სოციალური ეკოლოგია

წინააღმდეგობები კლასიკურ თერმოდინამიკასა და ევოლუციას შორის

ადეიშვილი თეიმურაზ, ადეიშვილი თორნიკე, ადეიშვილი დავით
აკაკი წერეთლის უნივერსიტეტი
საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემია

აბსტრაქტი. *საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების განვითარებასთან ერთად აღინიშნა წინააღმდეგობა ფიზიკოსებსა და ბუნებისმეტყველ არაფიზიკოსებს შორის ევოლუციის მსვლელობის გაგებაში. ამ წინააღმდეგობამ წარმოშვა კითხვა: საკმარისად ფუნდამენტურია თუ არა ენტროპიის ზრდის კანონი? საქმე ისაა, რომ ევოლუცია როგორც თანდათანობითი გადასვლა მაქსიმალური ენტროპიის მქონე მოუწესრიგებელ, ქაოსურ მდგომარეობაში ცხადი იყო მხოლოდ თერმოდინამიკის სპეციალისტებისათვის. მრავალი ბუნების მკვლევარისათვის უდავო იყო გარემოს ევოლუცია მხოლოდ გართულების მხარეს, თვითორგანიზაციისკენ. უცებ წარმოიშვა ისეთი სიტუაცია, როცა „ფიზიკური“ ევოლუცია თითქოს წინააღმდეგობაში აღმოჩნდა „მეცნიერულ-ბუნებრივთან“. ეს საკითხები განიხილება მოცემულ ნაშრომში.*

ევოლუციის პრობლემები, რომლებიც პირველხარისხოვან როლს თამაშობენ გლობალური ეკოლოგიური პრობლემების ანალიზის დროს, უკვე საუკუნე ნახევარია მაინც, რაც იქცევენ მრავალი მეცნიერის ყურადღებას. მისი სათავეები იწყება ანტიკური ფილოსოფიიდან XVII-XIX საუკუნეების ისეთი ბუნების მკვლევარებამდე, როგორებიცაა **რ. ჰუკი, დ. დიდრო, ჟ. ბიუფონი და ჟ. ლამარკი**. ამ უკანასკნელმა 1809 წელს შექმნა ევოლუციის პირველი კონცეპცია რომელმაც მიიღო ლამარკოზმის სახელწოდება. **ჩარლზ დარვინის** მიერ 1859 შექმნილმა ევოლუციურმა თეორიამ (სწორედ იმ წლებში, როცა შეიქმნა თერმოდინამიკის მეორე საწყისი) დააყენა ევოლუციური მოძღვრება მეცნიერულ საფუძველზე. შეიძლება ითქვას, რომ XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან, ბიოლოგიის კვალდაკვალ, ევოლუციური მიდგომა შედის ბუნებისმეტყველების სხვა მიმართულებებშიც. ფართო გავრცელება ჰპოვა დედამიწის, მზის სისტემისა და მთელი სამყაროს ევოლუციის თეორიამ.

სრულიად ბუნებრივია, რომ ევოლუციის თეორიის შემდგომი განვითარებისათვის, როგორც მეცნიერებისა ცოცხალი ორგანიზმების ევოლუციის მიზეზების, მექანიზმების, მამოძრავებელი ძალების ზოგადი კანონმზომიერებების შესახებ, მეცნიერებს უნდოდათ თანმიმდევრულ ფიზიკურ თეორიაზე დაყრდნობა. ფიზიკას, როგორც წამყვან საბუნებისმეტყველო მეცნიერებას არ შეეძლო გვერდზე ყოფილიყო ევოლუციური თეორიის პრობლემატიკისაგან, რაც საყოველთაო ყურადღების ცენტრში აღმოჩნდა. იზოლირებულ სისტემებში ენტროპიის ზრდის კონცეპციას მრავალი მეცნიერი განიხილავდა, როგორც თავისებურ რეაქციას ამ პრობელმაზე.

ფიზიკის შეურყეველი ავტორიტეტი, რომელიც მან მოიპოვა XIX საუკუნის მეორე ნახევრიან, ეფუძნება მრავალი მეცნიერის წარმატებას: მექანიკის, ელექტორდინამიკისა და თერმოდინამიკისას. იმ დროიდან მრავალი წლის მანძილზე იზრდებოდა ნდობა ფიზიკის

მიღწევებისადმი. ბუნების მკვლევარებმა, ცოდნის ნებისმიერ დარგში, ვერ მოახერხეს თერმოდინამიკის მეორე საწყისის იგნორირება მის საფუძველზე სამყაროს უწესრიგობის მხარეს ევოლუციის შესახებ გაკეთებული დასკვნის შესახებ.

ასე, რომ ევოლუციის შეუქცევადობა ეჭვს არ იწვევდა. მაგრამ საით მივყავართ მას? ამ ფაქტის უცვლელობის აღიარებით თანხმობა მთავრდება. ევოლუციის „ბუნებრივ-მეცნიერული“ თეორია ამტკიცებს, რომ ევოლუციისათვის ყველაზე უფრო დამახასიათებელია მოწესრიგების, თვითორგანიზაციისა და სტრუქტურირების პროცესები. როგორც კი ჩვენ მივმართავთ ცოცხალის ევოლუციას, რომლის გვირგვინი ადამიანია, ვამჩნევთ, ჩვენ ვართ ევოლუციის პროდუქტი თვითორგანიზაციის პროცესების მეშვეობით მატერიის გართულების მხარეს. თავის თავის უარყოფა არ არის ფიზიკური კანონების უარყოფაზე ადვილი! მით უფრო ძნელია თერმოდინამიკის მეორე საწყისის იგნორირება, და მის საფუძველზე ჩამოყალიბებული დასკვნა უწყვეტი დეზორგანიზაციის შესახებ, ე.ი. მისი (ევოლუციის) გადასვლა უფრო დიდი ენტროპიის მქონე მაქსიმალურად მოუწესრიგებელ მდგომარეობაში.

გლობალური ეკოლოგიის პრობლემები ამძაფრებენ ეკოლოგიური კატასტროფის შიშს და ახდენენ ყოფიერებისა და ევოლუციის ზოგადი პრობლემებისადმი ინტერესთა სტიმულაციას. კაცობრიობის წინაშე არის ორი პრობლემა. პირველი - ესაა საყოველთაო დეგრადაცია და არსებული სტრუქტურების დაშლა. ამ შემთხვევაში, რაც არ უნდა ვეცადოთ, კაცობრიობა მაინც განწირულია დასაღუპად. ყველაფერი იქცევა ფერფლად და ჩვენ ვხედავთ, რომ ასეთი შეხედულებების ფონზე წარმოიშვნენ და წარმოიშვებიან მრავალრიცხოვანი სექტები. სხვა შემთხვევაში ევოლუციას მივყავართ სულ უფრო მეტად რთულ სტრუქტურებამდე. თუ ეს ასეა, მაშინ ჩვენი ცივილიზაცია - კანონზომიერი ეტაპია საერთო ევოლუციაში, რაც კაცობრიობას აძლევს ხანგრძლივი არსებობის პრინციპულ შესაძლებლობას.

საინტერესოა ის, რომ ევოლუციის ფიზიკურმა კონცეპციამ ჩამოაყალიბება დაიწყო რამდენადმე ადრე ენტროპიის ცნების შემოღებამდე, რომელთანაც ახლა აკავშირებენ ამ კონცეპციას. ჯერ კიდევ თერმოდინამიკის მერე საწყისის ფორმალირებისას **უ. ტომსონი** აღნიშნავდა, რომ „მატერიალურ სამყაროში თანამედროვე ეტაპზე არსებობს ზოგადი ტენდენცია მექანიკური ენერგიის ამოწურვისკენ“. **ჰ. ჰემჰოლცი**, ავითარებდა ამ აზრს და სამყაროს „თერმულ სიკვდილს“ უწინასწარმეტყველებდა მაშინ, როცა მთელი მექანიკური ენერგია გარდაიქმნება სითბოში და როცა მასში შეწყდება ყოველნაირი მოძრაობა, გარდა მოუწესრიგებელისა. საბოლოოდ **რ. კალაუზუსმა** შემოიღო ევოლუციის ფიზიკურ კონცეპციაში ენტროპიის ცნება: სამყაროს ენტროპია, მიისწრაფის მაქსიმუმისაკენ, ასკვნიდა ის.

რა თქმა უნდა, იგივე მეცნიერებს არ შეეძლოთ არ შეემჩნიათ აქ შექმნილი სირთულეები. **ჰელმჰოლცმა** გამოთქვა ეჭვი ცოცხალი სისტემებისადმი თერმოდინამიკის მეორე საწყისის გამოყენების მიმართ, ხოლო **ბოლცმანმა** წამოაყენა ფლუქტუაციური თეორია, რომლის მიხედვითაც ჩვენს გარშემო არსებული მაკროსკოპული არე სამყაროსი წარმოადგენს გიგანტურ ფლუქტუაციას, მაშინ როცა სამყარო მთლიანობაში იმყოფება წონასწორულ მდგომარეობაში. ადამიანს, ბოლცმანის მიხედვით, იმიტომ გააჩნია შესაძლებლობა დააკვირდეს ამ მეტისმეტად საგანგებო ფლუქტუაციას, რომ წარმოადგენს მისგან შექმნილს. ეს

თეორია, არსებითად წარმოადგენდა რა ანტიევოლუციურს, მაინც იყო შინაგანი და არაწინააღმდეგობრივი და ჰყავდა თავისი მომხმარეები. დღეისათვის ფლუქტუაციური თეორია არაპოპულარულია, რამდენადაც გამარჯვებულია ევოლუციური მიდგომა როგორც ასეთი [1].

ზოგი მეცნიერი, სწამდა რა ენტროპიის ზრდის კანონი როგორც ევოლუციის მოცემული მიმართულება, უბრალოდ იგნორირებას უკეთებდა განსახილველ პრობლემას და გარშემო მყოფი ცოცხალი და არაცოცხალი რთული სისტემების გააზრებისათვის რთული დონის გადალახვით, ხშირად მთელი სამყაროსთვის იყენებდა თერმოდინამიკის მეორე საწყისს. ამასთან დაკავშირებით შეიძლება კიდევ გავიხსენოთ **ლ. ბოლცმანი,** რომელიც 1886 წ. წერდა: „ამრიგად, მეორე კანონი ადასტურებს ენერგიის დეგრადაციის უწყვეტ ზრდას, მანამ, სანამ არ შეწყდება ყველა ხილული მოძრაობა სამყაროში. სამყაროს გადარჩენის ყველა ცდა თერმული სიკვდილისაგან დარჩა წარუმატებელი“.

თვით მათემატიკური ბიოლოგიის ისეთი სპეციალისტი, როგორიცაა **ა. ლოტკა** „მათემატიკური ბიოლოგიის ელემენტებში“ წერდა 1922 წელს, რომ „ევოლუციის მიმართულება არის შეუქცევად გარდქმნათა მიმართულება. იზოლირებული სისტემისათვის ეს არის ენტროპიის ზრდის მიმართულება. ამ აზრით ევოლუციის კანონი - თერმოდინამიკის მეორე საწყისია“.

წინააღმდეგობის გადაჭრა მეორე საწყისსა და ევოლუციას შორის შესაძლებელია ორივეს ხარჯზე. ამ შემთხვევაში ამბობენ, რომ ევოლუციას გართულების მხარეს ყოველთვის არაა აქვს ადგილი და როცა ის არის, მაშინ თერმოდინამიკის მეორე საწყისი არასამართლიანია. ამასთან დაკავშირებით დავა დაიწყო ცოცხალი ორგანიზმების შემთხვევაში თერმოდინამიკის მეორე კანონის გამოუყენებლობის შესახებ. მაგრამ არანაირი ექსპერიმენტული მტკიცებულება არ არსებობს ცოცხალი ორგანიზმებისათვის მეორე კანონის გამოუყენებლობის შესახებ. ასეთი მიდგომის ლოგიკურ განვითარებას მივყავართ დასკვნამდე ბუნებაში ევოლუციის ორი ფორმის თანაარსებობის შესახებ. ერთი დაკავშირებულია კლასიკური თერმოდინამიკის მეორე საწყისთან და ახასიათებს არაორგანული მატერიის ევოლუციას იზოლირებულ სისტემაში, რაც გამოიხატება მის ყველაზე ალბათურ მდგომაროებასთან შეუქცევად მიახლოებაში. ეს მდგომარეობა განისაზღვრება მაქსიმალური მოუწესრიგებლობით, ე.ი. მაქსიმალური ენტროპიით და თავისუფალი ენერგიის მინიმუმით. მეორე ფორმა დაკავშირებულია ბიოლოგიურ ევოლუციასთან.

ევოლუციის პირველი ფორმისაგან განსხვავებით, მეორე ფორმა ხასიათდება განვითრებადი ორგანიზმების სტრუქტურული ორგანიზაციის შეუქცევადი ზრდით. ამ კონცეპციის თანმიმდევრული გატარება ადასტურებს ცოცხალი მატერიის არაცოცხალისაგან წარმოშობის შეუძლებლობის აღიარებას და დასკვნას პრაქტიკულად სამყაროს წარმოშობიდან მათი პარალელური თანაარსებობის შესახებ.

მაგრამ არასწორია, რომ სტრუქტურული თვითორგანიზაცია დამახასიათებელია მხოლოდ ცოცხალი მატერიისათვის. არაცოცხალი სამყაროში დაიკვირვება გართულების ისეთივე პროცესები, როგორც დედამიწაზე მთათა წარმოქნის პროცესები, ან ვარსკვლავებისა და გალაქტიკების ფორმირება. უფრო მეტიც, თერმოდინამიკური ენტროპია და სტრუქტურული ენტროპია, რომელთა შესახებ ზოგჯერ ამბობენ ცოცხალი სისტემების აღ-

წერის დროს - ეს, შეუთავსებელი სიდიდეებია. მის მიერ შესრულებული მუშაობის წყაროს, უკვე წარსულში კვების ფიზიოლოგიის სპეციალისტებმა შეამჩნიეს, რომ ორგანიზმში ხასიათდება თბურ მანქანასთან შედარებით ძალიან მაღალი მქკ-ით.

თრმოდინამიკის შემქმნელთა მიდგომის არსებული თვისება მდგომარეობდა მასში, რომ ისინი ენტროპიაში დებდნენ უკიდურესად თბურ შინაარსს. ისინი ვარაუდობდნენ, რომ ენტროპიის ზრდა აუცილებლად ნიშნავდა სითბოს საერთო რაოდენობის ენერგიის მატებას (ალბათ აქედან წარმოიშვა ენტროპიის როგორც უწესრიგობის ზომის განმარტება). ამასთან ენტროპიის ზრდა შეუქცევად პროცესებში შეიძლება მოხდეს სხვასხვა გზებით და ენტროპიის ცნებამ გადააბიჯა შორს კლასიკური თერმოდინამიკის ფარგლებიდან. მაგალითად, ატმოსფეროში ჰაერის მასების მექანიკური მოძრაობაში (მოუწესრიგებელში) შეიძლება წარმოიშვას დინამიკური სტრუქტურები და ენტროპიის ზრდის კანონი არ კრძალავს მათი არაკომპენსირებული სახით მოლეკულების ქაოსური (თბური) მოძრაობიდან წარმოშობას. ამის მაგალითებია ტაიფუნები და სმერჩები, რომლებიც წარმოიქმნებიან მზის სხივებით დედამიწის ატმოსფეროს არაერთგვაროვანი გათბობისგან. ანალოგიური მოვლენები ხდება ოკეანეებშიც.

ამრიგად, წარმოდგენა სამყაროს „თერმული სიკვდილის“ გარდაუვალობის შესახებ ემყარებოდა ენტროპიის, როგორც უწესრიგობის ზომის განმარტებას, რომლის მიხედვით ენტროპიის ზრდა ნიშნავდა წესრიგის მოშლას. **ტომსონის** იდეა მექანიკური ენერგიის შეუქცევადი „გაუფასურების“ შესახებ, რომელიც სფუძვლად ედო მის მეორე საწყისის ფორმულირებას, ხშირად უგულვებელყოფილია მრავალი ავტორის მიერ. ზოგჯერ გვხვდება ენტროპიის განმარტება უწესრიგობა-სირთულის ზომის სახით. ტერმინი „უწესრიგობა--სირთულე“ ასეთი მიდგომის დროს გულისხმობს ორი ცვლადის ერთობლიობას. პირველი ცვლადი - „წესრიგი-უწესრიგობა“ - იცვლება სრული „წესრიგიდან“ სრულ „უწესრიგობამდე“. რაც შეეხება ცვლადს „სირთულე-სიმარტივე“, მაშინ „რთული სისტემა წარმოადგენს მოწესრიგებულს, ხოლო „მარტივი“ - მოუწესრიგებელ სისტემას.

უნდა გვახსოვდეს ერთი მნიშვნელოვანი გარემოება: კლასიკური თერმოდინამიკა არა ცხადად ემყარება იდეალური აირის მოდელს, რომელიც ახლაც ზოგჯერ გამოიყენება. უფრო მეტიც, ყველასათვის გასაგებია, რომ ნებისმიერ სისტემაში აუცილებელია სხვადასხვა ველების გათვალისწინება, რომელთაგან პირველ ყოვლისა იგულისხმება ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული ველები. მაგალითად, სამყაროს ევოლუციის განხილვისას, სპეციალისტებმა დიდი ხანია იცოდნენ, რომ სივრცეში ნივთიერების თანაბარი განაწილება არ შეიძლება იყოს სტაციონარული. ნივთიერება, ან უნდა ფართოვდებოდეს, ან იკუმშებოდეს. თანაბარი განაწილების მდგომარეობა გაფართოების არარსებობის შემთხვევაში უნდა შეიცვალოს კუმშვით და შემდეგ გარემოს ცალკეულ არეებად დაყოფით, რომელთა ზომა ჯინსის ტალღის სიგრძის რიგისაა.

ჩვენ მივდივართ, ერთი შეხედვით, მოულოდნელ შედეგამდე: „სითბური სიკვიდლის“ მდგომარეობას არაა აუცილებელი შეესაბამებოდეს ენტოროპიის მაქსიმალური მნიშვნელობა. პირიქით, ეს მდგომაროება შეიძლება იყოს საწყისი გრავიტირებადი ნივთიერების შემდგომი ევოლუციისათვის, რომელიც თერმოდინამიკის მეორე საწყისის შესაბამისად ხდება ნაკლებად ალბათურიდან (მცირე ენტროპიულიდან) მეტად ალბათური (მაღლ

ენტროპულისაკენ) მდგომარეობებისკენ. გარეგანი ველებისა და ფლუქტუაციების არსებობის გამო უფრო ალბათურია სწორედ განვითარებული სტრუქტურის მქონე მატერიის მდგომარეობა (გალაქტიკებით ავსებული სამყარო და არა „პირველყოფილი“ ქაოსი), სტრუქტურულობის წარმოშობაში გრავიტაციულ ურთიერთქმედებათა როლი, არ წარმოადგენს რაიმე გამონაკლისს, მიკროსკოპულმა ურთიერთქმედებებმა შეიძლება მიგვიყვანოს იმავე შედეგებამდე. აქედან შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ სამი დებულება:

I. განვითარებული სტრუქტურის მქონე მდგომარეობა სავსებით შეიძლება აღმოჩნდეს უფრო ალბათური, ვიდრე სივრცეში თანაბრად განაწილებული ნივთიერების მდგომარეობა (ქაოსი);
II. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს გრავიტაციული, ან სხვა ურთიერთქმედებები;
III. ფართოდ გავრცელებული წარმოდგენები თანაბრად განაწილების დიდი ალბათობის შესახებ წარმოადგენს კომბინატორიკის არათანაბრად გავრცელებულ შედეგს, რომელიც დაკავშირებულია იდეალური აირის მოდელის მიღმა სამართლიან **ბოლცმანის** ფორმულასთან.

ეს სამი მტიკცებულება მნიშვნელოვნად უწყობდა ხელს ევოლუციასთან მიდგომის ჩამოყალიბებასა და განვითარებას, რომელიც მიმდინაროებდა ლოზუნგით „წესრიგი ქაოსისაგან“. იდეა, რომლის თანახმადაც წესრიგი იქმნება ქაოსისგან, ძველია, როგორც კაცობრიობა. მისი სათავე იწყება **ჰესიოდედან** (VIII-VII სს. ჩვენს ერამდე) და **დემოკრიტედან** (IV-IIIსს. ჩვენს ერამდე) და გრძელდება **ი. ნიუტონამდე**. უკანასკნელი წერდა იმის შესახებ, რომ განვითარებულ სტრუქტურას გააჩნია უფრო დიდი ალბათობა, ვიდრე ქაოსს, როცა ხსნიდა ვარსკვლავების წარმოშობას მთელ ცამრგვალზე თანაბრად განაწილებული სამყაროსეული ნივთიერებისაგან. ნიუტონის იდეა მალე აიტაცეს **ი. კანტმა** და **პ. ლაპლასმა**.

ცხოვრება ყოველთვის გვაძლევს ამ იდეის დამადასტურებელი მაგალითებს. ყველამ ვიცით, რომ ნორმალურ პირობებში ატომი არ იშლება მის შემადგენელ ელემენტარულ ნაწილაკებად. ეს მასზე მეტყველებს, რომ მოცემულ შემთხვევაში უფრო რთული სტრუქტურა - ატომი - უფრო ალბათური სტრუქტურაა, ვიდრე ელემენტარულ ნაწილაკთა ასხმა. მოლეკულები თავისთავად არ იშლებიან ატომებად და ამ შემთხვევაში უფრო რთულ სტრუქტურას გააჩნია მეტი ენტროპია. სითხე საკმაოდ დაბალი ტემპერატურის დროს თვითონ განიცდის კრისტალიზებას, ე.ი. წარმოშობს უფრო რთულ სტრუქტურას, და ა.შ. ის, რომ მრავალ რეალურ სისტემას შეუძლია თვითნებურად წარმოიქმნან მათი შემადგენელი მოუწესრიგებელი ნაწილებისაგან, ცხადი გახდა მეცნიერთათვის.

1945 წლის შემდეგ პოპულარული (უფრო ბიოლოგებისათვის) გახდა მიდგომა მეორე საწყისსა და ევოლუციას შორის წინააღმდეგობის მოხსნისა და მისი მოდიფიკაციის შესახებ, რომელიც შემუშვებული იქნა ავსტრიელი ფიზიკოსის ერვინ **შრედინგერის** მიერ [2]. მან შემოგვთავაზა რეალურ სისტემებში მოწესრიგების პროცესები ახსნილიყო ენტროპიის (უწესრიგობის) ნაკადებით სისტემიდან გარემოში.

ასეთი მიდგომის ძირითადი იდეები გამოთქმული იყო სხვა ავტორების მიერაც. შრედინგერის პოზიცია შემდგომში მდგომარეობდა: ფიზიკის კანონები - ეს სტატისტიკური კანონებია და ისინი დაკავშირებლია მატერიის ბუნებრივ ტენდენციასთან, რათა გადადიოდეს უწესრიგობისაკენ. ამასთან სიცოცხლე მატერიის მოწესრიგებული და კანონზომიე-

რი ქცევაა, რომელიც ეფუძნება როგორც ტენდენციას გადავიდეს მოწესრიგებულობიდან მოუწესრიგებლობაში, ისე მოწესრიგებულობის ყოველთვის შენარჩუნებაში.

ცოცხალი მატერია გაურბის წონასწორობისკენ გადასვლას. თუ არაცოცხალ სისტემას გამოვყოფთ და მოვექცევით იზოლაციაში, ან მოვათავსებთ ერთნაირ პირობებში, მაშინ ნებისმიერი მოძრაობა ჩვეულებრივ ძალიან მალე შეწყდება და სისტემა მთლიანობაში ჩაქრება, გარდაიქმნება ინერტულ მასაში. დამყარდება თერმოდინამიკური წონასწორობა (მაქსიმალური ენტროპიით). ცოცხალი ორგანიზმი გვეჩვენება გამოუცნობი იმიტომ, რომ გაურბის წონასწორობის ინერტულ მდგომარეობაში სწრაფ გადასვლას. ამიტომ, უძველესი დროიდან საყოველთაო აზრი უშვებდა ორგანიზმში განსაკუთრებული, რაღაც ზებუნებრივი ძალის მოქმედებას.

თერმოდინამიკის მეორე საწყისი და მისი სტატისტიკური დასაბუთება აუცილებელია ევოლუციის ასახსნელად. „ცოცხალი ორგანიზმი უწყვეტად ზრდის თავის ენტროპიას (ქმნის დადებით ენტროპიას) და ამრიგად, უახლოვდება მაქსიმალური ენტროპიის საშიშ მდგომარეობას, რომელიც წარმოადგენს მოცემული ორგანიზმის სიკვდილს. მას შეუძლია ამ მდგომარეობისთვის თავის დაღწევა და ცოცხლად დარჩენა, თუ მუდმივად მიიღებს გარემოდან „უარყოფით ენტროპიას“, რომელიც წარმოადგენს რაღაც ერთობ დადებითს. **ე. შრედინგერის** ეს კალამბური ძალზე ხშირად ციტირებდა და ის გაიზიარა მრავალმა თერმოდინამიკის არა სპეციალისტმაც კი: „უარყოფითი ენტროპია - ეს არის ის, რითაც იკვებება ორგანიზმი. ანუ, ეს რომ გამოვხატოთ ნაკლებად პარადოქსულად, არსებითია მეტაბოლიზმში ის, რომ ორგანიზმი ახერხებს განთავისუფლებას ყველა იმ ენტროპიიდან, რომელიც მან უნდა გამოიმუშაოს მანამ, სანამ ცოცხალია“ [3].

შევნიშნოთ, რომ **შრედინგერის** ეს პოზიცია ასახავდა თერმოდინამიკის განვითარების დონეს 1950-იანი წლებისათვის. ენტროპია დაკავშირებულია მოწესრიგებულობის სტატისტიკურ კონცეპციასთან. ის უწერიგობის ზომაა და ჩაიწერება როგორც S=KlnW, სადაც განხილულ სხეულში ატომების ახსნას მოკლე და არასპეციალურ ტერმინებში ის თვლიდა ძალზე რთულად. გარედან სითბოს ნებისმიერი მოდინება ზრდის სითბური მოძრაობის ინტენსიურობას, ე.ი. ზრდის W-ს და ამნაირად ადიდებს ენტროპიას.

სუფთა პოპულარული მიზნებიდან გამომდინარე, მან შემოგვთავაზა „უარყოფითი ენტროპიის მოუხერხებელი გამოსახულება უფრო მეტად მისაღებად: უარყოფითი ნიშნით აღებული ენტროპია, რომელიც თავისთავად არის მოუწესრიგებლობის ზომა“. ამრიგად, საშუალება, რომლის მეშვეობითაც ორგანიზმი საკუთარ თავს ინარჩუნებს მოწესრიგებულობის საკმაოდ მაღალ დონეზე (ენტროპიის საკმარისად დაბალი დონის დროს), ეს წარმოადგენს მის გარემოდან მოწესრიგებულობის უწყვეტ ამოღებას. მოცემული ფრაზა საკვანძო გახდა **შრედინგერის** მიდგომაში.

უმაღლესი დონის ცოცხალი არსებებში ჩვენ საკმაოდ კარგად ვიცით მოწესრიგებულობის ის სახე, რომლითაც ისინი „იკვებებიან“, კერძოდ: მეტნაკლებად, რთული ორგანულ ნაერთებში მატერიის კარგად მოწესრიგებული მდგომარეობა წარმოადგენს მათ საკვებს. გამოყენების შემდეგ ცოცხალი ორგანიზმები ამ ნივთიერებებს ასრულებენ დეგრადირებული ფორმით, თუმცა არც მთლიანად დეგრადირებულად, რამდენადაც მათი გამოყე-

ნება კიდევ შეუძლია მეცნიერებს. მათთვის „უარყოფითი ენტროპიის“ წყაროს, რა თქმა უნდა, წარმოადგენს მზის სინათლე.

ორგანიზმის გასაოცარი უნარი, თავის თავში კონცენტრაცია უყოს „წესრიგის ნაკადს“, რითაც თავიდან იცილებს ატომური ქაოსისკენ სწრაფვას - უნარი შესაფერისი გარემოდან „შეისრუტოს მოწესრიგებულობა, **შრედინგერის** თანახმად, დაკავშირებულია „აპერიოდული“ მყარი სხეულების ქრომოსომული მოლეკულების არსებობასთან. არსებობს ორი სხვადასხვა „მექანიზმი“, რომლითაც შეუძლიათ მოწესრიგებული მოვლენების წარმოება: სტატისტიკური მექანიზმი, რომელიც ქმნის „წესრიგს უწესრიგობისაგან“ და მეორე მექანიზმი „წესრიგიდან - წესრიგის“ შექმნა.

რაც შეეხება თერმოდინამიკას, მან მოგვცა პრინციპი „წესრიგი - უწესრიგობისგან“, რომელსაც ფაქტიურად მიყვება ბუნება და რომელიც ახსნას აძლევს ბუნებრივი მოვლენების უზარმაზარ რაოდნეობას, პირველ რიგში კი მათ შეუქცევადობას. შეიძლება ითქვას, რომ **შრედინგერის** კონცეპციის საფუძველს შეადგენს ორი იდეა:

1. ცოცხალი სისტემა განსხვავდება არაცოცხალისაგან იმით, რომ არის არსებითად არაწონასწორული;
2. ცოცხალი სისტემა გარემოს ხარჯზე ინარჩუნებს აუცილებელ წონასწორულობას, ე.ი. ე.წ. „ნეგენტროპიას“.

თუ, **შრედინგერის** მიხედვით, ცოცხალი სისტემა წესრიგს ხაპავს გარემოში, მაშინ არაცოცხალი სისტემები ასეთ უნარს არ ფლობენ თითქოს. ამ დელიკატურ მომენტს **შრედინგერი** გვერდს უვლიდა შემდეგნაირად. ის ამბობდა, რომ თუ ცოცხალ სისტემებში განმსაზღვრელია „წესრიგი წესრიგისაგან“, თანაც წესრიგი თითქოს ისრუტება გარემოს წესრიგისაგან, მაშინ არაცოცხალი წესრიგის წარმოშობაში „ვალშია“ პრინციპის „წესრიგი უწესრიგობისაგან“ წინაშე, რომელსაც „სინამდვილეში მიყვება ბუნება და იძლევა ბუნების მოვლენათა უზარმაზარი რაოდენობის ახსნას და უპირველეს ყოვლისა მათი შეუქცევადობების განმარტებასაც იძლევა [2].

შრედგინერის თეორია მოდერნიზებული იყო ბუნებრივი გადარჩევის თეორიის ჩართვის შედეგად. ამას ხელს უწყობდა ევოლუციის სინთეზური თეორიის (ესთ) განვითრება, რომელიც მოწოდებული იყო დარვინიზმის გენეტიკასთან გასაერთიანებლად. ბუნებრივ გადარჩევა ასეთ სამუშოებში გვევლინება, როგორც ბიოლოგიური ევოლუციის ძირითადი მექანიზმი. არსებობისათვის ბრძოლის შედეგად უნდა გადარჩნენ გარემო პირობებისადმი ყველაზე უფროს შეგუებული ორგანიზმები. ბუნებრივი გადარჩევის ცნება მთელი მისი სირთულით წარმოადგენს ერთ-ერთ იმ ცნობათგანს, რომლებზეც დასაწყისიდანვე იდეურად ყალიბდება თვითორგანიზაციის თეორია, რომელიც აერთიანებდა მოძღვრებას სიცოცხლის წარმოშობის შესახებ ბიოლოგიური ევოლუციისა და საერთოდ ევოლუციის თეორიასთან. ამ სამუშოთა შორის უნდა აღინიშნოს ე.წ. „ენტროპიულ ტუმბოს“ შესახებ წარმოდგენებთან დაკავშირებული კვლევები. ამ მიდგომის თანახმად, გადარჩევის მსვლელობისას გადარჩება ენტროპიის დაბალი შემცველობის ორგანიზმები. ამჟამად ეს თეორია არ არის დომინირებადი, რამდენადაც ევოლუციაში ბუნებრივი გადარჩევის როლი, არ არის ბოლომდე ნათელი.

შრედინგერის კონცეპციის განხილვის კუთხით ჩვენ ძირითდად გვაინტერსებს კერ-

ძო საკითხი: განსაზღვრავს თუ არა ბუნებრივი გადარჩევა ევოლუციის მიმართულებას გართულების მხარეს (დიდი წესრიგის)? ცნობილია, რომ გართულების მხარეს საერთო პროგრესულ ევოლუციასთან ერთად, რომელსაც არომირფოზი ეწოდება, ცოცხალ სამყაროში დაიკვირვებიან როგორც მისი უფრო კერძო ფორმები: **იდიოადაპტაცია** (სირთულის დონის სტაბილიზირება) და **დეგენერაცია** (სირთულის შემცირება). ბუნებრივი გადარჩევა როგორც ევოლუციის ფაქტორი ატარებს სრულ, ან ნაწილობრი პასუხისმგებლობს ყველა ამ განსხვავებული ევოლუციური ფორმირებისათვის. აქედან გამომდინარე, თავისთავად ბუნებრივი გადარჩევა ევოლუციის მიმართულებისათვის არ არის პასუიხისმგებელი და ბუნებრივი გადარჩევის თეორიის მიერთება **ე. შრედინგერის** კონცეპციაზე არ უზრუნველყოფს იმის დადგენას, თუ რით მოიცემა ევოლუციის მიმართულება [3].

შრედინგერის კონცეპციის სხვა მოდიფიკაციაა - დიქოტომია, რომლის თანახმად „სისტემა - გარემო“ აჩქარებს ენტროპიის ზრდას. წინააღმდეგობა ბიოლოგიური ევოლუციის მსვლელობისას სირთულის ზრდასა და იზოლირებული ფიზიკური სისტემის ევოლუციის დროს ენტროპიის ზრდას შორის იხსნება, რამდენადაც ბიოლოგიაში ჩვენ საქმე გვაქვს წონასწორობისაგანა შორს მდგომ ღია სისტემებთან. ცოცხალი სისტემები მათთვის დამახასიათებელი დიქოტომიის „სისტემა - გარემო“ გამო, აჩქარებს ენტროპიის ჯამურ ზრდას.

მტკიცებულების სახით ზოგჯერ განიხილება კვებითი ჯაჭვი, რომელიც შედგება ბალახების, კალიების, ბაყაყების, კალმახებისა და ადამიანებისაგან. 300 კალმახი კვებისათვის ყოველწლიურად ჭამს 30 ბაყაყს; ბაყაყებს ესაჭიროება 27 მილიონი კალია; კალიები სანსლავენ ~ 1000 ტ ბალახს; თვით ადამიანი კი წლიურად მიირთმევს ~ 300 კალმახს.

ზემოგანხილულ წრფივ თერმოდინამიკაში ჩვენთვის ყველაზე არსებითი და არატრივიალურია შემდეგი ორი დებულება:

- სტაციონარულ არაწონასწორულ მდგომარეობაში ღია სისტემის არსებობის შესაძლებლობა, რომელშიც ენტროპიის პროდუქცია კომპენსირდება მისი ამ სისტემიდან გადინებით;
- დინამიკურ პროცესთა შეუღლება, რომლის გამოც ღია სისტემაში პროცესი შეუძლებელია შეუღლების გარეშე, რამდენადაც თავისთავად ის დაკავშირებულია ენტროპიის შემცირებასთან, ხორციელდება სხვა ენტროპიულად სასარგებლო პროცესების თავისუფალი ენერგიის ხარჯზე. სიცოცხლე არსებობს იმის გამო, რომ არსებობს ენტროპია, რომელთა ექსპორტი ინარჩუნებს ყველა დონის ბიოლოგიურ პროცესს - მთლიანობაში უჯრედიდან ბიოსფერომდე [4].

სხვა თერმოდინამიკური მიდგომები ევოლუციის ანალიზისა და ეკოლოგური პრობლემატიკისადმი მოითხოვს თუნდაც შეუქცევადი პროცესების თერმოდინამიკის მოკლე განხილვას, რომელიც ცალკე განხილვისა და გამოკვლევის საგანს შეადგენს [5].

ლიტერატურა:

1. Эволюция Вселенной. URL: https://metodist.site/wp-content/uploads/2019/04/vselennaya.pdf
2. Schrodinger E. What is life? Cambridge U. P., NY, 1945.
3. ადეიშვილი თ. სულისა და სხეულის ურთიერთობის ფიზიკური საფუძვლები, ქუთაისი, 2022.
4. Князева Е. И. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. Москва, 1994.
5. Odum E. Fundamentals of Ecology. E. Odum, G. Barnet – 5th ed. – Thomson, 2005.
6. სატრანსპორტო კოსმოსური სისტემების გაშვების გავლენა დედამიწის ატმოსფეროზე
7. T Adeishvili, N Berdzenishvili, G Dadunashvili, K Kikalishvili, International Scientific Conference “Modern Problems of Ecology” 9, 29-40
8. ზოგიერთი ახალი შეხედულება სამყაროს წარმოშობის შესახებ. ანთროპული პრინციპი და მისი წარმოშობა, T Adeishvili, N Berdzenishvili, M Jikia, N Julakidze, International Scientific Conference “Modern Problems of Ecology” 7

The contradiction between classical thermodynamics and evolution

Teimuraz Adeishvili, Tornike Adeishvili, David Adeishvili

SUMMARY

The paper examines potential conflicts between classical thermodynamics and evolution.
It is shown, that as the entropy of a system increases, disorder in the system increases accordingly. This process continues until thermodynamic equilibrium is reached.