



ივანე ჯავახიშვილის სახელობის სახელმწიფო
უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი
მიმართულება ეკოლოგია

ბიოესფერო, თერმოდინამიკის კანონები და ენტროპია

ბაკალავრი

დავითი მოსავლიძე

საბაკალავრო ნაშრომი

ხელმძღვანელი: *სიმონ წერეთელი*

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა
ფაკულტეტის ემერიტუს პროფესორი

თბილისი 2014

ს ა რ ზ ე ვ ი

შესავალი -----	3
1. ცნება ბიოსფეროზე-----	4
2. სიცოცხლის წარმოშობა და განვითარება დედამიწაზე-----	5
3. ბიოსფეროს ძირითადი ფუნქციები გეოგრაფიულ გარსში-----	9
4. სითბოს მიმოქცევა ბიოსფეროში-----	18
5. ტენის მიმოქცევა ბიოსფეროში-----	20
6. ბიოსფერო და ადამიანი-----	23
7. თერმოდინამიკის კანონები და მისი ძირითადი მახასიათებლები-----	25
8. წესრიგი და უწესრიგობა-----	34
9. შექცევადი და შეუქცევადი პროცესები, ენტროპია-----	35
10. დედამიწის ენტროპია და გარემოს დაცვა-----	39
11. დასკვნა -----	43
გამოყენებული ლიტერატურა-----	46

შესავალი

დედამიწა თავის არსებობის მანძილზე ახერხებდა ჩვენთვის მიუწვდომელი და ამოცანად დარჩენილიყო, თუმცა ადამიანმა მოახერხა წლების განმავლობაში მიღებული ცოდნით შეესწავლა დედამიწა და ბუნებრივი პროცესები, რომელიც ადამიანმა დაკვირვებით და მისი ანალიზის საშუალებით მოახერხა. სწორედ ამის დამსახურებაა დღესდღეობით კაცობრიობის განვითარება და შემეცნების მაღალ საფეხურებზე გადასვლა. ჩვენ განვიხილავთ და ვისაუბრებთ თუ საიდან წარმოიშვა სიტყვა „ბიოსფერო“ და მის მნიშვნელობაზე თუ რა იგულისხმება ამ ტერმინის ქვეშ. ჩვენ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ნაწილივართ ბიოსფეროში მიმდინარე პროცესებისა და ურიგო არ იქნება მცირედენი წარმოდგენა შევიქმნათ ჩვენს საცხოვრებელ არეალზე. ბიოსფერო ეს არის დედამიწის განსაკუთრებული, თავისებური გარსი, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმების და გარემოში არსებული ნივთიერებების უწყვეტი ურთიერთკავშირით და ნივთიერებათა განუწყვეტელი ურთიერთგაცვლით წარმოიქმნება. ადამიანის ზემოქმედება ბუნებრივ გარემოზე ყოველდღიურად იზრდება, ამას განაპირობებს მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი და თვით ადამიანის დაუოკებელი სწრაფვა უკეთესობისაკენ. ამ ყოველივეს ადამიანი სწორედ გარემოზე ზემოქმედების ხარჯზე აღწევს. ადამიანი ყველაზე მეტად აბინძურებს ხმელეთს, რადგან ხმელეთი მისი საცხოვრებელია. სამწუხაროდ დაბინძურება ხმელეთიდან ვრცელდება წყალსა და ჰაერში. მართალია „დედაბუნება“-ს გააჩნია უნარი მოახდინოს თვითგაწმენდა, მაგრამ ადამიანის მიერ გარემოს დაბინძურება იმდენად დიდია რომ „დედაბუნება“ ვეღარ ასწრებს თვითგაწმენდას. ბიოსფეროში მიმდინარე პროცესების წარმართველი ერთ-ერთი მთავარი და შეიძლება მნიშვნელოვანიც არის თერმოდინამიკის კანონები და ენტროპია. თუ რატომ არის ასეთი მნიშვნელოვანი ეს ფაქტორები და როგორ მიმდინარეობს დაწვრილებით ამას ნათლად დავინახავთ ამ თემის მთლიანად შესაწავლისას. მაგრამ აქვე მოგახსენებთ, რომ ეს პროცესები რომ არა დედამიწაზე არსებობა ალბათ შეუძლებელი იქნებოდა ან სრულიად განსხვავებული ფორმით წარმართებოდა სიცოცხლე დედამიწაზე.

ცნება ბიოსფეროზე

აზრი იმის შესახებ, რომ ჩვენი პლანეტის ცოცხალი ორგანიზმები ურთიერთმოქმედებენ გარემოსთან და ხელს უწყობენ მის ცვლილებას, ჯერ კიდევ დიდი ხნის წინ გამოითქვა.

ბუნებრივ პროცესებზე დაკვირვების შედეგად, ვარენიუსმა (1622–1650) მე–17 საუკუნეში პირველად გამოთქვა აზრი ამის შესახებ, შემდეგ მას გამოეხმაურნენ ჰიუგენსი (1629–1695) და ბუფონი (1767–1788); მეცნიერული ღირებულება მხოლოდ ფრანგი ნატურალისტის ლამარკის გამოკვლევების შემდეგ მიენიჭა (1744–1829). ლამარკმა თავის შრომებში შემოგვთავაზა ტერმინი: „ბიოლოგია“.

„ბიოსფეროს“ განმარტება, როგორც დედამიწის განსაკუთრებული გარსისა შემოგვთავაზა ე.ზიუსმა თავის შრომაში 1875 წელს, რომელიც ალპების წარმოშობას მიეძღვნა, შემდგომი დროის შრომაში „დედამიწის სახე“ და წიგნში „ჰიდროგეოლოგია“, ზიუსმა უკვე მთელი თავი მიუძღვნა ცოცხალი ორგანიზმების როლს დედამიწის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესებში.

ბიოსფერო ეს არის დედამიწის განსაკუთრებული, თავისებური გარსი, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმების და გარემოში არსებული ნივთიერებების უწყვეტი ურთიერთკავშირით და ნივთიერებათა განუწყვეტელი ურთიერთგაცვლით წარმოიქმნება. ბიოსფეროს საზღვრებად მიჩნეულია ატმოსფეროს ქვედა, ხოლო, ჰიდროსფეროსა და ლითოსფეროში–ზედა ფენები, ეს არის ე.წ. „ცოცხალი შრე“. სინამდვილეში ცოცხალ ორგანიზმებს ვხვდებით ზედა ატმოსფეროშიც და დედამიწის ღრმა ფენებშიც, ამიტომ ზუსტ საზღვრებად, უფრო სწორი იქნება, მივიჩნიოთ ოზონის ეკრანიდან (რომელიც მათ იცავს მზის მოკლეტალღოვანი გამოსხივების მომაკვდინებელი ზემოქმედებისგან), ვიდრე დედამიწის ქერქის იმ სიღრმემდე, სადაც წნევა 4×10^7 პასკალი და ტემპერატურა 300°C -ით. ნავთობის ჭაბურღილებში არსებულ წყალში, რომელიც 3 კმ-ის სიღრმეზეა, ნაპოვნია ბაქტერია, რომელსაც ახასიათებს გამრავლების უნარი, ე.ი. სიცოცხლის შრის საზღვრებად ითვლება 22-25 კმ-ის სიმაღლე ატმოსფეროში, ოზონის ეკრანის ფენამდე, 11 კმ ოკეანეში და 3 კმ ხმელეთის სიღრმეში.

სიცოცხლის წარმოშობა და განვითარება დედამიწაზე

ცოცხალი ორგანიზმები, ეს არის დედამიწის ერთ–ერთი უძველესი ბუნებრივი სხეულები, როლებიც მილიარდობით წლის წინ წარმოიქმნა, ადამიანი კი, ამ ცოცხალი ორგანიზმების ნაწილია, ოღონდ, ბევრად უფრო ახალგაზრდა. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ცოცხალი ორგანიზმების უმეტესი ნაწილი, თავმოყრილია თხელ ფენაში, რომელიც ხმელეთზე მცენარეთა ფესვებით და წვერით შემოისაზღვრება, ხოლო ოკეანეში– წყლის ზედაპირული შრით.

ბიოსფერო მოიცავს არა მარტო ცოცხალ ორგანიზმებს, არამედ მათ საცხოვრებელ არეალსაც. იგი მეტად მრავალფეროვანი აგებულებისაა და შედგება ცოცხალი ორგანიზმებისა და არაორგანული ნივთიერებების ერთობლიობისაგან. დედამიწასთან ერთად ბიოსფეროც განიცდიდა და განიცდის ევოლუციას, მისი საზღვრები თანდათან ფართოვდება, ამას ადამიანისა და სხვა ცოცხალი არსებების კოსმოსში თუნდაც დროებითი გასვლაც კი ადასტურებს.

მთელი ცოცხალი მასა ორ დიდ სამყაროდ იყოფა:

I უძველესი პროკარიოები– ბაქტერიები და ციანობიონტები

II თანამედროვე ეუკარიოტები– 1. სოკოები, 2. მცენარეები, 3. ცხოველები.

სოკოები და ცხოველები წარმოადგენს ჰეტეროტოფებს, რომელიც საკვებად მოიხმარს მცენარეების და ფიტოპლანქტონის მიერ შექმნილ ორგანულ ნივთიერებებს.

სახეობათა რაოდენობა ცოცხალ ორგანიზმებში მილიონობით და უფრო მეტიცაა, ეს არის მთელი ის ბიომრავალფეროვნება, რომელიც მაქსიმალურ რაოდენობას ტენიან ტროპიკულ ტყეებში აღწევს და მცირდება პოლარულ სარტყელთან მიახლოებულ რაიონებში, უდაბნოებსა და მაღალ მთებში.

ცხოველებში შედის ფეხსახსრიანებიც (1 მილიონამდე სახეობა), მოლუსკები (105 ათასი სახეობა), ფრინველების 10 ათასი, ხოლო ძუძუმწოვრების 6 ათასამდე სახეობა. ფეხსახსრიანებში ყველაზე მეტი მწერებია, იგი ბევრად ჭარბობს ცხოველთა სამყაროს დანარჩენ წარმომადგენლებს. საორიენტაციოდ ცხოვრობს 108 ხარისხში მწერი, ანუ თითოეულ ადამიანზე მოდის 200–250 მლნ ამ კლასის წარმომადგენელი. ხმელეთის ცხოველებსა და მცენარეებზე მოდის სახეობათა 92%, წყლის ორგანიზმებზე კი–8%. ბიოსფეროს ევოლუცია ნამდვილი ისტორიაა განვითარების, განუწყვეტელი გართულების, ერთი ხარისხობრივი მდგომარეობიდან მეორე, უფრო მაღალ მდგომარეობაში გადასვლის შესახებ.

ვ.ვერნადსკიმ ბიომასაზე დაკვირვების შედეგად თავის ნაშრომში „ბიოსფერო და კოსმოსი“, შემდეგი სახის დასკვნები გააკეთა:

1. მთელი იმ გეოლოგიური პერიოდის მანძილზე, რაც დედამიწა არსებობს, არ

ყოფილა შემთხვევა, რომ ცოცხალი ორგანიზმი მკვდარი მატერიისაგან წარმოშობილიყო, ანუ მომხდარიყო აბიოგენეზი, ე.ი. ყოველივე ცოცხალი ცოცხალისგანავე წარმოიქმნება. ვ.ვერნადსკი (1980) არ უარყოფს ბიოსფეროს გარეთ, კოსმოსში აბიოგენეზის არსებობას; ამით შეიძლება დავასკვნათ, რომ აზრი დედამიწაზე არადედამიწისეული მარტივი ცოცხალი ორგანიზმების მოხვედრის შესახებ, სიმართლეს შეესაბამება და მას შეიძლება ადგილი ჰქონოდა იმ შორეულ წარსულში, როდესაც დედამიწა მკვრივი ატმოსფეროთი ჯერ კიდევ არ იყო გარშემორტყმული და მასზე ყინულოვანი მეტეორიტები ცვივოდა.

2. დედამიწის არსებობის მთელი გეოლოგიური ისტორიის მანძილზე არ ყოფილა

აზონური, ანუ სიცოცხლეს მოკლებული ეპოქები. ამ აზრს იზიარებენ ამერიკელი მეცნიერი ს. პონამპერუმა (1984), გერმანელი მკვლევარი ფ. ფლიუგა (1984) და სხვ. გრენლანდიაში ნაპოვნ ისუას წყებაში რკინის მადნის ფორმაციაში, გრაფიტებში ,ფოსფორიტებსა და სხვა სახის მინერალებში განამარხებულა ყველაზე ძველი პროკარიოტი–ბაქტერიის ნაშთი. ხოლო პროკარიოტმა ციანობიონტებმა თავისი კვალი დატოვა კირქვებში,

სტრომობილიტებსა და ონკოლიტებში (ავსტრალია). პროკარიოტები ცხოვრობდნენ არა მარტო წყალში, არამედ—ხმელეთზეც.

3. ყველა ცოცხალი ორგანიზმი გენეტიურად დაკავშირებულია წარსული ეპოქების

ცოცხალ ორგანიზმებთან, რაც იმის დამადასტურებელია, რომ მათი არსებობისათვის საჭირო გარემო-პირობები ყოველთვის თანამედროვეს მსგავსი იყო. 1973 წელს, ა. და სვ. სიდორენკოები, ხოლო 1990 წელს, ა. იაროშევსკი, თავის შრომებში წარმოგვიდგინეს შეხედულებებს, რომ კამბრიუმამდელი ასაკის დანალექ ქანებში ორგანული და იზოტოპური ნახშირბადის რაოდენობა დღევანდელის თანაბარი იყო, რაც იმის მტკიცების უფლებას იძლევა, რომ თავისუფალი ჟანგბადის დაგროვება და დღევანდელ მდგომარეობამდე მოსვლა დაიწყო ფოტოსინთეზის წარმოქმნისთანავე, ე.ი. გეოლოგიური ეპოქის პირველსავე წუთებში, აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ატმოსფეროში თანამედროვე სახით და რაოდენობით არსებული ჟანგბადი უკვე ძველ არქაულში ჩამოყალიბდა. ამან გაფანტა მითი დედამიწაზე ხანგრძლივი დროით უჟანგბადო ატმოსფეროს შესახებ.

4. დედამიწაზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობდა გამოფიტვის პროცესი, კერძოდ,

მისი ქიმიური სახე. ვ. ვერნადსკიმ ეს დასკვნა იმიტომ გააკეთა, რომ ცოცხალი ორგანიზმები მუდმივი ქიმიური რეაქტივების როლში იმყოფება, რაც მეტად მნიშვნელოვანია გეოგრაფიული გარემოს ქიმიური შემადგენლობისათვის. ცოცხალ ორგანიზმებში შედის 13 მსუბუქი (წყალბადი, ნახშირბადი, აზოტი, ჟანგბადი, ნატრიუმი, მაგნიუმი, ალუმინი, სილიციუმი, ფოსფორი, გოგირდი, ქლორი, კალიუმი, კალციუმი) და ერთი მძიმე ელემენტი—რკინა. ა. პელერმანი თავის დასკვნებში კიდევ უფრო შორს მიდის და აღნიშნავს, რომ ცოცხალ ორგანიზმებში თავმოყრილია მენდელეევის მთელი სისტემა, ჩვენი აზრით, ეს დასკვნა მართებულია.

5. ცოცხალი მასის საერთო რაოდენობაში დიდი ცვლილება არ მომხდარა,

ჩვენ ვერ დავეთანხმებით ამ დასკვნას, ვინაიდან ითვლება, რომ ვ. ვერნადსკის სამეცნიერო ასპარეზზე მოღვაწეობის დროს მოხდა პლანეტარული ბიომასის არასწორი შეფასება, იმ დროს გავრცელებული იყო აზრი, რომ ოკეანის ბიომასა რაოდენობით

კონტინენტზე არსებულს აჭარბებდა, რაც ამჟამად არასწორადაა მიჩნეული. ბიომასის მნიშვნელოვანი ცვლილება მოხდა ბოლო, გეოლოგიურად დროის ისეთ მცირე მონაკვეთშიც კი, როგორც მეოთხეულის პლეისტოცენური გამყინვარების პერიოდია, ძლიერ შემცირდა ტყიანი მასივები და საერთოდ მთელი ცოცხალი მასა. რაც შეეხება, ამ უკანასკნელის რაოდენობას ოკეანეებში, მისი ცვლილებების შესახებ ზუსტი შეფასება არავის გაუკეთებია. სამაგიეროდ, საგანგაშო სიტუაციაა ხმელეთზე, შემაშფოთებელია თუნდაც გასული საუკუნის 70-იანი წლების ინფორმაცია, რომლის მიხედვითაც მცენარეული საფარის საერთო მასა 41,5%-ით, ხოლო ნიადაგის ჰუმუსის კი-18%-ით შემცირდა (ჰემპაიკის მონაცემები). ხმელეთზე სიცოცხლის არსებობის მთავარი წყარო არის ტყე, რომელიც იძლევა მცენარეული პროდუქციის 68%. მათ შორის ტროპიკული ტყეების და ზომიერ-ცივი ზონის ტყეების პროფუნქციათა შეფარდებითი წილი 2/1-აა.

6. ვგორშკოვის (1996) მონაცემებით, ოკეანის ბიოლოგიური პროდუქტიულობის

მრავალჯერადი გაზრდა დაკავშირებულია ზედმეტი ანთროპოგენური CO₂-ის რაოდენობასთან. აქვე დავამტებდით: რაც მეტია ზემოთ აღნიშნული აირის რაოდენობა, მით უფრო სწრაფად იზრდება ხმელეთის მცენარეულობაც. ასე, რომ დედამიწას გააჩნია უნიკალური თვითაღდგენის უნარი, რაც დღესდღეობით, ჯერ კიდევ შველის კაცობრიობას გლობალური კატასტროფისაგან.

7. ნებისმიერი ცოცხალი ორგანიზმი გამოჰყოფს ენერგიას, რომელსაც

ძირითადად, ან მთლიანად მზის სხივური ენერგიისაგან იღებს.

არსებობს მოსაზრება, რომ სიცოცხლის სტაბილურად განვითარება გამოიწვევდა მის მარტივ დონეზე შეჩერებას. ევოლუციისათვის საჭიროა რევოლუცია-კატასტროფა, მაგრამ ამავე დროს, საჭიროა შენარჩუნდეს ბალანსი სტაბილურობასა და კატასტროფებს შორის; ზედმეტად მცირე კატასტროფები ჩიხში შეგვიყვანდა, ხოლო მათი სიხშირე-სიცოცხლის განვითარების შანსს შეამცირებდა. დღევანდელი გადასახედიდანაც ჩანს, რომ გეოგრაფიული გარსი ყველაზე დიდი გამოწვევის წინაშეა და ეს გამოწვევა კაცობრიობაა. დადგა ახალი გეოლოგიური ერა, ყველაზე უკეთ, სწორედ ასეთ მომენტში ჩნდება დედამიწის უნიკალური უნარი აღსდგეს უდიდესი კატასტროფების შემდეგაც კი.

ავსტრალიაში არის უძველესი კატასტროფის ნაშთი, ბაქტერიული სტრომოტოლიტები, რომლებიც უძველესი დროის გამყინვარების შედეგად განადგურდა, ამით გზა გაეხსნა სიცოცხლის უფრო რთულ ფორმებს. მეორე მასშტაბური კატასტროფის კვალი ჩანს, მექსიკის ჯუნგლებში, ე.წ. „სინოტები“-ს ღრმულების სახით, რომლებიც ყველაზე საშინელი კატასტროფის მტკიცებულებაა. იგი წარმოდგენილია უზარმაზარი გამოქვაბულების კომპლექსით, რომლის მიწისქვეშა მდინარეთა სიღრმე 65 მ-ია, აეროფოტოსურათებიდან ჩანს ქაოტურად წრიულად განთავსებული სინოტები. ეს არის 65 მლნ წლის წინ ჩამოვარდნილი მეტეორიტის კრატერის საზღვარი, რომლის დიამეტრი 15 კმ იყო, სიღრმე კი-30 მ. კოსმოსში გაიფრქვა ქანების ვეება მასა, ამ კრატერს „ჩიცუ“ ეწოდება, სინოტები 1 მლნ წლის შემდეგ შეიქმნა კრატერის ნაპირებზე, კოსმოსში აფეთქების შედეგად გაბნეულმა ფერფლმა მოიცა და გააქუჩყყიანა მთელი ატმოსფერო, რაც დინოზავრების და ხმელეთის დანარჩენი ცოცხალი ორგანიზმების ამოწყვეტის მიზეზი გახდა, ამ დროს სიცოცხლე, მათ შორის, ჩვენი წინაპრებისაც, გაგრძელდა წყალში. ხმელეთზე სასიცოცხლო გარემოს აღდგენას რამდენიმე მლნ წელი დასჭირდა. დინოზავრების ამოწყვეტას მოჰყვა ახალი, უფრო განვითარებული ცოცხალი ორგანიზმების წარმოშობა. ე.ი. არ არსებობს ცუდი კარგის გარეშე.

ბიოსფეროს ძირითადი ფუნქციები გეოგრაფიულ გარსში.

ყველაზე დეტალურად, ბიოსფეროსა და ცოცხალი ორგანიზმების აღწერა შესძლო ვ.ვერნადსკიმ თავის შრომაში „ბიოსფეროს ქიმიური აგებულება და მისი გარემოცვა“(1987). სწორედ მის შეხედულებებზეა დაფუძნებული ბიოსფეროს თანამედროვე გაგება, ვინაიდან მან პირველმა აღწერა და დაასაბუთა ბიოსფეროს განსაკუთრებული როლი გეოგრაფიულ გარსში, მანამდე არავის მიუნიჭებია ამ უკანასკნელისთვის დედამიწის ზედაპირის გარდამქმნელის ფუნქცია, უფრო მეტიც, მცენარეები და ცხოველები ითვლებოდა ისეთ განცალკევებულ ორგანიზმებად, რომლებიც იძულებით ეგუებიან გარემო პირობებს და არ გარდაქმნიან მას, საერთოდ არ ერევიან მისი პროცესების მიმდინარეობაში. ამ შრომამ საფუძველი დაუდო ბიოსფეროს სისტემატურ მეცნიერულ შესწავლას, გაჩნდა ახალი შეხედულებანი და მოსაზრებანი, რომლის თანახმადაც, დედამიწის თანამედროვე სახე,

გეოგრაფიული გარსის ყველა კომპონენტი: ატმოსფერო, წყალი, ქერქის ამგებელი მასალის მთელი კომპლექსი თავის არსებობას და ქიმიურ შემადგენლობას უპირველეს ყოვლისა, ცოცხალ ორგანიზმებს უნდა უმაღლოდეს. რომელიც ვერნადსკის გაგებით, მაკავშირებელი რგოლია დედამიწასა და კოსმოსს შორის– კოსმოსიდან დედამიწაზე ოზონის ეკრანის მიერ ტრანსფორმირებული ენერგიის ხარჯზე ისინი გარდაქმნიან, აცოცხლებენ მკვდარ ნივთიერებებს, რითაც ქმნიან მატერიალური სამყაროს სულ ახალ–ახალ ფორმებს და ძლიერ აჩქარებენ დედამიწაზე მიმდინარე პროცესებს. გეოგრაფიული გარსი გასცემს ნივთიერებასა და ენერგიას ცოცხალი ორგანიზმებისათვის, ეს უკანასკნელნი კი მათ გადაამუშავებენ.

ვ.ვერნადსკიმ ჩამოაყალიბა ცოცხალი ორგანიზმების შემდეგი ფუნქციები: 1. სხვადასხვა სახეობის აირწარმომქმნელი, 2. ჟანგბადწარმომქმნელი, 3. მჟავური რეაქტივის. 4. კალციუმწარმომქმნელი, 5. აღმდგენელი, 6. მაკონცენტრირებელი, 7. ორგანული ნაერთების დამშლელი, 8. ხრწნის პროცესის წარმმართველი.

მოგვიანებით ა.პელერმანმა, ა ლაპომ, ა იაროშევსკიმ და სხვებმა, სცადეს ვერნადსკის ჩამონათვალის შევსება, მიუმატეს მას რამდენიმე ახალი ფუნქცია, ზოგიერთი მათგანი კი გააერთიანეს.

პლანეტარული ცოცხალი მასა, ანუ ბიოტა, გეოგრაფიული გარსის განვითარებაში სხვადასხვა ფორმით იღებს მონაწილეობას, იგი, როგორც მნიშვნელოვანი ფაქტორი, მოქმედებს იმისათვის, რომ შეინარჩუნოს და ოპტიმალურად მოირგოს თავისი საცხოვრებელი გარემო, ანუ შეასრულოს სხვადასხვა მისია.

აიროვანი ფუნქცია– ვერნადსკის მიმდევარი გეოქიმიკოსის ა. იაროშევსკის აზრით, ეს არის არა აიროვანი, არამედ კონკრეტულად ჟანგბადოვანი ფუნქცია. ჩვენი აზრით კი, არ შეიძლება ასე შევამციროთ ცოცხალი ორგანიზმების როლი, ვინაიდან სუნთქვისა და გარემოსთან ურთიერთობის შედეგად მიმდინარეობს არა მარტო ჟანგბადის, არამედ ნახშირორჟანგის, წყლის ორთქლის, აზოტის (მართალია მცირე რაოდენობით) და სხვა აირების გამოყოფა–შთანთქმა. ამ ფუნქციამ უზრუნველყო ატმოსფეროში, ლითოსფეროსა და ჰიდროსფეროში გახსნილი აირების არსებობა. ა. ბუსენგო და ი.გიუმა (1844) ცოცხალი ორგანიზმების გავლენას ატმოსფეროს აიროვან შემდგენლობაზე შემდეგნაირად ხსნიდნენ:

„სიცოცხლე ატმოსფეროს დანამატად შეიძლება ჩაითვალოს, ვინაიდან მისგან იღებს თავისი ნივთიერებების უმეტეს ნაწილს, ხოლო სიკვდილს შემდეგ უკან უბრუნებს იგივე ნივთიერებებს“. ვ. ვერნადსკი კი ასკვნის: „სიცოცხლე უეჭველად მეტია, ვიდრე ატმოსფეროს დანამტი, იგი აქტიურად ცვლის ტროპოსფეროს, ამდიდრებს რა მას ნივთიერებებით, რომლებიც მოიცავს მთელ მის ქიმიურ შემადგენლობას“. ვ. ბლაგოტოვის აზრით, ატმოსფეროში ჟანგბადის არსებობის ორი ძირითადი წყაროა; 1. ეს არის ფოტოსინთეზი და 2. წყალქვეშა ბაზალტური მაგმატიზმი. ბევრი ქიმიკოსის აზრით, ჟანგბადის დიდი ნაწილი, რომელიც ატმოსფეროში ხვდება, ჟანგეულებისა და მათი შენაერთების სახით, სხვადასხვა ქანებშია განამარხებული. ორგანული ნივთიერებების წარმოშობა ხმელეთსა და ოკეანეში პირადაპირ უკავშირდება მზის სხივების ზემოქმედებას ქლოროფილზე, რომელიც მწვანე მცენარეულობაშია. ყოველი მლნ ფოტონიდან, რომელიც მზიდან გეოგრაფიულ გარსში ხვდება, მხოლოდ 100 იხარჯება საკვების წარმოქმნაზე, აქედან 60–ს ხმელეთის მცენარეულობა მოიხმარს, ხოლო 40–ს კი–ოკეანის ფიტოპლანქტონი, მზის სხივების ეს ნაწილი ჩვენი პლანეტის ორგანული ნივთიერებებით მომარაგებას უზრუნველჰყოფს. ფოტოსინთეზი მიმდინარეობს გარკვეულ ტემპერატურულ პირობებში, კერძოდ, 3–35° C–ით. თანამედროვე ჰავის პირობებში ხმელეთის მცენარეულობას 133, 4 მლნ კვ.კმ უჭირავს, დანარჩენზე კი მყინვარები, წყალსატევები, შენობა–ნაგებობები და სხვაა განლაგებული (Л. Шубаев, 1977). ვარაუდობენ, რომ ოკეანის ბიომასა ბევრად ნაკლებია ხმელეთისაზე, მაგრამ მისი პროდუქტიულობა 328–ჯერ სჭარბობს ამ უკანასკნელისას, რასაც წყალმცენარეების სწრაფი თაობათა ცვლით ხსნიან (А. Рянчиков). ითვლება, რომ ბიომასის საერთო რაოდენობა 2 ტრილიონ 400 მლრდ ტონას აღწევს (Горшков ვ. 1996).

ენერგეტიკული ფუნქცია – ოკეანის თუ ხმელეთის ცოცხალი ორგანიზმები უდიდეს ზეგავლენას ახდენს დედამიწის ენერგიაზე, არასწორია აზრი იმის შესახებ, რომ ცოცხალი სამყაროს ენერგოფუნქცია მხოლოდ ფოტოსინთეზით და ჰემოსინთეზით შემოიფარგლება, ბიოტას, როგორც ენერგომატარებელს, ბევრად უფრო მეტი როლი ენიჭება ბიოსფეროში.

მზის ენერგიის სიდიდე 12×10^{33} ჯოულია წამში. დედამიწა მხოლოდ მის მცირე ნაწილს იღებს, კერძოდ, მთელი ენერგიის მემილიარდედი წილის $\frac{1}{4}$, ანუ $3, 6 \times 10^{26}$ ჯოული წამში. ოზონის ეკრანის მიერ გადამუშვებულ ულტრამოკლეტალლოვან და ულტრაიისფერ რადიაციაზე მოდის მთელი შემოსული ენერგიის 8%, სპექტრის ხილულ ნაწილზე– 56% და

ახლო ინფრაწითელზე – 36%. დედამიწის ზედაპირი და ატმოსფერო მზის რადიაციის მოკლექტალღოვანი ნაწილის 28% აირეკლავს, ეს არის ალბედო, დანარჩენი 72% ათბობს დედამიწას და მისგანვე გამოსხივდება მოკლე ტალღების სახით. ამ რადიაციის მცირე ნაწილი მაშინვე გაედინება კოსმოსში, უმეტესი კი ატმოსფეროდან ისევ დედამიწაზე ბრუნდება.

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, საშუალო გლობალური ტემპერატურა $+15^{\circ}\text{C}$ -ის ტოლია, მაგრამ იქნებოდა -18°C , რომ არა წყლის ორთქლი, ნახშირორჟანგი, მეთანი, ოზონი და ფრეონი კელვინის მიხედვით აბსოლუტურ ნოლამდე ათბობს ატმოსფეროს, რაც უდრის -273°C -ით. ამით ხაზგასმითაა მითითებული, რომ ჩვენი პლანეტის ზედაპირი მზის მოლექტალღოვანი რადიაციით თბება პირობითად აბსოლუტური ნულიდან, ანუ -273°C -დან -18°C -მდე, შემდეგ კი მას ემატება ატმოსფეროდან დედამიწისაკენ სათბურის ეფექტით გამოშვებული გამოსხივება და ასე აღწევს $+15^{\circ}\text{C}$ -ს. პროკარიოტი ჰემოსინთეტიკები, რომლებიც ეგუებიან მაღალ ტემპერატურას, ცოცხლობენ $70-120^{\circ}\text{C}$ -ით. დაახლოებით 3 მლრდ წლის წინ ნახშირორჟანგმა ატმოსფეროში დაიწყო კლება, ამის მიზეზი გახდა პროკარიოტი ჰემოსინთეტი ბაქტერიების ჩონჩხისაგან კარბონატული ქანების წარმოქმნა, ნახშირორჟანგი სწორედ ამ ქიმიურ რეაქციაში იღებდა მონაწილეობას. ამან ისე შეასუსტა სათბურის ეფექტი, რომ საშუალო გლობალური ტემპერატურა $+4^{\circ}\text{C}$ -ით დაიკლო და $+10^{\circ}\text{C}$ -მდე დაეცა და დაიწყო პირველი გამყინვარება დედამიწის ისტორიაში. აქვე აუცილებლადაა გასათვალისწინებელი, რომ ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის, მეთანის, ნახშირმჟავას სხვა გაზების ემისიას ხელს უწყობს ბიოლოგიური პროცესები, ე.ი. სათბურის ეფექტი პირდაპირ კავშირშია ცოცხალ ბუნებასთან, აქვე დავძენთ, რომ ცალკეული გეოლოგიური პერიოდების არაორგანული ბუნებრივი პროცესებიც (მაგ., ვულკანიზმი) დიდ გავლენას ახდენს ატმოსფეროს სათბურის ეფექტზე.

ცოცხალი ორგანიზმები ზრდიან დედამიწის ზედაპირის მიერ შთანთქმული მზის რადიაციის რაოდენობას, ამცირებენ რა ხმელეთის და ოკეანის ალბედოს, მაგალითად, გამომშრალი, შიშველი ნიადაგიდან, ან თოვლიან- მყინვარიანი ზედაპირიდან არეკლილი მზის რადიაცია უფრო მეტია, ვიდრე ტყიდან, მინდვრიდან, პლანქტონით მდიდარი ოკეანის ზედაპირიდან, ან სხვა ცოცხალი მასით სავსე ადგილიდან. ალბედოთა შორის სხვაობა ათეულობით პროცენტია. ცოცხალი ორგანიზმების ენერგეტიკული ფუნქცია იმაშიც

გამოიხატება, რომ მკვდარი ორგანული მასის ნაწილი ხანგრძლივი დროით ინახება ბიოსფეროს სხვადასხვა დანაყოფში, თავისებურ ბუნებრივ რეზერვუარში, რომელსაც დეპონენტურ გარემოსაც უწოდებენ, ეს არის ნიადაგი, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ოკეანე, ფსკერის შლამი, მყინვარი, ატმოსფერო და სხვ. რომელთა რაოდენობის განახლებას ათასწლეული სჭირდება. ბევრი გაფანტული, გაბნეული ენერჯის კონცენტრაცია და აკუმულაცია ბიოგენური წარმოშობის დანალექ ქანებში მოხდა (ტორფი, საწვავი ფიქლები, ქვანახშირი, მურა– ნახშირი, ნავთობი და ბუნებრივი აირი).

არსებობს მოსაზრება, რომლის მიხედვით ნავთობ–გაზიანი საბადოები არაორგანული მასალისგან წარმოიქმნა, მაგრამ ბევრი მკვლევარი, მათ შორის ვ. ვერნადსკი, მტკიცედ იზიარებენ აზრს ნავთობის ბიოგენეტური წარმოშობის შესახებ, ვინაიდან ამის დასამტკიცებლად უფრო მეტი არგუმენტია, ვიდრე საწინააღმდეგო, თუნდაც ის, რომ ნავთობის შემადგენლობაში სრულადაა შემონახული, ან რამდენადმე ტრანსფორმირებული ბიომოლეკულები. რომელთა შესწავლაც საშუალებას იძლევა აღვადგინოთ ნავთობწარმოქმნის ისტორია. ვერნადსკი ბიოტის ენერგეტიკულ თვისებებში ხედავს შიდა გეოსფეროების ფუნქციური დანიშნულების გასაღებს, იგი აღნიშნავს, რომ არა მარტო კლიმატოლოგიასა და მეტეოროლოგიაში, არამედ გეოქიმიასა და მინერალოგიაში მიმდინარე ცვლილებები, ანუ ქიმიური პროცესები უკავშირდება არა მხოლოდ დედამიწის და მისი ქერქის შიდა ფენების ენერჯიას, არამედ მზის ენერჯიას, ანუ კოსმოსურს და ამ ცვლილებების მთავარი ფაქტორი არის სიცოცხლის ფენა, ანუ ბიოსფერო. რომელშიც თავმოყრილი ორგანიზმები გვევლინება აღნიშნული ენერჯის აკუმულატორად, ხოლო შემდეგ, გეოქიმიურ და მინერალოგიურ პროცესებში გამანაწილებლად, ტრანსფორმატორად. ცხადია, რაც უფრო უკეთ გვეცოდინება ცოცხალი ორგანიზმების ენერგეტიკული თვისება, მით უფრო ადვილად გავშიფრავთ დედამიწის ქერქში მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს.

ფილტრაციული ანუ გამწმენდი ფუნქცია. ცოცხალი ორგანიზმები პირდაპირ ან არაპირდაპირ მონაწილეობენ დედამიწის წყლის რესურსების ხარისხის გაუმჯობესება– აღდგენაში. პლანეტარული მნიშვნელობა ენიჭება ჰიდრობიონტებს რომელთაც **ბიოფილტრატებს** უწოდებენ და რომლებიც ბუნების ე.წ. „ბუნების სასწაულად“ ითვლება, ისინი ოკეანის ზედაპირს ბალასტისაგან წმენდენ. ერთი წლის განმავლობაში ოკეანური ზოოპლანქტონისაგან 18 მლნ კუბ. კმ წყლის მასა იფილტრება და იწმინდება (Горшков,

1997წ.). ზოოპლანქტონი, ზედა 500 მ-იან ფენაში საკვებად იყენებს და აქუცმაცებს ბალასტს, მათ მიერ გადამუშავებული მასალა მძიმდება, ეშვება ფსკერისაკენ, სადაც ხელმისაწვდომი ხდება აქტიურად მცურავი, ე.წ. “ნექტონისათვის“ (თევზები და სხვ.), რომლებიც ბოლომდე ასრულებენ წყლის გაწმენდის ფუნქციას. რომ არა ზემოაღნიშნული, ოკეანის ზედაპირი მზის სხივებს და ენერგიას ღრმა ფენებში ვერ გაატარებდა, ასევე ვერ მოახდენდა მის აკუმულირებას და მით უმეტეს– გაცემას. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ხმელეთის წყლების გაფილტვრა–გაწმენდა. ცნობილია, რომ სასმელად ვარგისია არა წვიმის წყალი, არამედ მხოლოდ წყალშემცველი მიწისქვეშა ჰორიზონტებიდან გამოსული წყალი, ვინაიდან გაწმენდილია მარილებისა და სხვა დამაბინძურებელი მინერალებისაგან. აღნიშნული მიწისქვეშა, ბუნებრივი წყალმწმენდი „ლაბორატორიის“ მუშაობაში აშკარად იღებს მონაწილეობას ბიოსფეროს სხვადასხვა რანგის წარმომადგენელი. ჩვენთვის ცნობილია, რომ ბაიკალის ტბა მტკნარი წყლის ვეება მარაგს ინახავს, მისი სიმტკნარე განპირობებულია ტბის ქვაბულის ტექტონიკური გენეზისით, ვინაიდან ქვაბული წარმოქმნილია კრისტალური ქანების რიფტულ რღვევაში, მაგრამ არანაკლები მნიშვნელობის არის მეორე ფაქტორი, ეს არის წყალშემკრები აუზის დიდი ტყიანობა და ტბაში მცხოვრები კიბორჩხალა ეპიშურა, რომელიც უდიდეს როლს თამაშობს ტბის წყლის გაწმენდაში.

ნებისმიერი წყალი, როგორი მღვრიე და მინარევებით გაჯერებულიც უნდა იყოს, გაივლის რა ტყის მასივს, ხდება გამჭვირვალე, უმჯობესდება მისი გემო და სუნის, მცირდება წყალში ნიტრატები, ამიაკები, პესტიციდები. განსაკუთრებული გამწმენდი ეფექტი გააჩნია ფიჭვნარს, არყნარს და ცაცხვიან ასოციაციებს, მაგალითისათვის აღვნიშნავთ, რომ სამოვრებიდან ჩამონადენ 1 ლიტრ წყალში აღმოჩენილია 920 ნაწლავის ჩხირი, ხოლო შერეული ფოთლოვანიდან კი–23 ჯერ ნაკლები (Побединский,1979).

შეუფასებელია ცოცხალი ორგანიზმების მიერ ატმოსფეროს ფილტრაცია–გასუფთავების ფუნქცია. უკანასკნელი, ანუ მეოთხეული გამყინვარების დროს ანტარქტიდის თავზე ჰაერში მტვირს ნაწილაკების რაოდენობა 8–30–ჯერ მეტი იყო, ვიდრე დღეს, ხოლო ჩრდილო და ცენტრალური ანდების თავზე კი– 200–ჯერ მეტიც. საშუალო გლობალური ტემპერატურა 5°C–ით იყო, მკვლევარები ვარაუდობენ, რომ ჰაერში მტვირის რაოდენობის ზრდა გამოიწვია ატმოსფეროს დაძაბულობამ, გაჯერებამ და დიდ ფართობებზე მცენარეულობის უქონლობამ.

წყალმარეგულირებელი ფუნქცია. აღნიშნული პროცესი მიმდინარეობს სისტემაში: მცენარეული საფარი–ნიადაგი–ნიადაგქვეშა გრუნტი, რომელიც ტენის ერთიანი წყალშემკრები რეზერვუარია; ამ სისტემის ზედაპირული და ძირითადად კი მიწისქვეშა ჩამონადენისაგან იკვებება მდინარე, ოკეანე და წყლის ნებისმიერი სხვა ობიექტი. ზამთრის პერიოდში თოვლის უმეტესი მარაგი ტყიან ზონაში უფრო ინახება, ვიდრე უტყეოში, ვინაიდან ამ უკანასკნელში ხდება თოვლის გაფანტვა ქარისაგან. ტყიანი მასივი ფილტრავს და თან ინახავს ტენს, ე.ი. არეგულირებს მის განაწილებას დიდი ხნის განმავლობაში.

კონცენტრაციული ფუნქცია. ამ ფუნქციაში ვკერნადსკი გულისხმობდა ცოცხალი ორგანიზმების თავისებას გარემოსგან შერჩევით მიიღოს გარკვეული ქიმიური ელემენტები და მოახდინოს მათი კონცენტრაცია. ამ კუთხით განსაკუთრებით აღსანიშნავია კალციუმის მარილების გამოყოფა ბაქტერიების, წყალმცენარეების, ერთუჯრედიანების, ხავსების, მაღალი კლასის მცენარეთა მიერ, რამაც წარმოქმნა უდიდესი რაოდენობის კირქვა, ცარცი და ტუფი ჰაერიდან მცენარე იღებს ბევრ დამაბინძურებელ აირს (ფტორიანი წყალბადი, გოგირდის ოქსიდი, ქლორი, აზოტმჟავას აირები, წყალბადის ორჟანგი და სხვ.). ბიოტის მიერ წყალშიც მიმდინარეობს მინერალების შერჩევა და კონცენტრაცია, ასე მაგ., კალციუმის ნახშირმჟავა მარილები, მაგნიუმი, სტრონციუმი, კაჟმიწა, ფოსფატები, იოდი, ფტორი და სხვ. შერჩევა მეტად თავისებურია, მიუხედავად იმისა, რომ მაგნიუმის შემადგენლობა ზღვის წყალში უფრო მეტია, ვიდრე კალციუმისა, ხოლო კაჟი სულაც ერთეული მილიგრამებია, ჰიდრობიოტა რატომღაც თავის ჩონჩხს მაინც კალციუმისა და კაჟისაგან აგებს და არა მაგნიუმისაგან.

ლითოსფეროში ცოცხალი ორგანიზმების საშუალებით ძლიერ იზრდება ამა თუ იმ მინერალის კონცენტრაცია, ასე მაგ., მანგანუმის 1 მლნ 200 000–ჯერ, რკინის 650 000–ჯერ, ვანდანიუმის 420 000–ჯერ, ვერცხლის 240 000–ჯერ, ასე, რომ ცოცხალი ორგანიზმები მონაწილეობას იღებს სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გამდიდრებაში. ა ხაზაკოვი და ლაპო (1987) აღნიშნავენ, რომ ბაქტერია არ ითვლება საბადოს ერთპიროვნულ შემოქმედად, არამედ იგი გვევლინება ბუნებრივ–ტექნოლოგ გამადიდებლად.

ნიადაგურ-ელუვიური ფუნქცია. ნიაგის, როგორც დამოუკიდებელი ერთეულის გამოყოფა, სადაც ყველაზე მკაფიოდაა განსხეულებული ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნება, ეკუთვნის ვ. დოკუჩაევს.

ნიადაგის ქვეშ სხვადასხვა გენეზისის დედაქანი ძეგს. თუ რა როლი ენიჭება ცოცხალ ორგანიზმებს ნიადაგის წარმოქმნაში, ნათლად გვიჩვენებს გამოფიტვის ქერქის შესწავლა. ხმელეთის ზედა საფარს, რომელშიც შედის ნიადაგი, ცოცხალი ორგანიზმები და დედაქანის ზედა ნაწილი, გამოფიტვის ქერქი ეწოდება. მისი ყველაზე სპეციფიური თავისებურება კი ბიოლოგიურ წრებრუნვაში აქტიური მონაწილეობაა. ნიადაგური ორგანიზმები ცვლის ნიადაგის თვისებას და ორგანულ მასალას ანაწილებს მის სხვადასხვა ფენაში, ამის მაგალითად გამოდგება ნეშომპალა და ე.წ. „წვიმის ჭიების“ ანუ ჭიაყელების მიერ გამოყოფილი ორგანულ-მინერალური აგრეგატი კოპრულიტი, რომელიც ნიადაგს მტკიცეს ხდის, ზრდის მის მდგრადობას, ქმნის რა მსხვილ კონსისტენციებს, ვინაიდან ფუძდება და იბერება. კოპრულიტის მეშვეობით ნიადაგი ხდება წებოვანი და არ ემორჩიება გამოქარვას, ანუ დეფლაციას.

დესტრუქციული ფუნქცია. დედამიწაზე ჟანგვითი პროცესების დაწყებას დასაბამი მისცა მწვანე მცენარეულობისაგან ფოტოსინთეზის შედეგად ატმოსფეროში ჟანგბადის ემისიამ; ჟანგვითმა პროცესებმა ბევრი ელემენტის წარმოშობა განაპირობა. ბიოგენური დესტრუქცია, ანუ ორგანიზმების თვისება გახრწნას, დაჟანგოს და დაშალოს ნივთიერება, თითქმის ბოლომდე განვიხილეთ წინა ფუნქციების აღწერისას. აღვნიშნეთ, რომ ორგანული ნივთიერების დაშლისას გამოიყოფა აირები: მეთანი, გოგირდწყალბადი და სხვ. ანუ ხორციელდება აიროვანი ფუნქცია. ლიქენების ფესვურები, ე.წ. „გიფები“ ახდენს პირველადი მინერალების მცირე ხარისხით დანაწევრებას, აღწევს რა მასში 1–2 მმ–ის სიღრმეზე, მაგრამ ამ მცირე დანაწევრების შემდეგაც კი იწყება ქანების ბიოფიზიკური დეზინტეგრაცია და ნაპრალებში ფეხს იკიდებს მაღალგანვითარებული მცენარის ფესვი. მკვრივი დედაქანის დაშლა ყველაზე გავრცელებული ნიადაგ-ელუვიური ფუნქციაა. დედამიწის ცოცხალ გარსში ყოველდღიურად წარმოიქმნება მილიონობით ტონა მცენარეული ნივთიერება (მარტო ხმელეთზე 55 მლრდ ტ. Л. Шыраев,1977). კვდომის შემდეგ მათი 90% გადადის აიროვან ფაზაში, ხოლო დანარჩენი მინერალური ნართების სახით განამარხდება დედამიწის ქერქში, მაგ., ქვანახშირი.

არის შემთხვევები, როდესაც ბიოტა თვითონ ხდება დესტრუქციის პირდაპირი ფაქტორი და არა მიზეზი, ასე მაგ.: წყალსატევების კარბონატულ ქანებში გვხვდება წყალმცენარეები და მბურღავი ციანო-ბაქტერიები, რომელთა საშუალებით ბიოლოგიურ მიმოქცევაში ბრუნდება არა მარტო კალციუმი, არამედ მაგნიუმი და ფოსფორი. მსხვილმარცვლოვანი მასალის დაშლაში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიკროორგანიზმების მოქმედებას, შვერილები, ლოდები, კენჭები, სუბაქვალურ პირობებში გაცილებით სწრაფად ირეცხება და მრგვალდება იმის შემდეგ, რაც მიკროორგანიზმები მათი შემადგენლობიდან კაჟმიწას გამოიტანენ. მიკროორგანიზმების დესტრუქციულ ფუნქციას ხშირად დიდი ეკონომიკური ზარალის გამოწვევა შეუძლია, ასე მაგ., თუ გრუნტის წყლებში არსებობს ამონიუმის შენაერთი, ან შლამისაგან დაგროვილია გოგირდწყალბადი, თიონური ბაქტერია წყალქვეშა ბეტონის ნაგებობას აქტიურად შლის, ვინაიდან იწვევს გოგირდწყალბადის მჟავად გადაქცევას, ამ უკანასკნელს კი მეტად დამანგრეველი თვისება გააჩნია.

სატრანსპორტო ფუნქცია. . სატრანსპორტო ფუნქცია 2 სახისაა 1) ზომასის მიერ ელემენტების აქტიური გადატანა, ანუ **ანადრომული ფუნქცია**. ამის მაგალითია სარანჩის გუნდის გადაფრენა, რომლის მასა ზოგჯერ 44 მლნ ტონას და უფრო მეტსაც შეადგენს. ცნობილია ფაქტი (1889) როდესაც ჩრდილო აფრიკის სანაპიროდან წითელი ზღვის გავლით არაბეთში გადაფრინდა სარანჩის გიგანტური გროვა, პროცესი მთელი დღე გრძელდებოდა. ვ.ვერნადსკი აღნიშნულ ფაქტში ხედავდა ცოცხალი ორგანიზმების ჰაერის მასების მოძრაობასთან შეთავსებულ დიდ მანძილზე მიგრაციას. 2) ტრანსპორტირების ხვა სახედ შეიძება ჩაითვალოს ბიომასის პასიური გადატანა წყლით, გრუნტით, ჰაერის მასებით, ასე მაგ., სტეპებსა და ნახევარსტეპებში ხმელი ბურბურას ბულულებების გადატანა ქარის მიერ, ასევე მცენარეული მტვერის, თესლის და სხვა ბიომასის გადატანა მწერების, ფრინველების, წყლის, ჰაერის მასების და გრუნტის მიერ. მკვდარი ორგანიზმების დიდი მასა გროვდება ჩადაბლებებში, სხვადასხვა წყალსატევებში, რაც ხშირად აფუჭებს წყლის ხარისხს. ვ.ვერნადსკის აზრით (1926) : „დედამიწის ზედაპირზე არ არებობს ქიმიური ძალა, უფრო მუდმივმოქმედი და ამიტომაც უფრო ყოვლისშემძლე თავის საბოლოო შედეგით, ვიდრე ცოცხალი ორგანიზმები ერთად აღებული“. ცოცხალი ორგანიზმების ზემოქმედება იწვევს, როგორც ქიმიურ, ისე ფიზიკურ პროცესებს, რაც საერთო ჯამში ბიოსფეროს დინამიკაა. ძნელი შესამჩნევი არ არის, რომ ბიოსფეროს საზღვრები საერთო ჯამში სწორედ

გეოგრაფიული გარსის საზღვრებს ემთხვევა, არა მარტო სივრცობრივად, არამედ მატერიალურ-ენერგეტიკულადაც, ბევრ ავტორს ეს უფლებას აძლევს გააიგივოს „ბიოსფერო“ და ‘გეოგრაფიული გარსი“. ჩათვალოს სინონიმებად (К Марков, Горшков и др.). მაგრამ ჩვენის აზრით, გეოგრაფიული გარსი, ბევრად უფრო ფართო მასშტაბისაა, ვიდრე ბიოსფერო, ვინაიდან სიცოცხლე და ბიოსფერო დედამიწაზე მხოლოდ მაშინ წარმოიშვა, როდესაც გეოგრაფიულმა გარსმა მიაღწია ამისთვის აუცილებელ განვითარების დონეს. ცოცხალი ორგანიზმების და ბიოსფეროს ევოლუცია მიმდინარეობს და ემორჩილება (ადამიანის გარდა) გარკვეულ პირობებს, რომელსაც მას გეოგრაფიული გარსი უქმნის. ვინაიდან ამ უკანასკნელს გააჩნია ბევრი ისეთი თვისება და ბუნებრივი სისტემა, რომელიც გენეტიურად არ არის დაკავშირებული ბიოსფეროსთან, მაგრამ აუცილებელია სიცოცხლის არსებობისათვის; ასეთია თუნდაც ატმოსფერო და მისი ცირკულაცია.

ამრიგად, შეიძლება ჩამოვყალიბოთ გეოგრაფიული გარსის შემდეგი პარადიგმა:

გეოგრაფიული გარსი ეს არის ბუნებრივი წარმონაქმნი, ერთიანი და მთლიანი, სფეროსებური ფორმის მქონე მატერიალურ-ენერგეტიკული სისტემა, რომელიც შეიქმნა და ვითარდება ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს და ბიოსფეროს ურთიერთზემოქმედებით და რომელზეც განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მნიშვნელოვანწილად ზემოქმედებს ნოოსფერო.

სითბოს მიმოქცევა ბიოსფეროში

მცენარეებში ფოტოსინთეზის რეაქციას მზის რადიაცია წარმართავს, ოღონდ სინათლის მოთხოვნა ცალკეულ ორგანიზმებში არაერთგვაროვანია. ზოგიერთი მცენარე სიბნელეს საერთოდ ვერ იტანს, მეორენი კი პირიქით –საჭიროებენ მას. მწვანე მცენარეთათვის მნიშვნელოვანია არა მარტო მზის რადიაციის რაოდენობა, არამედ მისი ხანგრძლივობაც; ასე მაგ : მზის სინათლის ხანგრძლივობის შემცირებისას თამბაქოს, სოიოს, ლობიოს და სიმინდის რეაგირება დაჩქარებული ყვავილობა და მსხმოიარობაა, იმ დროს ,როდესაც ხორბალი, შვრია, სელი და ჭვავი მხოლოდ ხანგრძლივი სინათლის პირობებში ყვავილობს. საერთოდ სინათლის უკმარისობა კი მცენარეთა დაღუპვას იწვევს. მცენარის

ფოთოლი შთანთქავს მასზე დაცემული მზის რადიაციის 75%, აქედან ფოტოსინთეზს ხმარდება 1–5%, დანარჩენი კი ფოთლის გათბობასა და ტრანსპირაციაზე იხარჯება. ტყეში მზის რადიაცია დიდ ფართობზე ნაწილდება, ენერჯის დიდი ნაწილი ხმარდება აორთქლებას და ფიზიოლოგიურ პროცესებს, ამიტომ დღისით ტყეში ჰაერის ტემპერატურა ბევრად უფრო დაბალია, ვიდრე მინდორში, ღამით კი – პირიქითაა. სითბური რეჟიმის თავისებურება ტყის არეალში მიმდინარე ყველა პროცესზე აისახება: თოვლის დნობა, იმის მიხედვით თუ როგორი სიხშირისაა ტყე, 5–25 დღით იგვიანებს. რასაც ნადნობი წყლის ჩამონადენის შეყოვნება და ნიადაგურ საფარსა და გრუნტში მისი ინტენსიური ინფილტრაცია მოსდევს.

არსებობს მოსაზრება, რომ მცენარეს საშუალოდ 0–დან 70°C ტემპერატურის პირობებში შეუძლია იარსებოს (ქვედა საზღვარი ორგანიზმებში წყლის გაყინვის ტემპერატურაა, ხოლო ზედა–ზოგიერთი მცენარეული ცილის შედედების, აჭრის ტემპერატურულ ზღვრად ითვლება), სინამდვილეში მცენარეს გააჩნია უნარი იარსებოს უფრო დიდი ტემპერატურული ინტერვალის პირობებშიც, ვინაიდან იგი შეიცავს არა სუფთა წყალს, არამედ ხსნარს. ეს უკანასკნელი კი მხოლოდ მეტად დაბალი ტემპერატურის დროს იყინება. ორგანიზმის კაპილარებში არსებული სუფთა წყალი მეტისმეტად ცოტაა იმისათვის, რომ გაყინვით მცენარის დალუპვა გამოიწვიოს; ისეთი მცენარეები, როგორიცაა არყის ხე, ცირცელი (იგივე ჭნავი), მურყანი (ანუ თხმელა) უძლებს –20°C–ს, მუხა და წიფელი კი – – 25°C–ით. დაბალი ტემპერატურების დროს ზოგიერთ მცენარეში ხდება წყლის შემცირება, ან შაქრის კონცენტრაციის მომატება, რაც გაყინვას აფერხებს; შეგუების სხვა სახეა ზრდის შეჩერება ანუ „ზამთრის ძილი“. შედარებით დაბალი რანგის მცენარეები კი თესლის, ძირხველების, ბოლქვების ან სპორების სახით გამოიზამთრებენ; სოკოს გამომშრალი სპორები ლაბორატორიულ პირობებში რამდენიმე დღე უძლებს –253° C ით. საერთოდ ცნობილია, რომ მაღალი ტემპერატურა ბევრად უფრო საშიშია მცენარისათვის, ვიდრე დაბალი, ვინაიდან ამ დროს მიმდინარეობს არა მარტო ცილების შედედება, არამედ სუნთქვისას ძლიერ იზრდება CO²–ის ასიმილაცია და ორგანიზმებში ყალიბდება ორგანული ნივთიერებების უარყოფითი ბალანსი. მაღალი ტემპერატურის დროს სწრაფად ილუპება მიკრობებიც, ბაქტერიები, რომლებიც სპორებით არ მრავლდება, 50–60° C–ით

ტემპერატურაზე ნახევარ საათში იღუპება, მაშინ როდესაც თერმოფილი ბაქტერია უძლებს ძალიან მაღალ ტემპერატურას.

ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებებს ცხოველებიც სხვადასხვაგვარად ეგუებიან; ასე მაგ: მხოლოდ ყველაზე დიდი ზომის საიმპერატორო პინგვინი რჩება ზამთრის განმავლობაში ანტარქტიდაში საცხოვრებლად, სადაც ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა -60°C -ით, ხოლო მათი სხვა სახეობები, როგორცაა თუნდაც მცირე ზომის გალაპაგოსის პინგვინი, ეკვატორამდეც კი აღწევს. მაკმერდოს მშრალ ხეობაში, რომელიც ტრანსანტარქტიკის მთების ძირში მდებარეობს და მეტსახელად „ქარბუქის ხეივანი“ ეწოდება. შტორმის ძალის ქარის სიჩქარე 160 კმ/სთ აღწევს და იგი რამდენიმე კვირა, ზოგჯერ მთელი წლის განმავლობაშიც გრძელდება, პინგვინები ქარბუქისაგან გადასარჩენად ერთად გროვდებიან. მამრი პინგვინები პერიოდულად ერთმანეთს ენაცვლებიან და კიდიდან კოლონის შიგნით გადადიან, სადაც ტემპერატურა რამდენიმე ათეული გრადუსით მაღალია. პინგვინის ფრთებიც განსაკუთრებული სტრუქტურისაა: დაფარულია უხეში ბუმბულით, რომლის ძირში არსებული ღინღლი თბილ ჰაერს აკავებს, ხოლო ცხიმოვანი წვერი კი სიცივეს და წყალს არ ატარებს. რაც შეეხება სხვაგან მცხოვრებ ცხოველებს, ზოგიერთს ზამთარში უფრო ხშირი ბეწვი ეზრდება, ზოგი მათგანი კი ზამთრის ძილს ეძლევა. მაღალი ტემპერატურების ზონაში მცხოვრებ ცხოველებს გრძელი კიდურები და ყურები ეზრდებათ. ისინი ძირითადად ღამის აქტიურ ცხოვრებას ეწევიან, როცა ტემპერატურა საგრძნობლად იკლებს; ზოგიერთი მათგანი დღის ხვატს მიწაში ღრმად გათხრილ სოროში ემალება.

ტენის მიმოქცევა ბიოსფეროში. ტრანსპირაცია

მცენარისათვის ტენის ძირითად წყაროს წარმოადგენს მის მიერვე შთანთქმული წყალი წარმოადგენს; ტენის გასავალი კი უმეტესად ტრანსპირაციით, ანუ მცენარის მიერ წყლის აორთქლებით მიმდინარეობს. წელიწადის თბილი სეზონების დროს დედამიწის უმეტესი ნაწილი მცენარეულითაა დაფარული; ტრანსპირაციის სიდიდე დამოკიდებულია ამ მცენარეთა ფოთლების ზომასა და მათზე არსებული ხვრელების რაოდენობაზე, განათების

ინტენსივობაზე, ჰაერის ტემპერატურასა და ტენიანობაზე, ქარის სიჩქარესა და სხვა მრავალ კომპონენტზე.

ტრანსპირაცია საკმაოდ რთული ბიოლოგიური პროცესია; ამ დროს მცენარე ნიადაგიდან ფესვებით წყალს შეიწოვს და ქვემოდან ზემოთ მთელ სისტემაში ანაწილებს, მათ შორის ფოთლებში, რომლის ფუნქციას სწორედ ტრანსპირაცია წარმოადგენს. მცენარისათვის ყველაზე ხელმისაწვდომი ძირითადად კაპილარული და ნაწილობრივ აპკისებური წყალია. ზოგჯერ იგი გრავიტაციულ წყალსაც იყენებს. მცენარის ფესვები უფრო ადვილად შეიწოვს თბილ წყალს, ვიდრე ცივს, ვინაიდან დაბალ ტემპერატურაზე წყალი ბლანტი ხდება, რაც პლაზმის წყალგამტარობას ამცირებს. პოლარული მხარის მცენარეებს $-1,5^{\circ}\text{C}$ -იანი ტემპერატურის წყალიც შეუძლიათ შეიწოვონ. მაღალი რანგის მცენარეები წყალს ფესვებით იღებენ, ხოლო სამხრეთ ამერიკის ტროპიკების ლიანები, რომლებიც სხვა მცენარეებზე ცხოვრობენ, წყალს ფოთლებითაც ისრუტავენ.

ჰაერი რაც უფრო მეტად ტენიანია, მცენარე მეტად ამცირებს ტრანსპირაციას, ხოლო ინტენსიური აორთქლების შემთხვევაში კი ფესვებით მეტ წყალს შეიწოვს. ტენის შემოსავალ-გასავლის ბალანსს დიდი მნიშვნელობა გააჩნია, ვინაიდან ინტენსიური ტრანსპირაციის დროს მცენარე წყლით მდიდარ გარემოშიც კი განიცდის ტენის უკმარისობას და იწყება მისი ფიზიოლოგიური ხმობის პროცესი, რადგან ირღვევა ბალანსი ფესვების მიერ წყლის შეწოვის შესაძლებლობასა და ტრანსპირაციას შორის.

მცენარეზე თვალნათლივ აისახება წყლით კვების რეჟიმის თავისებურება.

ჰიდროფიტი ისეთი მცენარეა, რომლის მხოლოდ ქვედა ნაწილია წყალში მოქცეული (ლერწამი, ბრინჯი).

ჰიგროფიტები იზრდება დაბურული ადგილების წყლით გაჯერებულ ნიადაგში, სადაც ჰაერის ტენიანობაც მაღალია (გვიმრა, შვიტა).

მეზოფიტები ისეთი მცენარეებია, რომელთაც ესაჭიროებათ ზომიერად ტენიანი ჰავა და ნიადაგი.

ქსეროფიტები იზრდება მშრალ, მეტისმეტად მცირე რაოდენობის ტენის შემცველ ადგილებში.

სიმშრალისადმი გამძლეობა პლაზმის განსაკუთრებული თვისებაა, რომლის დროსაც მცენარე ნიადაგიდან მაქსიმალურად იწოვს წყალს და, ამავე დროს, ამცირებს ტრანსპირაციას. ზოგიერთ ქსეროფიტს გააჩნია დატოტვილი ფესვთა სისტემა, რათა დიდი ფართობიდან მოიპოვოს ზედა ჰორიზონტების წყალი, ზოგიერთს, პირიქით, გრუნტში ღრმად ჩაზრდილი გრძელი ფესვი ეზრდება, რომელითაც ქვედა ჰორიზონტებიდან იღებს ტენს, ასე მაგ.: აქლემის ეკლების ფესვი არ განიცდის წყლის უკმარისობას, ვინაიდან 15 მ-ის სიღრმიდან შეუძლია მისი შეწოვა.

ბოლქვიანი მცენარე ტრანსპირაციის რეგულირების სხვა მეთოდით სარგებლობს: მისი მიწისზედა ნაწილი კვდება, საკვები ნივთიერებები კი ხელსაყრელ დრომდე მთლიანად ბოლქვში რჩება. ზოგიერთი მცენარე მზის მიმართ ფოთოლს გვერდულად მიმართავს და ამით ტრანსპირაციას ამცირებს, განსაკუთრებით საინტერესოა ფოთლების ნაწილობრივი ან მთლიანი რედუქცია, ანუ მათი ღეროზე მჭიდროდ მიკრულ ქერცლებად ან სულაც, ეკლებად გადაქცევა; მცენარეზე ასევე ვითარდება უამრავი ბუსუსი, რომელიც მას გადახურებისგან იცავს. იგივე დანიშნულების მქონეა გვალვის პერიოდში ზოგიერთი მცენარის ფოთოლის ტყავისებურად გამკვრივება ან მასზე ცვილისებრი ფენა გადაკვრა, სუკულენტების ანუ კაქტუსისებრთა გარკვეული ჯგუფი წყალს ფოთლებში, ღეროსა და მიწისქვეშა ნაწილებში აგროვებს; მათ გააჩნიათ ხორციანი (აჰავა, ალოე) ან რედუცირებული ღეროები და ფოთლები (კაქტუსი, რძიანა). გვალვის პერიოდში სუკულენტები დაზოგილად ხარჯავენ წყალს, მათგან ასევე სუსტად მიმდინარეობს ტრანსპირაციაც. წყლის უკმარისობის მიმართ შეგუებას ზოგიერთი მცენარე ძალიან მოკლე სასიცოცხლო ციკლით გამოხატავს– იგი მხოლოდ წლის ტენიან პერიოდში ხარობს. ერთწლიან მცენარეებს–ეფემერებს, ხოლო მრავალწლიანს ეფემერიოდები ეწოდება.

ბიოსფერო და ადამიანი

ადამიანის ზემოქმედება ბუნებრივ გარემოზე ყოველდღიურად იზრდება, ამას განაპირობებს მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი და თვით ადამიანის დაუოკებელი სწრაფვა უკეთესობისაკენ. თავის მიზანს იგი სწორედ გარემოზე ზემოქმედების ხარჯზე აღწევს. ყველაზე ძლიერ ზეწოლას ხმელეთი განციდის, ვინაიდან იგი ადამიანის საცხოვრებელია. დაბინძურება ხმელეთიდან ვრცელდება წყალსა და ჰაერშიც, სამწუხაროდ, არა მხოლოდ კონტაქტის არეში, არამედ საკმაოდ შორსაც: დედამიწის წიაღში, ოკეანის სიღრმესა თუ ატმოსფეროს მაღალ ფენებში. ადამიანი მკვეთრად ვერ შეიგრძნობს თავის ზემოქმედებით დაბინძურებული გარემოს ცვლილებებს ისევე, როგორც ვერ გრძნობს დედამიწის ზედაპირზე დროსა და სივრცეში გადაადგილებას, ამ ორივე შემთხვევაში ცვლილებები მხოლოდ შედეგებით აღიქმება, პირველის დროს ეს არის ეკოლოგიური ცვლილება, მეორის დროს კი- დღე-ღამის მონაცვლეობა.

თავისი ზემოქმედების ქვეშ მყოფი გარემოს ცვლილებას ადამიანი ზომავს დაცულ ტერიტორიებთან მათი შედარებით, ისე ეს უკანასკნელიც ვერ ასცდება გლობალური ბუნებრივი მდგომარეობის შეცვლით გამოწვეულ პროცესებს, მაგრამ ადამიანის ზემოქმედებას ნაკლებად განიცდის; ამიტომ სწორედ დაცული ტერიტორიების მეცნიერული შესწავლა გვაძლევს გეოეკოლოგიური პროგნოზირების საშუალებას, რაც გეოგრაფიული გარემოს ყველა კომპონენტის (დედამიწის ქერქი, ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, მცენარეული საფარი, ცხოველთა სამყარო) დაზიანების მიზეზების დადგენასა და მათ დროულ აღმოფხვრაში გვეხმარება, სწორედ ამისთვის მიმართავენ მეცნიერები სისტემატურ გეოეკოლოგიურ მონიტორინგს. ცოცხალი ორგანიზმების რომელიმე სახეობის არსებობის ხანგრძლივობა დაახლოებით 4 მლნ წელია, მკვლევართა აზრით ყოველწლიურად ბუნებრივი გზით 4 სახეობა ქრება. სამწუხაროდ, ადამიანმა ეს კანონზომიერება დაარღვია და სახეობათა გაქრობის ტემპი დააჩქარა-ანთროპოგენის პერიოდში ყოველწლიურად ათობით სახეობის ცოცხალი ორგანიზმი ქრება. 1600 წლიდან დღემდე სურათი შემდეგნაირად ნაწილდება: გაქრა მაღალი რანგის მცენარეთა სამყაროს 384, თევზების -23, ქვეწარმავლების-21, ფრინველების-113, ძუძუმწოვრების-83 სახეობა. განსაკუთრებით დაზარალდა ოკეანური კუნძულების ფაუნა. გამოანგარიშებულია, რომ 2015 წლისათვის ბიოსფეროს უნდა დაეკარგა აქამდე არსებული სახეობების 16,5% (Савцова Т. М. 2005).

მეორეს მხრივ, დედამიწაზე იზრდება ადამიანის მიერ ხელოვნურად გამოყვანილი და შერჩეული ორგანიზმების რაოდენობა; ზოგიერთი ცხოველის არსებობა სწორედ მათმა მოშინაურებამ გაახანგრძლივა. მსხვილფეხა რქოსანის სულადობამ 1,4 მლრდ–ს გადააჭარბა, ადამიანმა გამოიყვანა 25 სახეობის ძუძუმწოვარა ცხოველი, მათ შორის, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის 400–მდე ჯიში, ცხვრის–250, ძაღლის–350 და სხვ. გამოყვანილთა შორის რამდენიმე სახეობის ფრინველიცაა; უნდა აღინიშნოს, რომ მოშინაურებულ ცხოველთა სახეობები ბევრად ჩამორჩება მცენარეთა შერჩევით მიღებულ სახეობებს, ასე მაგ. მხოლოდ ხორბლის 1000–მდე ჯიშია გამოყვანილი. კაცობრიობისა და შინური ცხოველების ჯამური მასა 1860 წელს მთელი დედამიწის ბიომასის 5% შეადგენდა, 1940 წელს–10%, ამჟამად კი 40% მიუახლოვდა. ადამიანის მიერ გამოყვანილი ცოცხალი ორგანიზმები ხასიათდება მაღალ პროდუქტიულობით და უკეთესი ხარისხით; ველური მარცვლეულის და ტყის ხილის ნაყოფი ბევრად უფრო წვრილია, ვიდრე კულტურული მცენარეების. ადამიანის მსგავსად, რომელიც ძლიერ გუუცხოვდა ბუნებრივ გარემოს, მის მიერ გამოყვანილი ჯიშებიც მხოლოდ ხელოვნური ზემოქმედებით თუ შენარჩუნდება, წინააღმდეგ შემთხვევაში გაქრება.

ახალ პერსპექტიულ მიმართულებად ითვლება ოკეანის ბიორესურსების გამდიდრება მარიკულტურის საშუალებით, ანუ მიმდინარეობს სარეწი ორგანიზმების გამოყვანა და მოჯიშება. მსგავსი ფაქტები ჯერ კიდევ არისტოტელეს აქვს აღწერილი, ასევე ცნობილია, რომ იაპონიაში ჩვ. ერამდე 2000 წელს სანაპირო მიმოქცევის ზონაში ხამანწკების მოშენებას მისდევდნენ. XIX საუკუნეში სევასტოპოლშიც ხელოვნური გზით იღებდნენ ხამანწკებს. იაპონია მარიკულტურის პიონერია, იგი მთელი მსოფლიო პროდუქციის 30% აწარმოებს. ცოცხალი ნივთიერებების მთავარი მდგენელი იყო და იქნება ტყის საფარი, რომელსაც ბუნებრივი გარემოს სტაბილურ განვითარებაში წამყვანი ადგილი უჭირავს. იგი არეგულირებს სითბურ და აიროვან რეჟიმს, ტენიანობას, ნალექების წლიურ რაოდენობას და მიწისქვეშა ჩამონადენს. ტყის მასივების გაჩეხვას თან სდევს ადგილების გაუდაბნობა, ნიადაგის ეროზია.

1897 წლისათვის დედამიწის ფართობის 37% , ანუ 51,2 მლნ.კმ.კვ. ტყეს და ბუჩქნარს ეჭირა, უკანასკნელი 100 წლის მანძილზე დედამიწის ტყის ფართობი 15 მლნ კვ.კმ–ით შემცირდა, აქედან მხოლოდ 1975–1997 წ.წ.–ში კი–2 მლნ.კმ.კვ–ით. გამოთვლილია, რომ ინდოეთში ყოველწლიურად ტყის გაჩეხვის კვალდაკვალ 6 მილიარდი ტ. ნიადაური საფარი

იკარგება (Савцова Т. М. 2005). ბუნებრივ გარემოზე ადამიანის ზემოქმედების ხარისხს საზოგადოების განვითარების დონე განსაზღვრავს, ადამიანმა არა მარტო ცხოველებს და ფრინველებს შეუცვალა ადგილი და საცხოვრებელი, არამედ შეცვალა მთელი ბუნებრივი ლანდშაფტი, გაჩეხა ტყე, გააფართოვა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. ანთროპოგენური ზემოქმედებით გაიზარდა ევტროფირებული ტერიტორიების ფართობი. დიდ ქალაქებში ჩამოყალიბდა თავისებური არასასიამოვნო მიკროკლიმატი, გაქრა ცხოველთა და მცენარეთა გავრცელების ძველი და ჩამოყალიბდა ახალი არეალები, მაგალითად არხების გაყვანით ერთმანეთს დაუკავშირდა სხვადასხვა მდინარეთა აუზებისა და ოკეანეთა აკვატორიის ცხოველები.

ბუნებრივია, მსოფლიო მოსახლეობის რაოდენობა იზრდება, პარალელურად კიდევ უფრო კრიტიკული გახდება ეკოლოგიური მდგომარეობა. ადამიანმა თვითონ უნდა იკისროს განსაკუთრებული ზრუნვა გეოგრაფიულ გარსზე, მის თითოეულ კომპონენტზე, რადგან ერთი მათგანის უმნიშვნელო შეცვლაც კი შეუქცევად პროცესებს იწვევს მთელ სისტემაში, ცვლილებები განსაკუთრებით ბიოსფეროზე აისახება.

თერმოდინამიკის კანონები და მისი ძირითადი მახასიათებლები

თერმოდინამიკა ფიზიკის ნაწილს წარმოადგენს, რომელიც შეისწავლის ფიზიკური სისტემის მდგომარეობას და ფიზიკურ პროცესებს ენერგეტიკური თვალსაზრისით. თერმოდინამიკა ისეთი მეცნიერებაა, რომელიც ზოგად თანაფარდობებს ამყარებს ისეთ სიდიდეებს შორის, რომლისთვისაც ტემპერატურას მნიშვნელოვანი ადგილი უკავია. თერმოდინამიკის მთავარ მიზანს შეადგენს ენერჯის შენახვისა და სხვადასხვა სახის ენერჯიათა ურთიერთგარდაქმნა და არა ფიზიკურ მოვლენათა, ან სიდიდეთა, ახსნა ნივთიერების მოლეკულური სტრუქტურის საფუძველზე. თერმოდინამიკის მეთოდის ერთ-ერთი უდიდესი თვისება არის მის ზოგადობაში, რაც მდგომარეობს იმით, რომ იგი არ ემყარება რაიმე მოდელს, სრულიად აუცილებელს სტატისტიკური მეთოდისათვის. გარდა ამისა თერმოდინამიკური მეთოდი გამოირჩევა სიმარტივითაც. ის საშუალებას გვაძლევს გარკვეული მათემატიკური ოპერაციების შესრულების შედეგად მივიღოთ მთელი რიგი

კონკრეტული ამოცანების ამოხსნა, ნივთიერების ატომის ან მოლეკულების შესახებ რაიმე ინფორმაციის გარეშე. სწორედ ამაშია მისი ხიბლი და მეთოდის დიდი მნიშვნელობა განსაკუთრებით კი ტექნიკური ამოცანებისათვის (ტექნიკური თერმოდინამიკა, თბოტექნიკა). ამ მეთოდის ნაკლია ის, რომ მოვლენათა თერმოდინამიკური განხილვის დროს არ ხდება მისი შინაგანი მექანიზმის ახსნა. მაგალითად, თუ თერმოდინამიკური მეთოდით დადგენილია ფაქტი, სწრაფი გაფართოების დროს სპილენძის მავთული ცივდება, ხოლო რეზინის ზონარი თბება. ამ მოვლენათა ფიზიკური ბუნების შესახებ თერმოდინამიკა არავითარ ცნობას არ იძლევა.

თერმოდინამიკა ემყარება ორ ძირითად პრინციპს, რომლებიც მიღებულია კაცობრიობობის მრავალსაუკუნოვანი პრაქტიკული გამოცდილებისა და დაკვირვებების საფუძველზე. ამ პრინციპების ჩამოყალიბებამდე განვიხილოთ თერმოდინამიკის ძირითადი ცნებები. თერმოდინამიკაში სხეულის ქვეშ გვესმის სივრცის ნაწილი, რომელიც რაიმე ნივთიერებითაა შევსებული, ამასთან მისი ფორმა და ზოგიერთი სხვა თვისება თერმოდინამიკური განხილვისთვის არაარსებითია. სხეული ფიზიკურად ერთგვაროვანია, თუ მისი სიმკვრივე, დრეკადობა, ელექტრული, მაგნიტური და სხვა თვისებები მის ყველა ნაწილში ერთნაირია. სხეულის მდგომარეობის დამახასიათებელ სიდიდეებს (სიმკვრივე, წნევა, ტემპერატურა, სითბო, ნარევის პროცენტული შემადგენლობა და სხვა.) მისი თერმოდინამიკური პარამეტრები ეწოდება.

ტემპერატურა ეს არის სიდიდე, რომელიც შემოღებულია იმის დახასიათებლად, თუ რამდენად ინტენსიურია სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების ქაოსური მოძრაობა. მოლეკულურ-სტატისტიკური თეორიის თანახმად, ყოველი სხეულის ნაწილაკები (ატომები, მოლეკულები) განუწყვეტლად მოძრაობენ, ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან „ჭურჭლის კედლებთან“ და იცვლიან თავის იმპულსსა და ენერგიას. მოლეკულები მოძრაობენ გადატანით და მათი შემადგენელი ატომები ირხვეიან ერთმანეთის მიმართ. ვინაიდან ყველა სახის მოძრაობა ერთნაირად ინტენსიურია, მოძრაობის ინტენსიურობის დასახასიათებლად იყენებენ ჩვეულებრივ გადატანითი მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიას და სხეულის აბსოლუტურ ტემპერატურას საზღვრავენ, როგორც ამ კინეტიკური ენერგიის საშუალო მნიშვნელობის პროპორციულ სიდიდეს

$$T \sim \bar{\epsilon}_{kin}.$$

განვიხილოთ ამ განსაზღვრებიდან გამომდინარე აბსოლუტური ტემპერატურის ზოგიერთი თვისება: პირველ ყოვლისა, ცხადია, იგი არ შეიძლება უარყოფითი იყოს, ვინაიდან კინეტიკური ენერგია დადებითი სიდიდეა. გარდა ამისა, უმცირესი მნიშვნელობა $T = 0$ მან შეძლება მიიღოს მხოლოდ მაშინ, როდესაც ყოველი ნაწილაკის კინეტიკური ენერგია ნულის ტოლი იქნება ე.ი. როდესაც ნაწილაკები იქნება უძრავი¹. ამ უმცირეს ტემპერატურას აბსოლუტური ნული ეწოდება.

¹ ეს შედეგი აღარ არის მართებული თანამედროვე ფიზიკის თანახმად: აბსოლუტური ტემპერატურის თანამედროვე განმარტების მიხედვით ტემპერატურის აბსოლუტურ ნულზედაც სხეულის ნაწილაკები ინარჩუნებენ მოძრაობას და ე.წ. ნულოვან ენერგიას.

სხვადასხვა ტემპერატურის ან , რაც იგივეა, სხვადასხვა საშუალო კინეტიკური ენერგიის მქონე სხეულების შეხებისას, მათი ნაწილაკების დაჯახების შედეგად ენერგია მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულიდან გადადის დაბალი ტემპერატურის სხეულში. ეს შეიძლება ითქვას სავსებით ეთანხმება ტემპერატურის ჩვეულებრივ განმარტებას. ზემოთ ნახსენები ფორმულიდან $T \sim \bar{\epsilon}_{kin}$. გამომდინარე სრულიად ბუნებრივი იქნებოდა ტემპერატურის ერთეულად აგველო ენერგიის ერთეული, მაგალითად ერგი. მაშინ ასეთი გამოთქმა 10-ერგი გვიჩვენებდა იმას, რომ ნაწილაკების საშუალო კინეტიკური ენერგია იქნებოდა 10 ერგი. მაგრამ ყოველდღიური გამოყენებისათვის ეს ერთეული მოუხერხებელი იქნებოდა, ვინაიდან იგი ძალიან დიდია ჩვეულებრივი ტემპერატურის გასაზომად. მაგალითად ოთახის ტემპერატურა, რომ გამოგვესახა ერგებით, მივიღებდით რიცხვს 10^{-14} რიგისას, რაც მოუხერხებელია გამოთვლებისათვის. ამიტომ, ჩვეულებრივად ტემპერატურას ზომავენ გრადუსებით (ცელსიუსი), რომლის განმარტებაც გარკად ცნობილია ყველასთვის. ტემპერატურის განსაზღვრის დასაზუსტებლად განვიხილოთ გადატანითი მოძრაობის სათანადო ერთი თავისუფლების ხარისხის კინეტიკური ენერგია $\frac{mv^2}{2}$ და განვსაზღვროთ აბსოლუტური ტემპერატურა შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{1}{2}KT = \overline{\frac{mv^2}{2}}$$

სადაც K არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, სწორედ ამ K კოეფიციენტის გარკვეული რიცხვითი მნიშვნელობა ერგს აკავშირებს გრადუსთან. სახელდობრ, ტემპერატურის ასამაღლებლად მდნობარე ყინულის ტემპერატურიდან მდულარე წყლის ტემპერატურამდე (ნორმალური წნევის პირობებში) საჭიროა ენერგიის გარკვეული რაოდენობა. ავილოთ ამ ენერგიის მეასედი ნაწილი, წყლის ტემპერატურის ამაღლებას, რომელსაც ენერგიის ეს რაოდენობა გამოიწვევს, გრადუსი (ცელსიუსი) ეწოდება. ეს ყოველივე დამდკიცებულია ცდით. ხოლო ზემოთ მოყვანილი K წარმოადგენს ბოლცმანის მუდმივას. ტემპერატურულ სკალას, რომელშიც ტემპერატურა აითვლება აბსოლტური ნულიდან და ერთეულად აღებულია გრადუსი, ეწოდება აბსოლუტური ან კელვინის სკალა. ეს უკანასკნელი დაერქვა ცნობილი ინგლისელი ფიზიკოსის, კელვინის, პატივსაცემად. კელვინის სკალით ათვლილი ტემპერატურა ასე აღინიშნება $T^{\circ}(K)$. ჩვეულებრივ ტემპერატურას ზომავენ ცელსიუსის სკალით, რომელშიც ნულოვანი მნიშვნელობა მიეწერება არა აბსოლუტურ ნულს, არამედ ყინულის დნობის ტემპერატურას (ნორმალური წნევის პირობებში). როგორც გაზომვები გვიჩვენებს, აბსოლუტური სკალით ეს ტემპერატურა არის $273^{\circ}(K)$, ხოლო კელვინსა და ცელსიუს შორის კავშირი შემდეგი თანაფარდობით გამოისახება:

$$T = 273^{\circ} + t$$

ახლა ცოტა რამ ვისაუბროთ სითბოს შესახებ. სითბო წარმოადგენს ენერგიის ერთ-ერთ ფორმას. ამიტომ სითბოს, როგორც ფიზიკური სიდიდის საზომ ერთეულს, ისე როგორც მექანიკური ენერგიისა, წარმოადგენს ჯოული. მანამდე, სანამ სითბოსა და მექანიკური ენერგიის კონცეფციები არ იყო გაერთიანებული, სითბოს საზომ ერთეულად სხვა ერთეული იყო მიღებული. სითბოს ერთეულის განსაზღვრისათვის მუშა ნივთიერებად გამოიყენებოდა წყალი. სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ერთი კილოგრამი წყლის ტემპერატურის 1 გრადუსი ცელსიუსით გასაზრდელად, წარმოადგენს ერთი კალორიის ტოლ სითბოს:

$$1 \text{ კკალ} = 10^3 \text{ კალ.}$$

კილოკალორია არის ერთეული, რომელიც გამოიყენება დიეტოლოგების მიერ პროდუქტების კალორიულობის განსაზღვრისათვის. სითბოს მექანიკური ექვივალენტის მნიშვნელობაა

1კალ=4.186ჯ

თუ 1კკალ სითბოს გადაცემით 1კგ წყალს, მაშნ მისი ტემპერატურა გაიზრდება 1გრადუსი ცელსიუსით, ხოლო თუ იგივე სითბოს გადაცემით 1კგ ეთილის სპირტს, მაშინ მისი ტემპერატურა გაიზრდება 1.7გრადუსიC-ით. 1კგ სითბოს რაოდენობის გადაცემისას 1კგ ალუმინზე მის ტემპერატურას აწევს 5გრადუსი ცელსიუსით. ამგვარად აღმოჩნდა, რომ ყოველი ნივთიერებას აქვს უნარი სხვადასხვანაირად შთანთქოს ერთიდაიგივე სითბოს რაოდენობა. სითბოს იმ რაოდენობას, რომელიც საჭიროა 1კგ ნივთიერების 1გრადუსი ცელსიუსიტ გასაზრდელად, ნივთიერების კუთრი სითბოტევადობა ეწოდება.

ნივთიერების ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედების ძალები თავს იჩენს მხოლოდ თვითონ ნაწილაკების ზომებთან შესადარ მანძილებზე. ძალიან მცირე მანძილებზე (თვითონ ნაწილაკთა ზომებზე მცირე) ჭარბობს განზიდვის ძალები, დიდ მანძილებზე მიძიდვის ძალები. ამ ძალებ აქვს ელექტრომაგნიტური ბუნება, რადგან დამუხტული ნაწილაკების - ელექტრონებისა და ატომების ბირთვების ურთიერთქმედების შედეგად ჩნდება. სწორედ ეს ძალები განაპირობებს დრეკადობის და ხახუნის ძალების არსებობას.

ქაოსურად მოძრავი აირის მოლეკულები ეჯახება ჭურჭლის კედლებს და თითოეული დაჯახებისას გადასცემს თავის იმპულსს. აირის მიერ წარმოებული წნევა არის დროის ერთეულში ფართობის ერთეულისათვის გადაცემული ჯამური იმპულსი. **იდეალური აირი** შედგება მოლეკულებისაგან, რომელთა მოცულობა, ჭურჭლის მოცულობასთან შედარებით უგულებელსაყოფია. მოლეკულებს შორის არ მოქმედებს მიზიდულობის ძალები; მოლეკულების ერთმანეთთან და კედლებთან დაჯახებისას მოქმედებს მხოლოდ განზიდვის ძალები. იდეალური აირი ბუნებაში არ არსებობს, ეს მხოლოდ რეალური აირის გამარტივებული მოდელია. ასეთი გამარტივება საშუალებას გვაძლევს, რიგ შემთხვევებში გაცილებით მარტივად ამოვხსნათ პრაქტიკული ამოცანები. რეალური აირი თვისებებით უახლოვდება იდეალურს, როდესაც ის საკმარისადაა გამთბარი და გიშვიათებული - ამ პირობებში შეიძლება უგულებელვყოთ მოლეკულების ზომები, მათ შორის მანძილთან შედარებით და მოლეკულების ურთიერთქმედების პოტენციური ენერგია, მათი სითბური მოძრაობის კინეტიკურ ენერგიასთან შედარებით. არსებობს აირების შესწავლის ორი გზა: პირველი - მათი მოლეკულური აგებულების გათვალისწინება და მიკროპარამეტრების

გამოყენება(მასა და სიჩქარე, კონცენტრაცია და ა.შ.). მეორე - მოლეკულური აგებულების გაუთვალისწინებლად და მაკროპარამეტრების გამოყენებით (წნევა P, მოცულობა V, ტემპერატურა T). კავშირი მიკრო და მაკროპარამეტრებს შორის მოცემულია აირების მკთ ძირითადი განტოლებით:

$$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2$$

ამ განტოლებიდან ჩანს, რომ აირის წნევა P იზრდება მისი მოლეკულების n კონცენტრაციისა და მათი მოძრაობის V სიჩქარის გაზრდით. ამავე განტოლებიდან გამომდინარეობს, რომ აირის წნევა პროპორციულია მოლეკულათა კონცენტრაციის ნამრავლისა მოლეკულათა საშუალო კინეტიკურ ენერგიაზე.

$$P = \frac{1}{3} m_0 n v^2 = \frac{2}{3} n \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{2}{3} n E_p$$

აირის მდგომარეობა აღიწერება მენდელეევი-კლაპეირონის განმარტებით:

$$PV = \frac{m}{M} RT$$

სადაც m აირის მასაა, M მოლური მასა, $R \approx 8,31$ ჯ/(მოლი*K) აირების უნივერსალური მუდმივა ($R = N_A * k$)

თუ აირის მას m მუდმივი რჩება, მაშინ აირის მდგომარეობის ცვლილების პროცესი შეიძლება აღიწეროს კლაპეირონი განტოლების საშუალებით:

$$\frac{PV}{T} = const$$

თუ აირის მდგომარეობის ცვლილებისას ერთ-ერთი მაკროპარამეტრი (P,V ან T) მუდმივი რჩება (იზოპროცესი), მაშნ კლაპეირონის განტოლებიდან მიიღება აირთა კერძ კანონები:

PV=const, როცა T=const – ბოილ-მარიოტის კანონი;

$\frac{V}{T} = const$, როცა $P=const$ - გეი-ლუსაკის კანონი;

$\frac{P}{T} = const$, როცა $V=const$ - შარლის კანონი.

ახლა განვიხილოთ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი და აუცილებელი სიდიდე **სიმკვრივე**. სხეულის მაკრომდგომარეობის დამახასიათებელი პირველი მნიშვნელოვანი მაკროსკოპული სიდიდე არის როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ სიმკვრივე. განვიხილოთ სხეულის მცირე Δv მოცულობა და გამოვთვალოთ ამ მოცულობაში მყოფი ნივთიერების მასა ΔM . ცხადია ეს მასა აღნიშნულ მოცულობაში მოხვედრილ ნაწილაკთა მასების ჯამი იქნება. თუ ნაწილაკების რიცხვი Δn მოცულობაში არის ΔN , ΔM –სათვის მივიღებთ:

$$\Delta M = \Delta N * m$$

სადაც m ცალკეული ნაწილაკის მასაა. ნაწილაკების განუწყვეტელი მოძრაობის გამო ΔN არ იქნება უცვლელი დროის განმავლობაში, რაც გამოიწვევს ΔM მასის ცვლილებასაც. რასაც ჩვენ ვზომავთ პრაქტიკულად, არის არა ΔM – ის ზუსტი მნიშვნელობა აღებულ მომენტში, არამედ მისი საშუალო მნიშვნელობა გაზომვის დროის განმავლობაში. ამიტომაც მაკროსკოპულ სიდიდეს წარმოადგენს არა ΔM , არამედ $\overline{\Delta M}$. ამიტომ ფორმულა ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\overline{\Delta M} = \overline{\Delta N} * m$$

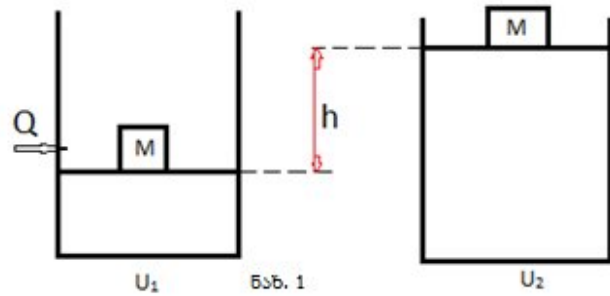
სადაც $\overline{\Delta N}$ ნაწილაკთა რიცხვის საშუალო მნიშვნელობაა Δv მოცულობაში. Δv მოცულობაში მყოფი ნივთიერების სიმკვრივე განისაზღვრება, როგორც ამ მოცულობაში მყოფი ნივთიერების საშუალო მასის შეფარდება მოცულობასთან:

$$\rho = \frac{\overline{\Delta M}}{\Delta v}$$

ხშირად სხეულ ახასიათებენ არა სიმკვრივით, არამედ მასის შებრუნებული სიდიდით, ე.წ. კუთრი მოცულობით:

$$v = \frac{1}{\rho} = \frac{v}{M}$$

ჩვენ ზევით ვისაუბრეთ იმ ძირითად ცნებებსა და განმარტებებზე, რაც ჩვენ დაგვეხმარება თერმოდინამიკის კანონების გაგებაში. თერმოდინამიკის კანონი შეგვიძლია განვიხილოთ შემდეგნაირად: ენერჯის შენახვის კანონი



სპეციალურ სახეს ღებულობს თერმოდინამიკაში. შემოვიტანოთ შინაგანი ენერჯის ცნება, რომელიც წარმოადგენს სხეულის შემადგენელი მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის კინეტიკური და ერთმანეთთან ურთიერთქმედების პოტენციური ენერჯების ჯამს. ავლნისნოთ შინაგანი ენერჯია U ასოთი, ხოლო Q -თი ავლნიშნოთ სითბური ენერჯია, ანუ სითბო, რომელიც გადაეცემა სხეულს რაიმე გზით. თუ სხეულმა მიიღო Q სითბო, მაშინ ამ სხეულის შინაგანი ენერჯია გაიზრდება ზუსტად ამ სიდიდით:

სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ m შემთხვევაში სხეულს შეუძლია შასრულოს რაღაც A მუშაობა Q სითბოს მიღებისას. მაგალითად თუ გვაქვს გაზი, მაშინ მასზე Q სითბოს გადაცემისას იგი გაფართოვდება და შეასრულებს მუშაობას ამ გაფართოების შემაკავებელი ძალის საწინააღმდეგოდ. ეს მუშაობა როგორც ნახაზიდან ჩანს, (ნახ.1) იქნება $A=mgh$.

სხეულზე სითბოს გადაცემისას მისი შინაგანი ენერჯია იზრდება, მაგრამ შინაგანი ენერჯის ზრდა იქნება ნაკლები თუ პარალელურად სხეული ასრულებს მუშაობას. ენერჯის შენახვის კანონის ძალით შინაგანი ენერჯის ცვლილება ტოლია მიღებული ენერჯის გამოკლებული სხეულის მიერ შესრულებული მუშაობა

()

ეს გამოსახულება წარმოადგენს თერმოდინამიკის პირველ კანონს. ადვილი მისახვედრია, რომ ეს კანონი არის იგივე ენერჯის შენახვის კანონის ახალი ფორმულირება

შინაგანი ენერჯის გათვალისწინებით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ თერმოდინამიკის კანონი ეხება სითბოსა და მუშობის ურთიერთდამოკიდებულებას.

შემოვიღოთ სითბოს რაოდენობის განმარტება. სითბოს რაოდენობა არის შინაგანი ენერჯის ცვლილების ზომა სითბოს გადაცემისას. მისი ერთეული იგივეა, რაც ენერჯისა - ჯოული. სითბოს რაოდენობისათვის შემოდებულია აგრეთვე სპეციალური ერთეული – კალორია. კალორია აეის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა 1გ წყლის 1 °C-ით გასათბობად. $1\text{კალ}=4,186\text{ჯ}$

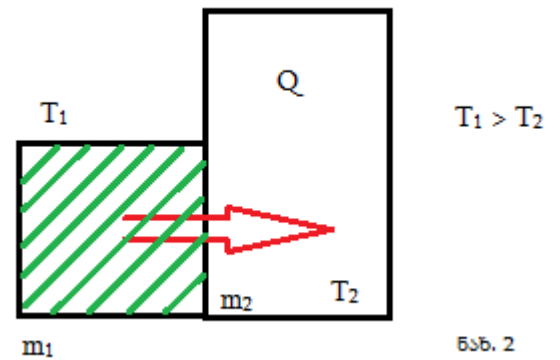
სითბოსტევადობა კი არის სითბოს რაოდენობა, რომელიც საჭიროა სხეულის 1K-ით გასათბობად

ასეთივე სითბო გამოიყოფა სხეულის 1-K-ით გაცივებისას.

კუთრი სითბოტევადობა ეს არის სითბოს ის რაოდენობა , რომელიც საჭიროა 1კგ სხეულის 1-K-ით გასათბობად:

m მასის და c კუთრი სითბოტევადობის მქონე სხეულის გასათბობად საჭიროა Q სითბოს რაოდენობა. გამოსახება შემდეგნაირად

$$Q=cm \Delta T$$



მაკროსკოპული ნივთიერების ნებისმიერ მოცულობას გააჩნია გარკვეული შინაგანი ენერჯია, რომელიც გამოწვეულია მისი შემადგენელი ნაწილაკების (მოლეკულების) მოძრაობით. ახლა დავსავთ ასეთი კითხვა: შეიძლება თუ არა რაიმე ხერხით ამ შინაგანი ენერჯის „გამოყოფა“ და მისი გამოყენება ამ სხეულის მიერ სხვა სხეულზე მუშობის შესასრულებლად? წარმოვიდგინოთ ჩვენ გვაქვს m_1 მასის მქონე სხეული, რომელსაც გააჩნია

T_1 ტემპერატურა (ნახ.2). მოვიყვანოთ ეს სხეული შეხებაში მეორე სხეულთან, რომლის მასა არის m_2 და ტემპერატურა T_2 . აქ $T_2 < T_1$ ცდა გვიჩვენებს, რომ გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ ეს ორი სხეული მიიღებს რაღაც საერთო ტემპერატურას, რომლის მნიშვნელობა მოქცეული იქნება T_1 და T_2 ტემპერატურებს შორის.

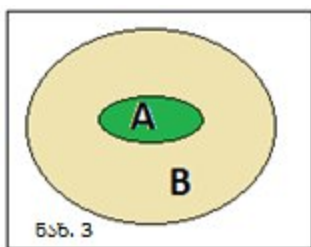
წესრიგი და უწესრიგობა

„წესრიგისა და უწესრიგობის“ შესახებ, ცოდნა საშუალებას მოგვცემს უკეთ გავერკვიოთ ენტროპიის პროცესში და მისი ცნების განმარტებაში. მოდით ჩამოვყალიბოთ თერმოდინამიკის მეორე კანონი სისტემაში მოწესრიგებულობის წესრიგის ზომის გათვალისწინებით. დავუშვათ ჩვენ გვაქვს ჭურჭელი რომელშიდაც მოთავსებულია აირი და რაიმე ხერხით შევძელით ჭურჭელში ამ აირის ერთნაირი შემადგენლობის მქონე მოლეკულების განცალკავება და ცალკეულ გროვებად განლაგება ჭურჭელში. აღწერილი სიტუაცია გამოდგება მაღალი რიგის წესრიგის მაგალითად. მაგრამ ჩვენთვის ცნობილია, რომ მოლეკულებს ერთ მდგომარეობაში გაჩერება არ შეუძლიათ, უფრო ზუსტად რომ ვთქვათ იმ მდგომარეობაში, რომელიც ზემოთ მოვიყვანეთ. მოლეკულები მანამდე იმოძრავენ, სანამ თანაბრად არ განაწილდებიან ჭურჭლის მთელ მოცულობაში. ამ მდგომარეობას მაღალი რიგის მოუწესრიგებლობა ეწოდება. ზოგადად, ბუნებაში ნებისმიერი მოწესრიგებული სისტემა, თუ ის არ განიცდის არავითარ გარეშე ზემოქმედებას, ყოველთვის მიისწრაფვის თვისთავად გადავიდეს იმ მდგომარეობაში, სადაც მას ექნება მდგომარეობა დაბალი რიგის მოწესრიგებით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ბუნების ყველა პროცესი მიმდინარეობს იმ მიმართულებით, რომელსაც მივყავართ უწესრიგობის გაზრდისაკენ. მაგალითად განვიხილოთ სიტუაცია, რომელიც გამოსახულია ნახაზ. 2-ზე. ამ სისტემაში თავდაპირველად m_1 სხეულის მოლეკულებს გააჩნიათ უფრო მაღალი საშუალო სიჩქარე, ხოლო m_2 სხეულისას უფრო დაბალი საშუალო სიჩქარე. ამგვარად აღნიშნულ სისტემას გააჩნია წესრიგის განსაზღვრული დონე. როდესაც ეს სხეულები სითბურ კონტაქტში მოვლიან, მაშინ სისტემის მოწესრიგების დონე შემცირდება, ვინაიდან m_1 სხეულის მოლეკულები თავიანთ ენერჯის

ნაწილს გადასცემენ m_2 ახელის მოლეკულებს. ამგვარად სითბო ყოველთვის გადაეცემა იმ მიმართულებით, რომელიც შეესაბამება სისტემის მოწესრიგების შემცირებას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ მოლეკულების მოძრაობა ყოველთვის მიმდინარეობს ისეთნაირად, რომ სისტემაში წარმოიქმნას მაქსიმალური ქაოსური პირობები, ანუ ისეთი პირობები, რომლის დროსაც შინაგანი ენერგია შეძლებისდაგვარად თანაბრად განაწილდება სისტემის ყველა ნაწილებს შორის.

შექცევადი და შეუქცევადი პროცესები, ენტროპია

ზემოთ უკვე განვიხილეთ ყველა ის საკითხები და პროცესები, რაც საშუალებას



გვაძლევს ენტროპიის უკეთ შეცნობაში. რაც შეეხება ენტროპია-ს ეს არის მოწესრიგების ხარისხი, რომელიც ახასიათებს რაიმე სისტემას, როდენობრივად შესაძლებელია გამოსახოს ენტროპიის ცნების საშუალებით. მოწესრიგებულ სისტემას აქვს დაბალი ენტროპია. ქაოტურ (უწესრიგო) სისტემას აქვს მაღალი ენტროპია. თერმოდინამიკის მეორე კანონი ამტკიცებს, რომ იზოლირებული

მოწესრიგებული სისტემა თვინებურად ცდილობს გადავიდეს მოუწესრიგებელ მდგომარეობაში, ანუ სისტემა ბუნებრივად ისწრაფვის შეიცვალოს თავისი მდგომარეობა ისეთნაირად, რომ სისტემის ენტროპია გაიზარდოს. ვინაიდან სისტემა იზოლირებულია, ამიტომ მისი შინაგანი ენერგია ასეთი პროცესის დროს მუდმივი რჩება. არავითარი სითბო არ შედის სისტემაში და არ გამოდის სისტემიდან და არავითარი მუშაობა არ სრულდება არც სისტემაზე და არც სისტემის მიერ. სისტემის უწესრიგობის გაზრდის ტენდენცია გაგრძელდება მანამდე, სანამ სისტემის ენტროპია მიაღწევს მაქსიმუმს. ასეთ შემთხვევაში ამბობენ, რომ სისტემამ მიაღწია თერმოდინამიკურ წონასწორობას.

პროცესი, რომელსაც გადაჰყავს სისტემა ერთი წონასწორობიდან მეორეში, შეიძლება იყოს როგორც შექცევადი (იდეალური შემთხვევა) ასევე შეუქცევადი. იმისათვის, რომ ნათლად დავინახოთ მოვიყვანოთ მაგალითი. კერძოდ ავიღოთ ორი სისტემა A, რომელიც ურთიერთქმედებს B გარემოსთან (ნახ.3). დავუშვათ, რომ საწყის მომენტში A

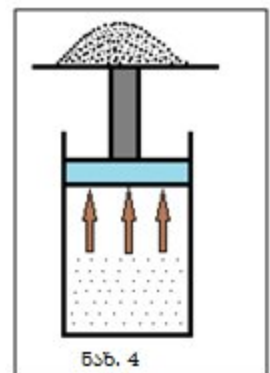
სისტემა სტატისტიკური წონასწორობის მდგომარეობაშია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მისი შემადგენელი მოლეკულები განაწილებულია მდგომარეობათა სივრცის უჯრედებს შორის ბოლცმანის კანონის მიხედვით, რომ A სისტემაზე გარეშე სხეულები არ მოქმედებდეს, იგი დარჩებოდა საწყის მდგომარეობაში და მოლეკულები უცვლელი იქნებოდა, მაგრამ A სისტემაზე მოქმედებს B გარემო, რაც გამოიწვევს მისი მოცულობის, ტემპერატურის, ენერჯის და სხვა სიდიდეების ცვლილებას. ცხადია ამ პირობებში ვერ მოხდება ძველი ანუ წონასწორულ მდგომარეობაში გაჩერება. იმისათვის რომ დამყარდეს ახალი წონასწორული მდგომარეობა, ამისათვის უნდა მოხდეს მოლეკულების გადანაწილება უჯრედებს შორის. თუ პროცესი სწრაფად მიმდინარეობს მაშინ ახალი სისტემა არაწონასწორულ მდგომარეობაში იქნება, რაც გამოწვეულია სწრაფად გადასვლაზე, რის გამოც სისტემა ვერ მოასწრებს ენერჯის, მოცულობის და სხვა სიდიდეების დარეგულირებას. გარკვეული დროის გასვლის შემდეგ სისტემა ისევ დაუბრუნდება წონასწორულ მდგომარეობას. მიუხედავად ყველაფრისა გარეშე სხეულების განუწყვეტელი მოქმედება სისტემას აიძულებს შეასრულოს პროცესი, რომელიც წონასწორულ მდგომარეობებთან ერთად არაწონასწორულ მდგომარეობებსაც შეიცავს. ანუ ერთი წონასწორული მდგომარეობიდან გადასვლა მეორეში მოხდება არაწონასწორული მდგომარეობის გავლით. თუ ეს პროცესი შესრულდება აუჩქარებლად და ნელა, მაშინ სისტემა მოასწრებს ყოველ მომენტში გადავიდეს წონასწორულ მდგომარეობაში. ცხადია, ეს იდეალური შემთხვევა მოითხოვს გარეშე სხეულების უსასრულოდ ნელ მოქმედებას. ამ შემთხვევაში სისტემა შეასრულებს პროცესს, რომელიც მთლიანად წონასწორული მდგომარეობებით იქნება განსაღვრული. წინააღმდეგ შემთხვევაში წონასწორული მდგომარეობები დაშორებული იქნება ერთმანეთისაგან, არაწონასწორულ მდგომარეობათა ერთობლიობით. ამიტომ ყველა პროცესი შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:

1. პროცესები, რომლებიც შედგენილია მხოლოდ წონასწორული მდგომარეობიდან; ასეთ პროცესებს **შექცევადი** ეწოდება.

2. პროცესები, რომლებიც, გარდა წონასწორული მდგომარეობებისა შეიცავენ აგრეთვე არაწონასწორულ მდგომარეობას; ასეთ პროცესებს **შეუქცევადი** ეწოდება.

მოდით განვიხილოთ, რატომ ეწოდება პირველს შექცევადი პროცესები და მეორეს შეუქცევადი. პირველ შემთხვევაში საქმე შემდგომში მდგომარეობს, თუ მოვახდენთ წონასწორული მდგომარეობებისაგან შემდგარი პროცესის შემთხვევაში რომელიმე მომენტში წინა მოქმედების საწინააღმდეგო მოქმედებას, რათა სისტემამ დაიწყოს პირდაპირი პროცესის საწინააღმდეგო პროცესის შესრულება. ბოლოს იგი დაუბრუნდება თავის საწყის მდგომარეობას ისე, რომ არავითარი ცვლილებები გარეშე სხეულებში არ მოხდება. ყველაფერი უფრო ნათელი რომ იყოს ზემოთ თქმულისა, განვიხილოთ პროცესის ერთი მაგალითი.

განვიხილოთ ჭურჭელში მოთავსებული გაზი. ვთქვათ, ჭურჭელი ზემოდან დგუშით არის დახურული (ნახ. 4), რომლის ზედა მხარეზე მოთავსებულია ჯამი. ვინაიდან გაზი გარკვეული ძალით აწევა ქვემოდან დგუშს, იმისათვის, რომ დგუში წონასწორობაში იყოს, ჯამზე დავყაროთ ქვიშა ან საფანტი. თუ არ მივიღებთ მხედველობაში სიმძიმის ძალის მოქმედებას გაზზე, ცხადია, გაზი თანაბრად იქნება განაწილებული ჭურჭლის მთელ მოცულობაში. ჯერ განვიხილოთ გაზის გაფართოების პროცესი. ამისათვის ჯამიდან გადმოვაგდოთ ქვიშის ერთი მარცვლი. დგუშზე წნევა შემცირდება, აიწევეს ზევით და გაზი გაფართოვდება. თუ დგუშმა სწრაფად აიწია, გაფართოება ჯერ მოხდება დგუშის მახლობლად, დანარჩენი ნაწილი ვერ მოასწრებს გაფართოებას. ცხადია, ამის გამო ჭურჭელში აღარ იქნება თანაბარი, რაც იმას ნიშნავს, რომ გაზი არაწონასწორულ მდგომარეობაში იქნება. მხოლოდ გარკვეული დროის გავლის შემდეგ დამყარდება გაზის თანაბარი ახალი გარეშე პირობების (გარეშე წნევის) შესაბამისი განაწილება ჭურჭელში. ქვიშის კიდევ ერთი მარცვლის გადმოგდება ჯამიდან კიდევ გააფართოებს გაზს, ანუ ისევ განმეორდება ზემოთ აღწერილი პროცესი და ა.შ. როგორც ვხედავთ, ქვიშის ცალკეული მარცვლის გადმოგდებით, ე.ი. გარეშე წნევის მცირე შეცვლით გამოწვეული გაფართოების პროცესი, წონასწორული მდგომარეობების გარდა, შეიცავს არაწონასწორულ მდგომარეობებსაც, რაც იმას ნიშნავს, რომ იგი შეუქცევადი პროცესია. ეს პროცესი, რომ მართლაც, შეუქცევადია იქიდანაც ჩანს, რომ მისი შებრუნებისას ანუ ჯამზე ქვიშის მარცვლის დამატებით დგუშის მახლობლად გაზის ფენა განიცდის შეკუმშვას და არ აგაიშვიათებას, როგორ ეს პირდაპირი პროცესის დროს იყო. ცხადია გაჩნდება კითხვა, თუ როგორ შეიძლება განვახორციელოთ შექცევადი პროცესი? წარმოვიდგინოთ, რომ ქვიშის



მარცვლებს სულ უფრო და უფრო ვამცირებთ ისე, რომ მათი წონა ნულისაკენ მიისწრაფვის. ცხადია, რაც უფრო ნაკლები იქნება მარცვლის წონა, მით უფრო ნელა აიწევს დგუში, მით უფრო სწრაფად გადავა გაზი ერთი წონასწორული მდგომარეობიდან მეორეში და მით უფრო ნაკლებად არაწონასწორული იქნება ყველა საშუალო პროცესი. წონასწორული მდგომარეობები, გაყოფილი არაწონასწორული მდგომარეობებით, სულ უფრო მჭიდროთ იქნება განლაგებული და ზღვარში, როდესაც გაფართოების პროცესი უსასრულოდ ნელი გახდება, მივიღებთ პროცესს, რომელიც მთლიანად წონასწორული მდგომარეობებისაგან იქნება შემდგარი ანუ მივიღებთ შექცევად პროცესს. როგორც ვხედავთ, შექცევადი პროცესი შეუქცევადი პროცესის ზღვრული შემთხვევაა, როდესაც გარეშე მოქმედება უსასრულოდ ნელია.

განვიხილოთ მეორე მაგალით. ვთქვათ, წონასწორობაში მყოფი სხეული შევახეთ მასზე უფრო მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულს. შეხების შედეგად მაღალი ტემპერატურის მქონე სხეულის მოლეკულები დაეჯახებიან განსახილველი სხეულის მოლეკულებს და გადასცემს მათ ენერგიას. ეს იმას ნიშნავს, რომ განსახილველი სხეულის თხელი ფენა, რომელიც ეხება უფრო თბილ სხეულს, გათბება. რადგანაც განსახილველი სხეულის სხვადასხვა ნაწილს სხვადასხვა ტემპერატურა ექნება, იგი აღარ იქნება წონასწორობის მდგომარეობაში. საჭირო იქნება გარკვეული დრო გავიდეს, იმისათვის, რომ სხეულში დამყარდეს წონასწორული მდგომარეობა. აღნიშნული პროცესის გამეორება მოგვცემს პროცესს, რომელიც შედგენილი იქნება როგორც არაწონასწორული, ისე წონასწორული მდგომარეობებისაგან. თუ შემხები სხეულების ტემპერატურების სხვაობას თანდათან შევამცირებთ, წონასწორულ მდგომარეობათა რიცხვი თანდათან გაიზრდება და ბოლოს ზღვარში მივიღებთ გათბობის უსასრულოდ ნელ პროცესს, რომელიც მთლიანად წონასწორული მდგომარეობებისაგან იქნება შედგენილი. ეს იქნება გათბობის შექცევადი პროცესი. შექცევადი პროცესი იმით არის აგრეთვე დახასიათებული, რომ იგი შეიძლება მთლიანად შევაბრუნოდ ისე, რომ გარეშე სხეულებში არავითარი ცვლილებები არ მოხდეს.

დედამიწის ენტროპია და გარემოს დაცვა

დედამიწაზე სიცოცხლის გაჩენა, მისი რსებობა ა განვითარება, ანთროპოგენური მოღვაწეობა მკაცრად რეგულირდება თერმოდინამიკის მეორე საწყისით ანუ ენტროპიის ზრდის კანონით. ეს კანონი გვიჩვენებს როგორ და რა გზით ხდება გარემოს ხარისხის გარდაუვალი გაუარესება, რათა მიღწეული იქნეს უმთავრესი ამოცანა: მოწესრიგებული სისტემების ევოლუციისათვის და მისი არსებობისათვის მოითხოვება აუცილებელი და საკმარისი პირობები:

- აუცილებელია წყაროები, სისტემის კვებისა და ენერჯის დაბალი ენტროპიით.
- საშუალებები ნარჩენებისაგან გასათავისუფლებლად, რომლებიც ფლობენ მაღალ ენტროპიას.

ცოცხალი ორგანიზმის თავისებურება მდგომარეობს იმაში, რომ ის ინარჩუნებს თავისთავს ენტროპიის შედარებით დაბალ საფეხურზე, სარგებლობს რა მაღალი ხარისხიანი ენერჯით, გარემოს ენტროპიის ზრდის ხარჯზე. ხოლო სიცოცხლის არსებობის აირობას წარმოადგენს გარემოს ენტროპიული მომარაგების არსებობა. სიცოცხლის უზრუნველსაყოფად გარემო უნდა იმყოფებოდეს „საკმარისად მოწესრიგებულ მდგომარეობაში“. მასში უნდა არსებობდეს სხვადასხვა მკვებავი ქვესისტემები: მზის გამოსხივება, ჰაერი, წყალი, მცენარეულობა და ა.შ..

სიცოცხლის არსებობა და განვითარება ქმნის მაღალ მოწესრიგებულ სისტემებს, მაგრამ ამასთან ერთად ჩქარდება ენტროპიის ზრდის პროცესები. გარემოში (კოსმოსში) გაიტყორცნება დაბალ ხარისხიანი ნაკადები (გრძელტალღოვანი გამოსხივება) და ცივილიზაციის სხვა ნარჩენები. სიცოცხლე ქმნის აქტუალურ მოწესრიგებულობას არაქტუალურ მოუწესრიგებლობისაგან. ამისგარდა ხდება ენტროპიის საერთო სისტემის არაქტუალური ნაწილიდან. ჩვენს შემთხვევაში აქტუალურ ქვესისტემას წარმოადგენს დედამიწის ბიოსფერო, არაქტუალურს კოსმოსური სამყარო, საიდანაც ხდება ზმის გამოსხივება, რომელიც ქმნის სიცოცხლეს დედამიწაზე. კოსმოსშივე ხდება გამოსხივების გამოტყორცნა დედამიწის ზედაპირზე, ეს გამოსხივება ფლობს დიდ ენტროპიას, ვიდრე სინათლის გამოსხივების ნაკადია. ამიტომ დედამიწის ბიოსფეროს მოწესრიგებულობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული სამყაროს ენტროპიის ზრდაზე. მთავარი იმაში მდგომარეობს, რომ ხდება ენტროპიის ზრდის გადაადგილება სისტემის არაქტუალურ ნაწილში. ამრიგად ენტროპიის ზრდის კანონთან მთლიანად შესაბამისობაში მიიღწევა

ენტროპიის ლოკალური შემცირება ადამიანის სიცოცხლისათვის აქტუალურ ქვესისტემებში. სინამდვილეში ცხოვრებაში არარის არცერთი პროცესი, რომელსაც დროსაც მოხდება ენტროპიის ზრდის კანონის დარღვევა. ადამიანი, როგორც ცოცხალი ბუნების უმაღლესი პროდუქტი, იმყოფება ენტროპიული პირამიდის უმაღლეს საფეხურზე, სადაც მისი მნიშვნელობა არც თუ ისე დიდია. მაგრამ ამ დონის მდგომარეობა უზრუნველყოფილია ქვედა საფეხურების ენტროპიის ზრდის ხარჯზე. ადამიანის დონის მდგომარეობა დამოკიდებულია გარე სამყაროს ზემოქმედების ფართო სპექტრზე და აუცილებელია მთელი რიგი დამატებითი პირობებისა რათა უზრუნველყოფილი იქნეს ამ დონის სტაბილური მდგომარეობა, რომელიც ჩამოყალიბებულია სიცოცხლის არსებობის გრძელ პერიოდში. ადამიანის არსებობისათვის ცოტაა იყოს ჰაერი, წყალი, საკვები, საცოცხოვრისი, სინათლის გამოსხივება და ა.შ. „არამედ საჭიროა რომ ჰაერი და წყალი იყოს სუფთა. ისეთი რომელსაც მიჩვეულია ადამიანი მთელი თავისი არსებობის მანძილზე. სჭირდება დიდი კომპლექტი ბიოტიკური და აბიოტიკური პროცესებისა, რომლებიც უზრუნველყოფენ სიცოცხლის მდგრადობას. ერთ-ერთი ამ ფაქტორის სწრაფმა შეცვლამ შეიძლება დაარღვიოს პირამიდის მდგრადობა, სადაც იმყოფება ადამიანი. არც ჰაერის და არც წყლის შემადგენლობა არ უნდა შეიცვალოს იმისგან, რაც ევოლუციის მთელ პერიოდში იქნა ჩამოყალიბებული. მაგალითად თუ აბიოტიკური ფაქტორი იცვლება (წყალი, ჰაერის შემადგენლობა და ა.შ.) მაშინ ეს პროცესი ისე უნდა წარიმართოს, რომ ცოცხალმა ორგანიზმმა შეძლოს ადაპტირება მასთან. აუცილებელია და საკმარისი პირობები უზრუნველყონ სიცოცხლე ბიოსფეროში. აუცილებელია აღინიშნოს ის გარემოება, რომ ეს პირობები არ მოიცავს ადამიანისა და საზოგადოების სიცოცხლის ყველა მხარეს, მის მეცნიერებას, კულტურას, წარმოებას, ხელოვნებას, ეტიკას, მორალს და სხვა. მაგრამ ის ითვლება იმ შენობის კარკასის საფუძვლად, სადაც ცხოვრობს და მოღვაწეობს ადამიანი.

პლანეტა დედამიწა თავისი ცოცხალი და არაცოცხალი ბუნებით წარმოადგენს რთულ დამოუკიდებელ ეკოსისტემას, რომელშიც აუცილებელია ვიმოქმედოთ მისი მდგომარეობის შენარჩუნებაზე, რათა შევინარჩუნოთ სამყაროში სიცოცხლე. ამისათვის აუცილებელია არსებობდეს პირველ რიგში წყაროები, რომელშიც მოხდება ენტროპიის ზრდა სისტემაში „დედამიწა-კოსმოსი“, ნოოსფეროში ენტროპიის შემცირების ხარჯზე, ხოლო მეორე რიგში აუცილებელია მოვახერხოთ ცივოლიზაციის ნარჩენებისაგან განთავისუფლება. ენერჯის წყაროს ენტროპიის მცირე მნიშვნელობისა წარმოადგენს სინათლის გამოსხივება, რომელიც

უზრუნველყოფს ბიოსფეროში სიცოცხლის არსებობას, მისი არათანაბარი პროცესებითა და სხვა ბიოქიმიური თუ ბიოფიზიკური რეაქციებით, ასევე ფოტოსინთეზით.

დედამიწის გრძელტალღოვანი თბური გამოსხივება, რომელიც მიედინება კოსმოსში წაიყოლებს „ნარცენების“ ნაწილს ენტროპიის სახით, როგორც დედამიწაზე მიმდინარე ხელოვნური და ტექნოლოგიური წარმოშობის აუცილებელ თანამდევ პროცესებს, ამასგარდა ენერჯის ბალანსი ნარჩუნდება. მთავარი იმაში მდგომარეობს, რომ სითბური ენერჯია ფლობს უფრო მცირე ენტროპიას (შესაბამისად უფრო მაღალი ხარისხის ენერჯიით), ვიდრე კოსმოსში გატყორცნილი მაღალტალღოვანი გამოსხივება დედამიწისა, შესაბამისად უფრო ძლიერი ენტროპიით (დაბალი ხარისხის ენერჯიით). სხვა სიტყვებით დედამიწა მზისგან ღებულობს ხარისხიან ენერჯიას დაბალი ენტროპიით, ხოლო უკან უბრუნებს კოსმოსს დაბალხარისხიან გამოსხივებას მაღალი ენტროპიით, ამით ხდება „გაწმენდა“ ენტროპიის ზედმეტობისაგან. ბოლო პროცესები ისევე აუცილებელია, როგორც პირველი ანუ ხარისხიანი სინათლის გამოსხივების მიღება. ეს ორი პროცესი ჯერჯერობით არ იწვევს საშიშროებას. სინათლის გამოსხივება საკმარისია მილიონობით წლებისათვის, ხოლო ენტროპიის ზრდადობა სამყაროში დამატებითი ენტროპიის შემოდინების ხარჯზე ანტროპოგენური მმონაწილეობით ძალზედ დაბალია. საკითხი სხვა რამეშია, მეცნიერული ტექნიკური პროცესებისა და სამეცნიერო ტექნიკური რევოლუციის შედეგად ირღვევა მდგრადი წონასწორობა სისტემისა „ადამიანი-გარესამყარო“ . ამჟამად იმდენად მრავალფეროვანია დაჭუჭყიანების ფორმები, რომ საჭიროა დამატებითი ღონისძიებების ჩატარება, დასუფთავებისა და უტილიზაციისათვის. მაგრამ მეორეს მხრივ, უტილიზაციისათვის საჭიროა დამატებითი ენერჯია და საშუალებები. ეს იწვევს ენტროპიის ხაარჯს სხვა სფეროებში, რომლებიც გვაწვდიან ამ ენერჯიას და საშუალებებს.

წარმოიქმნება ჯადოსნური წრე, ერთი ადგილი იწმინდება ნარჩენებისაგან და გადაიტანება სხვა ადგილას. ანალოგიურად იმისა, რომ ყვამლის მილი დავაგრძელოთ და ავწიოთ რაც შეიძლება მაღლა, რომ ყვამლი გაიტყორცნოს შორს. მთლიანად რომ განვიხილოთ მთელი დედამიწა, მაშინ კატეგორია „სუფთა-წარმოება“ და „მთლიანი უტილიზაცია“ გლობლურად წარმოადგენს შენი ნარჩენებისაგან განთავისუფლებას სხვის ხარჯზე. აქედან გამოსავლელად საჭიროა განვიხილოთ ორი გზა:

1. კარგად და ეფექტურად გამოვიყენოთ სინათლის გამოსხივება.
2. ვიპოვოთ და გამოვიყენოთ ენერჯიის ახალი წყაროები მცირე ენტროპიით.

პირველი ხერხის მისაღებად საჭიროა კოსმოსში განვალაგოთ სინათლის გამოსხივების მიმღები საშუალებები, ჰელიო ლაბორატორიების სახით და ეს ენერგია გადმოვაწოდოთ დადამიწაზე.

მეორე ხერხისათვის საჭიროა გამოვიყენოთ ატომური ან თერმოატომური ენერგია. ამასთან გვაქვს მცირე ენტროპია, რომელიც გამოიყოფა ატომური ბირთვის გარდაქმნისას, ენერგიის გამოყოფის ხარჯზე. (მაგ. 10^2 -ჯერ მეტი ვიდრე გვქვს ეხლა). ისევე რჩება პრობლემა რადიაქტიური ნარჩენების გაუვნებლობის და სითბური ბალანსის დარღვევის გაზაზე. მისი გარესამყაროში გაშვება ვიწვევს ჰიდროსფეროს, ლითოსფეროს და ატმოსფეროს დაჭუჭყიანებას, რაც საფრთხეს უქმნის მდგრადი წონასწორობის დარღვევას.

შევაფასოთ ენტროპიის სიდიდე, სითბურისტემაში „დედამიწასთან“ მიმართებით. ჩავთვალოთ, რომ სინათლის გამოსხივებას აქვს შინაგანი ენერგია E და ტემპერატურა T , ხოლო დედამიწის გამოსხივება კოსმოსში შესაბამისად E_2 და T_2 . საშუალოდ დედამიწაზე ენერგია არ მარაგება, ამიტომ მიახლოებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ $E_1 = E_2 = E$ და ენტროპია დედამიწაზე ტოლია სინათლის გამოსხივების ენტროპიისა და დედამიწის გამოსხივების სხვაობისა.

ჩავთვალოთ დედამიწა თანასწორ თერმოდინამიკურ სისტემად, აბსოლიტურად შავი სხეულის ტიპად. დედამიწის ენტროპიის სიდიდე აბსოლიტური სიდიდის მიხედვით ტოლია

$$|\Delta S| = \frac{4}{3} \left(\frac{E_2}{T_2} - \frac{E_1}{T_1} \right) = \frac{4}{3} E \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1)$$

ითვლება რა $T_1 \approx 6000K$ და $T_2 \approx 300K$

სინათლის ინტენსივობის გათვალისწინებით და დედამიწის ზომების გათვალისწინებით გვაქვს.

$$|\Delta S| = 3 \times 10^{24} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{6000} \right) \text{კალ გრად.}^{-1} \text{გრ}^{-1} \quad (2)$$

ვითვალისწინებთ, რომ $\frac{1}{T_2} > \frac{1}{T_1}$ გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$|\Delta S| \approx 3 \times 10^{24} \div T_2 \text{კალ გრად}^{-1} \text{გრ}^{-1} \quad (3)$$

(1)-ი ფორმულიდან ჩანს რომ რაც უფრო მცირეა T_2 ანუ დედამიწიდან გამავალი გამოსხივების ღრმა გაგრილება სინათლის გამოსხივების მუდმივ რაოდენობითი დასხივებით, მით მეტია საშუალოდ მივალწიოთ სხვაობას ენტროპიის ხარისხიან გამოსხივებას შორის, რომელსაც ასხივებს დედამიწა კოსმოსში, დედამიწის ენერგიის დიდი

დეგრადაციის დროს E_2 , რომელიც განიბნევა კოსმოსში დედამიწიდან გრძელტალღოვანი გამოსხივების სახით. ფოტონების დიდი რაოდენობა გადაიტანება მოცემული ენერჯის რაოდენობის ხარჯზე, რადგანაც სინათლის გამოსხივება E_1 , V_1 სიხშირით აქვს N_1 კვანტები, ხოლო დედამიწიდან გამავალი ენერჯი აკოსმოსში E_2 აქვს N_2 კვანტები. ვითვალისწინებთ, რომ $E_1=E_2$ და $V_1>V_2$ მივიღებთ:

$$N_1 h V_1 = N_2 h V_2 \quad (4)$$

ან

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_1}{V_2} > 1 \quad (5)$$

კვანტების რიცხვის ზრდა N_2 , $V_2 < V_1$ სიხშირით აღნიშნავს ენტროპიის ზრდას.

დედამიწის მცენარეული საფარი დამატებით ეხმარება, დედამიწიდან წამოსულ გამოსხივებას გაციებაში. ანუ ტემპერატურა T_2 მცირდება, მაგრამ ამასთან ერთად სამყაროს ენტროპია იზრდება. ლოკალურად ცალკეულ მოწესრიგებულ ქვესისტემაში შეილება მივალწიოთ ენტროპიის შემცირებას, მაგრამ მთელ სისტემაში ენტროპია გაიზრდება. ცალკეული თერმოდინამიკური სისტემებისათვის აუცილებელ მახასიათებელს წარმოადგენს წარმოებული ენტროპია დროში. dS_i/dt_i , სადაც S_i არის სისტემის შიდა ენტროპია. ამ სიდიდით შეიძლება გამოვსახოთ დინამიკური წონასწორობის პირობები, წონასწორობის ევოლუციური განვითარება და მედეგობა.

ცალკეული საწარმოო პროცესების დროს, რომელშიც გამოიყენება ბუნებრივი რესურსები, გარემოში ხდება ნივთიერებების გაფრქვევა და წარმოიქმნება ფიზიკურ-ქიმიური და ბიოლოგიური დაჭუჭყიანება სისტემისა „ადამიანი-გარე სამყარო“. ამ დროს სამყაროს ენტროპია იზრდება.

დასკვნა

ჩვენ უკვე განვიხილეთ ბიოსფერო, თერმოდინამიკა და ენტროპია. როგორც ვხედავთ თერმოდინამიკის პრინციპსა და ენტროპიას ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვს ბიოსფეროსათვის და საბოლოო ჯამში შეიძლება ითქვას ჩვენთვისაც. ენტროპია რომ არა დედამიწის ზედაპირი სავსე იქნებოდა ბიომასით (ორგანული ნარჩენებით). ადამიანი ხომ ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი რგოლია ბიოსფეროში მიმდინარე პროცესებისა. მიუხედავად ამისა ადამიანი ცდილობს შეცვალოს გარემო (ბიოსფერო). მაგრამ ჩვენ უკვე დავინახეთ თუ

სადამდის მიგვიყვანა ადამიანისა და გარემოს ჭიდილმა. უფრო გამძაფრდა, გახშირდა ეკოლოგიური კატასტროფები. თანამედროვე სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის ეპოქაში მსოფლიო მეურნეობის კოლოსალურმა მასშტაბებმა, უპირველესად მინერალური საწვავის (ნახშირის, ნავთობის, ბუნებრივი აირის) მოხმარების, აგრეთვე საწარმოების და ტრანსპორტის (ქარხნებში, ფაბრიკებში, თბოელექტროსადგურებში, ატომურ ელექტროსადგურებში, ავტო, საჰაერო და წყლის ტრანსპორტზე, კომუნალურ მეურნეობაში და სხვა.) გიგანტურმა მოცულობამ გამოიწვია ატმოსფეროს ძლიერი გაბინძურება (დამტვერიანება), გამონახოლქვი და გამონაფრქვევი მყარი და გაზობრივი ნივთიერებებით. ატმოსფეროს გაბინძურებასთან დაკავშირებული მწვავე ეკოლოგიური (გლობალური მასშტაბის) გართულებებიდან ერთ-ერთი ყველაზე საგანგაშოა ბიოსფეროს, მზის მომაკვდინებელი ულტრასიფერი გამოსახივებისაგან დამცავი ფარის, სტრატოსფერული ოზონის ფენის რღვევის ნიშნები, ოზონის ხვრელების წარმოქმნა და გაფართოება. იგი ძირითადად გამოწვეულია ატმოსფეროში ფრეონის და აზოტის ჟანგის კონცენტრაციით. პირველის წყაროს ძირითადად წარმოადგენს აეროზოლური ბალონებისა და საყოფაცხოვრებო ქიმიის პროდუქტების მოხმარება. აზოტოვანი ჟანგისა კი - ზებგერითი თვითმფრინავების ძრავების მუშაობა და ზოტოვანი სასუქების გამოყენება.

ატმოსფეროს ანთროპოგენური გაბინძურებისაგან დაცვის ღონისძიებებიდან უმთავრესია:

- წარმოებაში უახლესი ტექნოლოგიების დანერგვა;
- ეკოლოგიურად უსაფრთხო ალტერნატიული ენერგეტიკის განვითარება (მზის, ქარის, ჰიდრო, ზღვის ტალღების და სხვ);
- საკვამლე მიწების ეფექტური მტვერ - და გაზდამჭერი მოწყობილობებით უზრუნველყოფა;
- ტყის არაგონივრული ჭრის აღკვეთა და მისი მასივების გაფართოება;
- ავტოტრანსპორტის გადაყვანა ეკოლოგიურად უსაფრთხო ენერგოწვაზე (ელექტრო და მზის);
- მსოფლიო ოკეანის დაცვა გაბინძურებისაგან, ვინაიდან ატმოსფერული პროცესები და მასში ჟანგბადისა და ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია

ბევრად არის დამოკიდებული ოკეანის საერთოდ და კერძოდ, ფიტოპლანქტონის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე;

- იურიდიულ-საკანონმდებლო უზრუნველყოფა და ადამიანის ეკოლოგიური კულტურის ამაღლება;

ადამიანი თუ შეძლებს პირნათლად დაიცვას და შეასრულოს მასზე დაკისრებული მოვალეობები, მაშინ კიდევ შესაძლებელია მოვახერხოთ ჩვენი საცხოვრებელი (დედამიწა) ადგილის შენარჩუნება და გადარჩენა.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Физическая энциклопедия. М.1988 г. Т. 1-4.
2. Куклин Физическая экология М. 2004 г.
3. ზ. სეფერთელაძე ბუნებათსარგებლობის გეოგრაფია 2011 წ.
4. ც. დონაძე ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა 2012 წ.
5. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biosphere> ბიოსფერო
6. http://chemistry.ge/periodic_table/view.php?numb=6 ატმოსფეროს შემადგენლობა
7. <http://qetevan12.blogspot.com> დედამიწა და ადამიანი
8. <http://www.slideshare.net/ninochipashvili1/a-29013103> ეკოლოგიური პრობლემები