

UDC 502.7

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-1-23-38>

ენტროპია და ეკოლოგია

- ნაირა გალახვარიძე** ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: nairagalakhvaridze@gmail.com
- ანა გეგეანიძე** ბიზნესის ადმინისტრირების დეპარტამენტი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, საქართველო, 0160, თბილისი, მ. კოსტავას 77
E-mail: gegeana@gmail.com

რეცენზენტები:

- ზ. ნასარაია**, სტუ-ის ბიზნესტექნოლოგიების ფაკულტეტის ასოცირებული პროფესორი, საჯარო მმართველობის დოქტორი
E-mail: nasaraiazurab@gmail.com
- ე. ზალიაშვილი**, საქართველოს დავით აღმაშენებლის სახელობის უნივერსიტეტის, ბიზნესისა და სოციალურ მეცნიერებათა ფაკულტეტის პროფესორი, ეკონომიკის დოქტორი
E-mail: elza_b2008@yahoo.com

ანოტაცია. „ენტროპიის“ გაგება ნაყოფიერი აღმოჩენაა ბიოსისტემების, აგრეთვე ინფორმაციის გადაცემისა და დამუშავების პროცესების კვლევისათვის. მთლიანად ევოლუცია და ყოველი ორგანიზმის განვითარება ენტროპიის გავლენით ხდება, ბიოსისტემები კი ენერგიით გარემოცული სამყაროდან იკვებება.

ბუნებაზე ზემოქმედებით ადამიანი ადიდებს ან ამცირებს სამყაროს წესრიგს, ხოლო სისტემაში წესრიგის ცვალებადობის მახასიათებელია ენტროპია, რომელიც უწყვეტი ცვალებადობის (ქაოსის) რაოდენობრივი საზომია. ამასთან, ენტროპიის ზრდას შეესაბამება

სისტემაში ქაოსის, უწყვეტი ცვალებადობის (დეზორგანიზაციის) მატება, ხოლო შემცირება – სისტემის მოწესრიგება (ორგანიზებულობა). ამგვარად, გარემოში წესრიგის ცვლილებით, კაცობრიობა ენტროპიის ცვლის, რომელიც სრულად ექვემდებარება განსაზღვრულ კანონზომიერებებს.

ენტროპია, ბუნებასა და ეკონომიკაში, აბსტრაქტული გამოხატულება გახდა იმ მრავალრიცხოვანი პროცესების ანომალიისა, რომელიც მუდმივად იზრდება და გვაქვს სხვადასხვა მეცნიერული გამოკვლევები.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია განხორციელდეს პროცესების დეკომპოზიცია,

გამოიყოს მისი შემადგენელი ელემენტები, განისაზღვროს ელემენტთა ურთიერთქმედება და მხოლოდ შემდეგ განისაზღვროს მათი წვლილი სისტემის საერთო ენტროპიაში.

საკვანძო სიტყვები: განუსაზღვრელობა; ეკოლოგიური შეგნება-ცნობიერება; ენტროპია; თვითორგანიზება; ინფორმაცია; სინერგეტიკა; ღია სისტემა; ჰიპოთეზა.

შესავალი

ენტროპია ფართოდ გამოიყენება მეცნიერების სხვადასხვა სფეროში: ფიზიკაში, როგორც ალბათობის საზომი, რაღაც მაკროსკოპიული მდგომარეობის განხორციელებაში; ინფორმაციის თეორიაში განუსაზღვრელობის საზომი, რომელსაც შესაძლოა ჰქონდეს სხვადასხვა დაბოლოება. ეს გააზრებები, განმარტებები ხასიათდება ღრმა შინაგანი კავშირით. ბუნებასა და ეკონომიკაში ენტროპია, აბსტრაქტული გამოხატულება გახდა იმ მრავალრიცხოვანი პროცესების ანომალიისა, რომელიც იქ ხდება, ამიტომ მუდმივად იზრდება მისი მომხრეთა რიცხვი და მეცნიერული გამოკვლევების რაოდენობა. კაცობრიობას მომავალში ესახება ორი ალტერნატივა:

- ის გააგრძელებს ცხოვრებას ძველებურად;
- ან გადავა სრულიად ახალი ტიპის ცივილიზაციაში.

პირველ შემთხვევაში კაცობრიობას, როგორც რესურსების მომხმარებელს, ელოდება ეკოლოგიური კრიზისი, რამდენადაც რესურსები ყველასთვის საკმარისი არ არის. შეძლებულმა საზოგადოებამ,

განვითარებულმა ქვეყნებმა შესაძლოა მიმართოს ტოტალიტარულ მმართველობას, რომელიც საბოლოოდ მიგვიყვანს საზოგადოების დეგრადაციასა და ცივილიზაციის გაქრობასთან.

მეორე გზა ეფუძნება ჰიპოთეზას იმაზე, რომ კაცობრიობას შეუძლია დაეყრდნოს თავის კოლექტიურ გონებას და იპოვოს მომავლის საზოგადოების შექმნის გზები, რომელიც ბიოსფეროსთან ერთად განაპირობებს ჰარმონიულ ერთობლივ განვითარებას. ასეთი საზოგადოება ხარისხობრივად იქნება განსხვავებული თანამედროვეობისაგან. ის ადამიანებისაგან ცოდნისა და ინტელექტურობის მაღალ დონეს მოითხოვს.

ძირითადი ნაწილი

ენტროპია ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს გარდატეხას, გარდაქმნას, ის სისტემის მოუწესრიგებლობის საზომია. პირველად ენტროპიის გაგება შემოტანილი იყო XIX საუკუნეში თბური მანქანების მუშაობის ანალიზის შედეგად, სადაც ენტროპია ახასიათებს ენერგიის იმ ნაწილს, რომელიც მიმოიფრქვევა სივრცეში, სასარგებლო სამუშაოს დასრულებამდე (აქედან მომდინარეობს განსაზღვრება: ენტროპია - ენერგიის გაუფასურების საზომი). შემდგომში დადგინდა, რომ ენტროპია ახასიათებს ნებისმიერი ფიზიკური სისტემის, განსაზღვრული მდგომარეობის ალბათობას, მისი მრავალი შესაძლო მდგომარეობიდან. დახურულ ფიზიკურ სისტემებში ყველა თვითნებური პროცესი მიმართულია შედარებით მოსალოდნელი მდგომარეობის მიღწევისაკენ, ე.ი. მაქსიმალური ენტროპიისაკენ. წონასწორულ მდგომარეობაში, როცა ეს მაქსიმუმი

მიიღწევა, შეუძლებელია რაიმე მიმართულების პროცესი. XX საუკუნეში „ენტროპიის“ გაგება ნაყოფიერი აღმოჩნდა ბიოსისტემების, ასევე ინფორმაციის გადაცემისა და დამუშავების პროცესების გამოკვლევისათვის. მთლიანად ევოლუცია და ყოველი ორგანიზმის განვითარება იმის წყალობით მიმდინარეობს, რომ ბიოსისტემები იკვებება ენერგიით გარემომცველი სამყაროდან. ამასთან, ბიოპროცესები იმგვარად მიმდინარეობს, რომ მასთან დაკავშირებული „ენტროპიის წარმოება“ მინიმალურია. ეს თანამედროვე ტექნოლოგიური პროცესების დამუშავებისას, ტექნიკური სისტემების დაპროექტებისას მნიშვნელოვანი სახელმძღვანელო პრინციპია. ფორმალურად ინფორმაციის რაოდენობრივი სიდიდე ემთხვევა „უარყოფითად განსაზღვრულ“ ენტროპიას. მაგრამ თანამედროვე მეცნიერებაში ენტროპიის ფიზიკური და ინფორმაციული გაგება ერთ-ერთ არასაკმარისად შესწავლილ პრობლემად რჩება. მისი გადაწყვეტა ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორის, ახალი სამეცნიერო-ტექნოლოგიური აზროვნების ჩამოყალიბებას დაეხმარება.

ენტროპია ფართოდ გამოიყენება მეცნიერების სხვა სფეროებშიც: ფიზიკაში, როგორც ალბათობის საზომი, რაღაც მაკროსკოპიული მდგომარეობის განხორციელებაში; ინფორმაციის თეორიაში, როგორც განუსაზღვრელობის საზომი, რომელსაც შესაძლოა ჰქონდეს სხვადასხვა დაბოლოება. ეს გააზრებები, განმარტებები ღრმა შინაგანი კავშირით ხასიათდება.

ინფორმაციის თეორია წარმოიქმნა ადამიანის საქმიანობის პროცესში, შეტყობინების გადაცემისა და მიღების აღწერისათვის. ყველა ამოცანაში წარმოდგენილია გადამცემისა და მიმღების, შეტყო-

ბინების სიგნალის, მოვლენისა და მისი ალბათობის გაგება. ინფორმაციის თეორიაში ინფორმაციის გადაცემის მიზნის არსებობა იმით გამოიხატება, რომ შემოაქვთ ცნობილი მოცემული მოვლენის გაგება. მისთვის შესაძლოა განისაზღვროს ალბათობა შეტყობინების P_0 მიღების დადგომამდე და P_1 მიღების შემდეგ.

განუსაზღვრელობის არსებობა დაკავშირებულია ალბათობის მონაწილეობასთან მოვლენათა განხორციელებაში. განუსაზღვრელობის მოცილება არის იმის ალბათობის დადგომა, რაც მოცემულია როგორც მიზანი, ამიტომ ალბათობები უნდა მონაწილეობდეს ჩამოცილებული განუსაზღვრელობის სიდიდეების მათემატიკურ ფორმულირებებში.

ამის საფუძველზე, ინფორმაციის განსაზღვრის რეალიზაციის პირველი წარმატებული მცდელობა 1928 წელს ლ. ხარტლიმ განახორციელა. ვთქვათ, შესაძლებელია მოცემულ პირობებში ზოგიერთი შედეგის n ვარიანტები, ე.ი. $\log n$ -ის განუსაზღვრელობის რაოდენობრივი საზომია. განუსაზღვრელობის აცილება იმით გამოიხატება, რომ გადაცემული შეტყობინების ალბათობა, სიგნალის მიღების შემდეგ, მიმღებისათვის იზრდება და P_1 ხდება.

მიღებული ინფორმაციის რაოდენობრივი ზომა S (განუსაზღვრელობის მოცილება) გამოიხატება ალბათობის დამოკიდებულობის ლოგარითმით:

$$S = \log P_1/P_0.$$

სისტემათა თეორიაში სისტემა ყოველთვის ზემოქმედებს თავის ელემენტებზე, ქცევების განსაზღვრისას, ამიტომ თუ ელემენტის თვისებები შეცვლილია სისტემის თვისებების გაუთვალისწინებლად, ეს უკანასკნელი მაინც თავისებურად იმოქმედებს და ამით დაარღვევს ნებისმიერ ყველაზე

თამამ ექსპერიმენტის გეგმებს. მთლიანი, ერთიანი ან სისტემური მიდგომა სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება პრაქტიკაში, რთული სისტემების ქცევების ანალიზისას. ამგვარად, სისტემური თეორიები ობიექტს განიხილავს, როგორც ერთიან მთლიან სისტემას. ამასთანავე, მთლიანობა, როგორც სისტემა, ხასიათდება სამმაგი ურთიერთდამოკიდებულებით, კერძოდ ყოველი მისი მნიშვნელოვანი ნაწილის ურთიერთდამოკიდებულება; შემდეგ მთელი სისტემიდან მისი ყოველი ნაწილის დამოკიდებულება და მთელი სისტემის დამოკიდებულება მის ნაწილებთან. ამ კუთხიდან გამომდინარე, სისტემის სტრუქტურაში გამოიყოფა მისი მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილები. სისტემაში ენტროპიული მიდგომა, წესრიგის გაზრდასა და შემცირებაზე, საშუალებას იძლევა ჩამოყალიბებული იყოს ენტროპიული წონასწორობისა და ენტროპიული რყევების, კრიზისების წარმოქმნისა და კონფლიქტების კანონზომიერებები.

ბუნებაზე ზემოქმედებით, ადამიანი ადიდებს ან ამცირებს მასში წესრიგს. სისტემაში წესრიგის ცვლილების მახასიათებელი ენტროპიაა, რომელიც უწესრიგობის (ქაოსის) რაოდენობრივი საზომია. ამასთანავე, ენტროპიის გაზრდას შეესაბამება სისტემაში ქაოსის, უწესრიგობის (დეზორგანიზება) გაზრდა, ხოლო შემცირება – სისტემის მოწესრიგებას (ორგანიზებულობა). ამგვარად, გარემოში წესრიგის ცვლილებით კაცობრიობა ენტროპიას ცვლის, ამასთან ამის გაკეთება თვითნებურად მას არ შეუძლია, რამდენადაც ენტროპია სრულად ექვემდებარება განსაზღვრულ კანონზომიერებებს.

ენტროპიული წონასწორობის ძალიან მნიშვნელოვანი კანონზომიერების არსის მოკლე განმარტებისათვის განვიხილოთ ღია და დახურული სისტემების ენტროპია. ღია სისტემები, რომლებიც ხასიათდება რთული სტრუქტურით (ბიოლოგიური, საზოგადოებრივი, ბუნებრივი) გარე გარემოსთან, გაცივდება ენერგიებითა და ნივთიერებებით ან ინფორმაციებით, რომლითაც შეუძლია შეცვალოს თავისი სტრუქტურა და, შესაბამისად, შეამციროს სისტემის ენტროპია (განუსაზღვრელობის ზომა, არაორგანიზებულობა).

უნდა აღინიშნოს, რომ ღია სისტემებში ენტროპიის შემცირება (ორგანიზებულობის, განსაზღვრულობის, წესრიგის ზრდა) იფარება გარემომცველ გარემოში ენტროპიის ზრდით.

ღია სისტემის ნებისმიერი მდგომარეობის ცვალებადობა, მისი ენტროპიის ცვლილებისას, შესაძლოა განლაგდეს ორ შემადგენელზე: სადაც ერთი არის სისტემის ენტროპიის ცვალებადობა, მოცემული სისტემის გაცვლისას გარემოს ენერგიასთან, ნივთიერებებთან, ინფორმაციასთან, ხოლო მეორე – ენტროპიის ცვალებადობა პროცესების შედეგად, რომლებიც მიმდინარეობს თავად სისტემის შიგნით, გარემოს ზემოქმედების გარეშე.

ენტროპიას დახურულ სისტემებში, ღია სისტემისაგან განსხვავებით, არ შეუძლია შემცირდეს, არამედ შეუძლია გაიზარდოს, ამიტომ დახურულ სისტემებში ცვლილებების შეუქცევობა არის თანდათანობითი დაშლა, რღვევა ამ სისტემების პირველსაწყისი სტრუქტურების, მათში განუსაზღვრელობისა და ქაოსის ზრდისას, რომელიც ენტროპიის გაზრდის ხარჯზეა გამოწვეული.

როგორც ცნობილია, ბუნებაში არსებობს მოვლენათა შექცევადობის საერთო სისტემური კანონზომიერება, რომელიც გამოიხატება სამი ველისა და სამი ნაკადის თეორიით. თუ I და II მოვლენის კომბინაციით III მოვლენა ($I+II \rightarrow III$) მიიღება, მაშინ შესაძლებელია შემოვაბრუნოთ ვარიანტები: როცა I და III მოვლენის კომბინაციით II მოვლენას ($I+III \rightarrow II$) მივიღებთ და II, III მოვლენის კომბინაციით – $I(II+III \rightarrow I)$.

ამგვარად, სამი ველისა და სამი ნაკადის თეორია, მაგალითად, ელექტროდინამიკაში საშუალებას იძლევა ორი უკვე ცნობილი კანონიდან, მივიღოთ მესამე ცნობილი ანდა სრულიად უცნობი კანონი. მოვლენათა შექცევადობის კანონზომიერება ელექტროდინამიკაში საშუალებას იძლევა შედარებით მარტივი საშუალებით დადგინდეს ადრე უცნობი კანონები და ფორმირებული იყოს ახალი კონსტრუქციული მანქანების, მექანიზმებისა და სისტემის ელემენტების შექმნის გზები, რომლებიც აუცილებელია მეცნიერებისა და ტექნიკის სხვადასხვა დარგისათვის.

ბუნებაში ასევე არსებობს ბუნებრივი მოვლენების ისეთი კანონზომიერება, როცა ერთი მოვლენა იწვევს მეორეს ($I \rightarrow II$) და პირიქით, მეორე მოვლენა – პირველს ($II \rightarrow I$). (Prangishvili, 2003).

შემეცნების მიზანი მდგომარეობს გარემომცველი სამყაროს სწორ აღქმასა და გააზრებაში, აბსოლუტური ჭეშმარიტების მოპოვებაში, რომელიც ცოდნის გაღრმავებით დაზუსტდება, ე.ი. ცოდნის გაღრმავებითა და ახალი ცოდნის მოპოვებით ხორციელდება მუდმივი ჭეშმარიტების დაზუსტება. სისტემური მეთოდები საშუალებას გვაძლევს შევიც-

ნოთ მატერიის საერთო კანონები და კანონზომიერებები, სულიერი საქმიანობით – მათი მოძრაობა.

გარე სამყაროს შეცნობა ეფუძნება მინიმუმ: ა. სინერგეტიკას; ბ. ინტელექტს; გ. პროფესიონალიზმს.

შეცნობის წყარო გარემომცველი გარემოა, აგრეთვე ადამიანისა და საზოგადოების სულიერი შიგა სამყარო. სინერგეტიკის კანონებით, ინფორმაციის დაგროვების (ნეგენტროპია) შედეგად, რომელიც ამაღლებს ცოცხალი და არაცოცხალი ობიექტების ორგანიზაციის დონეს, მიმდინარეობს მატერიის თვითორგანიზაცია.

თვითორგანიზაცია და განვითარება განაპირობებს ენტროპიის შემცირებასა და ნეგენტროპიის მომატებას.

ეკოლოგიური სისტემები იზოლირებული არ არის, მიეკუთვნება ღია სისტემებს, ამიტომაც თვითნებურად არ ემორჩილება ენტროპიის მომატების კანონებს. ფუნქციონირებს სხვა კანონებით, გამომრიცხავი სისტემის, როგორც მთელის, აუცილებელი დეგრადაციისა და დაშლის. მიუხედავად იმისა, რომ ეკოსისტემისათვის დამახასიათებელია შესაძლო არამდგრადობა, ის არ შეიძლება მივაკუთვნოთ იზოლირებულ სისტემებს.

მრავალი ქვეყნის მეცნიერთა ძალისხმევით, ბოლო ათწლეულებში განვითარდა ახალი მეცნიერება – ღია, ძლიერ არაწონასწორი სისტემების თერმოდინამიკა, რომელსაც დიდი მეთოდოლოგიური მნიშვნელობა აქვს ეკოლოგიისათვის. ამ ახალ მეცნიერებას ფიზიკოსები, კიბერნეტიკოსები, ბიოლოგები, სოციოლოგები უწოდებენ სისტემურ და არახაზობრივ დინამიკას, ქიმიკოსები – დისიპატიური სტრუქტურების თერმოდინამიკას, მათემატიკოსები – ბიფურკაციის, კატასტროფების თეორიას.

აქტიური გარემოს ყოველ ელემენტს შეუძლია გარე წყაროდან თვითორგანიზება ენერგიის ნაკადების ხარჯზე, ენერგიის ნაკადების თბური წონასწორობის მდგომარეობიდან გამოსვლა იძენს ან აგზნების (გამოღვიძების) უნარს (და ამ აგზნების გადაცემას მეზობელ ელემენტებზე), ან განახორციელოს ავტოცვალებადობა, ან იყოს ბისტაბილური, ე.ი. ფლობდეს ორმაგ სტაციონარულ მდგომარეობას, რომელთა შორისაც შეუძლია იყოს განუსაზღვრელად დიდხანს. ყველა გამოთქმულ აზრს უშუალო ურთიერთობა აქვს ეკოსისტემებთან, რადგანაც მათი არსებითი ნაწილი ცოცხალი ბუნებაა, შემდგარი ელემენტებისაგან, რომლებიც თბური წონასწორობის მდგომარეობიდან მოშორებითაა. ენერგიის ნაკადები, ცოცხალ სისტემებში გავლით, მათ აქტიურებს, ე.ი. უნარიანებს ხდის, თვითორგანიზებისადმი – ავტონომიურებს სტრუქტურის წარმოქმნაზე.

ამგვარად, ცოცხალი, ე.ი. ღია სისტემების ქცევა, განსხვავებით არაცოცხალისაგან, არ თავსდება ენტროპიის აუცილებელი ზრდის კანონის ჩარჩოებში, იზოლირებული სისტემების მოუწესრიგებლობის ზრდით.

საპირისპიროდ, ბიოლოგიური სისტემები ავლენს მოწესრიგებული რთული სტრუქტურების სპონტანური წარმოქმნისა და განვითარების უნარს. ცოცხალ ორგანიზმებს არ შეუძლია იზოლაციის პირობებში არსებობა, სწორედ ეს განასხვავებს მათ არაორგანული სისტემებისგან.

ღია სისტემების სირთულის წყალობით მათში შესაძლოა წარმოიქმნას სხვადასხვა სახეობის სტრუქტურა. სისტემის სტრუქტურების წარმოქმნისას მნიშვნელოვან როლს დისიპაცია ასრულებს. ღია

სისტემებში არსებობს კოლექტიური მოვლენები. დისიპატიური სტრუქტურების წარმოქმნისას, რათა ხაზი გაესვას კოოპერაციას ან კოლექტივს, გ. ხაკენმა ჩამოაყალიბა ტერმინი „სინერგეტიკა“ და ბევრი გააკეთა ამ სამეცნიერო მიმართულების განვითარებისათვის.

ცნობილია, რომ ევოლუციამ ბუნებასა და საზოგადოებაში შესაძლოა მიგვიყვანოს როგორც ღია სისტემების თვითორგანიზებასთან, რომლის მიმდინარეობისას წარმოიქმნება უფრო რთული, მდგრადი და უფრო სრულყოფილი დისიპატიური სტრუქტურები, ისე სისტემის დეგრადაციასთან. ამიტომ, ღია სისტემების თვითორგანიზაცია ევოლუციის ერთ-ერთი შესაძლო გზაა.

სინერგეტიკამ გვაჩვენა, რომ არაორგანულ ბუნებას, როგორც ცოცხალს, შეუძლია თვითნებურად გადავიდეს ნაკლები ენტროპიის მდგომარეობაში. თუ ფიზიკურ-ქიმიური სისტემა ღიაა და არაწონასწორობის, მაშინ შესაძლებელია თვითნებურად გადასვლა „ქაოსიდან წესრიგში“.

ამგვარად, ეკოსისტემები:

- ღიაა, მათი ელემენტები არაწონასწორობის, ლეზულობის ენერგიასა და ნივთიერებებს, რომლებიც განაპირობებს, უზრუნველყოფს აქტივობასა და კოოპერირების ქცევის უნარს, თვითრეგულირებისა და თვითორგანიზების სტრუქტურების წარმოქმნას;
- რთულია და შეიცავს მრავალ, ერთმანეთთან დაკავშირებულ და ურთიერთმოქმედ ქვესისტემებს; ამ ქვესისტემების ფუნქციონირების მიზნები დაქვემდებარებულია მთელი სისტემის ფუნქციონირების მიზნებთან;

- ურთიერთმოქმედებს გარემოსთან, ფუნქციონირებს შემთხვევითი ფაქტორების ზემოქმედების პირობებში;
- ევოლუციონირდება ანტროპოგენური ზემოქმედების მზარდ პირობებში, რომელიც სულ უფრო პირობითს ხდის ევოლუციური და ეკოლოგიური პროცესების დაყოფას.

ადამიანის პრობლემების შესწავლის სისტემური მიდგომა მოითხოვს ბუნებისა და ადამიანის მეცნიერებების შერწყმას. მეცნიერულ-ტექნოლოგიური პროგრესის დაჩქარების პროცესში არ შეიძლება იმ ზღვარს გადავცდეთ, რომლის იქითაც, ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედების შედეგად, იწყება შეუქცევი ნგრევა, საზოგადოებისა და ცივილიზაციის არსებობის პირობისა. არსებობს ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედების რაღაც ზღვარი. დღეს კაცობრიობა ძალიან მიუახლოვდა ამ ზღვარს, ხოლო თავისი საქმიანობის ზოგიერთ სახეობაში გადასცილდა კიდეც, რომელიც თავად ბუნებამ დაადგინა. ეს სიტუაცია რთულდება იმითაც, რომ ადამიანის საქმიანობა ესოდენ მასშტაბური გახდა, ხოლო ბიოსფეროში ამ საქმიანობის ზემოქმედებით მიმდინარე ცვლილებები – აურაცხელი და გამალეული. ბუნება უუნარო, უძლური აღმოჩნდა ადამიანთა საქმიანობის ნეგატიური შედეგების განეიტრალებისა და კომპენსირების მიმართ. ასეთმა სიტუაციამ „ცივილიზაციის კრიზისის“ სახელწოდება მიიღო, რომელიც მოიცავს სხვადასხვა ბუნებრივი და ტექნიკური კრიზისების მთელ კომპლექსს. ცივილიზაციის კრიზისი ადამიანის უუნარობის პირდაპირი შედეგია, იპოვოს ეფექტიანად გადაჭრის გზები მის მიერ წამოჭრილ პრობლემებზე. კაცობრიობის გადარჩენისათვის აუცილებელია ცივილიზაციის

კრიზისის გადალახვა, ამ პრობლემების გადაჭრის გზების აღმოჩენა კი – კაცობრიობის ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანა.

ადამიანური საქმიანობის შედეგად დედამიწაზე წარმოიქმნა მძლავრი ტექნოსფერო, ადამიანის მიერ ხელოვნურად შექმნილი, რომელსაც მივყავართ კატასტროფების ზრდისაკენ. ამასვე ემატება მსოფლიოზე ჩამოწოლილი ეკოლოგიური რესურსული და სხვა კატასტროფების საფრთხეები: ენერგეტიკული კრიზისი, მინერალური წყაროების გამოფიტვა, კლიმატის შესაძლო ცვლილება, მოსახლეობის სიჭარბე, ბირთვული რაკეტული საფრთხე და ა.შ., არღვევს პლანეტის ენტროპიულ წონასწორობას. ამიტომაც ადამიანის ცნობიერებაში XXI საუკუნის დასაწყისი ხდება უფრო კატასტროფული, აღძრავს შიშებს შესაძლო ტექნოგენური და ბუნებრივი კატასტროფებისადმი (Ponomareva, Solomin, & Kornilova, 2009).

ბიოსფეროში, როგორც ყოველ განვითარებად სისტემაში, უამრავი უარყოფითი უკუკავშირის გვერდით, არსებობს უამრავი დადებითი უკუკავშირი. მათ გარეშეც არ შეიძლება, რამდენადაც სწორედ დადებითი უკუკავშირებია სისტემის განვითარების გასაღები, ე.ი. სისტემის გართულებისა და მისი ელემენტების მრავალსახეობის ზრდის, რაც მისი მთლიანობის შენახვა-დაცვას იწვევს (თუმცა შესაძლებელია გამოიწვიოს კვაზიწონასწორობის სხვა მდგომარეობაც).

ამგვარად, ნებისმიერი თვითგანვითარებადი რთული სისტემა ყოველთვის ფლობს რაღაც მექანიზმების ნაკრებს, რომელთაგან ზოგიერთი დადებით როლს ასრულებს, ხოლო ზოგიერთი – უარყოფით უკუკავშირებს. დადებითები პასუხობს სის-

ტემის განვითარებაზე, მისი სირთულისა და ელემენტების მრავალსახეობათა ზრდაზე, ხოლო უარყოფითები – სტაბილურობაზე და უკვე არსებული კვაზიწონასწორობის შენარჩუნებაზე.

კაცობრიობას მომავალში ესახება ორი ალტერნატივა:

- გააგრძელებს ცხოვრებას ძველებურად;
- გადავა სრულიად ახალი ტიპის ცივილიზაციაზე (Prangishvili, 2003).

პირველ შემთხვევაში კაცობრიობას, როგორც რესურსების მომხმარებელს, ელოდება ეკოლოგიური კრიზისი, რამდენადაც რესურსები ყველასთვის საკმარისი არ არის. „ოქროს მილიარდმა“ (შემდგომი საზოგადოება, განვითარებული ქვეყნები) შესაძლოა მიმართოს ტოტალიტარულ მმართველობას, რომელიც საბოლოოდ მიგვიყვანს საზოგადოების დეგრადაციასა და ცივილიზაციის გაქრობასთან.

მეორე გზა - ეფუძნება ჰიპოთეზას იმაზე, რომ კაცობრიობას შეუძლია დაეყრდნოს თავის კოლექტიურ გონებას და იპოვოს მომავლის საზოგადოების შექმნის გზები, რომელიც ბიოსფეროსთან ერთად განაპირობებს ჰარმონიულ ერთობლივ განვითარებას, ე.ი. შეძლებს ნოოსფეროს ეპოქაში გადასვლას. ასეთი საზოგადოება ხარისხობრივად თანამედროვეობისაგან განსხვავებული იქნება. მართალია ჯერ არ ვიცით როგორ იქნება მოწყობილი ეს საზოგადოება მომავალში, მაგრამ ნათელია, რომ ის ადამიანებისაგან ცოდნისა და სულიერების მაღალ დონეს მოითხოვს. საზოგადოებისათვის აუცილებელია გადავიდეს თავისი ცხოველქმედების ორგანიზაციის პრინციპებზე, ბუნებასთან ჰარმონიზაციის საფუძველზე, წინააღმდეგ შემთხვევაში წარ-

მოიქმნება დამღუპველი კატასტროფის საფრთხე. საზოგადოებრივ აზროვნებაში ცხოველქმედების რაციონალური ნორმების დანერგვა ეკოლოგიური კატასტროფების საფრთხიდან თავის დაღწევის ერთადერთი იმედია.

აუცილებელია მსოფლიო საზოგადოების გლობალური მიზნების ფორმირება, რომელიც მისაღებია მთლიანად სოციალური ცხოვრების და საჭიროა სტიმულირდეს კოლექტიური ნოოსფერული შეგნების შემუშავება და საზოგადოების ქცევა, რათა გამოვიდეთ ეკოლოგიური კატასტროფებისა და სოციალური ბიფურკაციების ზონიდან, რომელიც განაპირობებს კოლექტიურ გადარჩენას. ცივილიზაციას უნდა ეყოს საერთო-საკაცობრიო და პოლიტიკური სიბრძნე, რათა მოახდინოს აუცილებელი რესურსების კონცენტრირება, ცხოველქმედების ყველა მხარის, ნოოსფერული ორგანიზაციის პრინციპებზე გადასვლის უზრუნველსაყოფად, ვიდრე დედამიწის მოსახლეობის დიდი რაოდენობა არ დაღუპულა.

ბუნებასა და ეკონომიკაში ენტროპია გახდა სულ უფრო აბსტრაქტული გამოხატულება იმ მრავალრიცხოვანი პროცესების ანომალიისა, რომელიც იქ ხდება, ამიტომ მუდმივად იზრდება მისი მომხრეთა რიცხვი და მეცნიერული გამოკვლევების რაოდენობა. ენტროპიის განმარტება დაკავშირებულია რადიკალური ცვლილებასთან, რომელიც ასახავს ნებისმიერ არასრულად მოწესრიგებულ სისტემას მაკროსკოპიულ სიმრავლემდე, მისი ქცევის განუსაზღვრელობას. ნობელის ლაურეატმა ილია პრიგოჟინმა, რომელიც ფუძემდებელია ბუნებასა და საზოგადოებაში არაწონასწორობის შეუქცევი პროცესების თეორიისა, შეიმუშავა დისიპატიური (გა-

ფრქვევადი, სხვა მდგომარეობაში გარდამავალი) სტრუქტურების ახალი თეორია და ამით პირველმა დაამტკიცა, რომ არაწონასწორობა ბუნებასა და საზოგადოებაში ორგანიზაციისა (ან თვითორგანიზაციის) და ენტროპიის (უწესრიგობის საზომის) წყაროა. თავისი თეორიის დასაბუთებით, ი. პრიგოჟინმა დაამტკიცა არაწონასწორობის პროცესების თეორემა, რომელთა შესაბამისად დამყარებული მდგომარეობა შეესაბამება მინიმალურ ენტროპიას. გვიჩვენა, რომ გარე პირობებში, რომლებიც ეწინააღმდეგება წონასწორობის მდგომარეობას, ენტროპია იზრდება, ხოლო თუ არ არსებობს დაბრკოლება, წინააღმდეგობა – ენტროპია აღწევს აბსოლუტურ მინიმუმს (ნულს).

თვითორგანიზაციის სისტემებზე ჩატარებული კვლევის შედეგები მიუთითებს ბუნებრივი სისტემების გართულების ეფექტზე დაფუძნებული თვითორგანიზების მოვლენებზე.

ი. პრიგოჟინი გამოყოფს თვითორგანიზაციის შემდეგ ეტაპებს:

- **აქტიური გარემო.** ბრიუსელის სკოლის წარმომადგენელთა აზრით, სტრუქტურის წარმოქმნა შესაძლებელია მხოლოდ განსაკუთრებულ გარემოში, რომელსაც თვითორგანიზებაზე შესწევს უნარი, და უწოდებს აქტიურს. ამ გარემოს ელემენტები წონასწორობის მდგომარეობიდან უნდა გამოვიდნენ გარე ენერგიის ნაკადებით. აქტიური გარემოს თავისებურებაა შემადგენელი ელემენტების არაწრფივი ურთიერთქმედება. აქტიური გარემო მრავალსახოვანია ტიპების მიხედვით: ფიზიკური, ქიმიური, ბიოლოგიური, სოციალური და ა.შ.;

- **ინვერსია** (ლათ. გადაბრუნება, გადაადგილება). წონასწორობის მდგომარეობაში მოქმედება

საპირისპირო მოქმედების ტოლია, რაც სიმეტრიას განაპირობებს. ინვერსია წონასწორობის მდგომარეობის დარღვევაა, ხარისხობრივად ახალი მდგომარეობა - წესრიგი, ზოგადად მიღებული მიდგომა და რეალიზაცია;

- **წესრიგის პარამეტრები.** სისტემა, რომელიც ფლობს თავისუფლების უსაზღვრო რიცხვს, წარმოდგენილია ქაოსის მდგომარეობაში. მისგან მცირე რაოდენობის ცვალებადობა, წესრიგის პარამეტრების გამოყოფისას, ფორმირდება მაკროსკოპიული ცვლილებით, რომელიც შესაძლებელს ხდის აღწერილ იქნეს თვითორგანიზაციის პროცესი;

- **კოჰერენტული ურთიერთქმედება.** წესრიგის პარამეტრები დადგენილ მოცემულ პირობებში სხვებს უმორჩილებს თავს. სისტემაში წარმოიქმნება ელემენტთა ურთიერთმოქმედების შეთანხმების (კოჰერენტული) შიგა მექანიზმები. ამ შემთხვევაში სისტემა გარედან უმართავი ხდება. სისტემის თვითორგანიზაცია მიმდინარეობს წესრიგის პარამეტრების ზემოქმედებით;

- **კოჰერენტულობა.** ის თვითორგანიზების საფუძველია, რომელიც უზრუნველყოფს მთელისა და ნაწილის მთლიანობას, ერთობას, განსაზღვრავს კორელაციის წარმოქმნას სისტემის ელემენტებს შორის. ეს გამოიხატება მაკროდონეზე, ქაოსურად მოძრავი მიკროელემენტების შეთანხმებულ ქცევაში. სისტემა ისე მოქმედებს, თითქოს ყოველი მისი ელემენტი ინფორმირებულია მის მდგომარეობაზე. სისტემა იძენს ახალ თვისებებს, რომელიც არ არის დამახასიათებელი მასში შემავალი ობიექტებისათვის. ეხმიანება გარე ზემოქმედებას, როგორც ერთი მთლიანი. კოჰერენტულობა ნიშნავს ელემენტების შეთანხმებულ ქცევას. თავის მხრივ, ცალკეული

ელემენტების გაერთიანების შერჩევის მექანიზმია, განსაზღვრული „წესრიგის“ არსში;

- **წესრიგი, როგორც კოლექტიური მდგომარეობის კოჰერენტულობა.** საზოგადოებრივ ცხოვრებაში კოჰერენტულობა ადამიანთა ურთიერთობების სპექტრის ერთ-ერთი ძირითადი შემადგენელია. ცივილიზაციის დასაწყისში კოჰერატიული საწყისი შემოიფარგლებოდა ოჯახით, თემით. დღეს საერთო ბაზრით, საერთო ვალუტით და ა.შ.

თვითორგანიზების პროცესის ფაზები ი. პრიგოჟინის თეორიაში აღწერილია, როგორც შედეგი, პირველსაწყისი მიზეზების მითითების გარეშე, რომლებმაც აუცილებლად უნდა განაპირობოს ახალი ხარისხობრივი მდგომარეობა - წესრიგი. ამასთანავე, წესრიგი ხასიათდება ელემენტებს შორის დიდი რაოდენობის კავშირით, რომელიც განაპირობებს სისტემის დამოუკიდებელ და ანომალიურ ქცევასაც კი, დროის მოცემულ მომენტში.

სისტემის თვითორგანიზაციის ლოგიკა მოქმედების კუთხით აისახება შემდეგ ნიშან-თვისებებში:

- სისტემაში მიმდინარეობს ენერგიის კონსერვაცია და დისიპაცია;
- კონსერვატიული მდგომარეობა აყალიბებს ქაოსს, წონასწორულ შექცევად პროცესებს;
- დისიპატიური მდგომარეობა, თავის მხრივ, შეუქცევი სტრუქტურების ფაზობრივი გადასვლაა წონასწორობის მდგომარეობიდან მოშორებით, რასაც შეუძლია და უნდა გამოიწვიოს კიდევ სისტემის თვითორგანიზაცია;
- არსებობს კრიტიკული პირობები, რომელშიც წარმოიქმნება მიკროსკოპიულ ელემენტთა რთული არაწრფივი ურთიერთქმედება, დისიპატიურ მდგომარეობაში მდგრადი მაკროსკოპიული სტრუქტურების წარმოქმნელი;

მარეობაში მდგრადი მაკროსკოპიული სტრუქტურების წარმოქმნელი;

- მატერიის მოძრაობა განისაზღვრება „დისიპატიური სტრუქტურების“ არსებობით, რომლებიც განისაზღვრება, როგორც შედეგი მიზეზების მტკიცებათა გარეშე. გაურკვეველია, საიდან წარმოიქმნება უცბად?

- წესრიგის წყარო, ი. პრიგოჟინის აზრით, არის არათანასწორობა. „არათანასწორობა“ – ის, რაც ქაოსიდან ბადებს წესრიგს;

- შეუქცევობა ყველა დონეზე არის წესრიგის წყარო და მექანიზმი, რომელიც ქაოსიდან წესრიგს ქმნის. ენტროპია განსაზღვრავს დანაკარგებს სისტემაში, რომლებიც შეუქცევ ხასიათს ატარებს.

ადამიანი, როგორც ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმი, ცხოვრობს მის გარემომცველ გარემოში. ეკოლოგიური ფაქტორების მთელი ერთობლიობა (აბიოტიკური, ბიოტიკური და ანტროპოგენური) პირდაპირ და ირიბად ზემოქმედებს მასზე. მაგრამ ადამიანი ცოცხალი სამყაროს ეს უნიკალური არსება, სახე თავისი არსით ბიოსოციალური არსებაა, რაც განსაზღვრავს მისი თვისებებისა და ცხოვრების გარემოს მრავალსახეობას.

ადამიანის ცხოვრების გარემოს სპეციფიკა იმაში მდგომარეობს, რომ მასზე მისი ზემოქმედება ორი ძალიან მძლავრი არხით – ბუნებრივი და სოციალურით ხორციელდება. ამასთან დაკავშირებით, ყველა ეკოლოგიური ფაქტორი, რომელიც ადამიანზე ზემოქმედებს, ხშირად იყოფა ამ ორი ჯგუფის მიხედვით: ბუნებრივი და სოციალური ფაქტორები. ამ ფაქტორების ზემოქმედება ურთულესი სახით გადაჯაჭვულია ადამიანის ცხოვრების გარემოზე.

გარდა ამისა, ადამიანს თავის გარემოში შეაქვს ის (აშენებს სახლებს, მოიხმარს ტანსაცმელს, წამლებს, ტრანსპორტს, ზრდის მცენარეებსა და ცხოველებს და სხვა), რაც ხშირად იწვევს ბუნებრივი ფაქტორების პირდაპირი ზემოქმედების სრულ ნივთიერებას. ამასთან ერთად, ადამიანს, როგორც პანოკუმენურ სახეობას (პანოკუმენური - საყოველთაო, ყველგან, წარმოიქმნა ბერძნულიდან „პან“ - ყველგან და „ოკუმენა“- მსოფლიო, სადაც ცხოვრობს ადამიანი; ქვეყანა, სამშობლო), შეუძლია იცხოვროს დედამიწის ყველაზე სხვადასხვა ნიადაგ-კლიმატურ და ლანდშაფტურ რაიონებში. ასეთი ფართო განსახლების მიზეზია მისი სოციალურობა - „ადამიანი გონიერია“, კერძოდ მისი საქმიანობა მიმართულია საცხოვრებელზე, ჩასაცმელზე, საკვებზე, გარემომცველ ბუნებასა და სხვათა მოთხოვნილებების უზრუნველყოფაზე.

ადამიანთა საქმიანობამ, მიმართული საკუთარი ცხოვრების პირობების კეთილმოწყობაზე, შექმნა უზარმაზარი განსხვავება ადამიანთა ცხოვრების გარემოში. ამასთან დაკავშირებით, ნ. რეიმერსი (1992 წ.) მიზანშეწონილად თვლის ადამიანის ცხოვრების გარემოს ქვესისტემებში გამოიყოს ოთხი ასეთი კომპონენტი:

- საკუთრივ ბუნებრივი გარემო;
- „მეორე ბუნება“, ე.ი. აგროტექნიკით წარმოქმნილი გარემო;
- „მესამე ბუნება“ - ხელოვნური გარემო;
- სოციალური გარემო, (Reimers, 1992).

ყველაფერი ეს, იმის პარალელურად, რაც უსასრულოდ დიდი და მრავალსახოვანი, ზემოქმედი ფაქტორებია, ინტეგრირდება ადამიანის გარემომცველი გარემოს საერთო ერთობლიობაში, რომლებიც

ადამიანის ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ობიექტური და სუბიექტური ცხოვრების, არსებობის გარემოს ხარისხის მხარეებია (მახასიათებლები).

მეცნიერი ს. ბარაში თავის წიგნში „დედამიწაზე კლიმატისა და ცხოვრების კოსმოსური დირიჟორი“, წერდა „ადამიანი ბუნების განვითარების კანონზომიერი შედეგია.... ბუნება მონაწილეობს ადამიანის კვლავწარმოებაში მისი განვითარების ყველა საფეხურზე, ყველაზე განსხვავებული ხარისხით: მატერიალურ-ენერგეტიკული წყაროს ხარისხით (კვება, ასმევს, ათბობს) აყალიბებს არსებობის სიცოცხრივ-დროით საზღვრებს (ბიოგენოცენოზი), დევს მისი ფსიქიკურ-ეთიკურ-ესთეტიკური განცდების საფუძველში“ (Barash, 1999).

ამასთან ერთად, ადამიანი ჩვენს პლანეტაზე გამოჩენის მომენტიდან გახდა უზარმაზარი საერთო დედამიწისეული გეოლოგიური ძალა, გარემოს აქტიური შემცვლელი, რითაც არსებითად ერეოდა საკუთარი ორგანიზმის ურთიერთკავშირში გარემოსთან, გამოავლინა ადაპტიური და დეზადაპტიური თვისებების თავისებური ხარისხი.

თანამედროვე სამყაროში ადამიანის ეკონომიკური საქმიანობა ეფუძნება სამეცნიერო ცოდნას, სადაც მთავარი, მნიშვნელოვანი ელემენტია ადამიანთა საქმიანობასა და ბუნებრივ პროცესებში კოჰერენტულობის მიღწევები. სწორედ ბუნებრივ მოვლენებზე, მატერიის მოძრაობის კანონებზე, მატერიალური ობიექტების თვისებების მეცნიერული ცოდნა ადამიანს საშუალებას აძლევს მოერგოს და შეეგუოს მიმდინარე ცვლილებებს და მიიღოს სასარგებლო ეკონომიკური ეფექტი.

ნებისმიერი ქვეყნის ეკონომიკის შემდგომი განვითარებისათვის მეცნიერულ-ტექნოლოგიური პროგრესის მიღწევათა ფართოდ გამოყენება მოითხოვს სამეურნეო ბრუნვაში ბუნებრივი რესურსების დიდი რაოდენობით ჩართვას და მისი მოხმარების გადიდებას, რაც წარმოების თანამედროვე ტექნოლოგიის პირობებში, თავის მხრივ, იწვევს ნარჩენების მასის გადიდებას. ეს კი აქტუალურს ხდის ბუნების დაცვის, გაჯანსაღებისა და მისი სიმდიდრეების რაციონალურად გამოყენების პრობლემას. (National Waste Management Strategy 2016-2030 and National Action Plan 2022-2026, 2016).

საზოგადოებაში, სადაც ადგილი აქვს ბუნებრივი სიმდიდრის არაოპტიმალურად გამოყენებას, წარმოების სოციალურ-ეკონომიკურად დაუსაბუთებელი პროექტის შესაბამისად განვითარებას, ბუნების დაცვის, მისი გაჯანსაღების საკითხი უფრო მწვავედ დგას.

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე, მეცნიერულ-ტექნოლოგიური პროგრესის შედეგების გათვალისწინებით, აუცილებელია, კვლავწარმოების პროცესი განხილულ იქნეს, როგორც საწარმოო ძალების წარმოებითი ურთიერთობის, სიცოცხლის უზრუნველყოფი ბუნებრივი პირობებისა და მთლიანი ეროვნული პროდუქტის წარმოება.

საზოგადოების მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება გულისხმობს არა მხოლოდ მათი მატერიალური დოვლათის უზრუნველყოფას, არამედ სიცოცხლის უზრუნველყოფი ბუნებრივი პირობების შექმნასა და ამით ეკოლოგიური მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას. აღსანიშნავია, რომ ბუნება, მისი რესურსები საზოგადოების არსებობისათვის საჭირო მატერიალური წარმოების გადიდების ბუნებრივად

არსებული მატერიალურ-ნივთობრივი ფაქტორებია და ამიტომ მათი გამოყენებისადმი გონივრული მიდგომა აუცილებელია.

თანამედროვე ეტაპზე წარმოებამ მსოფლიო მასშტაბით განვითარების ისეთ დონეს მიაღწია, რომ ის არსებით გავლენას ახდენს ადამიანის ბუნებრივ სამყოფელ ადგილზე, კერძოდ სიცოცხლისათვის ისეთ საყოველთაოდ აუცილებელ კომპონენტებზე, როგორცაა: მიწა, წყალი და ჰაერი (Galakhvaridze, 2022).

როგორც ინდუსტრიულად განვითარებული ქვეყნების მწარმოებლები, ისე განვითარებად ქვეყნებშიც არ ითვალისწინებენ ადამიანებისათვის ამა თუ იმ არასრულყოფილი ტექნოლოგიის მავნე შედეგებს, მაშინ როდესაც გარემოს დაცვის საკითხები დაკავშირებული უნდა იყოს წარმოებისა და ტექნიკა-ტექნოლოგიების განვითარების სოციალურ-ეკონომიკურ შედეგებთან.

ბუნება, როგორც ფაქტორი, გავლენას ახდენს წარმოების ეფექტიანობაზე. იქ, სადაც ჯანსაღი ბუნებაა, მაღალია შრომის მწარმოებლურობა და პირიქით. თანამედროვე პერიოდში, როცა საზოგადოება დაინტერესებულია მატერიალური წარმოების გადიდებით, ცალკეულ შემთხვევებში მაღლა აყენებს ბუნებრივი რესურსების, როგორც წარმოების ფაქტორის მნიშვნელობას, ამიტომ ეკოლოგიური წონასწორობა ხშირად ირღვევა.

ბუნებისა და მისი რესურსებისადმი მხოლოდ ეკონომიკური თვალსაზრისით მიდგომა არასწორია, რადგან მას დიდი სოციალური მნიშვნელობაც აქვს, ამიტომ ასეთი მიდგომა უნდა შეიცვალოს.

საზოგადოებრივი საქმიანობა ხშირად სახეს უცვლის ბუნებას და იწვევს უარყოფით შედეგებს.

ბუნების ხარისხის გაუარესებით საფრთხე ემუქრება არა მარტო ცალკეული რეგიონების ბუნებას ან ეკოსისტემას, არამედ საერთოდ კაცობრიობის არსებობის პირობებს. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია საზოგადოების არაგონივრული საქმიანობის შეწყვეტა (Lemonjava, 2014).

ეკოლოგიური საფრთხის ეკონომიკური რეგულირება, როგორც განვითარებული საბაზრო ეკონომიკის მქონე ქვეყნების გამოცდილება, გვიჩვენებს, რომ შეიძლება განხორციელდეს, ბუნების გამოყენების ეკონომიკური მეთოდებით, ეკონომიკური ბერკეტების ცენტრალიზებულად დაწესება, საფინანსო-საკრედიტო, სამორტიზაციო და სადაზღვევო პოლიტიკა. მეტად მნიშვნელოვანია, კონკრეტულად ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესება გადასახადის დაწესებით, რომლითაც შესაძლებელი ხდება „ეკოლოგიური უსაფრთხოების ფონდის“ გადიდება. ამასთან, გლობალური მასშტაბით, ეკოლოგიური უსაფრთხოების ეკონომიკური ბერკეტებით რეგულირების ყველაზე მნიშვნელოვანი გზაა, თითოეულ ქვეყანაში ბუნების გამაჭუჭყიანებელი ფაქტორების შემცირება ტექნოლოგიური პროცესების სრულყოფით და წარმოების ეკოლოგიზაციით.

აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება გაკეთდეს დასკვნა, რომ ბუნების დაცვა, მისი რესურსების რაციონალური მართვა, გაუმჯობესებული კვლავ-წარმოება პრიორიტეტულია მსოფლიოს ყველა ქვეყნისათვის.

საზოგადოების ინტერესი იმაში მდგომარეობს, რომ გრძელვადიანი ეკონომიკური და სოციალური ჯილდო მსხვერპლად არ შეეწიროს მოკლევადიან ფინანსურ მოგებას. წინა პერიოდში ეკოლოგიურ ღონისძიებებში აქცენტი კეთდებოდა „ეს შენ არ

გინდა“, ნაცვლად „მომი ერთად ვიმუშაოთ“. აქედან გამომდინარე, არსებობდა ტენდენცია, ინდუსტრია-ლიზაცია და გარემოს ინტერესები განხილულიყო, როგორც ურთიერთმტრულად განწყობილი.

მოწინავე ტექნოლოგიური საზოგადოების შეერთებამ ძლიერ შემოქმედებით საწარმოო ბაზასთან შესაძლოა გააფართოოს პირადი არჩევანის ჩარჩოები და საბოლოოდ განაპირობოს უკეთესი ჯანმრთელობა და ცხოვრების ხარისხის გაუმჯობესება.

მაღალი ეკოლოგიური სტანდარტები, შეერთებული პოზიტიურ მაიძულებელ მოტივებთან, საჭიროა გამოყენებული იყოს ჯაჭვის „გამოკვლევა-ტექნოლოგიური პროცესი - წარმოება - მარკეტინგი - გამოყენება - უტილიზაცია“ ყველა მონაწილის მხრიდან (Nasaraia & Galakhvaridze, 2024).

ამისათვის აუცილებელია შეთანხმებული ღონისძიებების „ნაკრები“:

- მრეწველობასთან დიალოგის განმტკიცება;
- სტრატეგიული დაგეგმვის გაუმჯობესება, გეგმებსა და პროგრამებში ეკოლოგიური შეფასებების ჩართვა;
- საწარმოო პროცესების მართვისა და კონტროლის გაუმჯობესება;
- დაბინძურების არიდება;
- ეკოლოგიური აუდიტი;
- ეკოლოგიური შეფასება და აღრიცხვა;
- საუკეთესო, ხელმისაწვდომი ტექნოლოგიების გამოყენება;
- ბუნებრივი რესურსების მოხმარებასა და გამოყენებაზე საბაზრო სისტემების შემოღება;
- უფრო მაღალი და საიმედო სტანდარტები, რითაც უზრუნველყოფილია, რომ პროდუქტების

„ეკოლოგიური დარტყმა“ მთელი სასიცოცხლო ციკლის მსვლელობისას მინიმუმზებული იყოს;

- ნებაყოფლობითი შეთანხმებებისა და თვითრეგულირების სხვა ფორმების მხარდაჭერა;
- ნარჩენების ეფექტიანი მართვა;
- ნარჩენების უტილიზაცია პირველსაწყისი მწარმოებლებისა და იმპორტიორების მიერ;
- მეცნიერული გამოკვლევები რეცირკულირების ტექნოლოგიებზე.

ამგვარად, თანამედროვე ეტაპზე წარმოებამ მსოფლიო მასშტაბით განვითარების ისეთ დონეს მიაღწია, რომ ის არსებით გავლენას ახდენს სიცოცხლისათვის საყოველთაოდ აუცილებელ კომპონენტებზე, როგორცაა: მიწა, წყალი და ჰაერი. ამდენად, ნებისმიერ საწარმოს უნდა ჰქონდეს გარემოსდაცვითი პასპორტი, რომელიც არის მარეგულირებელი და ტექნიკური დოკუმენტი, მოიცავს მონაცემებს საწარმოს მიერ ბუნებრივი რესურსების გამოყენებისა და გარემოზე წარმოებული გავლენის დადგენის შესახებ, გვიჩვენებს საწარმოს ეკონომიკური სისტემის პროცესებზე, არასასურველი ენტროპიის შემცირების ღონისძიებებს (Galakhvaridze, 2022) .

დასკვნა

ბუნებაში არსებობს უსასრულოდ მრავალი პროცესი, რომლებიც დაკავშირებულია ერთმანეთთან როგორც მდგომარეობით - შესვლა და გამოსვლით, ისე ელემენტებით - მართვითა და მექანიზმებით. შედეგად გვაქვს პროცესები, რომლებსაც შეუძლია აწარმოოს მატერიის როგორც ლოკალური სტრუქტურიზაცია (თვითორგანიზაცია), ისე მისი დეზორგანიზაცია – ლოკალური სტრუქტურების დაშ-

ლა, ე.ი. შესაძლებელია „წესრიგი ქაოსიდან“ და „ქაოსი წესრიგიდან“. ამასთან, ენტროპიას, როგორც სისტემაში დანაკარგების ფუნქციას, არ შეუძლია იყოს ერთმიმართულებრივი. ერთი პროცესის ნებისმიერი დანაკარგები, გამოსავალი, მაგალითად, სითბო ხახუნიდან, შესაძლოა გადავიდეს სხვა პროცესებში, მათი ელემენტების სახით - მექანიზმებში, მართვაში, რითაც გამოწვეულია ლოკალურ დონეზე, თვითორგანიზაცია ან დეზორგანიზაცია.

მატერიალურ სისტემაში ადამიანის არსებობა ყოველთვის ითვალისწინებს და იყენებს ბუნებრივი პროცესების ენტროპიას, დადებითი ეფექტების მისაღწევად. ანალიზიდან გამომდინარე, არ შეიძლება ბუნებრივი სისტემების ენტროპია და ადამიანთა სამეურნეო საქმიანობის ენტროპია უბრალოდ შეჯამდეს. აუცილებელია განხორციელდეს პროცესების დეკომპოზიცია, გამოიყოს მისი შემადგენელი ელემენტები, განისაზღვროს ელემენტთა ურთიერთმოქმედება და მხოლოდ შემდეგ განისაზღვროს მათი წვლილი სისტემის საერთო ენტროპიაში.

ადამიანის ცხოვრების გარემოს სპეციფიკა იმაში მდგომარეობს, რომ მასზე ზემოქმედება ორი ძალიან მძლავრი არხით – ბუნებრივი და სოციალურით ხორციელდება. ამასთან დაკავშირებით, ყველა ეკოლოგიური ფაქტორი, რომელიც ადამიანზე ზემოქმედებს, ხშირად იყოფა ამ ორი ჯგუფის მიხედვით: ბუნებრივი და სოციალური ფაქტორები. ამ ფაქტორების ზემოქმედება ურთულესი სახით გადაჯაჭვულია ადამიანის ცხოვრების გარემოზე. გარდა ამისა, ადამიანს თავის გარემოში შეაქვს ბევრი ისეთი, რაც ხშირად ბუნებრივი ფაქტორების პირდაპირი ზემოქმედების სრულ ნიველირებას იწვევს.

ლიტერატურა

1. Barash, S. I. (1999). Space "Conductor" of Climate and life on Earth. Moscow: Assoc. of Construction Universities (ASV).
2. Galakhvaridze, N. (2022). Environmental Impact of Enterprises - Ecological Passport. VI International Scientific Conference Globalization and Current Challenges in Business (p. 404). Tbilisi: Technical University.
3. Lemonjava, P. (2014). Economy of Applying Nature. Tbilisi: Universal.
4. Nasaraia, Z., Galakhvaridze, N. (2024). Environmental Protection and Civil Responsibility. Tbilisi: Universal. (2016). National Waste Management Strategy 2016-2030 and National Action Plan 2022-2026. Tbilisi: Ministry of Environmental Protection and Agriculture of Georgia. Retrieved from: <https://mepa.gov.ge/Ge/PublicInformation/34073>
5. Ponomareva, I. N., Solomin, V. P., & Kornilova, O. A. (2009). General Econology. Rostov-on-Don: Phoenix.
6. Prangishvili, I. V. (2003). Entropy and other systemic Regularities: Issues of complex systems control. Moscow: Russian Academy of Sciences.
7. Reimers, N. F. (1992). Hopes for the Survival of Humanity. Conceptual Ecology. Moscow: Russia Molodaya.

UDC 502.7

SCOPUS CODE 1401

<https://doi.org/10.36073/1512-0996-2025-1-23-38>

Entropy and Ecology

Naira Galakhvaridze

Department of business administration, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: nairagalakhvaridze@gmail.com

Ana Gegeshidze

Department of Business Administration, Georgian Technical University, Georgia, 0160, Tbilisi, 77, M. Kostava str.

E-mail: gegeana@gmail.com

Reviewers:

Z. Nasaraia, Associate Professor, Doctor of Public Administration, Faculty of Business Technologies, GTU

E-mail: nasaraiazurab@gmail.com

E. Baliashvili, Professor, Doctor of Economics, Faculty of Business and Social Sciences, David Aghmashenebeli University of Georgia

E-mail: elza_b2008@yahoo.com

Abstract. The understanding of "entropy" has proved fruitful for the investigation of biosystems, as well as the processes of information transmission and processing. The evolution as a whole and the development of every organism is under the influence of entropy. Biosystems are fed with energy from the surrounding world.

By influencing nature, man increases or decreases order in the world, and entropy, which is a quantitative measure of disorder (chaos), is a characteristic of changing order in the system. In addition, an increase in entropy corresponds to an increase in chaos, disorder (disorganization) in the system, and a decrease - to system order (organization). In this way, by changing the order in the environment, humanity changes the entropy. Thus, entropy fully obeys certain regularities.

Entropy, in nature and economics, has become an increasingly abstract expression, the anomaly of the numerous processes that are constantly increasing and we have various scientific investigations.

Based on the above, it is necessary to decompose the processes, separate its constituent elements, determine the interaction of the elements, and only then determine their contribution to the total entropy of the system.

Keywords: Ecological consciousness Uncertainty; Entropy; Information; Open system; Hypothesis Self-organization; Synergetics.

განხილვის თარიღი 04.10.2024

შემოსვლის თარიღი 26.11.2024

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 25.03.2025