ხოლო მამრავლი კი არის შესაბამისი x_i პირობების შეხვედრიანობის სიხშირე F_i :

$$E = \sum P_i F_i \quad (2)$$

როცა $F_i = \text{const}$, ე.ი. სიხშირეთა განაწილება თანაბარია, მაშინ $E = \sum P_i F = F \sum P_i = \text{const}$ (პირობა 1-ის მიხედვით). ყველა სხვა შემთხვევაში, ე.ი. როცა $F_i \neq \text{const}$, გვექნება:

$$\max(E) = \max(\sum P_i F_i) = \max(F_i) \sum P_i \quad (3)$$



ნახ. 1. გრაფიკული ილუსტრაცია, თუ როგორ იზრდება სპეციალიზირების შედეგად რესურსების უტილიზირების ეფექტურობის ზრდის გრაფიკი.

- X ლერძი უჩვენებს x_i სასიცოცხლო პირობებს ეკოლოგიური გრადიენტის გასწვრივ;
- Y ლერძი უჩვენებს x_i პირობების შესაბამის F_i სიხშირეს, ნორმალური განაწილებისათვის $F_0=5\%$, $F_1=25\%$, $F_2=40\%$, $F_3=25\%$, $F_4=5\%$ (იხ.ტექსტი);
- Z ლერძი უჩვენებს x_i პირობებში რესურსების უტილიზაციის P_i ალბათობებს.

ამოცანაა მოიძებნოს მაქსიმალური მოცულობის სხეული OXYZ სივრცეში (განტოლება 3-ის მიხედვით), ისე, რომ OXY სიბრტყეზე მდებარე სხეულის ფუძის ფართობი მუდმივი ღარჩეს (განტოლება 2-ის პირობა).

მარცხნივ: გენერალისტის სტრატეგია, $P_i = \text{const} = 20\%$, სხეულის ფუძეა $\sum P_i = 100\%$, ხოლო მოცულობა ტოლი იქნება

$$20x F_0 + 20x F_1 + 20x F_2 + 20x F_3 + 20x F_4 = 20x 100 = 2000.$$

მარჯვნივ: სპეციალისტის სტრატეგია: $P_{i \neq 2} = 0$, $P_2 = 100$ (სხეულის ფუძე), მოცულობა კი ტოლი იქნება:

$$0x F_0 + 0x F_1 + 100x F_2 + 0x F_3 + 0x F_4 = 40x 100 = 4000.$$

მაშასადამე, B სხეულის მოცულობა ორჯერ აღემატება A სხეულისას (იხილე აგრეთვე ტექსტი).

მაშასადამე, რესურსების მოპოვების ეფექტურობა მაქსიმიზირდება, როცა ორგანიზმში სპეციალიზირდება მაქსიმალური სიხშირის პირობებზე და სრულიად უგულვებელყოფს პირობათა სპექტრის დანარჩენ ნაწილს. მაგალითად, როცა $i=5$ და $F_0=5\%$, $F_1=25\%$, $F_2=40\%$, $F_3=25\%$, $F_4=5\%$ (სიხშირეთა ნორმალური განაწილება), ხოლო პირობა 1-ის შესაბამისად, $\sum P = \text{const} = 100\%$. მაშინ ერთეულისათვის, რომელიც ხუთივე პირობებში ერთნაირად ცდილობს მოიპოვოს რესურსები, განტოლება 2-ის მიხედვით გვექნება:

$$E = 20(5 + 25 + 40 + 25 + 5) = 20 \times 100 = 2000;$$

იმ ერთეულისათვის კი, რომელიც სპეციალიზირდება უზშირეს პირობებზე (X_2 , $F_2=40\%$), განტოლება 2 და 3-ის მიხედვით გვექნება:

$$E = 40 \times 100 = 4000.$$

ე.ი. განხილულ მაგალითში სისტემის სპეციალიზირება რესურსების უტილიზაციის ეფექტურობას 2-ჯერ ზრდის, მიუხედავად იმისა, რომ სისტემა უგულვებელყოფს რესურსების მოპოვების შანსებს შემთხვევითა 60%-დან! (ნახ.1).

მღვრადობა თუ ეფექტურობა

როგორც ვნახეთ, სპეციალიზაციის შედეგია რესურსების მოპოვების ეფექტურობის მკვეთრი ზრდა, მით უმეტეს მაშინ, როცა სპეციალიზირებული ელემენტები გარემოზე კარგად მორგებულ სისტემად ორგანიზდებიან. საერთოდ, ეფექტურობის ზრდა სპეციალიზირებისას უნივერსალურად ზოგადი მოვლენაა. მაგალითად, მეცნიერების ვიწრო სპეციალობებად დაყოფა სწორად ამითაა გამართლებული. მაგრამ, როგორც შესავალშივე აღინიშნა, მეცნიერთა სპეციალიზირებას უარყოფითი მხარეებიც ახლავს. ესეც საზოგადო მოვლენაა და სპეციალიზირების უარყოფითი მხარეები ჩვენს მიერ განხილულ მაგალითებშიც უნდა გამოჩნდეს.

სპეციალიზირებული ელემენტებისგან შემდგარი მაღალეფექტური სისტემის ნაკლი სწორად ისაა, რომ იგი კარგად უნდა იყოს მორგებული გარემოზე. თუ გარემო ცვლილებებს განიცდის, მაშინ სისტემაში მიღწეული ელემენტების ორგანიზაცია აზრს კარგავს, ეფექტურობაც ეცემა და საჭირო ხდება სისტემის ახალი ორგანიზაციის ფორმირება. უფრო მეტიც, გარემოს ძლიერი ცვალებადობისას საფრთხე ექმნება თვით სისტემის არსებობასაც (იხილე დამატება 3).

რაში შეიძლება გამოიხატებოდეს გარემოს არასასურველი ცვლილებები ჩვენს მდელს ნაკვეთზე? ამის მაგალითებია ისეთი მოვლენები, როგორიცაა ძლიერი გვალვა, ან პირუკუ, ხშირი წვიმები, პერიოდული წყალდიდობები და დატბორვები. ვნახოთ, როგორ უპასუხებენ გარემოს ასეთ ცვლილებებს გენერალისტი და სპეციალისტი სახეობები. დავუშვათ, გვალვის გამო ძლიერ ნოტიო კვადრატები “გაშრნენ” - მათი სიხშირე ნულს გაუტოლდა და ეს კვადრატები უკვე რესურსების მოპოვების პირობების მიხედვით სხვა კლასებში გადანაწილდნენ. ამას ორი სახის არასასურველი

შედეგი ექნება საპეციალისტი სახეობების პოპულაციათა სისტემაში. პირველი: იმის გამო, რომ მცენარეები არ არიან მოძრავნი და ადგილს ვერ იცვლიან, “გამშრალ” ძლიერ ნოტიო კვადრატებში რესურსების ამოღება შეწყდება. მიზეზი ამისა ნათელია: აქ მყოფი ვიწროდ დასპეციალებული მცენარეებისთვის პირობები ისე შეიცვალა, რომ მათ აღარ შეუძლიათ რესურსების მოპოვება, ხოლო შესაბამისი “სპეციალობის” მქონე მცენარეები მათ ვერ ენაცვლებიან. ეს დასცემს რესურსების მოპოვების ჯამურ ინტენსივობას. რაც მეტი იქნება ისეთი კვადრატი, რომელშიც რესურსების მოპოვების პირობები მკვეთრად ისე შეიცვლება, რომ ისინი ერთი კლასიდან მეორეში მოხვდებიან, მით მეტად დაიკლებს რესურსების მოპოვების ჯამური ინტენსივობა. ეს დამოკიდებულება პირდაპირია: თუ პირობები შეიცვალა კვადრატების 20%-ზე, ამდენითვე დაიკლებს რესურსების მოპოვების ჯამური ინტენსივობა, თუ კვადრატების 80%-ზე გავრცელდა პირობების მკვეთრი ცვალებადობა, (მაგალითად, რამდენიმეწლიანი გვალვის, ან პირუკუ, წვიმების გამო), მაშინ რესურსების მოპოვების ჯამური ინტენსივობაც ამდენივე პროცენტით დაეცემა. მეორე არასასურველი შედეგი ისაა, რომ თუ რომელიმე სახის კვადრატის სიხშირე ნულს გაუტოლდა შედარებით დიდი ხნის მანძილზე, მაგალითად, თუ ძლიერ ნოტიო და ნოტიო კვადრატები “გაშრნენ” ორი-სამი სეზონის განმავლობაში, მაშინ ამ კვადრატების პირობებზე დასპეციალებულ სახეობებს სრული გაქრობის საფრთხე ემუქრებათ. მოსალოდნელია, რომ ისინი ადგილს დაუთმოვენ გენერალისტ სახეობებს. კვადრატების სიხშიროვანი განაწილების *status quo* კიდევ რომ სრულად აღსდგეს, მაინც კარგა ხანი გავა, ვიდრე ჩვენს ნაკვეთზე გამოჩნდებიან სპეციალიზირებული სახეობები და კონკურენტული გამოთიშვის პროცესში შეძლებენ კვადრატებზე დამკვიდრებას, რის შედეგადაც უნდა აღსდგეს სპეციალიზირებულ სახეობათა პოპულაციების ძველი სისტემის მსგავსი ორგანიზაცია. ყოველ შემთხვევაში, გარემოს მკვეთრი ცვლილებების შედეგად, სპეციალისტთა სისტემა წყვეტს პირვანდელი, მაქსიმალურად ეფექტური სახით არსებობასა და მოქმედებას და გაურკვეველია, მოხდება თუ არა მისი ორგანიზაციის აღდგენა.

რაც შეეხება გენერალისტ სახეობას, გარემოს ყველა ის ცვლილება, რაც უკვე განვიხილეთ, მის არსებობასა და მის მიერ რესურსების მოპოვების ჯამურ ინტენსივობაზე არანაირ გავლენას არ მოახდენს: გენერალისტი ყველა პირობებისათვის მზადაა და არ კარგავს რესურსების მოპოვების მუდმივ უნარს. სისტემა აბსოლუტურად მდგრადია! აი, ესაა სწორად გენერალისტური სტრატეგიის უპირატესობა.

შეჯამების სახით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ უკიდურესი სპეციალიზირება, ასევე, უკიდურეს დამოკიდებულებას იწვევს გარემოს ცვლილებებისადმი, ხოლო უკიდურესი გენერალისტობა კი გარემოს ცვლილებებისგან სრული დამოუკიდებლობის საფუძველია.

ტყის ნაკვეთის განხილვა იგივე შედეგებს გვაძლევს. გვალვის ან ხშირი წვიმების გამო ზოგიერთი სახეობის ხემ შეიძლება მოცემული სეზონის განმავლობაში არ იმსხმოიაროს და, მაშინ, ამ სახეობაზე დასპეციალებული ფრინველი გაწყდება. ამ დანაკლისის შევსება საკმაოდ დროს მოითხოვს, რაც შემდეგ წლებში, თუნდაც ყველა ხემ იმსხმოიაროს, რესურსების მოპოვების ინტენსივობას დასცემს. მეორე მხრივ, გენერალისტი სახეობა გადარჩება, თუნდაც ერთადერთი სახეობის ხემ იმსხმოიაროს.

უფრო მეტიც, თუ რამდენიმე წელი ხის სახეობები მორიგეობით არ იმსხმოიარებენ, მაშინ ყველა სპეციალისტ ფრინველს ამოწყდომა ემუქრება, მაშინ, როცა გენერალისტ სახეობას გადარჩენა გარანტირებული აქვს.

დედამიწაზე რეალური გარემო, როგორც მოგეხსენებათ, ცვალებადია. სწორად ამიტომ, ბუნებრივი გადარჩევა არ “უშვებს” ორგანიზმების უკიდურესად ვიწრო დასპეციალებას, რადგან ეს ამოწყდომის საფრთხეს შეიცავს. ძალიან ვიწრო დასპეციალება ხდება მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როცა მოცემული სახეობის საარსებო გარემო სპეციფიკურია და გარანტირებულად მუდმივი, რაც დიდი იშვიათობაა.

საბოლოო ჯამში, საკითხი ასე წყდება: სახეობის დასპეციალება იმდენად ღრმაა, რამდენადაც მდგრადია მისი საარსებო გარემო. ცვალებად გარემოში უპირატესობა ენიჭება გენერალისტობას და გადარჩენის გარანტიას; მდგრად გარემოში კი ეს საფრთხე იხსნება და უპირატესობა სპეციალისტებს რჩებათ მათ მიერ რესურსების უფრო ეფექტურად ათვისების გამო.

ამრიგად, სპეციალიზაციას ახასიათებს ნაცვალგება (Trade-off): მის დადებით მხარეებს თან ახლავს უარყოფითი მხარეები. უკვე აღვნიშნეთ, რომ ეს უნივერსალური მოვლენაა და, როგორც ჩანს, გამოხატავს სამყაროს შექმნის იმ ფუძემდებლური პრინციპის მოქმედებას, რომლის მიხედვით სისტემის ელემენტებისთვის არსებობს შეუთავსებელი თვისებები, რაც, ალბათ, უდევს საფუძვლად არჩევანის აუცილებლობას, უფრო სწორად, განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის მოქმედებას, რომლის წამყვანი როლი სამყაროს ფორმირებაში ზემოთ ვივარაუდეთ. (იხილე თავი 1). ამ წესების მოქმედებას კიდევ ბევრჯერ შევხვდებით.

დამატება 3

აბსტრაქტული მაგალითი: ეფექტურობა თუ მდგრადობა

დავუშვათ, რომ სისტემა ახორციელებს ენერგიისა და ნივთიერებათა შეუღლებულ ნაკადს. ენერგიის მიწოდება შეუზღუდავად ჩავთვალოთ. სისტემის ფუნქციაა რაიმე P_0 რესურსის P_n საბოლოო პროდუქტად გარდაქმნა. ე.ი., გარდაქმნა n რაოდენობის შუალედური საფეხურებისგან შედგება. ამასთანავე დავუშვათ, რომ გარდაქმნის ყოველი $P_i \rightarrow P_{i+1}$ საფეხური ხორციელდება ინდივიდუალური ტიპის ელემენტით. გარკვეული მიახლოებით ასეთი მოდელი შეიძლება ასახავდეს მოვლენათა ფართო სპექტრს: ფერმენტული რეაქციების მიმდევრობას უჯრედის მეტაბოლიზმის რომელიმე უბანზე, ფიზიოლოგიური გარდაქმნების მიმდევრობას, მეტაბოლიტების გაცვლას მიკროორგანიზმებს შორის ასოციატებში, კვებით ჯაჭვს ეკოსისტემაში, ტექნოლოგიურ ხაზს ან ეკონომიკურ ურთიერთკავშირებს სხვადასხვა რანგის ერთეულებს შორის. ცხადია, რომ სისტემის ორგანიზება სხვადასხვაგვარად შეიძლება. მაგალითად, ისე, რომ ელემენტები თავმოყრილნი იყვნენ ცალკეულ სუბსისტემებში და ყოველ სუბსისტემაში თითოეული ტიპის ერთი ელემენტი იყოს წარმოდგენილი. ამგვარად, ელემენტების რაოდენობა სუბსისტემაში გაუტოლდება გარდაქმნის შუალედური საფეხურების რაოდენობას (n -ს) და ყოველ სუბსისტემას შეეძლება განახორციელოს $P_0 \rightarrow P_n$ გარდაქმნათა სრული მიმდევრობა. სხვა სიტყვებით, სუბსისტემა შეიძლება წარმოვიდგინოთ, როგორც კონვეიერი: ელემენტები ერთდროულად და დამოუკიდებლად მოქმედებენ, გადასცემენ რა P_i შუალედურ

პროდუქტს მომდევნო $i+1$ -ურ ელემენტს. სიმარტივისათვის დავუშვათ, რომ სუბსისტემების რაოდენობა სისტემაში m უტოლდება ელემენტების რაოდენობას სუბსისტემაში და, მაშასადამე, შუალედურ გარდაქმნათა საფეხურების რიცხვსაც: $m=n$.

ამგვარად, სუბსისტემები მსგავსებასა და დამოუკიდებლობას ამჟღავნებენ. ეს დარეზერვება, ე.ი. ერთნაირი ფუნქციის მქონე გარკვეული რაოდენობის სუბსისტემების არსებობა, განაპირობებს საიმედოობას - თვისებას, რომელსაც სისტემის მდგრადობა ეყრდნობა.

გარდაქმნათა შუალედური საფეხურების გამტარუნარიანობა, ანუ მოცემული შუალედური პროდუქტის ნაკადი შეიძლება დახასიათდეს $k_i = P_i/t$ კონსტანტით. სტაციონარულ მდგომარეობაში $-(dP_i/dt) = 0$ და ნაკადი $I = \text{const.}$ ცხადია, რომ მაღლიმიტირებელი საფეხური ხასიათდება მინიმალური k_i -ით, რომელიც განსაზღვრავს ნაკადის სიდიდეს მოცემულ სუბსისტემაში. მაშინ, სტაციონარულ მდგომარეობაში გვექნება:

$$I_j = \min(k_j) = (k_{\min})_j,$$

სადაც j არის სუბსისტემის ინდექსი და I_j არის ნაკადი მოცემულ j -ურ სუბსისტემაში. ერთობლივი ნაკადი I_s მთელს სისტემაში ტოლი იქნება:

$$I_s = I_0 + I_1 + \dots + I_j + \dots + I_m = \sum (k_{\min})_j = m k_{\min}$$

სადაც $k_{\min}$ არის $k_{\min}$ -ების საშუალო სტატისტიკური სიდიდე მთელ სისტემაში, ანუ სუბსისტემის საშუალო ნაკადი. სუბსისტემების მსგავსების მიუხედავად, ბუნებრივია დავუშვათ, რომ ისინი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მაღლიმიტირებელი საფეხურებით. ამგვარი ნაირგვარობა სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება იყოს გამოწვეული. მაგალითად, ასეთი მიზეზი შეიძლება იყოს გარემოს ზემოქმედების და/ან რესურსების რეჟიმების სხვადასხვაობა (გარემოს ჰეტეროგენობა) და ა.შ. სხვა სიტყვებით, ჩვენ ვუშვებთ, რომ ერთი ტიპის ელემენტები (გარდაქმნის ერთი და იგივე საფეხურის განმაზოცელებელი) იდენტურები არიან, როგორც ფუნქციური მოდულები, მაგრამ სხვადასხვა სუბსისტემებში მოქმედების სპეციფიკური პირობები ცვლიან მათს გამტარუნარიანობას. ელემენტთა გამტარუნარიანობაზე მოქმედ შინაგან და გარეგან ფაქტორთა ერთობლიობას ვუწოდოთ სუბსისტემის არე. სუბსისტემის სპეციფიკურ არეს შეუძლია გააძლიეროს ნაკადი ერთ ელემენტში, შეასუსტოს მეორეში, ან სულაც არ ჰქონდეს გავლენა მოცემული ელემენტის გამტარუნარიანობაზე. სხვა სიტყვებით, სუბსისტემის არეთა ნაირგვარობა განსაზღვრავს მაღლიმიტირებელი საფეხურების ნაირგვარობას. ყოველ სუბსისტემას ბუნებრივად გააჩნია პოტენციურად “უსწრაფესი” საფეხური, რომლის გამტარუნარიანობა ბოლომდე ვერ რეალიზდება მაღლიმიტირებელი საფეხურის შემაკავებელი მოქმედების გამო. ცხადია, იგი ხასიათდება მაქსიმალური k_i -ით. აღვნიშნოთ იგი $k_{\max}$ -ით. ამგვარად, ყოველი სუბსისტემა ხასიათდება რეალური გამტარუნარიანობით $(k_{\min})_j$ -ით, მაშინ როცა $(k_{\max})_j$ უჩვენებს მაქსიმალურ შესაძლო გამტარუნარიანობას მოცემულ j -ურ სუბსისტემაში.

ამ გამოყენებელი პოტენციალის რეალიზაციის მიზნით განვიხილოთ სისტემის ალტერნატიული ორგანიზაცია. ჯერ გადავაწყვთ სუბსისტემები ისე, რომ მათი ინდექსი დაემთხვეს მაქსიმალური გამტარუნარიანობის მქონე საფეხურის ინდექსს. სხვა სიტყვებით, მოვახდინოთ სუბსისტემების რანჟირება $(k_{max})_j$ -ის მიხედვით $i=j$ დროს. შემდეგ მოვათავსოთ ელემენტები სუბსისტემების მაქსიმალურად ხელშემწყობ არეებში, ე.ი., თუ პირველი სუბსისტემის არე ყველაზე მეტად ხელს უწყობს გარდაქმნის პირველ საფეხურს, ამ საფეხურის განმახორციელებელი ყველა ელემენტი მოვათავსოთ პირველ სუბსისტემაში. შესაბამისად, i -ური საფეხურის განმახორციელებელი ყველა ელემენტი აღმოჩნდება j -ურ სუბსისტემაში. რადგან $i=j$ და $m=n$, ელემენტთა რაოდენობა სუბსისტემაში არ შეიცვლება. მაგრამ, სუბსისტემები დაკარგავენ გარდაქმნათა სრული მიმდევრობის შესრულების უნარს და შეძლებენ მხოლოდ ცალკეული i -ური საფეხურის (ოღონდ, უკვე მაქსიმალური სისწრაფით) განხორციელებას, გადასცემენ რა შუალედურ პროდუქტს მომდევნო სუბსისტემას. სხვა სიტყვებით, ორგანიზაციის შეცვლის შემდეგ, სუბსისტემები სპეციალიზირდებიან მაქსიმალურად გამტარუნარიანი საფეხურების მიხედვით. ესაა პრინციპული განსხვავება სისტემის ახალი ორგანიზაციისა ძველთან შედარებით.

ორგანიზაციის ორივე მოდელი გულისხმობს, რომ P_i შუალედური პროდუქტების გადაცემის დრო ელემენტიდან ელემენტზე ან სუბსისტემიდან სუბსისტემაზე უგულვებელსაყოფად მცირეა გარდაქმნის დროსთან შედარებით, ე.ი., ნაკადის მაღლიმიტირებელია თვით გარდაქმნის საფეხური და არა მასთან დაკავშირებული რაიმე სხვა მოქმედება. ორგანიზაციის ახალ მოდელში j -ური სუბსისტემის ყოველი ელემენტის გამტარუნარიანობა დაზუსტდება $(k_{max})_j = (P_i/t)_j$ კონსტანტით და ჯამური გამტარუნარიანობა მოცემული j -ური სუბსისტემისა იქნება:

$$n(k_{max})_j = m(k_{max})_j$$

სტაციონარულ მდგომარეობაში ერთ-ერთი საფეხური (სუბსისტემა) I_s ჯამური ნაკადის მაღლიმიტირებელი უნდა იყოს:

$$I_s = \min(I)_j = mK_{min},$$

სადაც $K_{min} = \min[(k_{max})_j]$. რადგან ყოველთვის $k_{max} > K_{min}$, ჯამური ნაკადი სისტემის თავდაპირველი ორგანიზაციის გადაკეთების შემდეგ გაიზრდება F -ჯერ:

$$F = I_s/I_s = nK_{min}/nK_{min} = K/K_{min} > 1$$

გაძლიერების ფაქტორი F არის შეფარდება ნაკადის სიდიდისა მაქსიმალურად ხელშემწყობ სუბსისტემის არეში მაღლიმიტირებელი საფეხურების საშუალო ნაკადთან სხვადასხვა სუბსისტემის არეებში. სისტემის ორგანიზაციის გადაკეთების მიზანშეწონილება, ცხადია, დამოკიდებულია F ფაქტორის სიდიდეზე, რომელიც სუბსისტემის არეზე ელემენტების გამტარუნარიანობის ძლიერი დამოკიდებულების შემთხვევაში ერთობ მნიშვნელოვანიც შეიძლება აღმოჩნდეს.

შეგადაროთ ერთმანეთს სისტემის ორგანიზაციის ორი მოდელი. პირველი მათგანი მდგრადია დარეზერვების ხარჯზე და შეიძლება გაუძლოს გარემოს ძლიერ

შეშფოთებას, მაშინ, როცა მეორე მოდელის მდგრადობა ძალიან შეზღუდულია. მართლაც, დავუშვათ, რომ გარემოს შემადგენელი ზემოქმედების გამო ერთ-ერთმა სუბსისტემამ შეწყვიტა მოქმედება. მაშინ, პირველ მოდელში ნაკადი $(m-1)/m$ -ჯერ შემცირდება. m -ის სიდიდე სწორად დარეზერვებას ახასიათებს პირველ მოდელში. ცხადია, რომ მაღალი m -ის შემთხვევაში ერთი სუბსისტემის მწყობრიდან გამოსვლის გამო ჯამური ნაკადი დიდად არ შემცირდება. მაგრამ მეორე მოდელისათვის თუნდაც ერთი სუბსისტემის გაჩერებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს, რადგან სრულიად წყვეტს ნაკადს, გარდაქმნათა ჯაჭვიდან ერთ-ერთი რგოლის ამოვარდნის გამო.

მეორე მოდელის უმდგრადობა სხვაგვარადაც შეიძლება იქნეს ნაჩვენები. გარემოს ფაქტორების რეჟიმების (რესურსების სივრცეში და ღროში განაწილება, ფიზიკური ფაქტორების, როგორიცაა ტემპერატურა და სხვ., მოქმედება) ვარიაციულობა იწვევს ცვალებადობას იმ პირობებისა, რომელშიც ელემენტები მოქმედებენ. ე.ი., იცვლება k_{ij} კონსტანტები. ასეთი ცვლილებები სისტემის ორგანიზაციის პირველ მოდელში ხელს შეუშლის ერთი ელემენტის (სუბსისტემის) მოქმედებას, მაგრამ ხელს შეუწყობს მეორე ელემენტის (სუბსისტემის) მოქმედებას. ამგვარად, პარალელურ ნაკადთა ცვლილებები ურთიერთშემავსებელი უნდა იყოს და ჯამურ ნაკადზე დიდად არ იმოქმედებს. ამის საწინააღმდეგოდ, მეორე მოდელის ეფექტური მოქმედება საჭიროებს მუდმივ გარემოს, რადგანაც მისი ორგანიზაცია მოერგო არსებულ პირობებს სხვადასხვა სუბსისტემებში ელემენტების ინდივიდუალური გამტარუნარიანობის მიხედვით და გარემოს ფაქტორების გარკვეულ რეჟიმებთან თანხმობით. ამ რეჟიმების ცვალებადობა არღვევს ამ თანხვედრას და მამასადამე, მას შეუძლია ჯამური ნაკადის ძლიერი შემცირებაც გამოიწვიოს.

შევჯამოთ ერთი სისტემის ორგანიზაციის ორ ვარიანტს შორის განსხვავებები. პირველ შემთხვევაში სუბსისტემები უნივერსალურია. მრავალგვარობის მიუხედავად ისინი იდენტურ ფუნქციებს ასრულებენ და ამიტომ ურთიერთშენაცვლებადებიც არიან. უნივერსალური სუბსისტემები ასრულებენ გარდაქმნათა სრულ მიმღვერობას პარალელურად და ურთიერთდამოუკიდებლად, ამის გამო სისტემის მდგრადობა მაღალია და მისი ჯამური ნაკადი გარემოს ფლუქტუაციების გავლენას ნაკლებად განიცდის, შესაბამისად, სისტემის სტაბილური ფუნქციონირება შესაძლებელია შედარებით ცვალებად გარემოში.

მეორე შემთხვევაში საწინააღმდეგო თვისებებს აღმოვაჩენთ: სუბსისტემები სპეციალიზირდებიან გარდაქმნათა ცალკეულ საფეხურებზე და ამიტომ არ არიან ურთიერთშენაცვლებადი. ისინი ძლიერად ურთიერთქმედებენ და ამიტომ ურთიერთდამოკიდებულნიც არიან. გაძლიერებული ნაკადი, ცხადია, დიდი უპირატესობაა სისტემის ორგანიზაციის მეორე მოდელისათვის, მაგრამ სისტემა ამ შემთხვევაში მორგებულია გარემო პირობების ფიქსირებულ კომბინაციაზე და მცირე გადახრებიც კი მნიშვნელოვნად შეამცირებენ ჯამურ ნაკადს, ე.ი., სისტემა არაა მდგრადი, რამდენადაც სტაბილური ფუნქციონირება ასევე სტაბილურ გარემოს მოითხოვს.

საბოლოო ჯამში, ანტაგონიზმი ეფექტურობასა და მდგრადობას შორის გამოიხატება იმაში, რომ პირველი მოითხოვს ელემენტების სპეციალიზირებასა და მათს შორის ურთიერთქმედების გაძლიერებას, მაგრამ ასეთი განვითარება ამცირებს

6. ეკოლოგიური პრინციპი

ნებისმიერი სისტემის ორგანიზაციას მისი შემადგენელი ელემენტების მეტ-ნაკლები სპეციალიზაცია უდევს საფუძვლად. ჩვენ ვგულისხმობთ, რომ სპეციალიზაციის ნაცვალგების წესი აუცილებლად იმოქმედებს და ეს სისტემის ორგანიზაციაში უნდა აისახებოდეს. ორგანიზმების ანატომიასა და ფიზიოლოგიიდან ჩვენთვის ცნობილია, რომ მისი შემადგენელი ნაწილების - ორგანოების, ქსოვილებისა და უჯრედების სპეციალიზაცია იმდენად შორსაა წასული, რომ ერთი ორგანოს მეორეთი შეცვლა გამორიცხულია. ასევე მაღალია ელემენტების სპეციალიზაცია უჯრედის შიგნითაც. ეუკარიოტი უჯრედის ორგანოებისა და სხვა სუბუჯრედული სტრუქტურების (ე.წ. ციტოსკელეტონი) ვიწრო სპეციალიზაცია და მათ შორის ფუნქციების შესაბამისი განაწილება თვალში საცემია. პროკარიოტ უჯრედშიც იგივე სურათია: სახეზეა ცილებისა და სხვა მაკრომოლეკულების მკვეთრად გამოხატული ფუნქციები - “სპეციალობები”. მაგალითად, თითოეული ფერმენტი პრაქტიკულად მხოლოდ ერთი სახის ბიოქიმიური რეაქციის კატალიზს ემსახურება, ასევე ზუსტი და მკვეთრია დნმ-სა და რნმ-ს ფუნქციები და ა.შ.

როგორც ჩანს, ერთუჯრედიანმა და მრავალუჯრედიანმა ორგანიზმებმა გამონახეს გზები ელემენტების ვიწრო სპეციალიზირების “გვერდითი მოვლენების”, ანუ ნაცვალგების წესით გაპირობებული უარყოფითი მხარეების დაძლევისა. როგორ აისახება ეს სისტემის ორგანიზაციაზე? შევეცადოთ გავანალიზოთ ორგანიზმებისა და უჯრედების გარემოსთან ურთიერთობა, რადგან სწორად ეს ურთიერთობა განაპირობებს სპეციალიზაციის ნაცვალგების წესის მოქმედებას.

როგორც წინა თავში აღვნიშნეთ, ორგანიზმი სტრუქტურულად კარგად ჩამოყალიბებული სისტემაა. გარემოსთან ურთიერთობას იგი საგანგებო ელემენტების - ორგანოების მეოხებით აგვარებს. ასეთი ორგანოები ან მათ მიერ შექმნილი სისტემები რამდენიმეა. ჯერ განვიხილოთ ცხოველური ორგანიზმი.

უპირველეს ყოვლისა, ცხოველები გარემოსთან ურთიერთობენ გრძნობის ორგანოებისა და ნერვული სისტემის საშუალებით. მათი დახმარებით ცხოველები პოულობენ რესურსებს და თავს არიდებენ საფრთხეს. მეორე: ნერვული სისტემისა და გრძნობის ორგანოებით მიღებული ინფორმაციის რეალიზება ხდება საყრდენ მამოძრავებელი სისტემის - კიდურებისა და ორგანიზმის მოძრაობის გამაპირობებელი სხვა ნაწილების მოქმედებით. ზოგადად, შეიძლება ითქვას, რომ ამით ორგანიზმი თავს არიდებს არახელსაყრელ (რესურსებით მწირ, სახიფათო) გარემოს და მოძრაობს ხელსაყრელი (უსაფრთხო, რესურსებით მდიდარი) გარემოსკენ. მესამე: ესაა გარემოდან რესურსების საკვების სახით მოპოვება-უტილიზაციის ორგანოები - პირის ღრუ და საჭმლის მომნელებელი ტრაქტი, რომელიც ამავე ღროს ნარჩენებისგან განთავისუფლებასაც ემსახურება. მეოთხე: ცხვირის ღრუ და ფილტვები - ჰაერიდან ჟანგბადის მოსაპოვებლად და ორგანიზმის ნახშირორჟანგისგან გასათავისუფლებლად.

მეზუთეა გარე საფარველი: კანი, ტყავი, ქერცლი, ბეწვი და სხვა მრავალი დამცავი წარმონაქმნი, როგორიცაა ჯავშანი, ბაკანი, ქიტინი, ნიჟარა... რაც ორგანიზმის შინაგან სტრუქტურას გარკვეულად იფარავს გარემოს არახელსაყრელი მოქმედებისგან.

ყველა ამ ორგანოს საერთო დანიშნულება აქვს: შეინარჩუნოს ორგანიზმი, დაიფაროს იგი გარემოს არასასურველი ცვალებადობისგან და საბოლოო ჯამში მკვეთრად შეამციროს ორგანიზმის სტრუქტურის დარღვევის ალბათობა. ეს, ცხადია, ზრდის ორგანიზმის შემადგენელი ელემენტების მუდმივ გარემოში ყოფნის გარანტიებს და ამით ხსნის სპეციალიზირებული ორგანოების გარემოს ცვალებადობისადმი მაღალ მგრძნობიარობასთან დაკავშირებულ საფრთხეს.

მაგრამ ორგანოების სპეციალიზაცია იმდენად ღრმაა, რომ ორგანიზმი კიდევ დამატებით ზომებს საჭიროებს მისი შინაგანი არის მუდმივობის შენარჩუნებისათვის. ეს მოვლენა ფიზიოლოგიაში ცნობილია ჰომეოსტაზის სახელწოდებით. ჰომეოსტაზის რთულ ფუნქციას ემსახურება ბევრი ორგანო და მათი სისტემები: თირკმლები და შარდის გამოყოფა, კანი და საოფლე ჯირკვლები, ღვიძლი, ელენთა, ე.წ. ვეგეტატიური ნერვული სისტემა, ძვლის ტვინი, ენდოკრინული სისტემა და სხვ. ჰომეოსტაზს რამდენიმე მნიშვნელოვანი ასპექტი გააჩნია. პირველი: აუცილებელია, რომ ორგანოებს შორის იყოს კოორდინაცია, შეწყობილი მოქმედების უზრუნველყოფა, რასაც ემსახურება ვეგეტატიური ნერვული სისტემა და ენდოკრინული ჯირკვლები. მეორე: საჭმე ისაა, რომ რესურსების მოპოვებისას ორგანიზმში საჭირო და აუცილებელ ნივთიერებებთან ერთად ზედება უამრავი არასასურველი, მავნე და საზიფათო ნაერთი, ამიტომ თავისი შინაგანი გარემოს ქიმიური დაცვის მიზნით ორგანიზმმა უნდა უზრუნველყოს ამ არასასურველი ნაერთების გაუვნებელყოფა - დეტოქსიკაცია (რაც ღვიძლის ერთ-ერთი მთავარი ფუნქციაა); მესამე: უჯრედები, რომელი ორგანოს შემადგენლობაშიც არ უნდა იყვნენ, თავიანთი მოქმედების, ე.ი., სიცოცხლის პროცესში, გამოყოფენ ნარჩენებს და მეტაბოლიტებს, რომლებიც ასევე ტოქსიკურია და საჭიროა ამ ნაერთების დეტოქსიკაცია და ორგანიზმის მათგან განთავისუფლება (ეს ღვიძლის, თირკმლების, ნაწლავების ფუნქციებია); მეოთხე: ორგანიზმს ემუქრება პათოგენები და პარაზიტები - დაავადების გამომწვევი აგენტები, რომლებიც ამა თუ იმ ორგანოს აზიანებენ. საჭიროა მათი გაუვნებელყოფა (ესაა უმთავრესად სისხლისა და იმუნური სისტემის ფუნქცია); მეხუთე: რესურსების თვისებები და ხარისხი - საკვების ქიმიური შემადგენლობა შეიძლება იმდენად განსხვავებული იყოს, რომ ორგანიზმის შინაგანი გარემოს ფიზიკურ-ქიმიურ მუდმივობას დაემუქროს - მაგალითად, მჟავიანობის, ოსმოსური წნევის ცვლილებებით. ამ საფრთხეს ასევე აცილება სჭირდება და ამასაც ჰომეოსტაზი არეგულირებს; მეექვსე: ეს თბილსისხლიან ცხოველებს უფრო ეხება - მეტად მნიშვნელოვანი ასპექტი ორგანიზმის შინაგანი არის მდგრადობისა მუდმივი ტემპერატურის შენარჩუნებაა.

საბოლოო ჯამში, ჰომეოსტაზი ემსახურება ორგანიზმის ორგანოების “ნორმალური” ფუნქციონირების უზრუნველყოფას. ჩვენ მიერ ზემოთ განხილული სპეციალიზაციის ფენომენის თვალსაზრისით, სიტყვა “ნორმალური”, აქ, ნიშნავს ვიწროდ სპეციალიზირებული ელემენტების მაქსიმალური ეფექტურობით მოქმედებასა და იმ შინაგანი გარემოს მუდმივად შენარჩუნებას, რომელზედაც მორგებულია ეს სპეციალიზირებული ელემენტები.

ახლა განვიხილოთ მცენარეული ორგანიზმი. ცხოველურთან შედარებით მცენარეული ორგანიზმი ნაკლებად რთულია, სპეციალიზირებული ორგანოების რიცხვი მცირეა, ხოლო ჰომეოსტაზის გამოვლინება - უფრო ძნელად დასაფიქსირებელი. ჰომეოსტაზის მოქმედება უფრო უჯრედებში შეინიშნება და ლოკალურ ორგანოს ფარგლებში ვრცელდება, ვიდრე მთელს ორგანიზმში. ამის მაგალითია, ფოთოლში ბაგეების გაღება-დახურვით აირცვლისა და წყლის რეჟიმის რეგულირება. გარემოსთან მცენარე ურთიერთობს ძირითადად ორი რთული ორგანოს საშუალებით: ფოთლებითა და ფესვებით. ასევე, მნიშვნელობა აქვს გარე საფარს - კანს, ქერქს, კუტიკულას და სხვ. ფოთლები უზრუნველყოფენ სინათლის ენერგიის მიღებასა და მის ტრანსფორმაციას ორგანულ ნაერთებად, რომლებიც ფესვიდან მიღებული არაორგანული ნივთიერებებისგან სინთეზირდება. ფოთლებიდან ხვდება მცენარის ორგანიზმში მისთვის ისეთი მნიშვნელოვანი რესურსი, როგორიცაა ნახშირორჟანგი, (სხვა ყველა არაორგანულ ნივთიერებას მცენარე ფესვის მეოხებით იღებს). გარდა ფოთლისა და ფესვის ზოგიერთი განსაკუთრებული უნარის მქონე უჯრედისა (ფოტოსინთეზი ფოთლებში, იონების ტრანსპორტი - შეწოვა ნიადაგიდან ფესვის მიერ), სხვა უჯრედების სპეციალიზაცია არაა ისე ვიწრო, როგორც ცხოველურ ორგანიზმში. ამის შესაბამისად, მცენარის ორგანიზმი გარემოს მეტ ცვლილებების უძლებს და სხვა გზა მას არც აქვს: მცენარე მიმაგრებულია და მოძრაობის უნარს მოკლებული, ამიტომ იგი ვერსად ვერ გაექცევა ამინდის ცვალებადობას, ან კონსუმენტის (მძოველის, პარაზიტის და სხვ.) მოახლოებას. უჯრედების ნაკლები სპეციალიზაცია მცენარეში გამოიხატება იმითაც, რომ მათ ურთიერთშენაცვლების უნარი მთლიანად დაკარგული არ აქვთ და მცენარეს შეუძლია უსქესო გზითაც - ვეგეტატიურად - გამრავლდეს, რაც ცხოველებში თითქმის არ გვხვდება. ამასთანავე დაკავშირებული ასევე მცენარეებში რეგენერაციის კარგად გამოხატული უნარი.

განვიხილოთ ასევე ერთუჯრედიანი ორგანიზმებიც. მათაც კარგად აქვთ განვითარებული გარემოსთან საურთიერთობო ელემენტები. ესაა გარეთა მემბრანა - პლაზმალემა, რომელსაც კარგად გამოხატულ ბარიერულ თვისებებთან ერთად (მექანიკური, ელექტრული, ქიმიური, დიფუზიური წინაღობა) ახასიათებს აგრეთვე აქტიური სამარჯვები, სწორად გარემოსთან ურთიერთობისათვის გამიზნული. ესენია: რეცეპტორები - ქიმიური ნაერთების გამოსაცნობად; ენდოციტოზისა და ეგზოციტოზის მექანიზმები რესურსების (საკვები ნაწილაკების) შთანთქმისა და ნარჩენებისაგან განთავისუფლებისათვის; “ტუმბოები” წყალში გახსნილი ნივთიერებების (იონებისა და არაელექტროლიტების) შთანთქმისა და უჯრედიდან გამოტანისთვის - ეს ტუმბოები ასევე მნიშვნელოვანწილად განაპირობებენ უჯრედების შინაგანი არის მუდმივობას, ე.ი. ჰომეოსტაზს ემსახურებიან.

თუ გადავავლებთ თვალს ორგანიზმების გარემოსთან ურთიერთობის განხილულ ასპექტებს, დავრწმუნდებით, რომ ორგანიზმი, როგორც სისტემა, ელემენტების ვიწრო სპეციალიზაციის დადებითი მხარეების გაძლიერებასა და უარყოფითი მხარეების დაძლევას ახერხებს ერთადერთი გზით: თავისი ორგანიზაციის გართულებით. გართულებას, სირთულის პრობლემას, ჩვენ შემდეგ თავში დავუბრუნდებით. აქ კი, აღვნიშნავთ, რომ გართულება მიზნობრივია, გარკვეულად და გამოკვეთილად მიმართული. ეს მიმართულება არის მაქსიმალურად სტაბილური და პრედიქტაბელური (პროგნოზაბელური) შინაგანი არის შექმნა სისტემაში, რაც ხორციელდება გარემოსთან

ურთიერთობის აქტიური მექანიზმებით. სიტყვა “აქტიური” უკვე ზემოთაც ვახსენეთ. ამ სიტყვაში იგულისხმება, რომ ხსენებული მექანიზმების მოქმედება ენერგიის დახარჯვას მოითხოვს. რასაკვირველია, ენერგიის ეს ხარჯი დაიფარება იმ რესურსებიდან, რომელსაც ორგანიზმი კვლავ გარემოდან მოიპოვებს. განვიხილოთ რამდენიმე მაგალითი. პირველი: ორგანიზმის მუდმივი შინაგანი არის შენარჩუნების ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პირობაა მისი მუდმივი ტემპერატურა. ტემპერატურის მუდმივობას ორგანიზმი რამდენიმე გზით აღწევს. გარემოს ტემპერატურის სწრაფი და ხანმოკლე ცვალებადობისგან ორგანიზმი ცდილობს თავი დაიცვას იზოლაციით: ბეწვის, ცხიმის კანქვეშა ფენის, ბუმბულის განვითარებით. მაგრამ, ამ იზოლაციის წარმოქმნას ზომ მასალა და ენერგია სჭირდება, მით უმეტეს, რომ გარემოსთან მუდმივი შეხების გამო კანის უჯრედები, ბეწვი, სხვა წარმონაქმნები ინტენსიურად ცვლება, ცვივა და მუდმივ განახლებას საჭიროებს, რაც განაპირობებს ასევე მუდმივ ენერგეტიკულ და მატერიალურ დანახარჯებს ორგანიზმის მხრიდან. თუ გარემოს ტემპერატურული ცვლილებები ხანგრძლივია, მაშინ მარტო ასეთი საიზოლაციო საშუალებები აღარ კმარა. თუ ტემპერატურა ნორმალურზე (ოპტიმალურზე) ნაკლებია, მაშინ ორგანიზმს უხდება საკვები რესურსების პირდაპირი გაგებით “დაწვა”, რომ გამოყოფილი სითბოთი მოახდინოს ცივი გარემოს მიერ წართმეული სითბოს კომპენსირება. თუ ტემპერატურა მეტია ნორმაზე, მაშინ ირთება გაგრილების მექანიზმები, რაც უმრავლეს შემთხვევაში ხორციელდება სითხის - ოფლის, ნერწყვის - აორთქლებით სხეულის ზედაპირიდან - კანიდან, პირის ღრუდან. ოფლის ან ნერწყვის გამოყოფა საკმაოდ რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესია, რასაც ისევ ენერგიით უზრუნველყოფა სჭირდება. დამატებითი ხარჯია, ასევე, წყლის მოპოვება გარემოდან სხეულის გასაგრილებლად აორთქლებულის ასანახაურად. და ბოლოს, ორგანიზმი აქტიურად ეძებს უფრო ხელსაყრელი ტემპერატურული რეჟიმის გარემოს - თავშესაფარს, ან აშენებს მას - ბუდეს, ბუნაგს, თხრის სოროს. ეს, თავისთავად ცხადია, რომ კვლავ ენერგიის გაძლიერებულ ხარჯვასთან არის დაკავშირებული. მეორე მაგალითია ცხოველმყოფლობის ნარჩენების და საკვებთან ერთად მიღებული შხამების დეტოქსიკაცია და მათგან ორგანიზმის განთავისუფლება, რასთანაც დაკავშირებულია ენერგიის დამატებითი ხარჯვის ორი არხი: ქიმიური (ენდერგონული) რეაქციების უზრუნველსაყოფად და ფიზიკური - არასასურველი ნივთიერებების გარემოში გამოსატანად. მესამე მაგალითია გაქცევა - საფრთხის თავიდან არიდება ზუსტად ისე, როგორც არახელსაყრელი ტემპერატურის გარემოდან გარიდება. ეს მოქმედებაც ცხადად უკავშირდება მისი შესრულებისთვის საჭირო ენერგიის ხარჯს.

მაშასადამე, ორგანიზაციის გართულება და მეტი წესრიგის შექმნა სისტემაში (ორგანიზმში) უკავშირდება გაზრდილ ენერგეტიკულ მოთხოვნებს. ეს ვითარება, ალბათ, არის თავისებური გამოხატულება ზოგადი სინერგეტიკული პრინციპისა, რომ სისტემის თვითსტრუქტურირება და მისი ორგანიზაციის სტაციონარულ მდგომარეობაში შენარჩუნება მით მეტი თავისუფალი ენერგიის მიწოდებას მოითხოვს, რაც უფრო დაცილებულია ორგანიზაციის მიღწეული დონე თერმოდინამიკურ წონასწორობას.

დავუშვათ, გარემოში რესურსები სამყოფად არის იმისთვის, რომ სისტემის გართულება ენერგიით უზრუნველყოს. მაშინ როგორ შეიძლება განვითარდეს სისტემის ორგანიზაცია გარემოსთან ურთიერთობის მოგვარების კვალობაზე? მივუბრუნდეთ ისევ

ამ ურთიერთობების ზემოთ განხილულ ასპექტებს და იმავდროულად გავიხსენოთ ევოლუციის თანდათანობითობის პრინციპი. სისტემის ორგანიზაციაში გარემოსთან ურთიერთობის საგანგებო ელემენტების ჩამოყალიბებამდე უნდა არსებობდეს ეტაპი, შესავალი ფაზა, რომელიც გართულების დასაწყისი იქნება.

სინერგეტიკა - მეცნიერება სისტემების თვითორგანიზაციის შესახებ - გადამწყვეტ მნიშვნელობას ანიჭებს სისტემის ელემენტებს შორის კოოპერაციას, რაც ახალი სტრუქტურის შექმნით გამოიხატება (Haken, 1988). ბიოლოგიური სისტემებისთვის ამგვარი შესავალი ეტაპი ახალი ორგანიზაციის შექმნის ორგვარი შეიძლება წარმოვიდგინოთ. პირველის მაგალითია აგრეგირება - კოლონიის შექმნა ერთნაირი უჯრედების მიერ. ასეთ აგრეგატში კოოპერაცია გამოიხატება იმით, რომ უჯრედთან შედარებით კოლონიას ბევრად მეტი მასა აქვს და, შესაბამისად, უფრო იოლად უნდა უმკლავდებოდეს გარემოს ხანმოკლე ცვლილებებს; შეიძლება რაიმე მნიშვნელოვანი მოქმედების გადვილებაც, მაგალითად, შოლტიანთა აგრეგატის ან მცირე კოლონიის მოძრაობისა. ამავე დროს, თუ რაიმე მავნე ზემოქმედების გამო კოლონია დაირღვა (კონსუმენტის მიერ დაზიანება, ტემპერატურული სტრესი - გაყინვა), ამ კოლონიის პატარა ფრაგმენტიც რომ გადარჩეს, ან თუნდაც მხოლოდ ერთი უჯრედი, კოლონიის რეგენერირება შესაძლებელია.

სტრუქტურირების დაწყების მეორე გზის მაგალითია სხვადასხვა წარმოშობის აგენტების ასოცირება. მაგალითად, ბაქტერიებისა სხვა ერთუჯრედიან ორგანიზმებთან, როგორც იქნება ნიადაგის მიკრობული ასოციატები და ე.წ. მიკრობული აფსკები (Broda, 1976; Potera, 1996). ასოცირების საფუძველი, ისევე როგორც ეკონომიკაში, არის ფუნქციების ურთიერთხელსაყრელი გაცვლა, რაც კოოპერაციის კლასიკური ნიმუშია. ამ დროს მნიშვნელობა აქვს ამ აგენტების ურთიერთშემავსებელ თვისებებს, ანუ კომპლემენტარობას. ურთიერთხელსაყრელი გაცვლების კარგი მაგალითია სიმბიოზი და მისი წინამორბედი სტადიები. ნიადაგების მიკრობულ ასოციატებშიც კარგად ჩანს ეს ურთიერთხელსაყრელობა: ასოციატის შემადგენელი მიკრობები ერთმანეთს უცვლიან მეტაბოლიტებს - თავიანთი ნივთიერებათა ცვლის პროდუქტებს. ის, რაც ერთი მიკრობისათვის ნარჩენია, მეორესთვის წარმოადგენს რესურსს და პირუკუ და ა.შ.

აგრეგატებისა და ასოციატების არსებობა უკვე ქმნის საფუძველს მისი ორგანიზაციის გართულებისა და სპეციალიზირებული ფუნქციების განვითარებისათვის, განსაკუთრებით, გარემოსთან ურთიერთობის მოგვარების მიმართულებით, რაც უნდა დაგვირგვინდეს ძლიერი ჰომეოსტაზის ჩამოყალიბებით. ამ პროცესს და მის მნიშვნელობას ევოლუციის სხვადასხვა ეტაპებისთვის კიდევ შევხებით. აქ კი აღვნიშნავთ, რომ განსაკუთრებული როლი გარემოს ცვალებადობისგან სპეციალიზირებული ელემენტების დაცვისა, ალბათ, მიუძღვის, უპირველეს ყოვლისა, სისტემის გარემოსგან იზოლირებას, რასაც კომპარტმენტალიზაციას უწოდებენ. ეს, ცხადია, ხორციელდება გარე საფარველის, გარკვეული გარსის წარმოქმნის მეოხებით. დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ გარსის აღჭურვას გარემოსთან ურთიერთობისთვის ისე, როგორც მაგალითად, ერთუჯრედიანი ორგანიზმების გარე მემბრანაა აღჭურვილი რეცეპტორებითა და ნივთიერებათა ტრანსპორტის მექანიზმებით, ან ცხოველური ორგანიზმია აღჭურვილი გრძნობის ორგანოებით, სასუნთქი გზებით, ნივთიერებათა შთანთქმისა და ნარჩენებისგან განთავისუფლების სამარჯვებით.

ისმის კითხვა: რამდენად სრულად აკომპენსირებს კომპარტმენტალიზაცია და ჰომეოსტაზი გარემოს ცვლილებების მიმართ სპეციალიზირებული ელემენტების მაღალ მგრძნობიარობას? ალბათ, ადვილი შესაძენია ერთი კანონზომიერება, რომელიც კარგადაა ცნობილი ექიმებისთვის, ვეტერინარებისა და ფიტოპათოლოგებისთვის. ორგანიზმი “ნორმის” ფარგლებში საკმაოდ მდგრადია და კარგადაც უძლებს გარემოს ცვალებადობას. მაგრამ, თუ რაიმე მიზეზით გარემოსგან იზოლაცია დაირღვა, ან ზეგავლენა (ვთქვათ, რაიმე ქიმიური ნაერთის მეტად სპეციფიკური მოქმედება) იმდენად ძლიერია, რომ ჰომეოსტაზით მისი ბლოკირება ვერ ხერხდება, ორგანიზმის ვიწროდ სპეციალიზირებული ნაწილები სრულ უმწეობას ამჟღავნებენ ამ ზეგავლენის წინააღმდეგ. მეორე მაგალითი სპეციალიზირებული ორგანიზაციის მიერ დრეკადი ტიპის მდგრადობის დაკარგვისა: ერთი ორგანო მაინც რომ გამოვიდეს მწყობრიდან, მთელი ორგანიზმი იღუპება. თუ ასეთ ორგანიზაციას შევადარებთ აგრეგატს - ერთნაირი, დაუსპეციალიზირებული ელემენტების კოლონიას, ცხადი ხდება, რომ სპეციალიზაციის შედეგად იკარგება სწორად დრეკადი სახის მდგრადობა გარემოს ცვლილებების მიმართ. გართულებით - კომპარტმენტალიზაციითა და ჰომეოსტაზის განვითარებით, ეს დანაკარგი შეივსება ხისტი სახის მდგრადობით. განმარტებისთვის შეიძლება ითქვას, რომ სისტემის მდგრადობა თუ დრეკადია, ეს გამოიხატება იმით, რომ მანვე ზეგავლენის შემთხვევაში სისტემის დარღვევა ამ ზეგავლენის ძალის პროპორციულია და ეს უკანასკნელი ძალიან ძლიერი უნდა იყოს, რომ დრეკადობის მარაგი სრულიად ამოიწუროს და მთელი სისტემა განადგურდეს. რაც შეეხება მდგრადობის სიხისტეს, იგი იმით გამოიხატება, რომ სისტემა არ ემორჩილება გარემოს ზეგავლენას მისი სიძლიერის გარკვეულ ზღურბლამდე, მაგრამ ამ ზღურბლის გადალახვის შემდეგ სისტემა პრაქტიკულად ვეღარ უწევს წინააღმდეგობას ზეგავლენას და მისი სრული დარღვევა-დაშლის ალბათობა მკვეთრად, ნახტომისებურად მატულობს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, დრეკადი მდგრადობა თანდათანობითი და პასიურია, ხოლო ხისტი კი აქტიურია და “სულ ან არაფრის” კანონით მოქმედებს.

ყოველივე ზემოთქმული შეიძლება შევაჯამოთ, როგორც *პრინციპი ბიოლოგიური სისტემის ევოლუციისა: აღმავალი განვითარება და სისტემების ორგანიზაციის გართულება შესაძლებელია ელემენტების სპეციალიზირების გზით და ამ დროს სისტემის მიერ დრეკადი (პასიური) მდგრადობის დაკარგვა ანაზღაურდება ხისტი (აქტიური) მდგრადობის განვითარებით, რაც სისტემის მიერ ენერგიის დამატებით ხარჯვასთან არის დაკავშირებული.*

7. ევოლუცია

წინა თავში განხილული ევოლუციის პრინციპი, ჩვენი აზრით, გარკვეულად ასახავს უზენაესის მიერ სამყაროს წესრიგის შექმნისას დადგენილ უზოგადეს კანონებს. ამ პრინციპს ევოლოგიური შეიძლება ვუწოდოთ, რადგანაც მისი მოქმედების ფოკუსში სისტემისა და გარემოს ურთიერთობა ექცევა. ახლა მივყვით ჩვენი შრომის ლოგიკას და ვცადოთ იმის შეტყობა, თუ რა საერთო შეიძლება ჰქონდეს ამ

“ეკოლოგიურ პრინციპს” ბიოლოგიაში ცნობილ სხვა კანონებსა და პრინციპებთან და რა შეიძლება მოგვცეს მან ბიოლოგიური ცოდნის ინტეგრირებისთვის.

ჯერ ვცადოთ თავად ეკოლოგიური პრინციპის წინასწარი შეფასება. ხატოვნად თუ ვიტყვით, იგი შეიძლება მიეკუთვნოს “ბიოლოგიური სისტემების თერმოდინამიკის” სფეროს, რამდენადაც ეკოლოგიური პრინციპი აჩვენებს, თუ რა არის ის მდგომარეობა, რისი მიღწევაც შეუძლიათ სისტემებს განვითარების შედეგად. შემდეგი ნაბიჯი კვლევისა, ამის შესაბამისად, შეიძლება მოინათლოს როგორც “კინეტიკური”, ე.ი., შევეცადოთ გავერკვეთ, თუ როგორ, რა გზებითა და რა ტემპით შეიძლება ეკოლოგიური პრინციპით დასახული მდგომარეობის მიღწევა. ამასთან დაკავშირებით, სანამ ბუნების ისტორიის უმნიშვნელოვანეს ეტაპებს გავაანალიზებდეთ, ჯერ მიმოვიხილოთ დღეს არსებული ბიოლოგიური სისტემების სპექტრი.

სიცოცხლე და მისი ფორმები დედამიწაზე ხშირად განიხილება როგორც ე.წ. ბიოლოგიური იერარქია. ეს იერარქია, იმის მიხედვით, თუ რომელ ასპექტზე იქნება გამახვილებული ყურადღება (სტრუქტურა, ფუნქცია, ქრონოლოგია), ერთმანეთისგან ოდნავ განსხვავებული სახით შეიძლება წარმოგვიდგეს. მაგალითად, სტრუქტურული იერარქია, რომელსაც ბიოლოგიის ბევრ სახელმძღვანელოში შეხვდებით, სიცოცხლის ფორმებს შემდეგი მიმდევრობით წარმოადგენს: მოლეკულები-უჯრედები-ორგანიზმები-ბიოცენოზები-ბიოსფერო. ე.ი., ბიოსფერო შედგება ბიოცენოზებისგან, ბიოცენოზები - ორგანიზმებისგან (პოპულაციებისგან), ორგანიზმები - უჯრედებისგან (ორგანოებისა და ქსოვილებისგან, რომლებსაც ერთი ფუნქციური ტიპისა და მათი დამხმარე უჯრედები ქმნიან), უჯრედები - ორგანელებისგან, ხოლო ორგანელები მაკრომოლეკულებისგან. თუ ამ იერარქიას დავაკვირდებით, შევნიშნავთ ერთ კანონზომიერებას: იერარქიულად ზედა დონის სისტემა იქნება არა უბრალოდ ქვედა დონის სისტემებისგან, როგორც ელემენტებისგან, არამედ ამ ელემენტების მიერ წარმოქმნილი აგრეგატებისგან ან ასოციაციებისგან (ქვესისტემებისგან). მაგალითად, მოლეკულები ქმნიან ისეთ აგრეგატებს, როგორიცაა მემბრანები, ქრომოსომა და რიბოსომა, ხოლო ესენი კი თავის მხრივ ქმნიან მიტოქონდრიასა და უჯრედს. ასევე, უჯრედები ორგანიზმში ქმნიან აგრეგატებს - ქსოვილებსა და ორგანოებს, ხოლო ესენი კი - ორგანიზმს; ორგანიზმები ბუნებაში აგრეგირებულები არიან პოპულაციების სახით, პოპულაციები კი ქმნიან ბიოცენოზს. რა თქმა უნდა, სიტყვა აგრეგატი აქ თავისუფლად და ფართო გაგებით არის ნათქვამი, სამაგიეროდ, ეს აადვილებს აბსტრაქციას. როგორც წინა თავში ვნახეთ, აგრეგატებს ახასიათებთ დრეკადი მდგრადობა, სისტემას კი - ხისტი. ე.ი., იერარქიის განხილული აგებულების მეოხებით მიიღწევა სისტემის შემადგენელი ნაწილების - ქვესისტემების დრეკადი მდგრადობა, თუმც მთელი სისტემის მდგრადობა, როგორც ასეთი, ხისტია. ეს ვითარება რთულ სისტემებს საშუალებას აძლევს შეახამოს მდგრადობის ორი სახე და გარკვეული დრეკადობა შესძინოს თვით სისტემის სიხისტეს. ეს დეტალი შეიძლება მნიშვნელოვანი დამატება იყოს ეკოლოგიური პრინციპისათვის.

ჩვენი ვარაუდი ისაა, რომ ბიოლოგიური იერარქიის წარმოქმნა ქვედა დონეების სტრუქტურებიდან უმაღლესამდე ექვემდებარება ეკოლოგიურ პრინციპს. ფილოგენეტიკიდან და ბუნების ისტორიიდან ვიცით, რომ ეს იერარქია თანდათანობით იქმნებოდა. ამ თანდათანობით განვითარებას ევოლუციის თეორია ხსნის ბუნებრივი გადარჩევის მოქმედებით (Darwin, 1964; Ridley, 1993; Rensch, 1960, 1985; Grant,

1991). ორგანული ევოლუციის მექანიზმი, იმის მიუხედავად, ბუნებრივი გადარჩევის რომელ ვერსიას ავირჩევთ - ორიგინალურ დარვინისეულს, ევოლუციის სინთეზურ თეორიასა თუ მოდერნიზებულ ნომოგენეზურ შეხედულებებს, სამსაფეხურიანი ალგორითმის სახით წარმოგვიდგება. პირველი საფეხურია ნაირგვარობის გენერაცია, რომელიც სავარაუდოდ გამოწვეულია როგორც გარემოს ზემოქმედებით, ისე ბიოლოგიური სისტემების გენეტიკური აპარატის თავისებურებებით: რთულ სისტემებში დასაშვებია შინაგანი ფლუქტუაციები; თუ ეს გადახრები ორგანიზმის გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა-რეალიზაციის სისტემას შეეხება და რაიმე შედეგს გამოიღებს გარემოსთან ურთიერთობაში, მაშინ ჩაერთვება გადარჩევის მექანიზმი; იგივე შედეგი ექნება გარემოს იმ ცვლილებების, რომლებიც გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა-რეალიზაციისათვის ახალ პირობებს ქმნიან. აქ უნდა ითქვას, რომ ბუნებრივი გადარჩევის შესახებ შეხედულებათა სხვაობა ეხება სწორად გენეტიკური ცვალებადობის მექანიზმს და მისი წარმოქმნის მიზეზებს (მუტაციები სრულიად სტოქასტურია თუ არსებობს რაიმე მიმართულება მათი მოხდენისა), ანუ რა აპირობებს ერთი სახეობის ინდივიდთა გენეტიკურ განსხვავებებს? მაგრამ, რაც არ უნდა იყოს ამ განსხვავებათა გამომწვევი მიზეზი, გადარჩევის შემდეგი საფეხურებისთვის ამას არავითარი მნიშვნელობა არ აქვს. ეს საფეხურებია წარმოქმნილი ნაირგვარობის სორტირება - დახარისხება და პრაქტიკულად ამასთან ერთდროული ფილტრირება - თავად გადარჩევის აქტი. ცხადია, რომ ამ საფეხურზე გენეტიკური ცვალებადობით მიღებული ვარიანტთა სპექტრი შედარდება გარკვეულ კრიტერიუმებს და გადაირჩევა ის ვარიანტები, რომლებიც უკეთ უპასუხებენ მათ. მთავარი კრიტერიუმი გარემოს პირობებისადმი უკეთ შეგუება, რაც გამოიხატება რესურსების უფრო ეფექტურად მოპოვებისა და გამოყენების უნარში. აღწერილი სამსაფეხურიანი ალგორითმის მრავალჯერად შესრულებას უცვლელი კრიტერიუმებით თანდათანობით მიჰყავს სისტემა ისეთ ორგანიზაციამდე, რომელიც მაქსიმალურად პასუხობს მოცემულ გარემოს, მისი ცვალებადობის სიძლიერესა და ამისგან თავის დასაცავი აქტიური მექანიზმების მოქმედებისათვის საჭირო ენერგიის მიღების (რესურსების სახით) შესაძლებლობებს (ეკოლოგიური პრინციპის მოთხოვნა). შედეგად ამისა, მოცემული გარემოდან რესურსების მოპოვებისა და გამოყენების თვალსაზრისით, ხდება სისტემის სპეციალიზირება მაქსიმალურად შესაძლებელ ეფექტურობამდე. ჩვენი აზრით, ამ უკანასკნელი დებულების დასტური შეიძლება იყოს ის, რომ ერთნაირ გარემოში მსგავსი ორგანიზმები ყალიბდება. სხვა სიტყვებით, მსგავსი კრიტერიუმებით (გარემო!) გადარჩევის ალგორითმის მრავალჯერადი შესრულება აყალიბებს მსგავს სტრუქტურებს, რაც გაპირობებულია ამ სტრუქტურების მიერ მსგავსი ფუნქციების შესრულებით. ამის თვალსაჩინო გამოხატულებაა კონვერგენცია (მაგალითები მრავლად მოიპოვება სახელმძღვანელოებშიც: - თევზების, ვეშაპების და იქთიოზავრების მსგავსი აგებულება, ავსტრალიის ზოგიერთი ჩანთოსანი სახეობის იზომორფიზმი სხვა კონტინენტების შესაბამისი კლიმატური ზონების ძუძუმწოვარ სახეობებთან და სხვ.), ასევე, ე.წ. ეკოლოგიური ეკვივალენტების არსებობა და ზოგიერთი სასიცოცხლო ფორმის პოლიფილეტური წარმოშობა (მაგალითად, ბალახების და ალბათ, პროკარიოტებისაც).

ასეა თუ ისე, ევოლუციის თეორია რჩება ერთადერთ გამაერთიანებელ საფუძვლად ბიოლოგიაში. ზემოთ კი აღინიშნა, რომ ბუნებრივი გადარჩევა არ არის

სიცოცხლის დამახასიათებელი უნიკალური თვისება. ფართო გაგებით, გადარჩევა ზოგადი მოვლენაა და მის მოქმედებას მხოლოდ ბიოლოგიურ სისტემებში არც უნდა ველოდოდ. ამასთან დაკავშირებით, ვარაუდობენ, რომ სელექციის მსგავსი მოვლენები მრავალი პროცესის საფუძველია, მათ შორის ისეთებისაც, როგორიცაა გადაწყვეტილების მიღება, იდეის დაბადება: ქვეცნობიერიდან ცნობიერში გადმოსვლა სწორად აზრთა სელექციის შედეგად, მრავალგანზომილებიან სისტემაში ტრაექტორიის სწრაფვა ატრაქტორისადმი იტერაციების პროცესში და სხვ. (Csanyi, 1982). ჩვენი წარმოდგენით, რამდენადაც სამყარო ერთიანია და უზოგადესი წესებით იმართება, გადარჩევის ზემოაღწერილი სამსაფეხურიანი ალგორითმის მოქმედება მოსალოდნელია საზოგადოდ მატერიალურ სამყაროში და იგი არის პირველსაწყისი, ფუძემდებლური წესების გამოხატულება.

დავუბრუნდეთ “შესაქმეს”, რომლის წაკითხვისას ვივარაუდეთ, რომ უზენაესმა სამყაროს შექმნისა და განვითარების ერთ-ერთ წესად დაადგინა განსხვავება-გაყოფა-არჩევანი. საკმაოდ თვალში საცემია, რომ ეს წესი, ბუნებრივი გადარჩევის მსგავსად, სამ საფეხურს შეიცავს. სხვა სიტყვებით, მატერიალური სამყაროსა და, კერძოდ, სიცოცხლის განვითარება ერთი ალგორითმით ხორციელდება, რაც უზოგადესი, პირველსაწყისი წესი უნდა იყოს.

ამ თვალსაზრისით, ქაოსისა და წესრიგის ურთიერთობა ახალ ასპექტს იძენს. ქაოსი, ცნობილი ფრთიანი გამოთქმა რომ ვიხმაროთ, წესრიგის დედაა. და ეს ალბათ, მართლაც ასეა, იმ აზრით, რომ სწორად ქაოსი ქმნის განსხვავებებს, ცვალებადობას, რაც მერე გარკვეული კრიტერიუმების მიხედვით იყოფა - ხარისხდება და გადაირჩევა. სწორად ესაა, ჩვენი წარმოდგენით, წესრიგის შექმნა.

ეს წესრიგი თანდათანობით იქმნებოდა (შესაქმის ექვსი დღე!). ვნახოთ ახლა, რა ძირითადი ეტაპები გაიარა სიცოცხლემ მის დღევანდელ ფორმებამდე. სიცოცხლის არსზე, მის წარმოშობასა და ევოლუციაზე ზღვა მასალა არსებობს და აზრთა ამ მიმართულებებიდან თითოეულის გაცნობა და ანალიზი მთავარ გეზს აგვაცდენს. ამიტომ დავეყრდნოთ იმ პუბლიკაციებს, რომლებიც მიმოხილვით ხასიათს ატარებენ და უმაღლესი კატეგორიის საერთაშორისო სამეცნიერო პერიოდულ გამოცემებში იბეჭდება. ეს უკანასკნელი გარემოება, ცხადია, არ არის ამ პუბლიკაციებში გამოქვეყნებული იდეების ჭეშმარიტების გარანტია, პირუკუ, ბოლო წლებში მოწმენი ვართ პოპულარული და გაბატონებული თეორიების რევიზიისა და ალტერნატიული ჰიპოთეზებით შეცვლისა. სამაგიეროდ, ეს მიმოხილვითი პუბლიკაციები იძლევა წარმოდგენას, თუ რა პრობლემებზეა მიპყრობილი თანამედროვე ბიოლოგთა ყურადღება.

უნდა ითქვას, რომ ყურადღების ცენტრში ამჟამადაც იმყოფება ღნმ და გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა-რეალიზაციის მექანიზმები, მათი წარმოშობა, განვითარება და დღევანდელი სახით ფუნქციონირება. საკუთარი გენების რეპროდუცირება და მომავალ თაობებზე მაქსიმალური გადაცემა სიცოცხლის უმთავრეს აზრადაც კი განიხილება (Dawkins, 1995a,b). გენეტიკური ინფორმაციის შესწავლა და მისი პლატფორმად გამოყენება ბიოლოგიური ცოდნის ინტეგრირებისათვის თავისთავად მეტად გონივრულია, რადგან ინფორმაციის შენახვა-რეალიზაციის მექანიზმები მართლაც საერთოა ბიოლოგიური სისტემებისთვის, მართავს მათში მიმავალ პროცესებს და ასახავს განვითარებას. აი, ამ კუთხით დანახული

უმთავრესი ევოლუციური გარდაქმნების ნუსხა (Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995):

- რეპლიცირებადი მოლეკულების (რეპლიკატორების, სავარაუდოდ, რნმ-ს მოკლე ჯაჭვების) წარმოქმნა და მათი კომპარტმენტალიზაცია;
- ერთმანეთთან დაუკავშირებელი რეპლიკატორების ქრომოსომად აგრეგირება;
- რნმ-ს მიერ განხორციელებული რეპლიკაციისა და კატალიზის უნარის ორ ფუნქციად გაყოფა და განაწილება დნმ-სა და ცილებს (ფერმენტებს) შორის;
- პროკარიოტებისგან ეუკარიოტების წარმოქმნა;
- ერთუჯრედიანი ორგანიზმებისგან მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების - ცხოველების, მცენარეებისა და სოკოების წარმოქმნა, უჯრედის დიფერენცირების წარმოშობა;
- ინდივიდუალური ორგანიზმებისგან საზოგადოებრივი კოლონიების წარმოქმნა გამრავლების უუნარო კასტებით (საზოგადოებრივი მწერების კოლონიები: ჭიანჭველები, ტერმიტები, ფუტკრები);
- პრიმატთა საზოგადოებიდან ადამიანთა საზოგადოების წარმოშობა.

ჩამოთვლილი პუნქტების კვლევა მეტად საინტერესოა და ბიოლოგიის მომავალი წინსვლის მიმართულებას აჩვენებს. ამავე დროს, მხოლოდ გენების ყურადღების ცენტრში მოქცევა, ჩვენი აზრით, გარკვეულ უხერხულობას ქმნის. მაგალითად, მარტო გენეტიკური ინფორმაციის კუთხით თუ შევხედავთ ბიოლოგიურ სისტემებს, მაშინ იმისათვის, რომ მოველოდეთ განვითარების პროცესში ევოლუციური ხაზების გართულებას, არც რაიმე თეორიული მიზეზი არსებობს და არც საამისო ემპირიული მონაცემები (Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995). ეს უკანასკნელი დებულება, ოთქოს, სრულიად ეწინააღმდეგება ჩვენს ძირითად აზრს, რომ გართულება - ესაა სპეციალიზაციასთან დაკავშირებული აუცილებელი მოვლენა ბიოლოგიური ევოლუციის პროცესში. აქ უნდა აღინიშნოს, რომ თავისთავად სირთულის განსაზღვრა და, მით უმეტეს, მისი გაზომვა, არ არის იოლი და ეს საკითხი ბიოლოგიაში ჯერ-ჯერობით ღიად რჩება (Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995; თუმანიშვილი, 1991). ჩვენი აზრით, ბიოლოგიური სისტემების სირთულის ჩვენეული შეხედულებანი დროისა და სივრცის მასშტაბით განსხვავდება ამ ცნების “ინფორმაციისტული” ანუ “გენოცენტრული” გაგებისგან და ამიტომ მათი დაპირისპირება აზრს მოკლებული იქნება.

რადგან სირთულესა და გართულების განსაზღვრაზე მიდგა საქმე, ალბათ, მიზანშეწონილი იქნება, თუ აღვწერთ ჩვენს წარმოდგენებს ამ ფენომენზე. ჩვენ განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმს პირველსაწყის და ფუძემდებლურ მნიშვნელობას ვანიჭებთ სამყაროს შექმნასა და განვითარებაში, ამიტომ სწორად ამ ალგორითმის თვალსაზრისით შევხედოთ გართულებას. პირველ თავში აღვნიშნეთ, რომ ეს ალგორითმი ეფუძნება მატერიალური საგნების შეუთავსებელ თვისებებს. დავუბრუნდეთ ამასთან დაკავშირებით მოყვანილ მაგალითს: საგანი რაიმე ეტალონის მიმართ შეიძლება იყოს ან ღიდი, ან მცირე, ან ტოლი და არ შეიძლება იყოს ერთდროულად ღიდიც და მცირეც, ან ღიდიც და ტოლიც და ა.შ. მაგრამ, ვთქვათ აუცილებლობა მოითხოვს, რომ ზოგ შემთხვევაში ეტალონზე ღიდი საგანი იქნეს

წარმოდგენილი, ზოგში - მცირე და ზოგში კი - ტოლი. როგორ შეიძლება ამის მოგვარება? სწორად გართულებით - კომპლიკაციით, ანუ სხვადასხვა ზომის საგანთა შორის იმგვარი კავშირურთიერთობების დამყარებით, რომ მოცემულ მომენტში საჭირო ზომის საგანი იქნეს წარმოდგენილი. ცხადია, რომ ასეთმა მექანიზმმა ფიზიკურად იმოქმედოს, საჭიროა ენერგიის წყარო. ეს იგივეა, რაც სისტემის ახალი ორგანიზაციის შექმნა და ამას შეიძლება ეწოდოს სწორად კომპლიკაცია. ეკოლოგიური პრინციპიც ამასვე ეფუძნება: სპეციალიზაციისა და ღრეკადი მდგრადობის შეუთავსებლობით წარმოქმნილი პრობლემა გვარდება გართულებით (კომპლიკაციით), ანუ აქტიური მდგრადობის განვითარებით, რაც, ასევე, ენერგიის დამატებით ხარჯვას მოითხოვს.

რაც შეეხება სირთულის საკითხს გენეტიკური ინფორმაციის თვალსაზრისით, იმედია, მასაც მალე მოეფინება ნათელი. აქ კი დაეუმატებთ, რომ არის მეორე უხერხული მომენტი, რაც დაკავშირებულია ყურადღების ცენტრში მხოლოდ და მხოლოდ გენეტიკური ინფორმაციის ქონასთან და ყველა პრობლემის ამ კუთხით განხილვასთან. ჩვენი აზრით, ასეთმა დავიწროებულმა ხედვამ განაპირობა ის, რომ უმთავრესი ევოლუციური გარდაქმნების ნუსხაში მოხვდა საკითხები, რომლებიც სხვა კუთხით შეიძლება არც იყოს განსაკუთრებული მნიშვნელობისა და განხილულ უნდა იქნეს როგორც ბუნებრივი შედეგი ევოლუციის პროცესში სისტემების გართულებისა. მხედველობაში გვაქვს, მაგალითად, გენების ქრომოსომაში ურთიერთგადაბმა და გამრავლების სქესობრივი გზის წარმოშობა. ეს უკანასკნელი სწორად გენეტიკური ინფორმაციის კუთხით არის საინტერესო და ნაკლებად ეხმაურება ახალი, იერარქიულად უფრო მაღალი ბიოლოგიური სისტემების წარმოშობას, როგორც სტრუქტურის გართულების ყველაზე მკვეთრ გამოვლენას. ასევე, საზოგადოებრივი მწერების კოლონიებში, მართლაც საინტერესო, გენეტიკური პროცესები თავისი მნიშვნელობით დედამიწაზე სიცოცხლის გაჩენას, ან ეუკარიოტი უჯრედის წარმოშობას ვერ შეედრება. გარდა ამისა, ორგანიზმის გენებში "ჩაწერილი" ინფორმაციის ღირებულება მოწმდება სწორად გარემოსთან ურთიერთობით, ისეთ ეკოლოგიურ პროცესებში, როგორიცაა კონკურენცია, რესურსების მოპოვება, შეგუება... ამიტომ, წმინდა "გენოცენტრული" მიდგომა, ჩვენი აზრით, "ეკოლოგიურ" შესწორებას საჭიროებს.

ზემოთქმულთან დაკავშირებით, კიდევ ერთხელ დავაფიქსირებთ ჩვენს მიდგომას ბიოლოგიური ევოლუციისადმი. გართულება ჩვენთვის არის ორგანიზმში ანუ სისტემაში ახალი ფუნქციებისა და სტრუქტურების ჩამოყალიბება, რაც გაპირობებულია მოვლენათა შემდეგი მიმდევრობით: ბუნებრივი გადარჩევა მიმართულია ორგანიზმის ეფექტურობის გაზრდისაკენ; ეს შესაძლებელია მხოლოდ გარემოს მოცემული პირობებისადმი სპეციალიზაციით. მაგრამ ამის შედეგად იკარგება ღრეკადი მდგრადობა ამავე გარემოს ცვალებადობისადმი; თუ გარემოდან თავისუფალი ენერგიის მიწოდება შეზღუდული არაა, ვითარდება ახალი ფუნქციები, მიმართული საგანგებოდ დაკარგული ღრეკადი მდგრადობის ხისტი მდგრადობით შეცვლისაკენ - ესაა "ეკოლოგიური პრინციპი მოქმედებაში".

ყოველივე ამის გათვალისწინებით, გავამსხვილოთ ზემოთ მოყვანილ ნუსხაში ჩამოთვლილი პუნქტები და ამით შევარბილოთ მათი "გენოცენტრული" ტენდენცია. რასაკვირველია, სიცოცხლის წარმოშობა არის პირველი უმთავრესი მოვლენა

ევოლუციაში, რომლის დამაგვირგვინებელ ეტაპად ჩავთვალოთ პროკარიოტების წარმოშობა. მეორე ასეთივე მნიშვნელოვანი ეტაპია პროკარიოტი უჯრედებისგან ეუკარიოტი უჯრედების წარმოქმნა. მესამე უმთავრესი ეტაპი არის მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობა. ორგანიზმზე მაღლა სტრუქტურულ იერარქიაში ბიოცენოზი - ეკოსისტემა დგას. მართალია, ეკოსისტემების “გაჩენა” არ შეიძლება ევოლუციის რაიმე ეტაპად წარმოვადგინოთ, მაგრამ რამდენადაც ეკოლოგიისა და ევოლუციის მჭიდრო ურთიერთკავშირი ნათელია და ჩვენმა ანალიზმაც “ეკოლოგიური პრინციპი მოგვცა”, ალბათ მიზანშეწონილი იქნება, თუ ევოლუციის ამ სამი უმნიშვნელოვანესი ეტაპის განხილვის შემდეგ თანამედროვე ეკოლოგიური სისტემების ორგანიზაციასაც განვიხილავთ.

8. სიცოცხლის გაჩენა და პროკარიოტების წარმოშობა

ზემოთ უკვე ითქვა, რომ სიცოცხლის წარმოშობა დედამიწაზე თანამედროვე ბიოლოგიის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემაა. საინტერესოა, რომ განათლების მუშაკთა და მეცნიერებთა განწყობილება ამ პრობლემის ირგვლივ საკმაოდ განსხვავებულია. სახელმძღვანელოების უმრავლესობაში მეტად ოპტიმისტურად არის დახატული ამ პრობლემის გადაწყვეტა და თითქმის მოგვარებულად ითვლება. საქმე ისაა, რომ ჯერ კიდევ 30 წლის წინ ჩატარდა დედამიწაზე პრებიოტური ატმოსფერული პირობების საიმიტაციო ცდები და შედეგად მიღებულ იქნა მრავალი ორგანული ნაერთი, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ცოცხალ ორგანიზმში - ამინომჟავები, შაქრები, ლიპიდები და ნუკლეინის მჟავები. ამ ფაქტმა დიდი შთაბეჭდილება მოახდინა და წარმოშვა რწმენა, რომ სიცოცხლის გაჩენის პრობლემა ახლოა გადაწყვეტასთან. ამას დაემატა მსგავსი ორგანული ნაერთების აღმოჩენა მეტეორიტებში, რაც, ასევე, მათი თვითწარმოქმნადობის დასტურია. ამ ფაქტებმა და მათზე დაფუძნებულმა რამდენიმე თეორიამ (მათ შორის ოპარინის “კოაცერვატებმა”) იმდენად დიდი აღიარება მოიპოვეს, რომ ახლაც ცენტრალური ადგილი უჭირავთ როგორც სასკოლო, ისე საუნივერსიტეტო სახელმძღვანელოებში და პრაქტიკულად გადაწყვეტილად წარმოადგენენ სიცოცხლის აბიოგენური წარმოშობის პრობლემას. ამავე დროს, მეცნიერულ წრეებში, განსაკუთრებით კი მათ შორის, ვინც ამ პრობლემაზე უშუალოდ მუშაობს, სრულიად სხვა განწყობილებაა (Mills et al., 1993). მიუხედავად დაუცხრომლად მიმდინარე კვლევისა, რაც მეტი მონაცემი გროვდება, ცხადი ხდება, რომ მით უფრო მეტი ემპირიული ცოდნის მოპოვება არის საჭირო ამ პრობლემის სათანადოდ გაშუქებისათვის და ეს სიძნელეები აღიარებულია (Dose, 1988). საქმე ისაა, რომ ძნელდება ზემოხსენებული ნაერთების შედარებით ერთნაირ საიმიტაციო პირობებში მიღება, ზოგ შემთხვევაში საქმე გვაქვს პრებიოტური პირობების არც თუ გონივრულ მიახლოებასთან. მიღებული ნაერთები რაცემატებია და მიუხედავად მსგავსებისა ბიოლოგიურ მოლეკულებთან, ამ უკანასკნელთა შორის არსებული ზუსტი და ნატიფი ქიმიური ურთიერთკავშირების აღწარმოება ძნელდება. მოკლედ, ბიოლოგიური მოლეკულების აბიოგენური სინთეზის პრობლემაში, ჯერ კიდევ, ბევრი მნიშვნელოვანი საკითხია დასამუშავებელი და მათი სია, მიუხედავად მკვლევართა მცდელობისა, არ მცირდება. მეორე მხრივ, იგრძნობა წინსვლაც, რაც

იმის მაუწყებელია, რომ პრობლემა გაცილებით უფრო რთული აღმოჩნდა, ვიდრე მოელოდნენ. თუმცა, შეიძლება ითქვას, რომ წმინდა სპეკულაციური ვარაუდები უკვე იცვლება მეტ-ნაკლებად საფუძვლიანი ჰიპოთეზებით (Gogarten, 1995). შემუშავდა რამდენიმე თეორია, რომლებმაც შეცვალეს წარმოდგენები სიცოცხლის წარმოშობის შესახებ და მეტად უწყობენ ხელს აბიოგენური სინთეზის საიმპიტაციო ცდების უფრო მიზანმიმართულად შესრულებას (Eigen, 1992). მხედველობაში გვაქვს ჰიპერციკლების ჰიპოთეზა, რომლის ძირითადი იდეა ისაა, რომ დარვინისეული ბუნებრივი გადარჩევა დაიწყო ჯერ სიცოცხლის წარმოშობამდე, პრებიოტურ დედამიწაზე, აბიოგენურად წარმოქმნილ იმ ორგანულ მოლეკულებს შორის, რომლებსაც რეპლიკაციის უნარი აღმოაჩნდათ. ჰიპერციკლების ჰიპოთეზა მეტად სერიოზული წინადადებული ნაბიჯია სიცოცხლის წარმოშობის ახსნის გზაზე. ჩვენ მიერ მიღებული ეკოლოგიური პრინციპიდან გამომდინარე, ეს ჰიპოთეზა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, რადგან ვარაუდობს სიცოცხლის წარმოშობის გრადუალობას, თანდათანობით პროცესებს. გარდა ამისა, დარვინისეული ბუნებრივი გადარჩევის მექანიზმის მისადაგებით არაცოცხალ ქიმიურ სისტემებზე, ეს ჰიპოთეზა აღიარებს ამ პროცესის დაფუძნებას უნივერსალურ პრინციპებზე და ირიბად მიუთითებს განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის პირველსაწყისი ალგორითმის საყოველთაო მოქმედებას. ისიც უნდა ითქვას, რომ ამ ჰიპოთეზას, ისევე როგორც აბიოგენური სინთეზის საიმპიტაციო ცდებს, საკმაოდ აქვს წინააღმდეგობები (აიგენის პარადოქსი: იხილე Maynard-Smith & Szathmari, 1995).

ერთი სიტყვით, დღეს იმდენი საკითხი საჭიროებს დამატებით ექსპერიმენტულ შესწავლას და იმდენ კითხვას ჯერ ვერ მოეძებნა პასუხი, რომ რაიმე შემაჯამებელი თეორიის წამოყენების დიდი იმედი არ უნდა გვქონდეს, ვიდრე ექსპერიმენტები და ჰიპოთეტური მოდელების ანალიზი ჩვენს ცოდნას სერიოზულად არ შეავსებს.

ამავე დროს, ეკოლოგიურ პრინციპს უშუალო მიმართება აქვს სიცოცხლის წარმოშობასთან. მისი პოზიციიდან შესაძლებელია არსებული მიდგომების, ჰიპოთეზებისა და მოდელების ზოგიერთი ასპექტის კომენტირება. ამასთან დაკავშირებით, რამდენადაც ეკოლოგიური პრინციპი განვითარების “თერმოდინამიკას” ასახავს, იგი ადგენს ჩარჩოებს სიცოცხლის წარმოშობის “კინეტიკისათვის”, ე.ი. იმ თეორიისათვის, რომელმაც ექსპერიმენტულ საფუძველზე დაყრდნობით უნდა ახსნას სიცოცხლის წარმოშობა. და ბოლოს, გამომდინარე ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედებიდან სიცოცხლის წარმოშობის სხვადასხვა ეტაპზე, შესაძლებელია რამდენიმე სპეკულაციური ვარაუდის გამოთქმა.

თავდაპირველად, შევაფასოთ ის კრიტერიუმები, რომელიც უნდა დააკმაყოფილოს სიცოცხლის წარმოშობის თეორიამ, ეკოლოგიური პრინციპის თვალსაზრისით. უპირველეს ყოვლისა, ეს არის გრადუალიზმი: ერთი ეტაპიდან მეორეზე თანდათანობითი გადასვლა ისე, რომ ეს ეტაპები პირობითად იყოს ერთმანეთისგან გამოყოფილი, ხოლო თვით პროცესი უნდა წარმოჩინდეს, როგორც უწყვეტი განვითარება ვიდრე პროკარიოტული უჯრედის გაჩენამდე.

მეორე: სავარაუდოა აგრეგირების ან ასოცირების შესავალი ეტაპის არსებობა. ამასთან დაკავშირებით, ალბათ, ღირს დამატებით განიმარტოს, რას ვგულისხმობთ აგრეგირებასა და ასოცირებაში, ანუ რა არის აგრეგატი და რა - ასოციატი. ორივე შემთხვევაში რაიმე აგენტების - მატერიალური სხეულების, ელემენტების თავმოყრასთან გვაქვს საქმე. მიზეზი ამ ელემენტების თავმოყრისა შეიძლება

სხვადასხვა იყოს, ისევე, როგორც მიზეზი, თუ რატომ გამოყოფს დამკვირვებელი გარემოდან ელემენტების ამა თუ იმ სიმრავლეს, როგორც სისტემას. აგრეგატში იგულისხმება, რომ იგი არის ერთნაირი ელემენტების სიმრავლე, ასოციატში კი ელემენტები განსხვავებულია. მაგალითად ამქარი - პროფესიული თვალსაზრისით აგრეგატია, რამდენადაც მისი წევრები ერთსა და იმავე საქმეს აკეთებენ, მათი დამზადებული პროდუქცია - ერთნაირია. ამავე დროს ქალაქი, სადაც სხვადასხვა ამქრები მოქმედებენ - ასოციატია, რადგან ეს ამქრები სხვადასხვა სახის პროდუქციას აწვდიან ბაზარს და რიგ შემთხვევაში უცვლიან კიდევ ერთმანეთს ამ პროდუქციას. ასევე: ფიტოცენოზი, ანუ მიწის რაიმე ნაკვეთი, დაფარული მცენარეულობით - ფუნქციური თვალსაზრისით აგრეგატია, რამდენადაც მისი ელემენტები ანუ მცენარეები ერთნაირია: ერთსა და იმავე რესურსებს იყენებენ და ერთი და იგივე პროცესის შედეგად (ფოტოსინთეზი) ქმნიან ბიომასას. ტროფული პირამიდა ან კვებითი ქსელი კი ასოციატად შეიძლება იქნეს განხილული, რომლის წევრები მკვეთრად განსხვავდებიან მოხმარებული რესურსებითაც და მათ მიერ წარმოებული ბიომასის შემდგომი ბედიც: პროდუცენტები, პირველი, მეორე და შემდეგი რიგის კონსუმენტები, დესტრუქტორები ინაწილებენ საერთო სივრცეს და რიგ შემთხვევაში, “ერთმანეთს უმზადებენ” რესურსებს. შეიძლება ელემენტების თავმოყრა სრულიად შემთხვევითიც იყოს და საერთო სივრცის გარდა არაფერი არ აკავშირებდეთ: მაშინ კონგლომერატთან გვაქვს საქმე. წმინდა სახით, არც ერთი ეს წარმონაქმნი არ არსებობს. აგრეგატშიც შეინიშნება ასოცირების ნიშნები და პირუკუ; მთავარი ისაა, უპირატესად რომელ თვისებას ავლენს ელემენტების სიმრავლე. სიცოცხლის წარმოშობისათვის მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეს როგორც რეპლიკაციის უნარის მქონე აბიოგენური წარმოშობის მეტ ნაკლებად მსგავსი მოლეკულების აგრეგირებას (ალბათ, რნმ-ს გარკვეული სიგრძის ჯაჭვებისა, ამის შესახებ ცოტა ქვემოთ), ისე ქიმიურად განსხვავებული ორგანული ნაერთების - პოლიმერების ასოცირებასაც (მაგალითად, რნმ-პეპტიდები-დნმ-ალიფატური ჯაჭვის ფრაგმენტები-შაქრები, იხილე ქვემოთ).

მესამე კრიტერიუმი სიცოცხლის წარმოშობის თეორიისათვის, როგორც ჩანს, არის ის, რომ იგი უნდა გულისხმობდეს აგრეგატში ან ასოციატში ახალი ფუნქციების გაჩენას, მიმართულს გარემოსთან შეგუებისა და სისტემის სტაბილიზაციისაკენ, რაც ამ სისტემების გართულებასთან იქნება დაკავშირებული. ხოლო გართულებისა და ელემენტების სპეციალიზირების კვალობაზე უნდა მოხდეს ღრეკადი მდგრადობის ხისტი შეცვლა - ჰომეოსტაზის განვითარება და უჯრედის ამ ნიშნითაც ჩამოყალიბება. რადგან აგრეგატებსა და ასოციატებს შედარებით დაწვრილებით შევეხეთ, ალბათ, ერთი გარემოება კიდევ საჭიროებს განმარტებას. კერძოდ ის, რომ ღრეკადი და ხისტი მდგრადობის მიმართ აგრეგატსა და ასოციატს რამდენადმე განსხვავებული დამოკიდებულება გააჩნიათ. აგრეგატის ღრეკადი მდგრადობა უკვე ზემოთ, ეკოლოგიური პრინციპის შესახებ მსჯელობისას განვიხილეთ (იხილე წინა თავი). რაც შეეხება ასოციატს, იგი სხვადასხვაგვარი ელემენტებისგან შედგება და თუ ერთი სახის ელემენტები სულ მოისპობა, მაშინ შესაძლებელია ასოციატის სრული დაშლა. მაგრამ აქ რამდენიმე მნიშვნელოვანი მომენტი გასათვალისწინებელი. უპირველეს ყოვლისა, თუ ასოციატი სპონტანურად არის წარმოქმნილი, მაშინ იგულისხმება, რომ იგი არ არის კარგად ჩამოყალიბებული

ფიზიკური სტრუქტურა. მასში არც ფუნქციების განაწილება არის მკვეთრი და მოწესრიგებული, ამიტომ ადვილად იშლება და ადვილადვე იკვრება - აქედან, მისი მდგრადობის დრეკადობა. მეორე მომენტი ისაა, რომ თითოეული სახის ელემენტი ასოციატში ბევრია, რის გამოც მას საკმარისი დრეკადობა გააჩნია ამგვარი “დარეზერვების” გამო. ხოლო თუ ასოციატის ელემენტები კოევილუციის პროცესში კარგად მოერგნენ ერთმანეთს და ფუნქციების განაწილება აღარაა სპონტანური, არამედ ავლენს კოორდინაციის ნიშნებს, მაშინ ხისტი მდგრადობაც ვითარდება, როგორც ეს ნაპოვნია ე.წ. მიკრობულ აფსკებში (Potera, 1996).

ჩვენი ცოდნის ამ ეტაპზე მეტი დეტალიზება ალბათ აღარ ღირს, არამედ, ჯერ ვცადოთ ამ სამი კრიტერიუმის ფონზე არსებული ჰიპოთეზებისა და მოდელების განხილვა და კომენტირება.

სიცოცხლის გაჩენამდე, ვარაუდით, დედამიწის ატმოსფეროში არ იყო ჟანგბადი, ძლიერი იყო ულტრაიისფერი გამოსხივება და ხშირი იყო ელექტრული განმუხტვები. ასეთ პირობებში, როგორც საიმპიტაციო ცდებმა აჩვენეს, შესაძლებელი გახდა ორგანული ნივთიერებების აბიოგენური სინთეზი და ამ ნივთიერებათაგან ზოგიერთს აღმოაჩნდა სიცოცხლის წარმოშობისათვის საჭირო თვისებები. მაშინდელ ოკეანეს განიხილავენ, როგორც საკმაოდ თბილ, ე.წ. “პირველყოფილ ბულიონს”, რომელშიც გახსნილი იყო ორგანული ნივთიერებები. მომენტი, როცა გარკვეულ მოლეკულებს შორის შესაძლებელი შეიქნა დარვინისეული გადარჩევის კლასიკური მექანიზმის ამოქმედება, უკავშირდება რნმ-ს მოლეკულების გაჩენას (ცხადია, აბიოგენური სინთეზის გზით). რნმ-ს გააჩნია ორი თვისება, რის გამოც ის განიხილება სიცოცხლის პირველსაწყის მოლეკულად: მას შეუძლია რეპლიცირება, ე.ი., გამრავლება ჯაჭვში ნუკლეოტიდების მიმდევრობის დაცვით და ამავე დროს, მას აქვს ამ პროცესის წარმართვისთვის საჭირო რეაქტივების კატალიზის უნარი. ამიტომ, სიცოცხლის წარმოშობის ამჟამად მიღებულ მოდელებში განიხილავენ ე.წ. რნმ-სამყაროს, როგორც რნმ-ს არცთუ გრძელი ჯაჭვების სიმრავლეს (პოპულაციებს), რომლებიც “პირველყოფილი ბულიონის” გარკვეულ პირობებში თვითრეპლიკაციის მეოხებით მრავლდებიან. რომელი ჯაჭვიც უფრო ეფექტურად გამრავლდება და დიდ პოპულაციას შექმნის, მონონუკლეოტიდების დაკავშირებისათვის კონკურენციაში ის გაიმარჯვებს. რნმ-ს თვითრეპლიცირებად მოლეკულებს რეპლიკატორებს უწოდებენ.

შემდეგ ეტაპად ითვლება რნმ-ს მოლეკულების და ცილების ჩართვა საქმეში და რეპლიცირებისა და კატალიზის ფუნქციების გაყოფა: რნმ დასპეციალდა რეპლიცირებაზე ხოლო ცილები - ფერმენტულ კატალიზზე, (და ამას უფრო ეფექტურად ახდენენ, ვიდრე “გენერალისტი” რნმ). ამავე დროს, ხდება ქრომოსომის ჩამოყალიბება. უჯრედის წარმოშობის საბოლოო ეტაპი უნდა იყოს ამ სისტემის კომპარტმენტალიზაცია და ინდივიდუალური უჯრედების (პროკარიოტების) გაფორმება. ამ პროცესების ასახსნელად მოწოდებულია ე.წ. ქემოტონის მოდელი. ეს მოდელი კარგად ხსნის მეტაბოლიზმისა და გენეტიკური ინფორმაციის შენახვა-რეალიზაციის შეუძლებას, კომპარტმენტალიზაციას, სპეციალიზაციასა და ფუნქციების განაწილებას უჯრედში. დეტალების განხილვა შორს წაგვიყვანს. დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია თავად გაეცნოს ორიგინალურ შრომებს (Eigen, 1992; Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995). ეკოლოგიურ პრინციპს ამ წარმოდგენების საწინააღმდეგო არაფერი აქვს, პირიქით, ისინი საკმაოდ კარგად

ეთანხმება ზემოთ განხილულ კრიტერიუმებს. თუმცა, მაინც შეიძლება რამდენიმე მომენტის დაზუსტება.

აიგენის პარადოქსის მოსახსნელად ზოგიერთი მოდელი (სტოქასტური კორექცია) ვარაუდობს, რომ რეპლიკატორები თავიდანვე ხვდებიან კომპარტმენტში: უჯრედის წინამორბედში, რადგან საჭიროა რნმ-ს მოკლე ჯაჭვების ფუნქციონალური შეუღლება რაიმე გზით, იმისთვის, რომ ჰიპერციკლმა იმუშაოს. ვფიქრობთ, ფორმალურად, იგივე შედეგს მივიღებთ, თუ წინასწარი კომპარტმენტალიზაციის ნაცვლად ვივარაუდებთ, რომ ადგილი აქვს რეპლიკატორების აგრეგირებას ან ასოცირებას სხვა ორგანულ ნაერთებთან, როგორც ამას ეკოლოგიური პრინციპის კრიტერიუმი მოითხოვს. “პირველყოფილ ბულიონში” ხომ რნმ-ს გარდა სხვა ორგანული ნაერთებიც იყო და მათი ურთიერთობა ბუნებრივია. ეს ორგანული ნაერთებიც საკმაოდ მრავალფეროვანი უნდა ყოფილიყო თავიანთი ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით. ადგილი სავარაუდოა, რომ ჰიდროფილურ-ჰიდროფობურ ურთიერთობებსაც ჰქონდა ადგილი და წარმოიქმნებოდა მიცელები, რომელთა ზედაპირზე სხვა ნივთიერებებს შორის რნმ-ს მოლეკულებსაც შეეძლოთ ასოცირება და რეპლიკაციის აქტების მოხდენა. მით უმეტეს, რომ ზოგიერთი წყალში უხსნადი მინერალის ზედაპირზე უკვე ნაჩვენებია ნუკლეოტიდების პოლიმერიზაციის დაჩქარება (Ferris et al., 1996). გარდა ამისა, ნაჩვენებია, რომ რნმ-ს მიერ თვითრეპლიკაცია გარკვეულ პირობებში არც ისე უზუსტოა, როგორც ამას აიგენი ვარაუდობს, ამიტომ პირველი რნმ-ქრომოსომების სიგრძე შეიძლება არცთუ მცირე იყო (Eckland et al., 1995). რაც შეეხება ჭეშმარიტ მემბრანას თავისი პასიური და აქტიური თვისებებით, ალბათ შემდეგ ევოლუციის პროცესში მოგვიანებით ჩამოყალიბდა. სხვათაშორის, ჰიდროფილურ-ჰიდროფობულ მიცელებში ასოცირება გააადვილებდა კიდევ ერთ მნიშვნელოვან რეაქციას: ფოსფორგანული ნაერთების - ბიოქიმიურ რეაქციებში ენერგიის გადამტანების გაჩენას. ამ პროცესში წამყვანი როლი, ვარაუდით, ენიჭება კალციუმის ფოსფატს, მაგრამ იგი წყალში უხსნადია. ამ პრობლემის მოსახსნელად ვარაუდობენ სხვადასხვა ჰიპოთეტურ შემოვლით გზებს (de Graaf et al., 1995). მიცელასთან კონტაქტში კი რეპლიკატორებს წყალში უხსნად ნივთიერებებთანაც შეეძლებოდათ ურთიერთობა. გარდა ამისა, მიცელაში, მაკრომოლეკულებს შორის, ადგილი უნდა ჰქონდეს არა მარტო ფიზიკურ კონტაქტს, არამედ ამ ნაერთების ქიმიურ სტაბილიზირებასაც და, შესაბამისად ამისა, მათი სიცოცხლის გახანგრძლივებას. ეს ნიშნავს რეპლიკაციათა რიცხვის გაზრდასაც, მით უმეტეს, რომ არაა გამორიცხული მიცელის ზედაპირზე რეპლიკაციის მაკატალიზებელი ჯგუფების არსებობაც. ამასთან დაკავშირებით, რნმ-სამყაროში “მოქმედი პირების” სიაში შეყვანილი უნდა იქნენ სხვა აბიოგენური წარმოშობის ორგანული ნაერთები განსხვავებული ფიზიკურ-ქიმიური თვისებებით: პეპტიდების და ღრმ-ს წინამორბედები, ალიფატური ჯაჭვების ფრაგმენტები და შაქრები.

მეორე მომენტი, განხილული ჰიპოთეზებისა და მოდელების უკეთესი მორგებისა ეკოლოგიურ პრინციპთან, არის “გენოცენტრული” პოზიცია და მხოლოდ და მხოლოდ კონკურენტული ურთიერთობების განხილვა. ჩვენი აზრით, აქ უფრო რთულადაა საქმე და ისიც უნდა იყოს გათვალისწინებული, რომ კონკურენცია და კოოპერაცია შეიძლება განვიხილოთ როგორც რეფლექსია ქაოსსა და წესრიგს შორის დამოკიდებულებისა. 100%-იანი კონკურენცია - ეს ისეთივე აბსტრაქციაა, როგორც

100%-ანი ქაოსი. კონკურენცია - ესაა უწესრიგობის ძლიერი ელემენტის შემცველი კატეგორია, კოოპერაცია კი - პირიქით: წესრიგის შექმნის პირობაა (Haken, 1988). ამიტომ, მატერიალურ სამყაროში არც აბსოლუტური კონკურენცია შეიძლება არსებობდეს, არც აბსოლუტური კოოპერაცია, მით უმეტეს, რომ კომპიუტერული მოდელირებით ნაჩვენებია, რომ დარვინისეული გადარჩევის მოქმედებისას სახეობათშორის კოოპერაციას არანაკლები მნიშვნელობა შეიძლება ჰქონდეთ, ვიდრე კონკურენციას (Nowak et al., 1995; Sapp, 1994; Sigmund, 1993). როგორც ზემოთ აღინიშნა, მხოლოდ კონკურენციაზე დაფუძნებულ მოდელებამდე “გენოცენტრულ” შეხედულებებს მივყავართ და ასეთი უკიდურესობა ბაღებს დასკვნას, რომ გართულებისთვის ევოლუციის პროცესში მიზეზი არ არსებობს. კოოპერაცია კი სწორად ის პროცესია, რომელიც გართულებასა და უფრო მაღალი ორგანიზაციის შექმნას გულისხმობს, რაც ივარაუდებოდა ჰიპერციკლების თავდაპირველი მოდელით. საგულისხმოა, რომ კოოპერაცია რეალისტური მაშინ არის, როცა ელემენტებს მჭიდრო კონტაქტი აქვთ ამ სიტყვის ფიზიკური გაგებით. ამიტომ აგრეგირებასა და ასოცირებას, როგორც სისტემის ევოლუციის საწყის ეტაპს, კიდევ უფრო მეტი მნიშვნელობა ენიჭება.

საბოლოოდ, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ეკოლოგიური პრინციპი კარგად ეთანხმება სიცოცხლის წარმოშობის დღევანდელ წარმოდგენებს, განსაკუთრებით, იმ პუნქტებში, როცა ფუნქციების გაყოფა - სპეციალიზაცია და მისი მომდევნო კომპარტმენტალიზაცია ივარაუდება. დამატებითი შინაარსი, რასაც ეკოლოგიური პრინციპი ამ პუნქტებს სძენს, არის ის, რომ ფუნქციების გაყოფა - ესაა სპეციალისტთა კოოპერირება და, რომ სისტემის ასეთი ორგანიზაცია მოითხოვს მის გართულებასა და ხისტი მდგრადობით უზრუნველყოფას. ეს უკანასკნელი თვისება - ჰომეოსტაზი - მჭიდროდ არის დაკავშირებული კომპარტმენტალიზაციასთან, ამ შემთხვევაში - პროკარიოტების გარე მემბრანის წარმოქმნასთან. შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ კოოპერირება ხდება მიცელებზე ასოცირებული რეპლიკატორებისა, რომელსაც ანალოგიით შეიძლება პრორიბოსომა ვუწოდოთ. პრორიბოსომებს შორის მეტაბოლიტების გაცვლა (რეპლიცირებული დნმ-ს ფრაგმენტების?) კარგი საფუძველია კოოპერაციის შესაქმნელად პრორიბოსომებშიც და ახალი ფუნქციების წარმოშობის დასაწყებად. ამგვარად, კოოპერირებული ელემენტების სტატისტიკური სისტემა ევოლუციის პროცესში გადაიქცევა სპეციალისტებს შორის კარგად კოორდინირებული ფუნქციათა განაწილების მქონე ფიზიკურ ერთეულად - უჯრედად, მკვეთრად გამოხატული ჰომეოსტაზით.

9. ეუკარიოტი უჯრედების წარმოშობა

სიცოცხლის წარმოშობის შემდეგ, ევოლუციის ქრონოლოგიურად მეორე, მაგრამ მნიშვნელობით არანაკლები მოვლენა არის ეუკარიოტი უჯრედების წარმოქმნა. ეს საკითხი მეცნიერებს დიდი ხანია აღელვებთ. მისი ამხსნელი თეორიები ჯერ კიდევ წინა საუკუნიდან იღებენ სათავეს. ეუკარიოტი უჯრედის წარმოქმნა არანაკლებ რთული და საინტერესო პრობლემაა, ვიდრე სიცოცხლის გაჩენა და პროკარიოტული უჯრედების წარმოშობა. მაგრამ, სიცოცხლის წარმოშობასთან შედარებით, ეუკარიოტი

უჯრედის წარმოქმნის ჰიპოთეზები ეყრდნობა გაცილებით უფრო უკეთ დასაბუთებულ და მრავალფეროვან ემპირიულ მონაცემებსა და ფაქტებს. შესაბამისად ამისა, ამ ჰიპოთეზებს უფრო საიმედო ექსპერიმენტული საფუძველი გაუჩნდა. ამის შედეგად, ერთმა ჰიპოთეზამ, რომელიც სხვებზე უფრო გონივრულად ხსნის ამ ფაქტებს, მეტი აღიარება მოიპოვა. ესაა ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზა. მართალია, ეს ჰიპოთეზა საკმაოდ ძველია - იგი საუკუნეზე მეტი ხანია არსებობს და “ეჯიბრება” სხვა ჰიპოთეზებს, მაგრამ მაინც, მისი აღიარება და სხვებთან შედარებით მკვეთრი უპირატესობის მინიჭება მოხდა უკანასკნელი 30 წლის მანძილზე. ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზის გამარჯვებაში დიდი ღვაწლი მიუძღვის ლ.მარგულის (Margulis, 1981, 1992). მან თავი მოუყარა და გააანალიზა უამრავი ექსპერიმენტული მასალა, რომლის საკმაოდ დიდი ნაწილი თვითონვე მოიპოვა და, ახლა, ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზა ეუკარიოტი უჯრედის წარმოქმნის სხვა ჰიპოთეზებთან შედარებით ბევრად უკეთ დასაბუთებულად ითვლება. სასიამოვნოა, რომ მეცნიერებიც და განათლების მუშაკებიც აღიარებენ ამ ჰიპოთეზას და მხოლოდ მოძველებულ სახელმძღვანელოებში თუ შეხვდებით მის მიმართ გამოთქმულ ეჭვებს სხვა ჰიპოთეზების (მაგალითად, ინვაგინაციის ჰიპოთეზის) სასარგებლოდ.

ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზის შინაარსის განხილვამდე, განვსაზღვროთ ეკოლოგიური პრინციპის მიმართება ეუკარიოტი უჯრედის წარმოშობასთან. უპირველეს ყოვლისა, უნდა ისიც აღინიშნოს, რომ ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზის აღიარება არ ნიშნავს მის მიერ ყველა საკითხის გადაწყვეტას. ბევრი საკითხი ჯერ კიდევ დასამუშავებელია. ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზა კი ვითარდება და მისი კონკრეტული შინაარსი საკმაოდ ცვალებადობს, თუმცა, რა თქმა უნდა, ძირითადი იდეებით განსაზღვრული ჩარჩოების ფარგლებში. ამის გამო, არსებობს ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზის საკმაოდ ბევრი ვერსია, რომლებიც ერთმანეთისგან მეტ-ნაკლებად განსხვავდება. მათი სათითაოდ განხილვა შორს წაგვიყვანს, საჭირო შეიქმნება ბევრი ტექნიკური ტერმინის შემოტანა და განმარტება. ამიტომ, დავეჯერდეთ იმ ჩარჩოებს, რომელშიც ყველა ეს ვერსია თავსდება და ზოგადად მიმოვიხილოთ ისინი. რაც შეეხება ეკოლოგიურ პრინციპს, კვლავ გავიხსენოთ, რომ იგი არის პროცესის “თერმოდინამიკის” ამსახველი. ამდენად, მას უშუალო მიმართება აქვს სწორად იმ ჩარჩოებთან, რომელიც ეუკარიოტი უჯრედის წარმოშობის კონკრეტულ გზას, ანუ მის “კინეტიკას” შემოფარგლავს. რაც შეეხება ცალკეულ ვერსიებსა და ენდოსიმბიოზის ჰიპოთეზის დეტალებს, დაინტერესებულ მკითხველს მათი გაცნობა შეუძლია ორიგინალურ შრომებში (Margulis, 1981, 1992; De Duve, 1991, 1995, 1996; Cavalier-Smith, 1995).

დავიწყოთ ისევ ეკოლოგიური პრინციპის იმ კრიტერიუმებიდან, რომელნიც უნდა დაკმაყოფილდეს ეუკარიოტი უჯრედის წარმოშობის ამხსნელი თეორიის მიერ. ეს კრიტერიუმები, ცხადია, იგივე იქნება, რაც მივიღეთ სიცოცხლის წარმოშობის თეორიისათვის. კერძოდ, პირველი კრიტერიუმი კვლავ გრადუალობის მოთხოვნაა: პროკარიოტებიდან ეუკარიოტებამდე ევოლუციის პროცესი თანდათანობითი და უწყვეტი უნდა იყოს, ხოლო ეტაპებად დაყოფა - პირობითი. მეორე კრიტერიუმი: ესაა ისევ შესავალი ეტაპის არსებობა, რომლის არსია ასოცირება ან აგრეგირება; მესამე კრიტერიუმი: თეორიამ უნდა აჩვენოს ამ ასოციატში ან აგრეგატში ახალი ფუნქციების გაჩენა, მიმართული სპეციალიზირებისა და სისტემის სტაბილიზირებისკენ, რაც ამავე

დროს ამ სისტემის გართულებასთან იქნება დაკავშირებული, ხოლო გართულებისა და სპეციალიზირების კვალობაზე უნდა მოხდეს დრეკადი მდგრადობის ხისტი შეცვლა - ჰომეოსტაზის განვითარება და ეუკარიოტი უჯრედის საბოლოოდ ჩამოყალიბება.

ახლა, განვიხილოთ ენდოსიმბიოზის თეორიის არსი, რომლის მიხედვითაც ეუკარიოტი უჯრედი წარმოიქმნა პროკარიოტების სიმბიოზური კავშირიდან. შეიძლება უფრო დაზუსტებაც: ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში ივარაუდეს მეცნიერებმა, რომ მიტოქონდრიები პროკარიოტი უჯრედების (ბაქტერია კლოსტრიდიუმის) შთამომავლები არიან და ეუკარიოტ უჯრედში ცხოვრობენ როგორც ენდოსიმბიონტები. ახლანდელი წარმოდგენებით, ასეთივე წარმომავლობა აქვთ პლასტიდებს, პეროქსისომებს (De Duve, 1991, 1995, 1996), ასევე, შესაძლოა, ბირთვს, მიტოზური აპარატისა და ციტოსკელეტონის ბოჭკოვან სტრუქტურებს (Margulis, 1981, 1992). განსაკუთრებით თვალში საცემია მიტოქონდრიებისა და ქლოროპლასტების მსგავსება პროკარიოტებთან. ამ ორგანელებში პროკარიოტული ტიპის გენეტიკური აპარატიც კი არის შენარჩუნებული. არსებობს ბიოქიმიკოსების მიერ მოპოვებული ბევრი და საიმედო ექსპერიმენტული მონაცემი, რომელიც ადასტურებს ეუკარიოტი უჯრედის ბევრი სპეციალიზირებული ნაწილის - ორგანელის პროკარიოტულ წარმომავლობას ისე, რომ დროის გამოთვლაც კი შესაძლებელი გახდა, თუ როდის წარმოიშვა პირველი ეუკარიოტები - დაახლოებით ერთი მილიარდი წლის წინ (De Duve, 1991, 1995, 1996; Margulis, 1981, 1992). ჰიპოთეზის მიხედვით, ამ ორგანელების წინაპართა შორის დამყარდა გარკვეული ეკოლოგიური (sic!) ურთიერთობები, რომელთა განვითარებამ, საბოლოო ჯამში, წარმოქმნა ახალი ინდივიდუალური ერთეული - ეუკარიოტი უჯრედი, როგორც ახალი ფიზიკური სისტემა იერარქიულად უფრო მაღალი ორგანიზაციით.

თქმა არ უნდა, ასეთი წარმოდგენები პირდაპირ თანხმობაშია ეკოლოგიურ პრინციპთან, რომელიც ასევე ვარაუდობს, რომ ყოველი ახალი ტიპის, იერარქიულად უფრო მაღალი დონის ორგანიზაციის ჩამოყალიბება იწყება ეკოლოგიური ურთიერთობებით.

რაც შეეხება იმას, თუ რა ტიპის ეკოლოგიური ურთიერთობები არსებობდა ეუკარიოტი უჯრედის ორგანელების წინაპართა შორის, აზრთა დიდი სხვადასხვაობის მოწმენი ვართ. საქმე ეხება იმას, თუ რა გზით მოხდნენ ორგანელების წინაპრები, მაგალითად, პრომიტოქონდრიები, ეუკარიოტ უჯრედში. ვერსიათა ერთი ჯგუფი ვარაუდობს, რომ ყველაფერი დაიწყო პარაზიტობიდან - პრომიტოქონდრია იჭრებოდა ეუკარიოტი უჯრედის წინაპარში ისე, როგორც ახლა ამას აკეთებს ბაქტერია ბდელოვიბრიონი, შემდგომში კი პარაზიტობა სიმბიოზით შეიცვალა (მარგულისის საწყისი ჰიპოთეზა). ვერსიათა მეორე ჯგუფი კი, პირუკუ, ვარაუდობს, რომ ეუკარიოტი უჯრედის წინაპარი მტაცებელი იყო და ფაგოციტოზის გზით შთანთქავდა პრომიტოქონდრიებს, რომელთა ნაწილი მონელებას გადაურჩა რაღაც მიზეზების გამო და როგორც ენდოსიმბიონტი შემორჩა ეუკარიოტ უჯრედში (De Duve, 1991, 1995, 1996). მესამე ჯგუფი ვერსიებისა გულისხმობს, რომ მოხდა ეუკარიოტი უჯრედის წინაპართა ასოცირება და რადგან ეს მეზობლობა ურთიერთხელსაყრელი აღმოჩნდა, შემდგომში სიმბიოზური ასოციატი გადართქვა ეუკარიოტ უჯრედად (Broda, 1976). არსებობს კიდევ სხვა ვერსიებიც, რომელნიც განხილული სამი ჯგუფის გარდამავალ ვარიანტად შეიძლება ჩაითვალოს. ერთი სიტყვით, წარმოდგენათა სპექტრი საკმაოდ

ფართოა. საქმე ისაა, რომ ეუკარიოტი უჯრედი რთული წარმონაქმნია და ამიტომაც მისი თანდათანობით ჩამოყალიბების სცენარი მართლაც ბევრი შეიძლება წარმოიდგინოს ადამიანმა. უნდა ითქვას, რომ ამ ვერსიებიდან თითოეულ მათგანს აქვს როგორც ძლიერი, ისე სუსტი მხარეები. მაგალითად ღირსება იმ ვერსიებისა, რომლებიც ვარაუდობენ მტაცებლობას ან პარაზიტობას, ისაა, რომ შედარებით იოლად იხსნება, თუ როგორ მოხვდა პრომიტოქონდრია ეუკარიოტ უჯრედში. ამ ვერსიათა ნაკლად უნდა ჩაითვალოს, ალბათ, რამდენიმე პუნქტი. პირველი: ეს ვერსიები მოითხოვენ უკვე საკმაოდ განვითარებული ეუკარიოტი უჯრედების არსებობას, რაც აახლოვებს ამ ვერსიებს ინვაგინაციის უკვე უარყოფილ ჰიპოთეზებთან; მეორე: ივარაუდება, რომ ეუკარიოტი უჯრედის წინაპარი მასში პრომიტოქონდრიის მოხვედრამდე ანაერობი იყო. ისე კი, ძნელი წარმოსადგენია ანაერობულ მეტაბოლიზმზე დაფუძნება ისეთი რთული ფუნქციებისა, როგორიცაა მიტოზი ან ფაგოციტოზი, რომელნიც საკმაო ენერგიის ხარჯთან არის დაკავშირებული; მესამე: თავსებადობა აერობი პრომიტოქონდრიისა და ანაერობი ეუკარიოტის წინაპრისა (ე.წ. ნუკლეოპლაზმისა) საეჭვოა, როგორც პარაზიტიზმის, ისე მტაცებლობის თვალსაზრისით: ძნელი წარმოსადგენია, რომ აერობი პარაზიტი დახარბდებოდა ანაერობი მასპინძლის სხეულში ცხოვრებას, ან ანაერობი მტაცებელისთვის მისაწვდომი ყოფილიყოს აერობი მსხვერპლი. რაც შეეხება ვერსიათა ჯგუფს, რომელიც ვარაუდობს სიმბიოზურ ასოცირებას, მათთვის ეს სუსტი მხარეები მოხსნილია, თუმცა მაშინ შედარებით რთულდება იმის ახსნა, თუ როგორ მოხვდნენ ეუკარიოტ უჯრედებში მისი ორგანელების წინაპრები.

ასეთ ვითარებაში დამატებითი არგუმენტების მოძიება მნიშვნელოვანია. ეკოლოგიურ პრინციპთან კარგი თანხმობა შეიძლება ერთ ასეთ არგუმენტად იქნეს განხილული. თვალში საცემია, რომ სიმბიოზური ასოცირების ვერსია პირდაპირ თანხვდება ეკოლოგიური პრინციპის კრიტერიუმებს: 1) ეს პროცესი უფრო გრადუალურია, ვიდრე პარაზიტიზმისა და მტაცებლობის აქტები; 2) ივარაუდება შესავალი ეტაპი - ასოცირება. ამიტომ, ჩვენც ამ ვერსიას ვუჭერთ მხარს, მით უმეტეს, რომ პროკარიოტთა სიმბიოზური ასოცირების ფაქტები დღესაც არსებობს. ამის მაგალითებია სტრომატოლითები, მიკრობული აფსკები და ნიადაგის მიკრობული ასოციატები (იხილე აგრეთვე, ზემოთ). რაც შეეხება პლასმალემის შექმნასა და სიმბიოზური ასოციატის ერთ უჯრედად ჩამოყალიბებას, ეს უკვე მესამე კრიტერიუმის მოთხოვნაა. შეიძლება იმის ვარაუდიც, რომ მემბრანის გარსში კომპარტმენტალიზება, როგორც პროკარიოტი, ისე ეუკარიოტი უჯრედებისა ერთი მექანიზმით განხორციელდა. ამ საკითხზე რაიმე უფრო გარკვეული აზრის გამოთქმა აშკარად ნაადრევია, რადგან ექსპერიმენტულად ეს სრულიად შეუსწავლელი სფეროა. დასაშვებია სპონტანური კომპარტმენტალიზებაც, დამყარებული ჰიდროფილურ-ჰიდროფობურ ურთიერთობებზე, ასევე რაიმე მარტივი ალგორითმის მოქმედება მსგავსად ფრაქტალური მოდელებისა.

ეუკარიოტი უჯრედების ორგანელებიდან განსაკუთრებულია პლასტიდები, რომლებიც უჯრედის ფოტოსინთეზის უნარს განსაზღვრავენ. უპირველეს ყოვლისა, ეს ორგანელა სხვებზე უფრო ავტონომურია - მაგალითად, ყველაზე მნიშვნელოვანი ფერმენტის, რიბულოზო-1,5-ბისფოსფატ-კარბოქსილაზის კატალიზური სუბერთეულები პლასტიდებში სინთეზირდება და შესაბამისი გენებიც პლასტიდის ქრომოსომაში

იმყოფება, მაშინ როცა მიტოქონდრიის ქრომოსომის გენეტიკური მნიშვნელობა მეტად შემცირებულია, ხოლო სხვა ორგანოებს საერთოდ დაკარგული აქვთ ქრომოსომები - ასეთია, მაგალითად, პეროქსისომა. მეორე: დღესაც არსებობენ სიმბიოზური კავშირები პროკარიოტ წყალმცენარეებსა (პლასტიდების სავარაუდო წინაპრებსა) და ეუკარიოტ უჯრედებს შორის, რომელთაც სხვადასხვა სიძლიერე ახასიათებთ (ლიქენები, ზოოქსანთელა და სხვ.). ზოგ შემთხვევაში სპეციალიზირება ამგვარ სიმბიოზში იმდენად შორსაა წასული, რომ სიმბიონტი წყალმცენარე პრაქტიკულად სრულიად იღებს თავის თავზე პლასტიდების ფუნქციებს. მესამე: არსებობს მონაცემები, რომ ევოლუციის მანძილზე სამჯერ მაინც მოხდა პროკარიოტი სიმბიონტის ენდოსიმბიონტად გადაქცევა, შესაბამისად, მივიღეთ ფოტოსინთეზის უნარის მქონე სამი სახის ეუკარიოტი: მწვანე (ციანო-ბაქტერიასთან სიმბიოზის შედეგად), წითელი და მურა ეუკარიოტი წყალმცენარეები. მწვანე წყალმცენარეები ითვლებიან დღევანდელი მრავალუჯრედიანი მცენარეების წინაპრებად (იხილე შემდეგი თავი). არსებობს ასევე “მეორადი ენდოსიმბიოზის” ცნებაც, რაც გულისხმობს ზოგიერთი წყალმცენარისა და პროტოზოათა წარმომადგენლების თანაცხოვრებას ისე, რომ წყალმცენარე პლასტიდად გადაიქცევა (McFadden & Gilson, 1995). ყველაფერი ეს მიუთითებს, რომ პლასტიდები მოგვიანებით მოხვდნენ ეუკარიოტ უჯრედში, განსხვავებით ყველა სხვა ორგანელისაგან, თანაც მას შემდეგ, რაც ეუკარიოტი უჯრედი უკვე კარგად ჩამოყალიბდა. მით უმეტეს, თვალში საცემია, რომ არც პარაზიტიზმს და არც მტაცებლობას ამ პროცესში არ ჰქონია ადგილი, არამედ პლასტიდები მივიღეთ სიმბიოზის გრადუალური განვითარების შედეგად.

ამასთან დაკავშირებით, კიდევ ერთხელ აღვნიშნავთ დადებითი ეკოლოგიური ურთიერთობების - სიმბიოზისა და კოოპერირების მნიშვნელობას სიცოცხლის განვითარებისათვის. თუ ბუნებრივი გადარჩევის ერთეულად გვევლინება არა ცალკეული უჯრედი, არამედ მათი სიმბიოზური ან კოოპერირებული ასოციაცი (აგრეგატი) - და როგორც მოდელების კვლევა აჩვენებს, ეს მართლაც ასე ხდება (Eigen, 1992; Nowak et al., 1995), მაშინ ადგილი აქვს კოოპერირებული ელემენტების გენეტიკური ინფორმაციის “შეჯამებას” და ერთბაშად მისი მოცულობა ძლიერ იზრდება, რაც სისტემის შემდგომი გართულებისათვის საჭირო ინფორმაციულ ტევადობას ქმნის. ისიც უნდა ითქვას, რომ როგორც მოდელები აჩვენებენ, კოოპერირება რეალისტურია, თუ ელემენტები ფიზიკურად ახლო კონტაქტში იმყოფებიან, რასაც სინამდვილეში აქვს ადგილი თანამედროვე ასოციატებში. ჩვენი აზრით იგივეს ჰქონდა ადგილი ეუკარიოტი უჯრედის ორგანელათა წინაპრების ჰიპოთეტურ ასოციატებშიც, რაც სწორად ეუკარიოტთა გენეზისის დასაწყისი უნდა იყოს.

საბოლოოდ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ენდოსიმბიოზის თეორია, ერთი მხრივ კარგად არის ექსპერიმენტულად დასაბუთებული და, მეორე მხრივ კარგად ეთანხმება ეკოლოგიურ პრინციპს, განსაკუთრებით ის ვერსია, რომელიც თავდაპირველად სიმბიოზურ ასოცირებას ვარაუდობს ამ ასოციატის შემდგომი გართულებითა და განვითარებით, რაშიც ჩვენ შეგვიძლია ვიგულისხმოთ სიმბიონტებისა და მათი ნაწილების შემდგომი სპეციალიზირება, ახალი ფუნქციებისა და სტრუქტურების გაჩენა, ჰომეოსტაზის განვითარება.

10. მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობა

ევოლუციის ქრონოლოგიურად მომდევნო უმნიშვნელოვანესი ეტაპია მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობა. სიცოცხლის ევოლუციის ეს საინტერესო ეტაპი მეცნიერთა ყურადღებას ღიძი ხანია იპყრობს და მისადმი მიძღვნილი შრომები ბიოლოგიური მეცნიერების კლასიკად შეიძლება ჩაითვალოს. თანამედროვე წარმოდგენები მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების ევოლუციის შესახებ ეყრდნობა ნამარხი ფორმების ანალიზს, გააჩნია მდიდარი ფაქტობრივი მასალა და კარგადაც არის დასაბუთებული. მაგრამ თვით ცნება, “მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმი”, მეტად ფართოა და ერთობ მრავალფეროვან ფორმებს მოიცავს. სახეზეა ამ ფორმების თანდათანობითი გართულება და სულ უფრო და უფრო მაღალორგანიზებული ფორმების წარმოშობა, ადამიანის ჩათვლით. ამ ფორმების გამოკვეთილი საერთო დეფინიცია, ან “მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმის” ცნების საზღვრების დადგენა ისე, როგორც ეს ხერხდება პროკარიოტი ან ეუკარიოტი უჯრედისათვის, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამიტომ, არც იმ მომენტის ზუსტი დაფიქსირება უნდა იყოს შედეგიანი, თუ როდის “წარმოიშვა” მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმი. ჩვენ ეს ცნება განვიხილოთ, როგორც ფართო და გრადუალური სპექტრი მრავალი უჯრედისგან წარმოქმნილი სისტემისა, რომელშიც აშკარად შეიმჩნევა ფუნქციების განაწილება უჯრედებს შორის.

ჯერ კიდევ ჰეკელიდან მოყოლებული (Haeckel, 1866; 1874), ბიოლოგთა უმრავლესობა თვლის, რომ მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმები წარმოიშვნენ ეუკარიოტი უჯრედების კოლონიებისგან. იყო სხვა შეხედულებებიც, კერძოდ ის, რომ მრავალუჯრედიანი ორგანიზმებს დასაბამი მისცეს რთულმა, მრავალბირთვიანმა, მაგრამ მაინც თავიდან ერთუჯრედიანმა ორგანიზმებმა, მას შემდეგ, რაც ბირთვებს შორის გაჩნდა ტიხრები და, ამით, ერთუჯრედიანი ორგანიზმი მრავალუჯრედიან აგრეგატად გადაიქცა (Broda, 1976). ეს უკანასკნელი ჰიპოთეზა ფაქტებით არცთუ კარგად საბუთდება და არც ბევრი მომხრე ყავს, თუმც, არც ღიძი კრიტიკა ისმის მის შესახებ ბოლო წლებში. როგორც ჩანს, ეს იდეები ვეღარ იქცევეს მკვლევართა ყურადღებას და, ამიტომ, აღარც ჩვენ შევეხებით მათზე დაფუძნებულ ჰიპოთეზებს.

მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობის შესახებ ჰიპოთეზებს კიდევ სხვა თავისებურებაც ახასიათებს: ჭარბობს ჰიპოთეზები, რომლებიც ცალ-ცალკე ხსნიან ცხოველური, მცენარეული და სოკოვანი ორგანიზმების ევოლუციას. შესაბამისად, ცხოველების, მცენარეებისა და სოკოების წინაპრებადაც სხვადასხვა სახეობის ერთუჯრედიან ეუკარიოტს ასახელებენ. უფრო მეტიც, ცხოველთა ზოგიერთი კლასებისთვისაც - მაგალითად, ღრუბლებისათვის - კიდევ სხვა წინაპრს უთითებენ. დაინტერესებულ მკითხველს შეუძლია ამ ჰიპოთეზების გაცნობა სხვადასხვა წყაროდან (Wilson & Gar, 1993; Loomis, 1988; Nielsen, 1995).

ცხოველების, მცენარეებისა და სოკოების წარმოშობის ცალ-ცალკე განხილვა, ალბათ, არ ღირს. შეძლებისდაგვარად შევეცდებით მათ ერთ კონტექსტში ანალიზს,

რადგან ვთვლით, რომ ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედება, ყველა ამ შემთხვევაში, ერთნაირი იქნება. ისევ ვგულისხმობთ, რომ ეკოლოგიური პრინციპი - ესაა “თერმოდინამიკული ჩარჩო”, რომლის ფარგლებშიც “კინეტიკური” პროცესები სხვადასხვა გზით შეიძლება განვითარდეს.

ეკოლოგიური პრინციპის კრიტერიუმებიც, ამისდა შესაბამისად, იგივე იქნება, რაც პროკარიოტი და ეუკარიოტი უჯრედების გენეზისისთვის დავადგინეთ: პროცესის გრადუალობა, აგრეგირების ან ასოცირების, როგორც შესავალი ეტაპის, არსებობა და აგრეგატში უჯრედების სპეციალიზირებისა და ორგანიზმის სტაბილიზირებისაკენ მიმართული ახალი ფუნქციების განვითარება, რაც გართულებასთან იქნება დაკავშირებული. ხოლო გართულებისა და სპეციალიზირების კვალობაზე უნდა განვითარდეს ჰომეოსტაზი მისი კლასიკური გაგებით, რაც ეკოლოგიური პრინციპის თვალსაზრისით ტოლფასი იქნება აგრეგატის დრეკადი მდგრადობის შეცვლისა აქტიური, ხისტი მდგრადობით.

მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობის მიღებული თეორიები ამ კრიტერიუმებს სრულად პასუხობენ: თავდაპირველ სტადიად ივარაუდება ერთნაირი უჯრედების მიერ კოლონიის შექმნა, შემდეგ კი უჯრედების მიერ ფუნქციების გაყოფა და თანდათანობითი ღიფერენცირება, ასევე, ჰომეოსტაზის მექანიზმების თანდათანობითი განვითარება (Loomis, 1988).

საერთოდ, ევოლუციაში და, კერძოდ, მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობაში, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ფუნქციების განაწილებას (Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995). წინაპარ აგრეგატებში ამ პროცესის მიმდინარეობის დამადასტურებელი ფენომენები დღესაც არსებობს. მაგალითად, უჯრედების ღიფერენცირება მცენარეულ ორგანიზმთა სავარაუდო წინაპრის ახლო მონათესავე წყალმცენარის, ვოლვოქსის (*Volvox weismannia*, ეკუთვნის Volvocales რიგს) კოლონიაში. სახეზეა ნათელი მაგალითი სომატური და სასქესო უჯრედების სეგრეგაციისა. საინტერესოა, რომ ამ ტაქსონის (რიგის) წარმომადგენელთა უმრავლესობას უჯრედების ერთი ტიპი ახასიათებს, რომელიც ასრულებს როგორც ვეგეტატიურ, ისე რეპროდუქციულ ფუნქციებს. გარდამავალი გვარია *Pleodorina*, რომელშიც ადგილი აქვს ფუნქციების ნაწილობრივ განაწილებას: ზოგიერთი უჯრედი იწყებს ვეგეტაციის ფუნქციებით და შემდეგ განიცდის ღიფერენცირებას, გადაიქცევა რა გონიდიუმად (სასქესო უჯრედად). ვოლვოქსის გვარში კი ეს სეგრეგაცია უკვე გამოკვეთილია: სფეროიდის ცენტრში მოთავსებულია მოძრაობის უნარს მოკლებული, მაგრამ დაყოფის უნარის მქონე, სასქესო უჯრედები, გარსშემორტყმული სომატური (ვეგეტატიური) უჯრედებით, რომლებიც თავიანთი შოლტების მეოხებით მოძრაობის უნარიანნი არიან, მაგრამ არ შეუძლიათ დაყოფა. ამ ღიფერენცირების სიკეთე იქიდან ჩანს, რომ ასეთი კოლონიების რეპროდუქცია უფრო ინტენსიურია, ვიდრე იმავე ზომის არასპეციალიზირებული უჯრედების კოლონიებისა, ან იმავე მასის მქონე ერთუჯრედიანი ორგანიზმების გროვისა. აღსანიშნავია, რომ Volvocales წარმომადგენლებში უჯრედების სპეციალიზირებისას ნათლად ჩანს ამ პროცესის დამახასიათებელი ნაცვალგება (იხილე თავი 6, დამატება 2): ერთი თვისების გაძლიერება შესაძლებელია, მხოლოდ და მხოლოდ, სხვა თვისებების შესუსტების ან გაქრობის ხარჯზე. მოცემულ შემთხვევაში, მოძრაობის უნარის მქონე სომატური უჯრედები კარგავენ დაყოფის უნარს,

სამაგიეროდ, უფრო ეფექტურად ამოძრავებენ კოლონიას, ხოლო მიტოზისა და გაყოფის უნარის მქონე უჯრედები უფრო ეფექტურად მრავლდებიან სწორად მოძრაობის უნარის დაკარგვის ხარჯზე. ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, მიზეზი ნაცვალგებისა არის ის, რომ ორივე სახის სპეციალიზირებული უჯრედი ერთსა და იგივე ორგანულას იყენებს ამ ორი ფუნქციის გასაძლიერებლად - სომატურ უჯრედში ის გამოიყენება შოლტის ბაზალურ სხეულაკად, ხოლო სასქესო უჯრედში კი ცენტრიოლის ფუნქციას ასრულებს (Koufanou, 1994). ასეთივე ვითარება არის აღწერილი, აგრეთვე, მეტაზოას წარმომადგენელ შოლტიან ბლასტულაში, რომელიც ცხოველურ ორგანიზმთა წინაპრად ითვლება (Buss, 1987).

მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების გენეზისში მეტად გამოკვეთილია მათი ევოლუციის პირველი, შესავალი ეტაპი - აგრეგირება. ამის მაგალითია ღრუბლები - როგორც ნამარხი ფორმები, ისე დღეს არსებულიც. ღრუბლები თავიანთ კოლონიებს ნახშირმჟავა კალციუმის სპიკულების არმატურით ამაგრებენ. ამ ორგანიზმებმა ჩვენს ღრმდელ მთაში და დღესაც ერთ-ერთ გავრცელებულ სახეობებს წარმოადგენენ. კოლონიას ქმნიან დაუსპეციალებელი შოლტიანი უჯრედები. ისინი გამოყოფენ საგანგებო ნივთიერებას - გლიკოპროტეინს, რომელიც აკავშირებს უჯრედებს ერთმანეთთან, “აწებებს” მათ. კოლონიის ანუ ღრუბლის წარმოქმნისათვის სავსებით კმარა ამ ნივთიერების გამოყოფა და ათასობით უჯრედი ერთმანეთს უკავშირდება. გარდა ამ დამაკავშირებელი ნივთიერებისა, ამ უჯრედთა კოლონიისადმი მიკუთვნება კიდევ იმით გამოიხატება, რომ ისინი, ასე თუ ისე, კოორდინირებულად - ერთ რიტმში ამოძრავებენ შოლტებს და ამით ქმნიან გარეთა ზედაპირის ფორებიდან შემავალი ზღვის წყლის ნაკადებს. ამ ნაკადებს შემოყოლილი ორგანული ნივთიერებები და მიკროსკოპული ორგანიზმები - პლანქტონის პროკარიოტი წარმომადგენლები, ბაქტერიები და სხვ. იფილტრება და მოინელება, რაც ახალი უჯრედების წარმოქმნას ემსახურება. მაშინაც კი, როცა გარემოდან რაიმე ძლიერი ზემოქმედების შედეგად კოლონია სრულიად იშლება, ცალკეულ უჯრედებს აქვთ უნარი გამოყონ “მწებარე” გლიკოპროტეინი და ღრუბლების ახალი კოლონიები შექმნან. ესაა მეტად თვალსაჩინო მაგალითი აგრეგატის დამახასიათებელი დრეკადი მდგრადობისა.

ზემოთ უკვე ნახსენები ვოლვოქსიც ასევე ერთნაირი შოლტიანი უჯრედებისგან შედგება (სომატური უჯრედები), რომლებიც მცირედ განირჩევიან ერთუჯრედიანი წყალმცენარე ქლამიდომონასისგან. ვოლვოქსის სფეროიდში აგრეგირებული შოლტიანი უჯრედები ერთად კავდება გოგირდშემცველი შაქროვანი “წებოთი”. სასქესო უჯრედების გაყოფით მიღებული ახალი უჯრედები იწყებენ ამ შაქროვანი “წებოს” გამოყოფას და ასე იქმნება ახალი კოლონიები. კოლონიაში თავმოყრის უპირატესობა კი ისაა, რომ კოლონია თავიდან იცილებს საფრთხეს იმ მტაცებელთა მხრიდან (მაგალითად, ინფუზორიების), რომლებიც ადვილად შთანთქავენ ერთუჯრედიან შოლტიან წყალმცენარეებს. ეს ორი მიზეზის გამო ხდება: კოლონია უკვე მეტად დიდია ამ მტაცებელთათვის და მეორე, შაქროვანი “წებო” გარედან გალიის მსგავს ნაგებობას ქმნის და აკავებს პოტენციურ მტაცებლებს. როგორც ითქვა, ამ შაქროვანი “წებოს” სინთეზის უნარი განსაზღვრავს მთელი კოლონიის წარმოქმნის უნარს, თუნდაც ერთადერთი (ახალგაჩენილი, ან გარემოს არახელსაყრელი ზემოქმედების შემდეგ გადარჩენილი), უჯრედიდან.

გარდა ამ უპირატესობებისა, რასაც ცალკეული უჯრედები ცხოვრების კოლონიურ წესზე გადასვლით იღებენ, უჯრედების აგრეგატს კიდევ ერთი, ევოლუციის თვალსაზრისით მეტად მნიშვნელოვანი, თვისება აქვს: ესაა ფუნქციების განაწილების შესაძლებლობა. როგორც ვნახეთ, ეს ხდება ვოლვოქსის მარტივ სფეროიდშიც კი. შრომის ამგვარი განაწილების საფუძველი იქმნება უკვე მაშინ, როცა ნებისმიერი კოლონია უჯრედებისა სულ ცოტა ორი - შიდა და გარე - ფენისგან მაინც შედგება. გარე ფენა ასრულებს შიდა ფენის ერთგვარი დამცავი ბარიერის ფუნქციას, ეს კი უკვე არის ზისტი მდგრადობის, ჰომეოსტაზის პირველი ელემენტი! სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მიუხედავად იმისა, რომ აგრეგირებული უჯრედები ერთნაირია, სივრცეში მათი სხვადასხვანაირი განლაგება გარკვეული სპეციალიზირების საფუძველია. როგორც ითქვა, ადვილი წარმოსადგენია, რომ ნებისმიერ ჰიპოთეტურ კოლონიაში პერიფერიული უჯრედები ასრულებენ დამცავი ბარიერის როლს გარემოს არახელსაყრელი ზემოქმედების შესარბილებლად. ამის შედეგი, ალბათ, იქნება პერიფერიული უჯრედების გახშირებული სიკვდილიანობა. მაგრამ ეს დანაკლისი ანაზღაურდება კოლონიის შიგნით უჯრედების უფრო სწრაფი გამრავლებით, რასაც ხელს შეუწყობს შიდა ფენაში გარემოსთან შედარებით უფრო დაცული და მდგრადი არე. სხვათა შორის, თანამედროვე ორგანიზმებშიც დამცავი საფარი - კანი, ქერქი - ამავე წესით წარმოიქმნება და მოქმედებს. მკვდარი უჯრედების ზედაპირული ფენა ცვეთისა და დაშლის კვალობაზე აღდგება ქვედა ფენის უჯრედების გამრავლების ხარჯზე. “პერიფერიასა და ცენტრს” შორის ფუნქციათა ასეთი განაწილება, როგორც ჩანს, ზოგადი წესია და სპონტანურად ხდება ნებისმიერ აგრეგატში.

კოლონიის ფორმის ცვალებადობას მოაქვს ახალი შესაძლებლობები ფუნქციათა განაწილების თვალსაზრისით. მაგალითად, ბლასტულის მიერ ბლასტოცელის წარმოქმნა და კოლონიის შიდა სივრცის ჩამოყალიბება, რომელიც მეტ-ნაკლებად იზოლირებულია გარემოსგან, ქმნის იმის პირობას, რომ აგრეგატის უჯრედებს უადვილდებათ ორგანული ნივთიერებების დანაკარგების გარეშე გაცვლა. თუ აგრეგატის ზედაპირის რომელიმე ნაწილის უჯრედები მგრძნობიარენი იქნებიან გარემოს მიმართ, ამით კოლონია შეძლებს განსაზღვროს რესურსებით მდიდარი გარემოს, ან შესაძლო საფრთხის მიმართულება და მაშინ სავარაუდოა აგრეგატში პოლარიზაციის გაჩენა და მიზანმიმართულ მოძრაობასთან დაკავშირებით უჯრედების კიდევ უფრო ღრმა სპეციალიზირება და დიფერენცირება (Nielsen, 1995). ამასთან დაკავშირებით, ევოლუციის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაბიჯი უნდა იყოს უჯრედების დიფერენცირებისა და სპეციალიზირების მართვა და განაწილებული ფუნქციების კოორდინირება.

როგორიც არ უნდა იყოს მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების ევოლუციის კონკრეტული გზა, ცხოველური იქნება ის, მცენარეული თუ სოკოვანი, მისი მიმდინარეობის ძირითადი ჩარჩო უცვლელია: რესურსების მოპოვებისა და გამოყენების ეფექტურობის ზრდისკენ მიმართული ბუნებრივი გადარჩევა განსაზღვრავს ძლიერი ჰომეოსტაზით განმტკიცებული ვიწრო სპეციალისტთა კოოპერირებული სტრუქტურის ჩამოყალიბებას.

ისმის კითხვა: თუ აგრეგაცია ასეთი საზოგადო მოვლენაა, რასაც პრაქტიკულად სპონტანურად მოყვება უჯრედებს შორის ფუნქციების დანაწილება და მათი სპეციალიზირება, რატომ წარმოიქმნენ მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული

ორგანიზმები - ცხოველები, მცენარეები და სოკოები - მხოლოდ ეუკარიოტი უჯრედების გაჩენის შემდეგ და რატომ არ მოხდა ეს ადრევე, პროკარიოტების აგრეგირების შედეგად? აქ უნდა ითქვას, რომ აგრეგატებს, რა თქმა უნდა, პროკარიოტებიც ქმნიან. უფრო მეტიც, ასეთ აგრეგატებში შეიმჩნევა უჯრედების სპეციალიზირება-დიფერენცირებაც, თუმცა არცთუ ღრმა. ამის მაგალითია ბაქტერიების კოლონიები - ტრიქომები, აგრეთვე, აზოტფიქსატორი პეტეროცისტების წარმოქმნა ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეების მიერ. საინტერესოა, რომ პროკარიოტთა კოლონიებში უჯრედების დიფერენცირება იმეორებს ეუკარიოტთა კოლონიაში უჯრედების დიფერენცირების გზებს, ისევე, როგორც ჩანთოსნების ზოგიერთი სახეობა იმეორებს ანალოგიური პლაცენტიანი ძუძუმწოვრების მორფოლოგიურ, ეკოლოგიურ და ფიზიოლოგიურ ნიშნებს. მაგალითად, აქტინომიცეტებს, მიცელიან სოკოებს - ეუკარიოტებს - მეტად წააგვანან მწვანე ბაქტერია პელოდიქტიონისა და პროკარიოტი მწვანე წყალმცენარე ჰიდროდიქტიონის მიერ წარმოქმნილი კოლონიები. კონვერგენციის კიდევ ერთი თვალში საცემი წყვილია პროკარიოტი მიქსობაქტერიისა და *Acrasiales* წარმომადგენელი ობის სოკოების (ცხადია, ეუკარიოტების) მორფოლოგიური მსგავსება, რაც უჯრედების საკმაოდ ღრმა დიფერენცირებას ეფუძნება (Broda, 1976). და მაინც, თუ პროკარიოტების დიფერენცირებულ კოლონიებს - "ორგანიზმებს" შევადარებთ ევოლუციურად დაწინაურებულ ეუკარიოტ ორგანიზმებს - მცენარეებსა და ცხოველებს, ცხადი გახდება, რომ პროკარიოტი უჯრედების დიფერენცირების პოტენციალი მეტად შეზღუდულია ეუკარიოტებთან შედარებით.

ეუკარიოტი უჯრედების განსაკუთრებული უნარი დიფერენცირებისა და სპეციალიზირებისა, როგორც ჩანს, დაფუძნებულია მათ განუზომლად დიდ ინფორმაციულ ტევადობაზე (De Duve, 1991, 1995, 1996; Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995). ეუკარიოტ უჯრედებში რამდენიმე ხარისხით მეტი გენეტიკური ინფორმაცია ინახება და რეალიზდება, ვიდრე პროკარიოტებში. რასაკვირველია, გენეტიკური ტევადობის ასეთი ზრდა ეუკარიოტი უჯრედის ევოლუციის პროცესში მოხდა სწორად პროკარიოტთა ასოცირებისა და კოოპერირების შედეგად. შესაბამისად ამისა, ბევრად უფრო ფართოა ფუნქციათა ის ნაკრები, რომლის შესრულება, შემდეგ კი სპეციალიზირების პროცესში ამორჩევა, დახვეწა და გაძლიერება, შეუძლია ეუკარიოტ უჯრედს.

რა როლს თამაშობს ასოცირება მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების გენეზისში? როგორც წინა ტექსტიდან ცხადი ხდება, მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობის შესავალ ეტაპად პრაქტიკულად აგრეგირება გვევლინება. წინა ქვეთავებში უკვე იყო აგრეგირებასა და ასოცირებაზე ლაპარაკი და ითქვა, რომ ესაა ერთი და იგივე პროცესის ორი სხვადასხვა მხარე. ამიტომ, ასოცირების სრული იგნორირება, ცხადია, არ შეიძლება. ასოცირების მაგალითები მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული ორგანიზმების განვითარების პროცესში მართლაც საკმაოდ არის, განსაკუთრებით კარგად ჩანს ეს გვიანდელ ეტაპებზე. ამის მაჩვენებელია, კერძოდ, ის, რომ ნებისმიერ მაღალგანვითარებულ ორგანიზმს თან ახლავს ეგრეთ წოდებული მიკროფლორა, რომლის გარეშე ნორმალური ცხოვრება და განვითარება, ალბათ, არც ხდება. მაგალითად, ბევრ მცენარეს ყავს სიმბიონტები: მიკორიზა და აზოტფიქსატორი ბაქტერიები, რომელთა გარეშე ზოგიერთი სახეობა ვერც ვითარდება. ყოველ

შემთხვევაში, მათი კონკურენტუნარიანობა და სიცოცხლის უნარიანობა ასოცირებული მიკროორგანიზმების გარეშე ბუნებრივ პირობებში მეტად დაქვეითებულია. ასეთივე გადამწყვეტი როლი აქვს ნაწლავის მიკროფლორას ტერმიტებისათვის, ან კუჭის მიკროფლორას მცოხნელებისათვის. ადამიანის ორგანიზმშიც ზოგიერთი ვიტამინი მიკროფლორის მიერ სინთეზირდება.

ყოველივე ზემოაღნიშნულიდან, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების ევოლუციის დღეს გაბატონებული თეორიები მეტად კარგად ეთანხმება ეკოლოგიურ პრინციპს. ისინი მიუთითებენ პროცესის გრადუალობას, დაფუძნებულნი არიან აგრეგირების, როგორც შესავალი ეტაპის არსებობაზე და აჩვენებენ გარემოსთან ურთიერთობის მნიშვნელობას ახალი ფუნქციების გაჩენასა და ჰომეოსტაზის განვითარებაში.

11. ბიოცენოზები

სტრუქტურული თვალსაზრისით, მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების მომდევნო, იერარქიულად უფრო მაღალი დონეა ბიოცენოზები, რომლებიც ორგანიზმების პოპულაციებისგან შედგება. ბიოცენოზი (ან ეკოსისტემა, თუ ბიოცენოზს მისი გარემოს არაცოცხალ კომპონენტებთან ერთად - ქანებთან, წყალთან, ჰაერთან ერთად განვიხილავთ), შეიძლება შედგებოდეს ერთუჯრედიანი ორგანიზმებისგან, მათ შორის პროკარიოტებისგანაც. უფრო მეტიც, შეიძლება ითქვას, რომ სიცოცხლის წარმოშობის გარდამავალ ეტაპზეც დედამიწაზე უკვე არსებობდა ეკოსისტემები, რომლებიც რეპლიკატორების პოპულაციებისგან შედგებოდა. ამ თვალსაზრისით, უაზრობაა საუბარი ბიოცენოზების წარმოშობაზე ისე, როგორც ეს შეგვეძლო გვეთქვა პროკარიოტი და ეუკარიოტი უჯრედებისა და მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობაზე. შეიძლება ითქვას, რომ სტრუქტურული იერარქიის პირამიდა, პროკარიოტი უჯრედები-ეუკარიოტი უჯრედები-მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმები, წარმოადგენს “იერარქიულ პირამიდას ეკოსისტემაში”. ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედებასაც, რომლის შედეგად ეს იერარქიული დონეები წარმოიქმნა, ეკოსისტემებში ვითარდებოდა, ეკოსისტემაშივე მიმდინარეობს ევოლუციის წარმართველი ფუნდამენტური პროცესი - ბუნებრივი გადარჩევა. აქედან გამომდინარე, თუ ჩვენ მიერ განვითარებული წარმოდგენები ეკოლოგიური პრინციპის თაობაზე სწორი და მართებულია, მაშინ მისი მოქმედება თანამედროვე ბიოცენოზების ორგანიზაციაშიც უნდა ვლინდებოდეს. კერძოდ, უნდა ჩანდეს ეკოლოგიურ კავშირურთიერთობების იმგვარი სტრუქტურა, რომელშიც შეინიშნება სპეციალიზირებული სახეობების - ერთუჯრედიანი და მრავალუჯრედიანი ორგანიზმების კოოპერირება, განმტკიცებული ჰომეოსტაზის, ანუ აქტიური, ხისტი მდგრადობის ელემენტებით.

კლასიკური გაგებით, ორგანიზმს და ბიოცენოზს ერთმანეთისგან შემდეგი ნიშნები განასხვავებს:

- ორგანიზმი ფიზიკური სისტემაა, ხოლო ბიოცენოზი - სტატისტიკური;
- ორგანიზმი იდენტური გენეტიკური ინფორმაციის (სომატური მუტაციების გამოკლებით) შემცველი ელემენტების - უჯრედებისაგან შედგება,

ბიოცენოზის შემადგენელი ელემენტები კი ამ ნიშნით შეიძლება მეტად დაშორებულნი იყვნენ;

- ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლა ნაკადურია: ქიმიური ელემენტები მასში გარკვეული ნივთიერებების სახით შედის და სხვა ნაერთების სახით გამოდის, ბიოცენოზს კი ამავე ქიმიური ელემენტების ციკლური ცვლა ახასიათებს (ბიოგენურ ელემენტთა წრებრუნვა ე.წ. სრულ ეკოსისტემებში).

ჩვენ მიერ აღიარებული გრადუალისტური შეხედულებებიდან გამომდინარე და ეკოლოგიური პრინციპის პირველი კრიტერიუმის მიხედვით, უნდა ველოდოთ, რომ არსებობს გარდამავალი ტიპის სისტემები, რომელიც ზემოთ ჩამოთვლილი ნიშნების მიხედვით შეიძლება მიეკუთვნონ როგორც ორგანიზმებს, ისე ბიოცენოზებს. მართლაც, შეიძლება ისეთი მაგალითების მოყვანა, რომელთაც პირობით “ფიზიკური ბიოცენოზები” შეიძლება ეწოდოთ.

პირველი მაგალითია ნიადაგის მიკრობული ასოციატები. ეს ასოციატები წარმოადგენენ კოოპერირებული ელემენტების სტრუქტურას, რომელიც იქმნება მიკროორგანიზმთა მჭიდრო ფიზიკური კონტაქტითა და ერთმანეთში ორგანული ნივთიერებების ინტენსიური გაცვლით. ეს ასოციატები მეტად მყარი სახეობრივი შემადგენლობით გამოირჩევიან და მთელი რიგი საერთო სისტემური თვისებები გააჩნიათ, როგორიცაა სიმჭიდროვე, ადაპტურობა, თვითრეგულაცია. შემადგენელი მიკროორგანიზმების განსხვავებული ფილოგენეტიკური წარმოშობის გარდა, ნიადაგის მიკრობული ასოციატებს გააჩნიათ ორგანიზმის დამახასიათებელი დანარჩენი ნიშნები - სისტემის ფიზიკურობა, ნივთიერებათა ცვლის ნაკადურობა. ერთი სიტყვით, ნიადაგის ასოციატები შეიძლება დახასიათდეს, როგორც ბიოცენოზები, რომლებიც წარმოქმნილია სპეციალისტთა კოოპერაციით და დამყარებულია ჰომეოსტაზზე. პრაქტიკულად, იგივე თვისებები ახასიათებთ მიკრობულ აფსკებსაც, რომლებიც ამჟამად ინტენსიურად შეისწავლება (Potera, 1996).

ფიზიკური ბიოცენოზების შემდეგი მაგალითია - მღიერები. მღიერს ბიოცენოზის მთავარი ორი ნიშანი აქვს: შემადგენელი ნაწილების განსხვავებული ფილოგენეტიკური წარმოშობა და ქიმიურ ელემენტთა წრებრუნვა. ფიზიკურად დაკავშირებული ორი სიმბიონტი ქმნის კოოპერაციულ სტრუქტურას, რომელშიც ავტოტროფულ მეტაბოლიზმს უზრუნველყოფს წყალმცენარე, ხოლო ჰეტეროტროფულს - სოკო. მღიერები ტრადიციულად ბოტანიკური კვლევის ობიექტია და ისინი ორგანიზმის რანგში განიხილება, ანუ მათი ჰომეოსტაზი ეჭვს არ იწვევს. უფრო მეტიც, მღიერების გამძლეობა იმდენად მაღალია, რომ ეს ფიზიკური ბიოცენოზები პიონერებად გვევლინებიან სიცოცხლის მიერ ჯერ აუთვისებელ, ყველაზე არახელსაყრელ გარემოში (ქვები, კლდეები, არქტიკული და მაღალმთიანეთის ნივალური კლიმატი). ამავე დროს, მათი მდგრადობის სიხისტეს ადასტურებს მღიერების მაღალი მგრძნობიარობა ქიმიური აგენტების მიმართ, რაც ეკოლოგიური მონიტორინგის პრაქტიკაში გამოიყენება. საგულისხმოა, რომ არსებობს გარკვეული მსგავსება მღიერის აგებულებასა და უმაღლესი მცენარეების ფოთლის ანატომიურ აგებულებას შორის (Bardell, 1995), რაც შეიძლება იყოს სწორად სტრუქტურული საფუძველი მღიერის, როგორც სისტემის, ჰომეოსტაზისა.

ფიზიკურ სისტემაში ჰომეოსტაზს საგანგებო ელემენტები ემსახურება. წინა ქვეთავში უკვე განვიხილეთ ისინი - მაგალითად, უჯრედის მემბრანა კარგად არის

აღჭურვილი გარემოსთან ურთიერთობისათვის ისე, რომ შიდაუჯრედული არე მაქსიმალურად სტაბილური დარჩეს: მემბრანა კარგად გამოხატული პასიური ბარიერული თვისებების გარდა (მაღალი ელექტრული წინაღობა, განუვლადობა წყალში გახსნილი ნივთიერებების მიმართ) აღჭურვილია საგანგებო, აქტიური სამარჯვებით ინფორმაციის მისაღებად (რეცეპტორები), შერჩევითი განვლადობის არხებით (პასიური ტრანსპორტი), ნივთიერებათა შეტანა-გამოტანის აქტიური მექანიზმებით, რომელთა მოქმედებისათვის უჯრედი მეტაბოლურ ენერგიას ხარჯავს. იგივე შეიძლება ითქვას მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმის გარემოსთან ურთიერთობის საგანგებო ორგანოებზე (პირის და ცხვირის ღრუ, გრძნობის ორგანოები, ფილტვები და საჭმლის მომნელებელი ტრაქტი, კანი, ფოთლები, ფესვები და სხვ., იხილე თავი 6). ჩვეულებრივ, ბიოცენოზებს, ცხადია, არ გააჩნიათ ამგვარი საგანგებო ელემენტები, რომლებიც მთელი სისტემის ჰომეოსტაზს მოემსახურებოდა. ამიტომ ამ სტატისტიკური სისტემების მდგრადობა დრეკადია. თუკი ბიოცენოზების ჰომეოსტაზი არსებობს, იგი შეიძლება შედეგი იყოს სწორად სპეციალიზირებულ სახეობებს შორის არსებული კოოპერაციისა. ასეთი “მასტაბილიზებული კოოპერაცია”, რომელსაც აქტიური, ხისტი მდგრადობის ელემენტი შემოაქვს ბიოცენოზში, ფიქსირდება სხვადასხვა დაკვირვებასა და ექსპერიმენტში. კარგი მაგალითია ე.წ. ჰიდრაულიკური ლიფტი: გრძელფესვიანი მცენარეები ეხმარებიან მოკლფესვიანებს ნიადაგის სიღრმიდან წყლის ამოქაჩვაში, ამავე დროს, მოკლფესვიანი მაგრამ გრძელღეროიანი მცენარეები იფარავენ გრძელფესვიან, მაგრამ დაბალღეროიან მცენარეებს სითბური სტრესისაგან ჭარბი განათების დროს (Kikvidze, 1996). ამავე კატეგორიას ეკუთვნის მარცვლოვან-პარკოსანთა ურთიერთობები მდელოს ეკოსისტემებში და სიმბიოზისა და კოოპერაციის ბევრი სხვა მაგალითი. კარგად არის ცნობილი, აგრეთვე, ტყეების როლი ჰავის შერბილებაში, რაც ტყის მთელ ეკოსისტემას მოიცავს და ხდება წყლისა და ტემპერატურული რეჟიმების აქტიური რეგულაციის გზით.

ამ და სხვა მონაცემებზე დაყრდნობით, შემუშავებულია ე.წ. გეას ჰიპოთეზა, რომლის არსი შემდეგია: დედამიწის ბიოტა, ე.ი. ბიოსფეროს მთელი ცოცხალი ნაწილი, რესურსებისა და ენერგიის საკმაოდ დიდ ნაწილს ახმარს დედამიწაზე სიცოცხლისთვის მაქსიმალურად ხელსაყრელი და მდგრადი პირობების შექმნასა და შენახვას (Lovelock, 1987, 1989). ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ამის აღსრულება შესაძლებელია ორგანიზმთა კოოპერაციული ურთიერთქმედებით. ამგვარად, ბიოლოგიური იერარქიის ორ უმაღლეს საფეხურზე - ბიოცენოზებსა და ბიოსფეროში შეინიშნება აქტიური, ხისტი მდგრადობის ელემენტები და ორგანიზმების, როგორც ამ სისტემათა შემადგენელი ნაწილების, გარკვეული სპეციალიზირება. ორგანიზმების მიერ გარემოზე ზემოქმედება და მისი შეცვლა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყო ევოლუციის პროცესში მხოლოდ მცენარეების მიერ ატმოსფეროს ჟანგბადით გამდიდრების შემდეგ გახდა შესაძლებელი ულტრაიისფერი გამოსხივების შემცირება და ხმელეთზე სიცოცხლის განვითარება (Loomis, 1988). ეს ვითარება ცალსახად წარმოაჩენს ეკოლოგიური ურთიერთობების მნიშვნელობას სიცოცხლის განვითარებისათვის.

ასეა თუ ისე, შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ბიოცენოზების ორგანიზაციაც ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედებას ექვემდებარება და ზოგიერთ შემთხვევაში,

ბიოცენოზები ფიზიკურ სისტემებად გადაქცევიან გამოკვეთილი აქტიური, ზისტი მდგრადობით - ჰომეოსტაზით. მაგრამ ასეთი ფორმები ცოტაა, ბიოცენოზის ჩვეულებრივი გაგება გულისხმობს ორგანიზაციას, რომელიც კლასიკური სტატისტიკური სისტემის ტიპს მიეკუთვნება. მაშინ, საკითხი ასე დაისმის: მოსალოდნელია თუ არა ამ სტატისტიკური სისტემების განვითარება ეკოლოგიური პრინციპის შესაბამისად და ახალი ბიოლოგიური სტრუქტურების ჩამოყალიბება იერარქიულად უფრო მაღალი ორგანიზაციით (ანუ, მოხდება თუ არა ბიოცენოზების "გაფიზიკურება"?). ამ საკითხის გასარკვევად განვიხილოთ ეკოლოგიური პრინციპის ის ასპექტი, რომელიც გულისხმობს სისტემის ორგანიზაციის ამაღლებისათვის საჭირო თავისუფალი ენერგიის მიწოდებას (იხილე თავი 6).

ზისტი მდგრადობის აქტიური მექანიზმები ფიზიკურ სისტემებში, როგორც ვნახეთ, შესაბამისი რაოდენობის ენერგიასა და რესურსების მიწოდებას მოითხოვს. მცირე ზომის სისტემებში ეს პრობლემა შედარებით ადვილი მოსაგვარებელია, რადგან მცირე მოცულობაში პირობების კონტროლი მდგრადობის დაცვის მიზნით ნაკლებ ენერგიას საჭიროებს. საქმე ისაა, რომ მოცემული სისტემის სიდიდის წრფივი მახასიათებლის ზრდა იწვევს ამ სისტემის მოცულობის, ანუ საკონტროლო სივრცის, კუბური ხარისხით ზრდას. მაგალითად, კუბის მოცულობა მისი წიბოს სიგრძის მესამე ხარისხის ტოლია და წიბოს სიგრძის ორჯერ გაზრდა იძლევა კუბის მოცულობის 8-ჯერ გაზრდას; იგივე დამოკიდებულებაა სფეროს რადიუსსა და მის მოცულობას შორის. კონტროლის ფუნქცია კი, ზედაპირის, სისტემის გარსის ფუნქცია უნდა იყოს, როგორსაც ასრულებს, მაგალითად, გარეთა მემბრანა უჯრედებში. ზედაპირი მოცემული სისტემის სიდიდის წრფივ მახასიათებელზე კვადრატული ხარისხითაა დამოკიდებული: იგივე კუბის ზედაპირი წიბოს სიგრძის ორჯერ გაზრდისას მხოლოდ ოთხჯერ მოიმატებს. მაშასადამე, სისტემის ზომების ზრდისას მოცულობის ზრდა აჭარბებს ზედაპირის ზრდას, რაც ამ მოცულობით დაკავებულ სივრცეში პირობების კონტროლზე დასახარჯი ენერგიის შესაბამის ზრდას მოითხოვს.

მოცულობისა და ზედაპირის ასეთი დამოკიდებულება ორგანიზმებში კარგა ხანია ცნობილია და ამით აიხსნება, მაგალითად, ის მოვლენა, რომ ერთი და იგივე ტემპერატურულ რეჟიმში მცხოვრებ, ზომით კი განსხვავებულ ორ ორგანიზმს - ვთქვათ, სპილოსა და ავაზას - თბორეგულაციის სრულიად სხვადასხვა მექანიზმები აქვთ, მიუხედავად იმისა, რომ ორივე ეს სახეობა ძუძუმწოვრებს, ე.ი., თბილსისიხლიანებს ეკუთვნის. სპილო ზომით დიდია და მისი სხეულის ზედაპირის მოცულობასთან შეფარდება - მცირე. ამავე დროს, სუნთქვის პროცესში სითბო მთელს სხეულში გამოიყოფა და სითბოს ეს წარმოება, ცხადია, მოცულობის, სპილოს მასის პროპორციულია. გარემოში კი სითბო ზედაპირის საშუალებით გამოიყოფა, ამიტომ სპილოსათვის პრობლემაა ზედმეტი სითბოსაგან განთავისუფლება. ამის გამოა, რომ მისი სხეული თითქმის სრულიად მოკლებულია ბეწვის საფარს და არ აკავებს სითბოს. ამის გარდა, სპილო ხალისით შედის წყალში ისევ ჭარბი სითბოსგან განთავისუფლების მიზნით. ავაზა მცირე ზომისაა, მისი სხეულის ზედაპირის მოცულობასთან შეფარდება კი - მაღალი. ამის გამო, სხეულის მიერ ნაწარმოები სითბო ადვილად გაიცემა გარემოში და, ამიტომაც, ავაზას საპირისპირო პრობლემა აწუხებს: სითბოს შენარჩუნება, რასაც თბოიზოლაციით, ბეწვის განვითარებით აგვარებს. ამავე დროს, ავაზა ერიდება წყალს, რადგან ეს სითბოს დანაკარგებს

მკვეთრად ზრდის. იგივე მიზეზია, რომ ბავშვები ადვილად იტანენ სიცხეს, მაგრამ ადვილადვე ცივდებიან, ვიდრე ზრდასრული ადამიანები და პირუკუ, ეს უკანასკნელნი სიცხეს ძნელად იტანენ, სამაგიეროდ სიცივის მიმართ უფრო გამძლეები არიან.

ამგვარად, დიდი ზომის სისტემებს ორგანიზაციის ასამაღლებლად გაცილებით მეტი ენერგიის მოპოვება დასჭირდებათ, ვიდრე მცირე ზომის სისტემებს. მაშასადამე, ბიოცენოზების მცირე ერთეულებში უფრო ადვილი უნდა იყოს ამ პრობლემის მოგვარება და, შესაბამისად, მოსალოდნელია, რომ მცირე ერთეულებში სპეციალიზირება უფრო ღრმა, ხოლო ჰომეოსტაზის ელემენტები უფრო გამოხატული იყოს, ვიდრე დიდ ერთეულებში (ცხადია, იგულისხმება, რომ გარემო პირობები - მისი ცვალებადობის ხარისხი და ენერგიის მისაწვდომობა ერთნაირია). ეს ნავარაუდევია ტენდენცია ნათლად დასტურდება ბუნებაში. ჯერ ერთი, გავიხსენოთ ზემოთ განხილული “ფიზიკური” ბიოცენოზები. ისინი მიკროსკოპული (ნიადაგის ასოციატები) ან მცირე ორგანიზმების ზომის (მღიერები) ერთეულები არიან. არის სხვა მაგალითებიც, კერძოდ, საზოგადოებრივი მწერების - ფუტკრების, ჭიანჭველებისა და ტერმიტების კოლონიები. კოლონიის შიგნით ორგანიზმთა სპეციალიზირება იმდენად ღრმაა, რომ სავსებით შეედრება მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების ორგანიზაციას და ამ სპეციალიზირებამ საზოგადოებრივი მწერების გენეტიკურ სისტემასაც დააჩნია დალი (Gordon, 1996). სპეციალისტთა ამ კოოპერაციულ სტრუქტურას ჰომეოსტაზის ნათლად გამოხატული ნიშნები აქვს - იგულისხმება საცხოვრებელი. საზოგადოებრივი მწერები მეტად რთულ ნაგებობებს ქმნიან და უვლიან, რომელშიც მიკროკლიმატი მკაცრად არის დაცული. ამას მწერები მოპოვებული რესურსებისა და ენერგიის საკმაოდ დიდ ნაწილს ახმარენ. ამავე დროს, ყურადღებას იმსახურებს საზოგადოებრივი მწერების კოლონიების ზომები: ისინი ორგანიზმთა ზომებს უახლოვდება, მაშინ, როცა “ნამდვილი” ბიოცენოზები შეუდარებლად დიდ სივრცეებს იკავებენ.

მოსალოდნელია კიდევ ერთი კანონზომიერება: თუ გარემოს ზემოქმედება სუსტია, მაშინ ხისტი მდგრადობის შენარჩუნებასაც ნაკლები ენერგია დასჭირდება და ასეთი სტაბილური გარემო სახეობათა სპეციალიზირებას შეუწყობს ხელს (იხილე აგრეთვე თავი 6). ეს ტენდენცია კარგად არის გამოხატული და ცნობილი ბიოგეოგრაფიაში: სამხრეთის განედებისაკენ გარემო უფრო სტაბილური და ხელსაყრელი ხდება, ამის შესაბამისად კი ეკოსისტემების დრეკადი მდგრადობა მცირდება, ხოლო სახეობების სპეციალიზირება ღრმავდება (Brown & Maurer, 1989; Brown, 1995).

შეგვიძლია ვივარაუდოთ, რომ ბიოცენოზების ორგანიზაციაც ეკოლოგიური პრინციპის შესაბამისად ვითარდება და ეს პრინციპი განსაზღვრავს ბიოლოგიური ფორმების წარმოქმნასა და გართულებას ევოლუციის პროცესში, სტრუქტურული იერარქიის ნებისმიერ დონეზე. ამის შესაბამისად, შეგვიძლია შევაჯამოთ ევოლუციის მთავარი ეტაპების მიმდინარეობის საერთო მახასიათებლები. თუ ჩვენ ბიოლოგიური სისტემების ორ მდგომარეობას განვიხილავთ: სტატისტიკურს და ფიზიკურს, შევნიშნავთ, რომ ევოლუციის უმთავრესი ეტაპები ციკლურად მიმდინარეობს: ჯერ რეპლიკაციის უნარის მქონე აგენტები ქმნიან ეკოლოგიური კავშირთა ერთობების სტატისტიკურ სისტემას, რომელიც შემდეგ ვითარდება ფიზიკურ სისტემად. ასეთი ციკლი ოთხია: პირველი მთავრდება პროკარიოტი უჯრედის წარმოშობით, მეორე

ეუკარიოტი უჯრედის წარმოშობით, მესამე - მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმების წარმოშობით. რაც შეეხება მეოთხე ციკლს, იგი ჯერ არ დასრულებულა, თუ არ ჩავთვლით მცირე ზომის “ფიზიკური ბიოცენოზების” არსებობას. ეს კანონზომიერება “ევოლუციის პერიოდული ცხრილის” სახით შეიძლება იქნეს წარმოდგენილი (კიკვიძე ზ., 1994).

ბიოლოგიური სისტემების ევოლუციის პერიოდულობის ცხრილი

ევოლუციის ციკლი	სისტემის სახე	
	სტატისტიკური	ფიზიკური
I	აბიოგენურ რეპლიკატორების (პრორიბოსომების) “ბიოცენოზი” - ჰიპერციკლი	პროკარიოტი უჯრედი
II	პროკარიოტი უჯრედების ბიოცენოზი	ეუკარიოტი უჯრედი
III	პროკარიოტი და ეუკარიოტი უჯრედების ბიოცენოზები	ნიადაგის მიკრობული ასოციატები, მღიერები
	ერთი სახეობის ეუკარიოტი უჯრედების აგრეგაციები	მრავალუჯრედიანი ღიფერენცირებული ორგანიზმები
IV	“ნამდვილი” ბიოცენოზები	ხელოვნური ეკოსისტემები (ფერმა, სათბური)
	პოპულაციები	საზოგადოებრივი მწერების კოლონიები

12. ეკონომიკური სისტემები

შესავალ თავებში უკვე აღინიშნა, რომ ბიოლოგიური ცოდნის ინტეგრაცია შეიძლება გასცდეს ბიოლოგიური სისტემების სპექტრს და მოიცვას სხვა სფეროებიც (იხილე თავი 4). შეიძლება ამ აზრის გაგრძელება და იმის თქმა, რომ აშკარად არსებობს ბიოლოგიური და ეკონომიკური სისტემების მსგავსება.

უპირველეს ყოვლისა, ეკონომიკური სისტემები, ისევე როგორც ბიოლოგიური სისტემები, იერარქიას ქმნიან. ბიოლოგიის სტრუქტურული იერარქიის მსგავსად შეიძლება გამოიყოს ეკონომიკური სისტემების სხვადასხვა დონეები: პლანეტარული, რეგიონული, ეროვნული, რაიონული, ადგილობრივი, საწარმოსა და პროფესიონალის დონეები. რა თქმა უნდა, ეს იერარქიული დონეები პირობითია და, სინამდვილეში, ეკონომიკური სისტემები უწყვეტ სპექტრს ქმნიან. მაგრამ ისიც ცხადია, რომ ამ სისტემების ნაწილი გამოკვეთილად ატარებს ფიზიკური სისტემების ნიშნებს (მაგალითად ქარხანა) და მეორე ნაწილი აშკარად სტატისტიკურ სისტემებს ეკუთვნის (მაგალითად, რეგიონული ბაზარი). ამ სისტემების ერთმანეთთან მიმართება შეიძლება შეედაროს ორგანიზმების მიმართებას ეკოსისტემასთან.

მეორე: ეკონომიკური სისტემები ევოლუციას განიცდიდნენ და განიცდიან კაცობრიობის განვითარების მთელი ისტორიის მანძილზე - ისინი სულ უფრო და

უფრო რთულდებოდნენ. ამ დებულებას, არა გვგონია, განსაკუთრებული არგუმენტირება ესაჭიროებოდეს. ეკონომიკური კავშირურთიერთობანი რომ უფრო მრავალფეროვანი და ხშირი ხდება, განსაკუთრებით კი ჩვენს საუკუნეში, თვალში საცემია, ისევე, როგორც ყველანი მოწმენი ვართ ეკონომიკის ახალი სფეროებისა და პროფესიების წარმოშობისა.

მესამე ასპექტი ეკონომიკური და ბიოლოგიური სისტემების მსგავსებისა მეტად საინტერესოა. ეკონომიკური სისტემების განვითარება ხდება არა თავისთავად, არამედ უფრო ეფექტური ეკონომიკური მოდელები ენაცვლებიან ნაკლებად ეფექტურს და მოძველებულს. ამ პროცესს ეკონომიკური იერარქიის ნებისმიერ დონეზე შეხვდებით: მაღლდება კადრების პროფესიონალიზმი და უფრო მაღალი კლასის პროფესიონალები ცვლიან დაბალი კლასისას, მოძველებული ტექნოლოგიები იცვლება ახალი, უფრო ეფექტური ტექნოლოგიებით, სახელმწიფოები ცვლიან ძველ კანონმდებლობას ახლით ისევე იმისთვის, რომ უფრო ეფექტური ეკონომიკური სისტემა - მოდელი განვითარდეს მათ ქვეყანაში. ამ პროცესების მამოძრავებელი ძალა - კონკურენციაა, რომელშიც, როგორც ითქვა, უფრო ეფექტური იმარჯვებს. როგორც ამბობენ, ეკონომიკურ მოდელებს შეუძლიათ საფუძვლიანი წვლილი შეიტანონ ეკოლოგიური მოვლენების შესწავლაში, რადგანაც როგორც კომერციული საწარმოები, ისე ბიოლოგიური სისტემები ექვემდებარება გადარჩევას, რომელიც მოცემულ პირობებში წარმართავს მათ განვითარებას გაუმჯობესებისკენ (Rapport & Turen, 1977; Bloom et al., 1985; Stuefer et al., 1996).

ამგვარად, საფუძველი გვეძლევა ვივარაუდოთ, რომ ეკონომიკურ სისტემებში მოქმედებს გადარჩევის ალგორითმი ისევე, როგორც ეკოსისტემაში მოქმედებს დარვინისეული გადარჩევა. რასაკვირველია, ეს “ეკონომიკური” გადარჩევა დარვინისეული გადარჩევისგან ფიზიკური მექანიზმით განირჩევა, მაგრამ, ჩვენი აზრით, მათი კრიტერიუმი და მიმდინარეობის ეტაპები მსგავსია, რადგან ორივე წარმოადგენს პირველსაწყისი განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის რეფლექსიას. ბიოლოგიური სისტემებისათვის გადარჩევის კრიტერიუმია გარემოზე უკეთესი მორგება, მასთან შეგუებისა და რესურსების უფრო ეფექტური მოპოვება-გამოყენების თვალსაზრისით. ეკონომიკაში პირველ პლანზე გამოდის წარმოების ეფექტურობა და პროდუქციის გასაღება (იხილე ქვემოთ). დარვინისეულ გადარჩევაში ცვალებადობას ქმნის მუტაციები და გენეტიკური აპარატის ზოგიერთი თავისებურება, რომელიც ქრომოსომების სასქესო უჯრედებში განაწილებასთან არის დაკავშირებული. ეკონომიკაში განსხვავებების წარმოქმნის ძირითადი წყარო, ალბათ, ადამიანის მენტალიტეტში უნდა ვეძებოთ. ბუნებრივი გადარჩევის მესამე ეტაპი მოცემული კრიტერიუმის მიხედვით არის სისტემების გაყოფა და უკეთ მორგებულის ამორჩევა, რაც მთავრდება კონკურენტული გამოთიშვით და უკეთ მორგებულის, ე.ი. უფრო ეფექტურის გაბატონება. ეკონომიკურ სისტემებში პროცესი ასევე წარიმართება, ოღონდ კონკურენტული გამოთიშვა ხდება არა დაბალეფექტური ვარიანტების, როგორც გენოტიპების, ელიმინაციით, არამედ ახალი მეთოდების დასწავლითა და იმიტაციით და ძველის დავიწყებით.

ბიოლოგიასა და ეკონომიკაში პროცესების ასეთი მსგავსება ბუნებრივად ბადებს კითხვას: მოსალოდნელია თუ არა ეკოლოგიური პრინციპის, ან მისი ძირითადი ელემენტების მოქმედება ეკონომიკური სისტემების განვითარებისას? ეკოლოგიური

პრინციპის მთავარი საყრდენი არის სპეციალიზაციის დადებითი და უარყოფითი მხარეები, დადებითის გაძლიერებისა და უარყოფითის დაძლევის გარკვეული გზები, რაც სისტემის მდგრადობის შენარჩუნებას უკავშირდება. ამიტომ, განვიხილოთ სპეციალიზაცია ეკონომიკურ სისტემებში, რა დადებითი და უარყოფითი მხარეები ახლავს ამ პროცესს და როგორ აისახება ეს სისტემის ორგანიზაციაზე.

სპეციალიზაცია და კოოპერაცია - ეკონომიკური ტერმინებია, რომლებსაც, ჯერ კიდევ დარვინის დროიდან მოყოლებული, ბიოლოგიაშიც იყენებენ. ზემოთ, მრავალჯერ განვიხილეთ ბიოლოგიურ სისტემებში სპეციალიზაციისა და კოოპერაციის პრობლემა, ფუნქციათა განაწილების მნიშვნელობა, რასაც ეკონომიკაში ჯერ კიდევ ადამ სმიტმა მიაქცია ყურადღება (Maynard-Smith & Szathmary, 1995; Szathmary & Maynard-Smith, 1995). სპეციალიზაცია და კოოპერაცია ეკონომიკაში ახლაც მეტად მნიშვნელოვანი პრობლემაა. მაგალითად, სივრცითი ეკონომიკის მიზანია დაადგინოს, როგორ შეიძლება მოგების მაქსიმიზაცია რესურსების არათანაბარი განაწილებისას სივრცეში. თუ რაიმე პროდუქტის შესაქმნელად ერთ რესურსზე მეტია საჭირო და თუ ეს რესურსები სხვადასხვა ადგილას მოიპოვება, ლოკაციის ეკონომიკური თეორია ამბობს, რომ შრომის სივრცეში განაწილება, ე.ი., ეკონომიკური სისტემის ქვეერთეულების - ელემენტების სპეციალიზირება მოცემულ ადგილზე ლოკალიზებული რესურსის მოპოვებაზე და შემდეგ კი ამ რესურსების გაცვლა სისტემის შიგნით, არის მოგების მაქსიმიზაციის ერთადერთი გზა (Loesch, 1954; Lloyd & Dicken, 1977). ჩვენც შეძლებისდაგვარად ვიყენებთ ამ და სხვა ეკონომიკურ ტერმინებს ჩვენ შრომაში ორი მიზეზის გამო: ეს ტერმინები გავრცელებულია და ისინი, ასე თუ ისე, ცნობილია ნებისმიერი განათლებული ადამიანისთვის; მეორე: ეს ტერმინები, მართლაც, კარგად აღწერს ეკოლოგიურ და ბიოლოგიურ პროცესებს. ზემოთ უკვე ითქვა, რომ კომერციულ საწარმოსა და ბიოლოგიური სისტემის გადარჩევა მიმართულია რაღაც თვისების მაქსიმიზაციისკენ: ბიოლოგიაში ესაა გენების გადაცემის მაქსიმიზაცია, ეკონომიკაში - მოგების მაქსიმიზაცია. ამ მოვლენას, ანუ მაქსიმიზაციისკენ სწრაფვას ეკონომიკაში გარკვეული ტექნიკური ტერმინით აღნიშნავენ: ესაა Utility function და ამ ტერმინს ბიოლოგიაშიც იყენებენ (Dawkins, 1995a,b).

რასაკვირველია, ეკონომიკურსა და ბიოლოგიურ სისტემებს შორის ანალოგია სრული არ არის და განსხვავებებიც სახეზეა. ზოგი მათგანი უკვე აღვნიშნეთ, მაგრამ არის კიდევ ერთი საინტერესო ასპექტი, რომელიც განსაზღვრავს ეკონომიკური სისტემის გარემოსთან ურთიერთობას. ესაა - ბაზარი, ეკონომიკური ერთეულის ბაზარზე დამოკიდებულება. საბაზრო ეკონომიკის პირობებში (და ასეთია დედამიწის ეკონომიკის მომავალი, როგორც ამას ბოლო წლების ისტორია აჩვენებს), ეკონომიკური ერთეულის კონკურენტუნარიანობა დამოკიდებულია არა მარტო გარემოდან რესურსების მოპოვებასა და გამოყენებაზე, ამ პროცესის ფიზიკური გაგებით (ნედლეულის მოპოვება-შეძენა, კადრების მოზიდვა, ტექნოლოგიის ათვისება), არამედ იმაზეც, თუ როგორ გაასაღებს ეს ერთეული თავის პროდუქციას ბაზარზე. ამ თვალსაზრისით, პროდუქციისა თუ მომსახურების მომხმარებელი გადამწყვეტი რესურსია ეკონომიკური სისტემის, როგორც ერთეულის არსებობისათვის. (აქვე შევნიშნავთ, რომ სიტყვა რესურსს ჩვენ ფართო აზრით ვხმარობთ: რესურსად ვთვლით გარემოს რაიმე თვისებას, რომლის გამოყენება შეუძლია სისტემას თავისი ორგანიზაციის შესანარჩუნებლად ან გასაუმჯობესებლად). ბაზარი, სხვადასხვა

საქონლისა თუ მომსახურებისა, არის სწორად კონკურენციის ასპარეზი და აქ წყდება ეკონომიკური სისტემების ბედი: ეფექტურია ის თუ არა. ასევე, ბაზართან ურთიერთობაში ვლინდება სპეციალიზირების დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

ეკონომიკის განვითარების ისტორია აჩვენებს, რომ სპეციალიზაცია და კოოპერაცია თანდათანობით ღრმავდებოდა და ღრმავდება: ამჟამებიდან მანუფაქტურაზე გადასვლა, გზა მანუფაქტურიდან თანამედროვე კონვეიერულ წარმოებაზე, კონვეიერული ხაზების შემდგომი დახვეწა და ა.შ. ეკონომიკის ეფექტურობის ზრდაც ამ ისტორიული პროცესების მანძილზე საყოველთაოდ ცნობილია. თუმცა, ეფექტურობის ამაღლებაში წვლილი შეაქვს არა მარტო შრომის ორგანიზაციას, დაფუძნებულს სპეციალიზირებასა და შუალედური პროდუქტების გაცვლაზე, არამედ დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა და აქვს ტექნოლოგიების დახვეწასა და ტექნიკურ პროგრესს. საზოგადოდ, აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ეს პროცესი ტექნიკური პროგრესისა დაკავშირებულია სპეციალიზირებასთან: ნებისმიერი მაღალი დონის ტექნოლოგია, უპირველეს ყოვლისა, გარკვეული ტიპის პროდუქტს იძლევა და უნივერსალური ტექნოლოგიები პრაქტიკულად არ მოქმედებენ.

ასეა თუ ისე, კარგად არის ცნობილი ეკონომიკური კანონზომიერება, რომ რაც უფრო ვიწროდ არის სპეციალიზირებული საწარმო, მით უფრო ეფექტურია წარმოება და ეს გამოიხატება პროდუქციის თვითღირებულების შემცირებაში. ამას მრავალი მიზეზი გააჩნია, მათ შორის ისიც, რომ ვიწროდ სპეციალიზირებისას აღარ არის საჭირო სამარქაფო და ჭარბი საწარმოო საშუალებები, ნედლეულისა და შუალედური პროდუქტების შესანახი სასაწყობო მეურნეობები, არამედ მოქმედებს ერთი მაღალი დონის ტექნოლოგია. თვით წარმოების პროცესში სპეციალიზირების მნიშვნელობა ჩანს ორი მოდელის შედარებიდან: პირველია ტრადიციული კონვეიერი, რომელიც ჰენრი ფორდმა დანერგა საავტომობილო მრეწველობაში ამ საუკუნის დასაწყისში, ხოლო მეორე - ლინინგის სისტემა, საბჭოთა ლიტერატურაში კან-ბანის სისტემის სახელწოდებით ცნობილი. ეს უკანასკნელი არის კონვეიერის განსაკუთრებული ფორმა და პირველად დანერგა იაპონიაში, ტოიოტას ქარხნებში, რასაც უკავშირდება კიდევ ამ ქვეყნის საავტომობილო მრეწველობისა და საერთოდ, ეკონომიკის წარმატებები.

კონვეიერის, ანუ საწარმოო ხაზის მოქმედება ცნობილია: ცალკეული სპეციალიზირებული საამქროები ამზადებენ დეტალებს და აგზავნიან საწყობებში; შემდეგ ეს დეტალები გამოაქვთ საწყობიდან იმის მიხედვით, თუ რა დასჭირდებათ და კონვეიერის მთავარ ხაზზე აწყობენ საბოლოო პროდუქტს. ლინინგის სისტემა ასეთი კონვეიერული სისტემისგან იმით განსხვავდება, რომ შუალედური პროდუქციის - დეტალების საწყობები პრაქტიკულად არ გააჩნია. ეს დეტალები პირდაპირ საამქროდან ან დაზგიდან მთავარ ხაზზე მიემართება. ეს აიაფებს პროდუქციას, რადგან ათავისუფლებს წარმოებას სასაწყობო მეურნეობასთან დაკავშირებული ხარჯებისგან. მაგრამ, შრომის ასეთი ორგანიზაცია მოითხოვს ფუნქციების ბევრად უფრო მკვეთრ გამიჯვნას და მკაცრ კოორდინაციას სპეციალიზირებული საწარმოებისა და მთავარ ხაზს შორის (უმრავლეს შემთხვევაში, სპეციალიზირებული საამქროების რიცხვიც მატულობს!). ყოველი ზედმეტი დეტალი არა მარტო ზედმეტი ხარჯია, არამედ დისონანსი შეაქვს სისტემის მოქმედებაში სასაწყობო მეურნეობის უქონლობის გამო, რაც მაქსიმალურად უნდა იქნეს არიდებული. ამავდროს, ერთი დეტალის დაკლება კი უკვე მთელს ხაზს აფერხებს, რადგან სამარქაფო დეტალები არ არსებობს. ერთი

სიტყვით, ლინინგის მოდელი მნიშვნელოვნად უფრო სპეციალიზირებულ შიდა სისტემურ კავშირებზეა დამყარებული, ვიდრე ტრადიციული კონვეიერი. ეს იმაშიც ვლინდება, რომ ლინინგის მოდელით გაწყობილი საწარმოს მიერ გამოშვებული პროდუქციის ასორტიმენტი მნიშვნელოვნად ვიწროა, ვიდრე ტრადიციული კონვეიერული მოდელით გაწყობილი შესაბამისი სიმძლავრის საწარმოსი. ამის გამო, ბაზრის კონიუნქტურაზე დამოკიდებულებაც სხვადასხვანაირია: ლინინგის მოდელით მომუშავე საწარმო კონიუნქტურის ცვალებადობას ბევრად უფრო ძნელად იტანს, ვიდრე კონვეიერის მოდელით მომუშავე, რადგან მოცემული სახის პროდუქციაზე მოთხოვნის შემცირებას და სხვა პროდუქციაზე კი გაზრდას ლინინგის მოდელი ერთბაშად ვერ პასუხობს ვიწრო სპეციალიზირების გამო და მას წარმოების მთელი სისტემის გადაწყობა სჭირდება. კონვეიერი კი საწყობში არსებული სამარქაფო დეტალებით სწრაფად გადაერთვება გაზრდილი მოთხოვნის პროდუქციაზე, უფრო სწორად, მას ეს პროდუქცია მზად აქვს (რადგან ასორტიმენტი ფართოა), დასჭირდება მხოლოდ მისი წარმოების გაძლიერება საწყობებში არსებული დეტალებისაგან. საბოლოო დასკვნა, ალბათ ისაა, რომ გარანტირებული მოთხოვნისა და სტაბილური კონიუნქტურის პირობებში აშკარაა ლინინგის მოდელის უპირატესობა, რადგან მცირეა პროდუქციის თვითღირებულება, მაგრამ საბაზრო კონიუნქტურის ცვალებადობა უკვე კონვეიერს მიანიჭებს უპირატესობას.

ჩვენი აზრით, ეს განხილული მაგალითი აჩვენებს, რომ სპეციალიზირების დამახასიათებელი ნაცვალგება ეკონომიკურ სისტემებშიც ისევე ვლინდება, როგორც ბიოლოგიურში (იხილე თავი 6, დამატებები 2 და 3). სპეციალიზაციის ამ თვისების - დადებითი და უარყოფითი მხარეების ურთიერთდამოკიდებულების ამსახველი სხვა ფაქტების მოყვანაც შეიძლება ეკონომიკის სფეროდან. ასეთებს ეყრდნობა, თუნდაც, უკვე ნახსენები, ლოკაციის თეორია. მაგალითისთვის განვიხილოთ ისევ ორი სტრატეგია, სპეციალიზირების დადებითი და უარყოფითი მხარეების საჩვენებლად ეკონომიკურ სისტემაში გარემოსთან მიმართებით არა ბაზრის, არამედ, ამჯერად, გარემოსთან ურთიერთობის თვალსაზრისით. ვთქვათ, ეკონომიკურ ერთეულს წარმოადგენს მეურნეობა, რომელიც მიწის სავარგულებიდან მოსავალს იღებს. გენერალისტური სტრატეგია იქნება, თუ მეურნეობა შეეცდება მოსავლის მიღებას ყველა იმ კულტურისა, რაც კი იზარებს ამ სავარგულებზე. სიმარტივისათვის დავუშვათ, რომ ასეთი კულტურა ორია და მათი დამოკიდებულება კლიმატზე სხვადასხვანაირია. ერთი მათგანი საჭიროებს ნოტიო სავეგეტაციო პირობებს - ასეთია მაგალითად, სიმინდი, მეორე კი - მშრალს, მაგალითად, ბამბა. გენერალისტური სტრატეგიის თანახმად, სავარგულების ერთი ნახევარი დაითესება სიმინდით, მეორე კი - ბამბით. თუ სეზონი მშრალი გამოდგა, ილუპება სიმინდის მოსავალი, მაგრამ კარგი მოსავალი მოაქვს ბამბას. თუ სეზონი ნოტიოა - ილუპება ბამბის მოსავალი, სამაგიეროდ კარგი მოსავალი მოაქვს სიმინდს. თუ სეზონი ზომიერია, საშუალო მოსავალი ექნება ორივე კულტურას. ერთი სიტყვით, სეზონი როგორიც არ უნდა გამოდგეს, მეურნეობას გარანტირებული აქვს საშუალო შემოსავალი. ამის საპირისპიროდ, სპეციალიზირებული სტრატეგია იქნება ერთ რომელიმე კულტურაზე “ფსონის ჩასვლა”. ამ სტრატეგიის დადებითი მხარე ისაა, რომ თუ ვარაუდმა გაამართლა და სავეგეტაციო სეზონი დათესილი კულტურისათვის ხელსაყრელი აღმოჩნდა, მიღებული მაღალი მოსავალი ორჯერ მეტი გამოვა (რადგან კულტურა

მთელ ფართობზეა დათესილი და არა მხოლოდ ნახევარზე, როგორც გენერალისტური სტრატეგიის შემთხვევაში), სამაგიეროდ, თუ სეზონი არ გამოდგა ამ კულტურისთვის ხელსაყრელი, იღუპება მთელი მოსავალი. ზომიერი სეზონის შემთხვევაში, რა კულტურაც არ უნდა იყოს დათესილი, მოსავალი საშუალო გამოვა და ამდენად, სტრატეგიის არჩევას ასეთ პირობებში მნიშვნელობა ეკარგება. საბოლოო ჯამში, რომელი სტრატეგია აჯობებს? ცხადია, რომ თუ სავეგეტაციო სეზონი წლების განმავლობაში ერთნაირია და ვთქვათ, მუდამ მშრალი, მაშინ სპეციალიზირება (ამ შემთხვევაში, ბამბაზე) მომგებიანია. თუ სეზონი ზოგ წელიწადს მშრალია და ზოგ წელიწადს კი - ნოტიო, მაშინ გენერალისტური სტრატეგია საშუალო, მაგრამ ერთი ან მეორე კულტურის გარანტირებულ მოსავალს გვპირდება. ამ უკანასკნელი ვითარების თაობაზე შეიძლება ითქვას, რომ გენერალისტური სტრატეგია მეურნეობას ღრეკად მდგრადობას ანიჭებს, ხოლო სპეციალიზირებული სტრატეგია არაა მდგრადი.

როგორ შეიძლება სპეციალიზირების დადებითი მხარის გაძლიერება და უარყოფითის დაძლევა? მეურნეობის გართულებით, ანუ აქტიური, ზისტი მდგრადობის მინიჭებით სპეციალიზირებული მეურნეობისათვის. მაგალითად, თუ მეურნეობა სიმინდზე სპეციალიზირდა, მაშინ მან უნდა იზრუნოს მორწყვაზე, რომ სეზონის ჭირვეულობაზე აღარ იყოს დამოკიდებული. მაშინ გარანტირებულია მაღალი მოსავალი ყოველ წელს, რაც გადაფარავს სარწყავი სისტემის გაყვანისა და გამოყენების ხარჯებს. ამ შემთხვევაში, მეურნეობას მინიჭებული ექნება აქტიური, ზისტი მდგრადობა. ხოლო თუ მორწყვის ხარჯები აღემატება მოსავლის ნამატს, მაშინ გენერალისტურ სტრატეგიაზე დაბრუნება აჯობებს. ამ შემთხვევაში ვლინდება ის კანონი, რომ სისტემის გართულებას და აქტიური ზისტი მდგრადობით უზრუნველყოფას დამატებითი ენერგია, ე.ი., ხარჯები ესაჭიროება და თუ ეს ენერგია ვერ გამოიძებნა, მაშინ გართულება და სპეციალიზირებასთან დაკავშირებული ახალი ფუნქციების წარმოქმნა აღარ მოხდება.

სხვათა შორის, საქართველოში ოდითგანვე, ბრინჯაოს ხანიდან, გამოიყენებოდა როგორც შერეული თესვა (მოსავლის ნაწილის მაინც გადასარჩენად), ისე მორწყვა, ხოლო მიწათმოქმედების ეფექტურობის ზრდა სწორად მორწყვას უკავშირდება (კიკვიძე ი., 1976).

სპეციალიზირებული სისტემის უმდგრადობის დაძლევის კიდევ ერთი გზა არის პროგნოზირება: ჩვენი მეურნეობის შემთხვევაში პროგნოზი ნიშნავს წინასწარ ცოდნას, თუ როგორი იქნება სავეგეტაციო სეზონი, დაითესება შესაბამისი კულტურა და გარანტირებულად მაღალ მოსავალს მიიღებენ. თუმცა, პრაქტიკაში სისტემის გართულება და ისეთი ღონისძიებები უფრო გვხვდება, როგორიცაა მორწყვა, რაც სისტემაში გარემოს ცვალებადობის მიმართ აქტიური ზისტი მდგრადობის ეკვივალენტურია. პროგნოზი კი მეტად სასარგებლოა ბაზართან ურთიერთობაში, თუმცა, ეს სფერო ჯერ კიდევ არ იძლევა საკმარის გარანტიებს წარმოებისა თუ მეურნეობის ძალიან ვიწრო სპეციალიზირებისათვის.

საბოლოოდ, ალბათ, შეიძლება ითქვას, რომ ბიოლოგიური და ეკონომიკური სისტემების მსგავსება გამოიხატება კიდევ ერთი, ჩვენი აზრით მეტად მნიშვნელოვანი, ასპექტით. ესაა ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედება როგორც ბიოლოგიურ, ისე ეკონომიკურ სისტემებში იმ აზრით, რომ მათი განვითარება ერთნაირ “თერმოდინამიკურ ჩარჩოებში” მიმდინარეობს. ორივე სახის სისტემებისათვის ძალაშია

ეფექტურობის ზრდა სპეციალიზირების გზით, რასაც ნაცვალგების გამო ესაჭიროება სისტემის გართულება და აქტიური, ხისტი მდგრადობის წარმოქმნა, თუ მისაწვდომია საამისოდ დასახარჯი დამატებითი ენერგია.

გარდა ამისა, ჩვენ ვვარაუდობთ, რომ განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის პირველსაწყისი ალგორითმი, რომლის მოქმედებაც განსაზღვრავს სისტემების განვითარებას ეკოლოგიური პრინციპის ჩარჩოებში, მართლაც უნივერსალურია და წარმართავს არა მარტო ბიოლოგიურ ევოლუციასა და ეკონომიკური სისტემების განვითარებას, არამედ სოციალური სისტემების პროგრესსა და ისტორიულ კანონზომიერებებსაც. უკანასკნელი ვარაუდის თაობაზე მოსაზრებები გამოთქმულია შემდეგ თავში.

13. დიადი ალგორითმი

წიგნში წამოჭრილ საკითხებს მრავალმხრივ ეხმიანება სხვა პლანეტებზე სიცოცხლის, ან უცხო ცივილიზაციების, აღმოჩენის პრობლემა. გარკვეული გამოცდილება უკვე დაგროვილია და კოსმოსში სხვა პლანეტებზე, მაგალითად მარსზე ზონდების გაშვებისას, ცხადია, სხვადასხვა დარგის სპეციალისტები ინტენსიურად ცვლიდნენ კონსულტაციებს. საგულისხმოა, რომ ყველა დარგის სპეციალისტი თავისი კუთხით ცდილობს საკითხის დასმას: ბოტანიკოსი ცდილობს მცენარეები აღმოაჩინოს უცხო პლანეტაზე, ზოოლოგი ცხოველებს დაეძებს (უფრო ხშირად - ფრინველებსა და მწერებს, რადგან უცხო პლანეტის ატმოსფეროში მათი აღმოჩენა უფრო იოლი ჩანს), მიკრობიოლოგი - ბაქტერიებს და სხვა მიკროორგანიზმებს, ბიოფიზიკოსი - ღია სისტემებს მემკვიდრეობის გადაცემის უნარით, ეკოლოგი - კლიმატურ პირობებს, რომელშიც სიცოცხლის არსებობა შეიძლება, ანთროპოლოგი - არამიწიერ ცივილიზაციებს, ჰუმანიდებს, მოაზროვნე არსებებს (Lovelock, 1987, 1989).

როგორც ჩანს, ყოველი დარგის მკვლევარი თავისი დისციპლინის ობიექტს ეძებს უცხო პლანეტაზე, როგორც მასზე სიცოცხლის არსებობის დასტურს. ეს მოტივაცია კი - იძებნება ის, რაც ნაცნობია - უკიდურესად სუბიექტურია. არ არსებობს რეალური კრიტერიუმი იმისა, რომ სიცოცხლის ფენომენი ასე ვიწრო კუთხით იხილებოდეს, თუნდაც ეს ათვლის ბევრი წერტილიდან ხდებოდეს. ასეთი მიდგომის შედეგად სავსებით დასაშვებია ვითარება, რომ ეკოლოგი, ბიოფიზიკოსი და მიკრობიოლოგი ამა თუ იმ პლანეტაზე სიცოცხლის არსებობის შესაძლებლობას ადასტურებდნენ, ბოტანიკოსი, ზოოლოგი და ანთროპოლოგი კი უარყოფდნენ, ან პირუკუ.

რასაკვირველია, სიცოცხლის მკვეთრი განსაზღვრის არქონა მეტად უშლის ხელს იმის დადგენას, თუ რა შეიძლება იყოს უცხო პლანეტებზე სიცოცხლის გამოვლინება. მეორე მხრივ, ჩვენ მიერ წიგნში განვითარებული გრადუალისტური შეხედულებების მიხედვით, სიცოცხლის ყოვლისმომცველი და მკვეთრი განსაზღვრა არც უნდა არსებობდეს. ამიტომ გამოსავალი ერთია: მკვლევარი წინასწარ უნდა შეთანხმდეს, თუ სიცოცხლის კონკრეტულად რა ფორმას ეძიებენ სხვა პლანეტაზე. რეალურად ახლა უკვე ასეც ხდება, თუმცა ეს ადრე ასე არ იყო (Lovelock, 1987, 1989).

დავუბრუნდეთ სამყაროს მთლიანობის საკითხს. ამ მთლიანობის დაურღვევლად სიცოცხლის, როგორც ფენომენის აღქმისათვის ერთი კარგი გამოსავალი არის მისი იმანენტობის აღიარება. სხვა სიტყვებით, მატერიალურ სამყაროში, სიცოცხლის ელემენტები არსებობს ყველგან იგი მატერიის განუყოფელი თვისებაა, მაგრამ სისტემის სახით სიცოცხლე გამოვლინდება მხოლოდ გარკვეულ პირობებში, როცა შესაძლებელი ხდება ფიზიკური და ქიმიური პროცესების გარკვეული სპექტრის ხდომილება და მათი მოწესრიგება, შესაბამისი კრიტერიუმების მიხედვით წარმართული განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის მეშვეობით. სიცოცხლის ფენომენის ამგვარად გააზრების შემდეგ უცხო პლანეტებზე მისი არსებობის საკითხის ფორმულირება გარკვეულად შეიცვლება: სიცოცხლე ყველა პლანეტაზე არსებობს ელემენტების სახით, ჩვენი ამოცანაა აღმოვაჩინოთ, ხდება თუ არა ამ ელემენტების მიერ ცოცხალი სისტემის, როგორც სიცოცხლის გარკვეული ფორმების წარმოქმნა მოცემულ პლანეტაზე. სხვა სიტყვებით, ხდება თუ არა მოცემულ პლანეტაზე იმანენტურად არსებული სიცოცხლის კონკრეტულ ცოცხალ ფორმებში გამოვლინება.

ამგვარად, იმანენტობის წყალობით, ჩვენი სამყარო და სიცოცხლე, გარკვეული თვალსაზრისით, შეიძლება გაიგივებული იქნეს. ახლა მეორე ბოლოდან განვიხილოთ ეს ფენომენი - სიცოცხლე და სამყარო. სამყაროსა და სიცოცხლის წარმოშობის შესახებ გარკვეული წინასწარი წარმოდგენები უკვე შევიმუშავეთ და ქაოსიდან წესრიგის წარმოქმნაში განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის მნიშვნელობა გამოგვეთეთ, თუმცა ღია დარჩა მთავარი საკითხი: რა არის მატერიალური სამყარო, მისი არსი და იდეალურ სამყაროსთან ურთიერთობა?

წინასწარ უნდა ითქვას, რომ მეცნიერების ფარგლებს აქ უკვე ვცდილებით, რადგან პირდაპირი ფაქტობრივი მონაცემებისა და ექსპერიმენტულად აღწარმოებადი ნივთიერი მტკიცებულებების ნაცვლად უმთავრესად მხოლოდ ირიბი, “მოწმეთა ჩვენებები” გვაქვს ხელთ და უკვე ფილოსოფიისა და რელიგიის სფეროში ვიჭრებით. მაინც ვცადოთ განჭვრეტა ზოგიერთი ლოგიკური კავშირისა არსებულ მონაცემებსა თუ მოსაზრებებზე დაყრდნობით. თუმცა, ჩვენ წანამძღვრებს ექნება არა ფაქტების ან აქსიომების სახე, არამედ პოსტულატებად უნდა იქნენ განხილულნი.

პირველი პოსტულატი იქნება ის, რომ თუ გარკვეული თვალსაზრისით შესაძლებლად მივიჩნიეთ სიცოცხლისა და მატერიალური სამყაროს გაიგივება (იმავე მიზეზის გამო, რატომაც ვაღიარეთ სიცოცხლის იმანენტობა მატერიალურ სამყაროში), ალბათ, ასევე დასაშვებია იდეალური სამყაროსა და იმქვეყნიური სამყაროს გაიგივებაც. მაშინ, მატერიალურ და იდეალურ სამყაროებს შორის დამაკავშირებელ ხიდად ადამიანის სულიერება შეიძლება ვივარაუდოთ, რაც მეორე პოსტულატად შეიძლება იქნეს მიღებული.

ცხადია, რომ ადამიანის სულიერი სამყარო განვითარებადია, ის ევოლუციას განიცდის. ეს ევოლუცია, ჩვენი ღრმა რწმენით, განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის მოქმედებაზეა დაფუძნებული. ახალი აზრები, იდეები კაცობრიობის მთელი ისტორიის მანძილზე გენერირდებოდა, ხოლო საზოგადოების ევოლუციის პროცესში ხდება უფრო ჭეშმარიტი, უფრო ღირებული აზრებისა და იდეების, მათი სისტემების არჩევანი, ნაკლებადღირებული კი ისტორიის კუთვნილებად რჩება.

ამავე ღროს, ადამიანის ცხოვრება - ესაა კრიტერიუმი, რომლის მიხედვით ხდება მისი სულიერების შეფასება - განსხვავებულების გაყოფა და იმქვეყნიურ

სამყაროში შესაბამისი ადგილების მიჩენა გარდაცვალების შემდეგ - ესაა განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმის მოქმედება უზენაეს სიმაღლეზე: “აწ უკუეთუ კაცად-კაცადმან ჩუენმან თავისა თვისთვის სიტყუა მისცეს ღმერთსა” (რომაელ.14:12); “და განისაჯნეს მკუდარნი თითოეული საქმეთაებრ თვისთა” (გამოცხ.20:12); “და ვითარცა იგი წინა-უც კაცთა ერთ გზის სიკუდილი და მისა შემდგომად სასჯელი” (ებრაელ.9:27).

ყოველივე ამის შედეგად ხდება იმპერეციური სამყაროს გამდიდრება მაღალი სულიერებით, ანუ მისი განვითარება და აღმასვლა უზენაესი კრიტერიუმებით. “ამინ, ამინ გეტყვი თქუენ, რამეთუ რომელმან სიტყუანი ჩემნი ისმინეს და პრწმენეს მომავლინებელი ჩემი, აქუნდეს ცხოვრებაი საუკუნოი, და სასჯელსა იგი არა შევიდეს, არამედ გარდაიცვალოს იგი სიკუდილისაგან ცხოვრებად” (იოანე 5:24). ამგვარად, მატერიალური ყოფა და სიცოცხლის უმაღლესი ფორმების - ცივილიზაციების არსებობა შეიძლება გააზრებულ იქნეს როგორც იდეალური სამყაროს განვითარების საშუალება. (წარღვნა, სოდომ-გომორი და მსგავსი მოვლენები ხდება იქ, სადაც სულიერება ისე ეცემა, რომ ეს უღიადესი ამოცანა ვეღარ სრულდება).

მსგავს წარმოდგენებამდე ჩვენ ადრევე მივედით (თავი 1), როდესაც მატერიალური სამყარო განხილული იქნა, როგორც კომპრომისი აბსოლუტურ ქაოსსა და აბსოლუტურ წესრიგს შორის. აბსოლუტურ წესრიგს თავისთავად განვითარება არ შეუძლია: იგი უძრავი და ხისტი. ამდენად, მატერიალური სამყაროს არსებობა აუცილებელია, რომ იდეალურ სამყაროში ქაოსის ელემენტი იქნეს შეტანილი და მისი განვითარება შესაძლებელი გახდეს, რაც ისევ და ისევ, განსხვავება-გაყოფა-არჩევანის ალგორითმზე იქნება დაფუძნებული.

მატერიალურ და იდეალურ სამყაროებს შორის საერთო შეიძლება იყოს მრავალფეროვნება, ე.ი., მატერიალური საგნებისა თუ იდეების გაყოფა-განსხვავებების მიზეზით, მათ შორის არჩევანის გაკეთებისა და, ამასთან დაკავშირებული შესაძლებლობა განვითარების და გართულებისა. ამიტომაც, ყველგან მოქმედ და ყოველგვარი წესრიგის შემქმნელ ალგორითმს - განსხვავება-გაყოფა-არჩევანს - დიადი ალგორითმი შეიძლება ეწოდოს.

14. დასკვნა

ჩვენი ნარკვევი, როგორც მცდელობა გეზის მოძებნისა ბიოლოგიის მეცნიერებაში ცოდნის ინტეგრირებისათვის, აქ მთავრდება. მისი საბოლოო შეფასება, ცხადია, მკითხველის პრეროგატივაა, მაგრამ მანამდე გვინდა კიდევ ვთქვათ რამდენიმე შემაჯამებელი წინადადება.

ეჭვი არაა, რომ წინამდებარე ნარკვევი მეტ კითხვას ბადებს, ვიდრე პასუხებს იძლევა. რა თქმა უნდა, ბევრად უკეთესი იქნებოდა, რომ ამ კითხვებზე პასუხები მოგვეპოვებოდეს, მაგრამ ეს ერთი მეცნიერის ძალებს აღემატება. დიდ წარმატებად ჩაითვლება, თუ ამ საკითხებზე მუშაობისა და აზრის გამოთქმის სურვილი გაჩნდება ჩემი კოლეგების მხრიდან.

ამავე დროს, ჩვენი აზრით, ნარკვევიდან იკვეთება ორი ძირითადი საკითხი, რომელიც შეიძლება სიახლედ ჩაითვალოს.

1. ჩვენ ვეცადეთ გამოგვევლინა და დაგვესაბუთებინა ეკოლოგიური პრინციპი, როგორც სამყაროში დასაბამიდან მოქმედი ფუნდამენტური პირველსაწყისი, რომლის მოქმედებაც ვლინდება სიცოცხლის ჩასახვისა და განვითარების პროცესებში. ეკოლოგიური პრინციპი, ჩვენი აზრით, ხსნის, თუ რატომ არის საჭირო ევოლუციის პროცესში სისტემების გართულება უკეთესი ეფექტურობის მიღწევის მიზნით - ამას მოითხოვს სპეციალიზაციის ნაცვალგება; ეკოლოგიური პრინციპი ხსნის, აგრეთვე, თუ რა სიძლიერე და რა სისუსტე მოაქვს სპეციალიზირებას ნებისმიერი სისტემისათვის.

2. იკვეთება ეკოლოგიის, ანუ სისტემისა და გარემოს ურთიერთობის მნიშვნელობა, როგორც საერთოდ ჩვენი არსებობისათვის, ისე მატერიალური სისტემების თვითწარმოქმნისა და განვითარებისათვის, თუ მთელ სამყაროში არა, დედამიწაზე მაინც. ამიტომ ეკოლოგიური პრინციპი განათლებისა და მეცნიერების ინტეგრირების კარგი საფუძველია, რამდენადაც იგი ასახავს დედამიწაზე მიმდინარე უზოგადეს მოვლენებს. ეკოლოგიური პრინციპის ტერმინებითა და მისი თვალთახედვით შეიძლება სიცოცხლისა და საზოგადოების განვითარების ერთიან ჭრილში დანახვა და ამით, სამყაროსა და ადამიანის ერთიანობის ჩვენება. სწორად ამ აზრით იყო ნათქვამი შესავალ თავებში, რომ მეცნიერებისა და განათლების ინტეგრირება ნიშნავს მათ ეკოლოგიზაციას.

და ბოლოს, გვინდა შევეხოთ ერთ საკმაოდ დელიკატურ საკითხს, რომელიც დაკვირვებულ მკითხველს არ გამოჩნდებოდა. საქმე ეხება ეკოლოგიური პრინციპის მიყენებას იმ პრობლემის მიმართ, რომელიც ჩვენი ნარკვევის თავშივე წამოვჭერთ. რამდენადაც ეკოლოგიური პრინციპი სპეციალიზირების ძლიერ და სუსტ მხარეებს იხილავს და მასზე დაყრდნობით ადგენს სისტემის გართულებასა და ელემენტებს შორის გარკვეული სახის ურთიერთობების არსებობის აუცილებლობას, ისმის კითხვა, შეიძლება თუ არა ამ პრინციპით ხელმძღვანელობა, რათა დაიძლიოს მეცნიერების ვიწრო სპეციალობებად დიფერენცირების უარყოფითი შედეგები? ამ საკითხთან დაკავშირებით აუცილებლად მიგვაჩნია ორი მნიშვნელოვანი გარემოების განმარტება.

უპირველეს ყოვლისა, მეცნიერება და მეცნიერთა საზოგადოება ადამიანთა სოციალური სისტემის განუყოფელი ნაწილია. წინა თავში ჩვენ უკვე გამოთქვით ვარაუდი, რომ ეკოლოგიური პრინციპი სოციალურ სისტემებშიც ისევე მოქმედებს, როგორც ბიოლოგიურსა და ეკონომიკურში, მაგრამ ამ ვარაუდის მკაცრი დასაბუთებისათვის ჯერ არა ვართ მზად. სანამ ასეთ ნაბიჯს გადავდგამდეთ, ჯერ უნდა გაირკვეს და მიღებულად ჩაითვალოს ის ვარაუდები, რაც წინამდებარე ნარკვევშია გამოთქმული ეკოლოგიური პრინციპის მოქმედებისა და როლის შესახებ ბიოლოგიური ევოლუციისა და ეკონომიკური განვითარების პროცესებში და ამის შემდეგ შეიძლება ვიფიქროთ სოციალური სისტემების ამ კუთხით ანალიზზე.

მეორე გარემოება ის გახლავთ, რომ ადამიანთა საზოგადოება, ცივილიზაცია თუ ნებისმიერი სოციალური სისტემა მეტად ნატიფი სფეროა იმისათვის, რომ რაიმე ბიოლოგიური ან ეკონომიკური პრინციპის მოქმედება მასზე მექანიკურად იქნეს გადატანილი. საზოგადოება და სოციალური სისტემა სწორად ის სივრცეა, სადაც ყოფიერების ნივთიერი და სულიერი საწყისები მეტად აქტიურად ურთიერთქმედებენ. ესაა სამყაროს ერთიანობის უმძაფრესი გამოხატულება, ნივთიერი ყოფიდან სულიერში გადასვლის ადგილი და დრო. ამიტომ, ეკოლოგიური პრინციპის გამოყენებას სოციალური სისტემების განვითარების ანალიზისათვის წინასწარი კვლევა და

დამატებითი შემოქმედება ესაჭიროება (ზოგიერთი წინასწარი მოსაზრება ამის თაობაზე წინა თავში გამოვთქვით).

მიუხედავად ამ ორი მნიშვნელოვანი გარემოებისა, რასაკვირველია, მაინც გვაქვს უფლება და შესაძლებლობა აბსტრაგირებისა და გარკვეული განზოგადებისა ისე, რომ ეკოლოგიური პრინციპის სავარაუდო მოქმედებიდან გამოვძინარე, კომენტარის სახით შევაფასოთ მეცნიერების ვიწრო სპეციალობებად დანაწევრების უარყოფითი მხარეების დაძლევის შესაძლო გზები. ამასთან დაკავშირებით, ისევ ორ მომენტზე გავამახვილებთ ყურადღებას.

პირველი: ეკოლოგიური პრინციპი გულისხმობს ახალი საგანგებო ფუნქციის განვითარებას სპეციალიზირებული ელემენტების ურთიერთობების მოსაწესრიგებლად გარემოსა და ერთმანეთთან (რაც იწვევს სისტემის გართულებას). მეცნიერების შემთხვევაში, რასაკვირველია, ეს არ უნდა ნიშნავდეს რაიმე ზემდგომი მარეგულირებელი ინსტიტუტის შექმნას. ჩვენი აზრით, ასეთი ფუნქცია უნდა იყოს კომუნიკაციის გაადვილება სპეციალისტთა შორის და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში ეს ფუნქცია შეიძლება შეასრულოს წარმოდგენებმა ეკოლოგიური პრინციპის შესახებ, თუ მოხერხდება მისი მარტივ და გასაგებ ტერმინებში მწყობრ თეორიად ჩამოყალიბება.

მეორე მომენტი პირველიდან გამომდინარეობს: საჭიროა მეტი კავშირი მეცნიერებასა და განათლებას შორის, რომ სპეციალისტთა ურთიერთობა გაადვილდეს. აქ იგულისხმება როგორც სხვადასხვა დარგის სპეციალისტების ინტერესის ზრდა განათლების მიმართ და მათგან მეტი წვლილის შეტანა მეცნიერული ინფორმაციის უკეთ ორგანიზებაში, ასევე, თვით ამ სპეციალისტების პორიზონტის გაფართოება და მათივე განათლება; ამის შესაბამისადვე, მეტი რესურსების წარმართვა მეცნიერებიდან განათლებისაკენ. თეორიული ბიოლოგიის ჟურნალის (Journal of Theoretical Biology) მთავარი რედაქტორი ლ.კაუფმანი (L.Kauffman) სთხოვს სტატიების ავტორებს რაც შეიძლება მარტივად და გასაგებად წერონ ისე, რომ “ბავშვსაც კი შეეძლოს გაგება, თუ რა წერია სტატიაში, რადგან მეცნიერები თავიანთი ვიწრო დარგის მიღმა ბავშვები არიან” (ი.ავალიშვილის პირადი შეტყობინება, იხილე შესავალი). ესაა ხატონად გამოთქმული ჭეშმარიტება და თავისთავად გულისხმობს ამ “ბავშვებისათვის” დამატებითი განათლების საჭიროებას, ხოლო საამისოდ კი პედაგოგიკის, განათლების თეორიისა და პრაქტიკის პროფესიული ხერხების გამოყენებას. შესაბამისად ამისა და ამავე მოსაზრებებიდან გამომდინარე, ჩვენც შევეცადეთ, რომ წინამდებარე ნარკვევს სახელმძღვანელოს სტრუქტურა ჰქონოდა და უმრავლესობისათვის გასაგები ყოფილიყო.

წინასიტყვაობაში უკვე ვახსენე, რომ ზაალ კიკვიძის წიგნში აზროვნების სუბიექტად ეკოლოგიური განათლება გვევლინება. ეკოლოგია (ეიკოს - სახლი, ლოგოს - მეტყველება, აზროვნება) ამ წიგნში გვევლინება მეცნიერებად არა ბუნების შესახებ (ამ შემთხვევაში ისევ ჩვეულებრივ მეცნიერებასთან გვექნებოდა საქმე), არამედ განათლების მეცნიერებად [ბუნების]მეცნიერებების შესახებ. წიგნში ყალიბდება, თუ როგორი უნდა იყოს ის სახლი, რომელშიც მეცნიერებები ცხოვრობენ, სად არის ის ადგილი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს მეცნიერების ინტეგრაციისა ისე (და ეს წიგნის უდავო დამსახურებაა), რომ ეკოლოგია არ გამოვაცხადოთ “მეცნიერებათა-მეცნიერებად”.

ამ შემთხვევაში წიგნის აზროვნება კიდევ ერთ საფრთხეს უძერება: თავიდან აცილებულია რეალობის შესწავლის და დადგენის ერთადერთი იარაღის გამოგონების პრეტენზია. ეკოლოგიური განათლება “მხოლოდ” განათლებაა, ის ასწავლის მაგრამ არ იკვლევს. ის აზროვნებს, მაგრამ არ აკვირდება, არ ატარებს ექსპერიმენტებს.

წიგნში იმანენტურადაა განხორციელებული თანამედროვე აზროვნების ერთ-ერთი დებულება - ჩვენ ვცხოვრობთ ტექსტების გარემოში. ამ დებულებაში, ისევე, როგორც წინასიტყვაობაში მოყვანილ დებულებაში აზროვნების შესახებ, ტექსტს არა აქვს ჩვეული და ყოველდღიური მნიშვნელობა. ტექსტი ამ შემთხვევაში ნიშნავს ნიშანთა სისტემას, რომელთა ინტერპრეტაცია უსასრულოდ შეიძლება და რომლებიც (ინტერპრეტაციები) თავად ტექსტები არიან და ამდიდრებენ და ამრავლებენ [ტექსტების] სამყაროს.

ამ საფუძველზე ჩვენს სამყაროში, ჩვენს დღევანდელ გარემოში განათლება პრობლემატურია: ერთი მხრივ, დღეს საკმაოდ გაურკვეველია რა და რატომ უნდა ასწავლო, რადგან ძირითადი ღირებულებები და ორიენტირები, რომლებსაც საუკუნეების განმავლობაში ეყრდნობოდა განათლება, თანამედროვე, მრავალფეროვან და მულტიდირებულით სამყაროში აღარ არიან აბსოლუტური და სხვა იდეების გვერდით იკავებენ თანაბარ ადგილს. მეორე მხრივ, შეიძლება ითქვას, რომ განათლება ერთადერთი ფენომენია, რომელიც საოცრად ზუსტად შეესაბამება სამყაროს თანამედროვე აღწერებს: ანუ, საქმე გვაქვს მხოლოდ და მარტო ტექსტებთან, ე.ი. ყველაზე უფრო ახლოს არის აზროვნებასთან.

ამ ფონზე ზაალ კიკვიძის წიგნი კიდევ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს; მასში ნაცადია თანამედროვე (ამ სიტყვის ყველაზე ზუსტი მნიშვნელობით) სამყაროს შესაბამისი თანამედროვე განათლების მოაზრება, რომელიც იქნება მეცნიერებების მონაპოვარი ფაქტების და თეორიების არა მშრალი გადმოცემა, არამედ მათი ჰუმანიტარული და სისტემური გადააზრება.

მიუხედავად იმისა, რომ ეკოლოგიური განათლება ამ წიგნში მხოლოდ ბუნებისმეცნიერებებს ეყრდნობა, მისი მიმართულება უნივერსალურია, რადგანაც ეს გააზრება ხდება ჰუმანიტარულ

საფუძველზე: - უარია ნათქვამი მეცნიერების არსებობის ფუნდამენტურ პრინციპზე - რეალობის რწმენაზე, რაც თავის მხრივ საშუალებას აძლევს ავტორს ეკოსისტემაში იდეალური ობიექტები შეიყვანოს, ანუ, განიხილოს მთლიანად ტექსტი და არა მისი რომელიმე მონაკვეთი.

რაც შეეხება მთლიანად ტექსტის განხილვას: ყოველი ტექსტი, ანუ ნიშანთა სისტემა, რომელიც არსებობს ჩვენს სამყაროში, არის მთლიანი და მასში იგულისხმება და აირეკლება მთელი სამყარო. ეს დებულება ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქოს ყველა ტექსტი აქტუალურად შეიცავს ყველაფერს, მთელს ევოლუციას, იდეათა ურთიერთმონაცვლეობას და ა.შ. საქმე ისაა, რომ ყველა ტექსტი გულისხმობს მთელ გარემოს, რომელშიც ის არსებობს, დაწყებული შესაქმიდან დღემდე, ისევე როგორც სამყაროს ყოველი სისტემა გულისხმობს მთელს სამყაროს.

მაგრამ სწორად აქ წარმოიშობა ეკოლოგიური განათლების ძირითადი წინააღმდეგობა: თუკი ყოველი მეცნიერება ტექსტია, რომელიც ისევე, როგორც ლაინბიციის მონადა, ასახავს და იმეორებს სამყაროს არეკვლის გარეშე, თუკი ყველა მეცნიერება, ასე თუ ისე, მსჯელობს სამყაროს შექმნაზე, თუკი ყველა მეცნიერება ქმნის საკუთარი თავის გარემოს (აზროვნების თვალსაზრისით), თუკი ამიტომ ყველა მეცნიერება გენერალისტია (ანუ მასზე ცვლილება არ მოქმედებს), როგორ არის შესაძლებელი მათი რეალური გაერთიანება ეკოლოგიურ განათლებაში, დიადი ალგორითმის აღიარების და მიღების შემთხვევაშიც კი?

ეს შეკითხვა სხვანაირადაც შეიძლება დაისვას: თუკი ჩვენი ცნობიერება, სამყაროს ჩვენეული გაგება დღეს ინტერპრეტაციების უსასრულო შესაძლებლობებს იძლევა, ხომ არ არის ეკოლოგიური განათლებაც ერთი მეცნიერების მიერ სხვა მეცნიერებების ინტერპრეტაცია? ამ შემთხვევაშიც, თუკი ეს შენიშვნა სწორია და ეკოლოგიური განათლების დაწყებამ გვაჩვენა, რომ მეცნიერებების რეალური ინტეგრაცია შეუძლებელია, ჩატარებული აზროვნება სხვა, უფრო საინტერესო შედეგს გვაძლევს: თუკი ინტეგრაცია არ ხერხდება, ისევ და ისევ მეცნიერებების არსებული პარადიგმის და სტრუქტურის გამო, მაშინ უკვე დროა ვიფიქროთ მეცნიერების ახალ პარადიგმაზე, რომელიც მეცნიერებას აზროვნების საშუალებას მისცემს. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მეცნიერება უსაზღვროდ ჩამორჩება ჩვენი გარემოს და იდეების განვითარებას და სულ მალე ტექსტები (რომლებიც მეცნიერებები არიან), თავის თავში აღმოაჩენენ ისეთ სამყაროს, რომელიც მათს გარდა აღარსად აღარ არსებობს.

წიგნის, “ეკოლოგია: დიადი ალგორითმი”, შედეგი, ამრიგად, ორგვარია: ორივე შემთხვევაში ჩვენ გვიწევს შეხვედრა მეცნიერების ახალ პარადიგმასთან. პარადიგმები კი არ იქმნება კვლევით და ექსპერიმენტით. პარადიგმა იქმნება მხოლოდ აზროვნებით და თვითრეფლექსიით. ამდენად, შეიძლება ითქვას, რომ ამ წიგნში ნამდვილად ხორციელდება აზროვნების და ბუნებისმეცნიერების ინტეგრაცია, რაც უკვე ნიშნავს თანამედროვე განათლების დასაწყისს.

- თევზაძე გ. მომავლის ნიშნები (ყოფიერების ესტეტიკა). თბილისი, გამომცემლობა "მერიდიანი". 1995.
- თუმანიშვილი გ. ცოცხალი სისტემების ონტოგენეზური თეორია. თბილისი, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა. 1991.
- კიკვიძე ზ. ევოლუციის ფრაქტალური მოდელი. მეცნიერება და ტექნიკა (№539): 25-35. 1994.
- კიკვიძე ი. მიწათმოქმედება და სამიწათმოქმედო კულტი ძველ საქართველოში. თბილისი, მეცნიერება. 1976.
- Bardell D. Microscopic examination of a leaf and a lichen to show convergent evolution. *Amer.Biol.Teach.* 57: 99-100. 1995.
- Begon M., Harper J.L. & Townsend C.R. Ecology: individuals, populations, and communities. Oxford (UK), Cambridge, Mass.; Blackwell Scientific Publications. 1996.
- Bloom A.J., Chapin F.S.III & Mooney H.A. Resource limitation in plants - an economic analogy. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 363-392. 1985.
- Broda E. Evolution of bioenergetic processes. Oxford, New-York, Pergamon Press. 1978.
- Brown J.H. & Maurer B.A. Macroecology: the division of food and space among species on continents. *Science* 243: 1145-1150. 1989.
- Brown J.H. Macroecology. Chicago; University of Chicago Press. 1995.
- Buss L.W. The evolution of individuality. Princeton, N.J., Princeton University Press. 1987.
- Cavalier-Smith T. The origin of eukaryote and archaebacterial cells. *Annals of the New-York Academy of Sciences*, 503 (July): 17-54. 1995
- Csanyi V. General theory of evolution. *Studia Biologia Academiae Scientiarum Hungaricum* 18. Akademiai Kiado, Budapest. 1982
- Darwin C. The origin of species. Cambridge, Mass.; Harvard University Press. 1964.
- Dawkins R. God's utility function. *Sci.Am.*, (No.11): 81-85 1995a.
- Dawkins R. River out of eden: a Darwinian view of life. New-York, Basic Books. 1995b.
- De Duve C. Blueprint for a cell: the nature and origins of life. Burlington, N.C.; N.Patterson. 1991
- De Duve C. Vital dust: life as a cosmic imperative. New-York; Basic Books. 1995.
- De Duve C. The birth of complex cells. *Sci.Am.*(No.4): 50-57. 1996.
- de Graaf R.M., Visscher J & Schwartz A.N. A plausible prebiotic synthesis of phosphonic acid. *Nature* 378: 474-477. 1995.
- Dose K. The origin of life: more questions than answers. *Interdisciplinary Science Review*, 13: 348-356. 1988.
- Eckland E.H. & Bartel D.P. RNA-catalyzed RNA polymerization using nucleoside triphosphates. *Nature* 378: 373-376. 1995.
- Eigen M. & Schuster P. Hypercycles: a principle of natural self-organization. Heidelberg; Springer-Verlag. 1979.
- Eigen M. Steps towards life: a perspective of evolution. Oxford, New-York; Oxford University Press. 1992.
- Ferris J.P., Hill A.R.Jr., Liu R. & Orgel L. Synthesis of long prebiotic oligomers on mineral surfaces. *Nature* 381: 51-61. 1996.

- Fox S.W. & Dose K. Molecular evolution and the origin of life. San Francisco, Freeman. 1972.
- Gauch H.G.J. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge, Cambridge University Press. 1982.
- Gogarten J.P. The early evolution of cellular life. *trends Ecol.Evol.* 10: 147-151. 1995.
- Gordon D.M. The organization of work in social insect colonies. *nature* 380: 121-124. 1996.
- Graham R.L., Rothschild B.L. and Spencer J.H. Ramsey theory. 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., New-York. 1990.
- Grant V. The evolutionary process: a critical study of evolutionary theory. 2nd ed. New-York, Columbia University Press. 1991.
- Haeckel E. *Generelle Morphologie der Organismen*. Georg Reimer, Berlin. 1866.
- Haeckel E. Die Gastrea-Theorie, die phylogenetische classification des Thierreichs und die Homologie der Keimblätter. *Jena, Z.Naturw.* 8: 1-55. 1874.
- Haken H. Information and self-organization: a macroscopic approach to complex systems. Berlin, New-York: Springer-Verlag. 1988.
- Huxley J. Evolution: the modern synthesis (3rd ed.). London, Allen and Unwin. 1974.
- Kelly G. The philosophy of personal constructs. New-York, Norton. 1955.
- Kikvidze Z. Neighbour interactions and stability in subalpine meadow communities. *J.Veg.Sci.* 7: 41-44. 1996.
- Koufanou V. The evolution of soma in the Volvocales. *Am.Nat* 143: 907-981. 1994.
- Larcher W. Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups, 3rd ed. Berlin; New-York, Springer-Verlag. 1995.
- Lloyd P.E. & Dicken P. Location in space. A theoretical approach to economic geography. 2nd ed. London, Harper & Row. 1977.
- Loomis W.F. Four billion years: an essay on the evolution of genes and organisms. Sunderland, Mass.; Sinauer Associates, Inc. 1988.
- Loesch A. The economics of location. New Haven, Yale university Press. 1954.
- Louw G. Physiological animal ecology. Harlow, Essex (UK); Longman Scientific & Technical; New-York, co-published in the US with J.Wiley. 1993.
- Lovelock J.E. Gaia: a new look at life on earth. Oxford (UK), New-York; Oxford University Press. 1987.
- Lovelock J.E. Geophysics, the science of Gaia. *Rev.Geophys.* 27: 215-222. 1989.
- Maddox J. Abstract models in search of problems. *Nature* 365: 485. 1993.
- Margulis L. Symbiosis in cell evolution. San Francisco, W.H.Freeman. 1981.
- Margulis L. Environmental evolution: effects of the origin and evolution of life on planet earth. Cambridge, Mass.; MIT Press. 1992.
- Maynard-Smith J. & Szathmary E. The major transitions in evolution. Oxford, New-York; W.H.Freeman. 1995.
- McFadden G. & Gilson P. Something borrowed, something green: lateral transfer of chloroplasts by secondary endosymbiosis. *Trends in Ecology and Evolution* 10: 12-17. 1995.
- McIntosh R.P. Community, competition and adaptation. *Quarterly Review of Biology* 45: 259-280. 1970.
- Mills G.C., Lancaster M. & Bradley W. Origin of life and evolution in biology textbooks - a critique. *Am.Biol.Teach.* 55: 78-83. 1993.

- Nielsen C. Animal evolution: interrelations of living phyla. Oxford (UK), New-York; Oxford University Press. 1995.
- Nowak M., May R.M. & Sigmund K. The arithmetics of mutual help. Sci.Am.(No.6): 76-81. 1995.
- Osgood C.E., Suci G.J. & Tannenbaum P.H. The measurement of meaning. University of Illinois Press, Urbana. 1978.
- Potera C. Biofilms invade microbiology. Science 273:1785-1797. 1996.
- Prigogine I. & Nicolis G. Exploring complexity: an introduction. New-York, W.H.Freeman. 1989.
- Prigogine I. Order out of chaos: the evolutionary paradigm and the physical science. New-York, Bantam books. 1984.
- Rapport D.J. & Turner J.E. Economic models in ecology. Science 195:367-373. 1977.
- Rensch B. Evolution above the species level. New-York, Columbia University Press. 1960.
- Rensch B. Biophilosophical implications of inorganic and organic evolution. Essen, Blaue Eule. 1985.
- Ridley M. Evolution. Boston; Blackwell Scientific Publications. 1993.
- Sapp J. Evolution by association: a history of symbiosis. Oxford (UK), New-York; Oxford University Press. 1994.
- Schmidt-Nielsen K. Animal physiology: adaptation and environment. 4th ed. Cambridge, New-York; Cambridge-University Press. 1990.
- Schroedinger E. What is life? The physisval aspect of the living cell. Mind and Matter. Cambridge (UK), Cambridge University Press. 1967.
- Sigmund K. Games of life: explorations in ecology, evolution and behaviour. Oxford (UK), New-York; Oxford University Press. 1993.
- Stuefer J.F., de Kroon H. & During H.J. Exploitation of environmental heterogeneity by spatial division of labour in a clonal plant. funct.Ecol. 10: 328-334. 1996.
- Szathmary E. & Maynard-Smith J. The major evolutionary transitions. Nature 374: 227-231. 1995.
- Teilhard de Chardin P. The phenomenon of man. New-York, Harper. 1959.
- Wilson N.S. & Gar W.R. Paleobotany and the evolution of plants. 2nd ed., Cambridge (UK), Cambridge University Press. 1993.

რედაქტორის წინასიტყვაობა.....	3
შესავალი.....	4
1. მსოფლმხედველობა.....	4
2. სამყაროს ერთიანობა.....	12
3. სისტემები.....	19
4. ბიოლოგიური სისტემები.....	26
5. სპეციალიზაცია.....	31
6. ეკოლოგიური პრინციპი.....	46
7. ევოლუცია.....	51
8. სიცოცხლის გაჩენა და პროკარიოტების წარმოშობა.....	57
9. ეუკარიოტი უჯრედების წარმოშობა.....	62
10. მრავალუჯრედიანი დიფერენცირებული უჯრედების წარმოშობა.....	67
11. ბიოცენოზები.....	72
12. ეკონომიკური სისტემები.....	77
13. დიადი ალგორითმი.....	83
14 დასკვნა.....	87
რედაქტორის ბოლოსიტყვა.....	88
ლიტერატურა.....	90

Zaal Kikvidze

Ecology: the Great Algorithm

Tbilisi, 1998

Summary

Ecology is a field with a great potential of interdisciplinary studies. Interdisciplinary integration should utilize most general ideas and concepts such as notions of a system and environment, complexity, specialization, evolution, cooperation, stability. It is important to demonstrate that the majority of the events studied by very different disciplines, ranging from physics and ecology to economics and sociology, may be described in similar terms. This would be expression of the integrity of the Universe that is based on a few primary principles. These ideas, as such, may not be very new and original, however, the novelty is that some general concepts are combined in a certain way. In particular, an algorithm of selection is considered, where benefits and costs of specialization serve as criteria for discrimination of "non-competitive" forms. Resulting complication of a structure of any system is achieved by cooperation of specialized elements based on homeostasis, i.e., on complex mechanisms providing active, resistant stability of a system. Such an algorithm of selection may be applied to the complication of a wide range of systems, e.g., to the evolution of biological systems, as well as to ecological, economical and even social systems.

“ეკოლოგიური განათლების შესავალი სასწავლო თამაშების პაკეტით”

საქართველოს ჰედაგოგთა კვალიფიკაციის ამაღლებისა და
გადამხადების ცენტრალური ინსტიტუტი, თბილისი 1996

ესაა:

- **მდგრადი განვითარება:** შესავალი ეკოლოგიურ განათლებაში, რა უნდა იცოდეს დაწეებითი კლასების მასწავლებელმა ძირითადი ეკოლოგიური კანონზომიერებებისა და მდგრადი განვითარების შესახებ?
- **ინტერაქტიური მეთოდოკა:** სავარჯიშოები დაწეებითი კლასებისათვის, როგორ უნდა აღვწარდოთ ეკოლოგიურად კომპეტენტური მოქალაქეები?



გამომცემლობა „სკოლა“

.

გამომცემლობის რედაქტორი	მანანა უკლება
ტექნიკური რედაქტორი	ციური ქამუშაძე
კომპიუტერული უზრუნველყოფა	ამირან ჭანტურია
კორექტორი	ნინო თანანაშვილი

ტირაჟი: 500