911.2(075.8)
ა-52

მ. ალფენიძე, ე. ელიზბარაშვილი, კ. ხარაძე

ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო
უნივერსიტეტის სოხუმის ფილიალი

მელორ ალფენიძე,
ელიზბარ ელიზბარაშვილი, კობა ხარაძე

ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა
თბილისი 2003

უაკ (UDC) 911. 2 (075.8)
გ 772

ბ-535

ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია (ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა) დამწყები გეოგრაფოსებისაგან მოითხოვს მრავალმხრივი ინფორმაციის შესწავლის აუცილებლობასა და ზოგადი გეოგრაფიული კანონების აღქმას. იგი მომავალი სპეციალისტების სამაგიდო წიგნი უნდა გახდეს.

სახელმძღვანელოს შინაარსი ემთხვევა მოქმედ სასწავლო პროგრამას. მოიცავს ცოდნას მეცნიერების ჩასახვისა და განვითარების, გეოგრაფიული გარსის (სისტემის) შემადგენლობისა და სტრუქტურის, დინამიკისა და განვითარების კანონზომიერებების, საზოგადოების მეურნეობრიობის შედეგებისა და ნეგატიური პროცესების რეგულირება-მართვის შესახებ. მათი სრულფასოვანი აღქმა გეოგრაფოსების წმინდა ვალია. მშობლიურ ენაზე წიგნის შედგენა ხელს შეუწყობს როგორც გეოგრაფიული ცოდნის, ისე ეროვნული აზროვნების განვითარებას.

წინამდებარე სახელმძღვანელო პირველი ქართულენოვანი წიგნია. განკუთვნილია გეოგრაფიული სპეციალობის სტუდენტების, ასპირანტების, გეოგრაფიის მასწავლებლებისა და ბუნებისმეტყველებით დაინტერესებული ფართო საზოგადოებისათვის.

რედაქტორი პროფ. ნიკოლოზ ბერუჩაშვილი

რეცენზენტები: პროფ. ზურაბ სეფერთელაძე
პროფ. მარატ ციცქიშვილი
გეოგრ. მეცნ. დოქტორი რევაზ სამუკაშვილი
დოცენტი ოთარ ჩხეიძე

95085

© თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, 2003
© მ. ალფენიძე, ე. ელიზბარაშვილი, კ. ხარაძე

ISBN 99940-20-90-0

წინასიტყვაობა

ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის (დედამიწისმცოდნეობა) კურსი მომავალი გეოგრაფოსების სამაგიდო წიგნია. ზოგადი გეოგრაფიის ანუ გეოგრაფიული მეცნიერების ზოგადი კანონების შესახებ დამწყებმა გეოგრაფოსმა უნდა მიიღოს სწორი და ამომწურავი ინფორმაცია. ამ კურსის მრავალი სახელმძღვანელო გამოიცა. ზოგი მათგანი უკვე 100 წლისაა, ყველაზე სრულფასოვანი (ს. კალესნიკი, 1955) კი – ნახევარი საუკუნისა. თანამედროვე მოთხოვნილებებს ნაკლებად შეესაბამება უფრო გვიანდელი (ლ. შუბაევი, 1977; კ. მარკოვი და სხვ., 1973; ს. კალესნიკი, 1973; ფ. მილკოვი, 1970; კ. გერენჩუკი და სხვ., 1984) გამოცემები. აღსანიშნავია, რომ ამ შინაარსის სახელმძღვანელოები მხოლოდ უცხო (რუსული ენა) ენაზე მოგვეპოვება, რაც ჩვენი სტუდენტების მეხსიერებაში, ენობრივ ბარიერთან ერთად, თანამედროვე მეცნიერული მიღწევებისა და ჩვენი ქვეყნის ან კავკასიის რეგიონის შესახებ კლასიკური გეოგრაფიული მაგალითების შეუცნობლობას იწვევს.

წინამდებარე წიგნი ფაქტობრივად გეოგრაფიული მიდგომისა და დატვირთვის პირველი სრულყოფილი სასწავლო დანიშნულების სახელმძღვანელოა. ადრე (1955 წ.) გამოიცა შ. ცხოვრებაშვილის დედამიწისმცოდნეობის პრაქტიკუმის, ე. ელიზბარაშვილისა და ზ. ჭავჭანიძის (1992 წ.) ლექციების კურსის სახელმძღვანელოები. შემოთავაზებული წიგნი კი შედგენილია ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფია-გეოლოგიის ფაკულტეტის სამეცნიერო საბჭოს მიერ დამტკიცებული სასწავლო პროგრამის (რამდენადმე გადამუშავდა ჩვენ მიერ) მიხედვით. სახელმძღვანელოს შედგენას საფუძვლად დაედო ამ საგნის ხანგრძლივი სწავლება საქართველოს უნივერსიტეტების შესაბამის სპეციალობებზე.

ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის (დედამიწისმცოდნეობის) კურსი საკმაოდ ვრცელ ინფორმაციას მოიცავს. იგი მოითხოვს ცოდნას სამყაროს აგებულებისა და შედგენილობის შესახებ; გეოგრაფიული მეცნიერების ჩასახვისა და განვითარების, დედამიწის აღნაგობის, ფორმისა და მოძრაობების შესახებ; გეოგრაფიულ ცოდნას დედამიწის ზედაპირის არაერთგვაროვნების, აგრეთვე ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროს, ლითოსფეროსა და ბიოსფეროს შესახებ; გეოგრაფიული გარსის კანონზომიერებების (სისტემური ანალიზი, ერთიანობა-მთლიანობა, წრებრუნვები, რიტმული მოვლენები, ზონალურობა და აზონალურობა, სიმაღლებრივი სარტყლურობა), მისი სტრუქტურისა და განვითარების შესახებ. თითოეული მათგანის შესწავლა მომავალი გეოგრაფოსების წმინდა ვალია. ჩვენ შევეცადეთ აქ მოყვანილი საგნებისა და მოვლენების, აღნიშნული ობიექტებისა და პროცესების გეოგრაფიული ინტერპრეტაციის მიღწევა.

ამავე დროს, თითქმის მთლიანად გადამუშავდა პროგრამის ერთი ნაწილი – ადამიანთა საზოგადოება და გარემო. მის ნაცვლად შევადგინეთ ახალი თავი: გლობალური გეოგრაფიული პროცესები, მათი რეგულირება და მართვა. მისი საფუძველია გეოგრაფიული გარსის სისტემური აღქმა, რომლის მიხედვით განიხილება მისი თვითორგანიზაციისა და თვითგაწმენდის უნარი, აგრეთვე ენერგეტიკული ნაკადების, ატმოსფერული და ჰიდროსფერული პროცესების ბალანსური აღქმა და

მათი მართვის პრინციპები; სათანადო ადგილი ეთმობა გლობალური ობიექტებისა და მოვლენების (მაგ., მყინვარული საფარების) პლანეტარულ როლს გეოგრაფიულ გარსში.

დამწყები გეოგრაფოსები სრულყოფილად უნდა დაეუფლონ ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის ერთადერთ ობიექტს, გეოგრაფიულ გარსს – დედამიწის ლითოსფეროს, ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და ბიოსფეროს ურთიერთდაკავშირებულ და ურთიერთგანმაპირობებელ ერთიან-მთლიან სისტემას, რომელთა შესახებ ისინი პირველ კურსზე მხოლოდ ზოგად (30 სთ. ლექცია და 30 სთ. პრაქტიკუმი, 40 სთ. საველე პრაქტიკა და საკურსო ნაშრომის შესრულება) წარმოდგენას ღებულობენ, ხოლო თითოეულ ამ გეოსფეროების შესახებ, მომდევნო კურსებზე, კონკრეტულ ცოდნას (გეომორფოლოგია, მეტეოროლოგია-კლიმატოლოგია, ჰიდროლოგია, ბიოგეოგრაფია და სხვ.) შეიძენენ – წინამდებარე სახელმძღვანელოს, ტრადიციულად, ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის სახელწოდება დავუბრუნეთ. თუმცა, პარალელურად არ გამოვრიცხავთ, ასევე, ტრადიციულ ს. კალესნიკისეულ ზოგადი დედამიწისმცოდნეობის დასახელებასაც.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს გამოცემა აფხაზეთიდან დევნილმა უნივერსიტეტის პროფესორ-მასწავლებლებმა იკისრეს. ქართულენოვანი სახელმძღვანელო, გეოგრაფიული ცოდნის შეძენასთან ერთად, ხელს შეუწყობს ეროვნული აზროვნების განვითარებასაც, მისი მატერიალურ, კულტურულ, ბუნებრივ, მეურნეობრივ, მორალურ-ზნეობრივ ფასეულებათა აღქმასა და შესისხლხორცებას. სახელმძღვანელო 15 თავისაგან შედგება. მისი დამუშავება სამმა მეცნიერმა (მ. ალფენიძე, ე. ელიზბარაშვილი, კ. ხარაძე) ითავა. მათ შორის შესავალი და III, IV, V, X, XI, XII, XIII, XIV და XV თავები შეადგინა მ. ალფენიძემ; I, VI და IX მ. ალფენიძემ და ე. ელიზბარაშვილმა, ხოლო II თავი კ. ხარაძემ. ამ თავს მანვე დაურთო დასკვნები. სქემები, რუკები და ტექსტებს დართული დასკვნები შეადგინა მ. ალფენიძემ.

სახელმძღვანელოს შემუშავებისა და მისი საბოლოო სახით ჩამოყალიბებაში კოლეგების თბილ გულისყურს ყოველთვის გრძნობდნენ ავტორები, რომელთა საქმიანი შენიშვნებით სახელმძღვანელო რამდენადმე გაუმჯობესდა.

ვისწავლოთ ამინდის, ქარისა და სითბოს მართვა, ღრუბელთა გაფანტვა, წვიმიანი ან მზიანი ამინდის გამოწვევა, სუსხის ან პაპანაქების უკუგდება... ისე, როგორც ამჟამად ახდენენ... მდინარეთა რეგულირებას.

აკად. ვ. ობრუჩევი

შესავალი

გეოგრაფიული მეცნიერების სისტემა. ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტი. დისციპლინის მიზანი და ამოცანები.

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე — მესამე ათასწლეულის გარიჟრაჟზე, ადამიანის გონება უმაღლეს განვითარებასა და სრულყოფას აღწევს. ჯერ არასდროს ყოფილა მეცნიერება ეგზომ დახვეწილი, მდიდარი და თავისუფალი, ძლიერი და გამბედავი, ნათელი და შემწყნარებელი, აქტიური და წარმატებული. შეიძლება ითქვას, რომ მეცნიერული მასშტაბები არასოდეს იყო ასე ამაღლებული და ესოდენ პასუხისმგებელი კაცობრიობის წინაშე როგორც ახლანდელ დროში. თანამედროვე ეპოქა ხომ მატერიალური ბაზის მძლავრ საყრდენზე დგას, მზარდი საწარმოო ძალებზეა დაფუძნებული და, აქედან გამომდინარე, კოლოსალურ ინტელექტუალურ პოტენციალს ფლობს.

ადამიანთა საზოგადოების საქმიანობის ერთ-ერთი ურთულესი, მაგრამ ფრიად საინტერესო სფერო, რომლის ფუნქციას ჭეშმარიტების შესახებ ობიექტური ცოდნის თეორიული სისტემატიზაცია წარმოადგენს, მეცნიერების სახელითაა ცნობილი. მეცნიერების ცნება არაა შემოსაზღვრული მხოლოდ ახალი ცოდნის მისაღები საქმიანობით. იგი მოიცავს ამ საქმიანობის თეორიულ და პრაქტიკულ შედეგებსაც: მოცემულ მომენტში არსებული მეცნიერული ცოდნის ჯამს; მეცნიერული ძიებისა და მიგნების შესაძლებლობას; ინტელექტუალური ბაზის პრაქტიკაში რეალიზაციას.

მეცნიერების უმთავრესი ამოცანაა, კანონებისა და კანონზომიერებათა აღმოჩენა-დადგენის საფუძველზე, ობიექტურად რეალური მოვლენების აღწერა, ახსნა და წინასწარ განჭვრეტა (პროგნოზი). მეცნიერების განსაკუთრებული მიზანია ობიექტური სინამდვილის რაციონალური მართვის ხერხების, მიდგომებისა და მეთოდების შემუშავება და დასაბუთება. ბუნებრივია, რომ გეოგრაფიული მეცნიერების მიზანი და ამოცანები საერთო — მეცნიერული განჭვრეტის ფარგლებში ექცევა.

გეოგრაფიული მეცნიერების სისტემა. ადამიანთა საზოგადოების მიერ ათასწლეულების განმავლობაში შემუშავებული და დაგროვილი ცოდნა, პირობითად სამ დიდ ჯგუფად — საბუნებისმეტყველო, საზოგადოებრივ და ტექნიკურ მეცნიერებებად იყოფა. ჯერ კიდევ სასკოლო პროგრამიდან ცნობილია, რომ გეოგრაფია საბუნებისმეტყველო (ფიზიკურ-გეოგრაფიული დარგები) და საზოგადოებრივ (სოციალურ-ეკონომიკური გეოგრაფიის დარგები) მეცნიერებებს მიეკუთვნება. ორივე მათგანი უძველეს დროში ჩამოყალიბდა და ბუნების, მოსახლეობისა და მეურნეობის

შესახებ ენციკლოპედიური ცოდნის დაგროვებას ისახავდა მიზნად. ამჟამად გეოგრაფიული მეცნიერება ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთობათა სისტემის შესწავლითაა დაკავებული. მათ შორის, პირველი – დედამიწის ბუნების ელემენტების ურთიერთობებს, ხოლო მეორე – საზოგადოებრივი წარმოების ტერიტორიულ ორგანიზაციას მოიცავს.

საბუნებისმეტყველო გეოგრაფიულ მეცნიერებათა (ფიზიკური გეოგრაფია) სისტემა მოიცავს დარგებს, რომლებიც სწავლობენ გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურულ ელემენტებსა და მის ცალკეულ კომპონენტებს. ამ მხრივ, ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა (ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია), პალეოგეოგრაფია და ლანდშაფტმცოდნეობა – გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურული ელემენტების შემსწავლელი მიმართულებებია; მეორე ჯგუფის (კომპონენტური) შემადგენლობაში მოქცეულია გეომორფოლოგია, კლიმატოლოგია, ხმელეთის ჰიდროლოგია, ოკეანოლოგია, გლაციოლოგია, ნიადაგმცოდნეობა.

საზოგადოებრივ-გეოგრაფიული მეცნიერებათა ჯგუფი შეისწავლის სოციალურ-ეკონომიკური მიმართულების დარგებს: მოსახლეობის, დასახლებული პუნქტების, რესურსების, მრეწველობის, სოფლის მეურნეობის, ტრანსპორტის, რეკრეაციის, მომსახურების სფეროს გეოგრაფიულ ასპექტებს, პოლიტიკურ და ისტორიულ-გეოგრაფიულ ნიშნებს, გეოგრაფიული დისციპლინების ისტორიას, ტოპონიმიკას.

ორივე გეოგრაფიული დარგი წარმოუდგენელია კარტოგრაფიის – საგნებისა და მოვლენების ასახვის შესახებ მეცნიერების დარგის გარეშე, რომლის საბოლოო მიზანი რუკათშედგენითი საქმიანობაა. გეოგრაფიული აზროვნების „უმაღლესი სინთეზის“ მიღწევა შესაძლებელია მხარეთმცოდნეობის, სამედიცინო და სამხედრო, აგრეთვე კონფესიური გეოგრაფიული დარგების მეშვეობით. უაღრესად ფართო მნიშვნელობა ენიჭება ამჟამად პოლიტიზებული საზოგადოების პოლიტიკური გეოგრაფიის საფუძვლებით შეიარაღებას.

გეოგრაფიული მეცნიერების აღნიშნულ დარგებს საკუთარი კვლევის ობიექტი გააჩნიათ და შესაბამისი მეთოდებით არიან აღჭურვილნი. ისინი ერთიანი გეოგრაფიული მეცნიერების დარგებს წარმოადგენენ და, ამდენად, მთლიან ინტეგრირებულ სისტემაში არიან მოქცეულნი. ამ სისტემის შინაგანი ერთიანობა უზრუნველყოფილია მისი ყოველი წევრის წარმოშობისა და ინტერესების გეოგრაფიული მთლიანობით, რომელიც ობიექტური კავშირებითა და საბოლოო მიზნის ერთობლიობით ხასიათდება. უმთავრესი მიზანი კი ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთობათა კონფლიქტური შედეგების გეოგრაფიული თვალსაზრისით რეგულირება-მართვის ორგანიზაციაში მდგომარეობს.

ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტი. ჩვენი პლანეტის ხანგრძლივი განვითარებისა და ურთულესი გარდაქმნების შედეგად შედგენილობისა და აგებულების დიდი სირთულით გამოირჩევა დედამიწის ის პერიფერიული ფენა, რომლის ფარგლებში ერთმანეთს ეხებიან, ერთმანეთში იჭრებიან და ურთიერთმოქმედებენ, ერთმანეთისაგან სრულიად განსხვავებული პლანეტარულ-გეოსფერული წარმონაქმნები – ლითოსფერო, ჰიდროსფერო, ატმოსფერო და ბიოსფერო. მისი სისქე ოთხ ათეულ კილომეტრს არ აღემატება და მოქცეულია დედამიწის ფიზიკური ზედაპირის ორივე მხარეს: სიღრმეში 10-11 კმ-ზე (ოკეანეში) ვრცელდება, ხოლო ატმოსფეროში 25-30 კმ-ის სიმაღლეს აღწევს.

ამ ფენის განსაკუთრებული ხარისხობრივი ნიშნები იმაში გამოიხატება, რომ: უაღრესად მდიდარია სხვადასხვა სახის თავისუფალი ენერგიით; გააჩნია ნივთიერებათა

აგრეგირების მრავალნაირი ხარისხი; შეინიშნება მრავალფეროვანი ორგანული სამყაროს, ნიადაგსაფარის, რელიეფისა და სხვ. ელემენტების არსებობა; აქვს მზის სითბოს კონცენტრაციის უნარი; გააჩნია ტემპერატურისა და წნევის თერმოდინამიკური კანონების გაბატონება; ხასიათდება იმ განსაკუთრებული უნიკალურობით, რომელიც ადამიანთა საზოგადოების არსებობასთანაა დაკავშირებული.

როგორც ჩანს, აღნიშნული სფერო საკმაოდ რთული, მაგრამ კანონზომიერებას დაქვემდებარებული ბუნებრივი სისტემაა, რომლის სივრცე-დროითი განუმეორებლობა იმით აიხსნება, რომ მისი ჩამოყალიბება და განვითარება ყოველთვის მიმდინარეობს დედამიწის შინაგანი ძალებისა და კოსმოსური ფაქტორების ერთობლივი, თუმცა – საწინააღმდეგო ზემოქმედებებით. ამ ფაქტორების ასახვა ხდება სისტემის ხარისხობრივი თავისებურებებით და, პირიქით – სისტემის თვისებრიობა განსაზღვრავს ზემოქმედი ფაქტორების ტრანსფორმაციას.

ამ ბუნებრივი სისტემის ცალკეულ კომპონენტებს მრავალი მეცნიერება შეისწავლის. მთლიანად კი, როგორც შინაგანად ერთიანი და კანონზომიერი ბუნებრივ-ისტორიული წარმონაქმნის ფიზიკური გეოგრაფიის კვლევის ობიექტია, რის გამოც მას დედამიწის გეოგრაფიული ანუ ლანდშაფტური გარსი უწოდეს. ამ სისტემის აღსანიშნავად მეცნიერები მრავალ ტერმინს იყენებენ: „გეოგრაფიული გარსი“ (ა. გრიგორიევი, კ. გერენჩუკი), „გეოგრაფიული სფერო“ (დ. არმანდი), „გეოქორა“ (ი. ბიალოვიჩი), „ლანდშაფტური გარსი“ (ი. ეფრემოვი, ს. კალესნიკი), „ეპიგეოსფერო“ (ა. ისაჩენკო), „გეოგრაფიული გარემო“ (ი. საუშკინი, კ. მარკოვი) და ა.შ. მათი ერთი ნაწილი – დედამიწის ბუნების, ხოლო მეორე – საზოგადოების აღსანიშნავად იხმარება. მაგრამ, ვინაიდან „...ბუნება, ადამიანის ნებისა და გონებისაგან დამოუკიდებლად არსებობს, ვითარდება მასთან სამეურნეო კავშირების უქონლობისა თუ არსებობის მიუხედავად, არაა აუცილებელი განისაზღვროს ადამიანთა საზოგადოების მისდამი დამოკიდებულებით“ (ს. კალესნიკი, 1955). დიდი მეცნიერის შეხედულება ამ საკითხისადმი დღემდე არ შეცვლილა. მას შეიძლება დაემატოს: რაც გეოგრაფიულია – ის ბუნებრივია, და მით უმეტეს – ლანდშაფტურიცაა.

სახელმძღვანელოს ინტერესებში არ შედის ამ თვალსაზრისით პოლემიკის გამართვა. მომავალი გეოგრაფოსების ჩამოყალიბების საწყის საფეხურზე მიზანშეწონილად მივიჩნიეთ დედამიწის გეოსფეროების სინთეზური ერთობლიობის აღსანიშნავად თანაზომიერად ვიხმაროთ როგორც გეოგრაფიული, ისე ბუნებრივი და ლანდშაფტური გარსი. ამ სახელმძღვანელოში იგი სისტემის (ბუნებრივი, ლანდშაფტური) სახითაც კი მოიხსენიება. ეს გარსი იმდენად რეალური და თვისებრივად განსხვავებული წარმონაქმნია, რომ დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერთა აბსოლუტური უმრავლესობა ამ სისტემით დაინტერესების გარეშე არ დარჩენილა. მოკლედ, მეცნიერება იძულებულია რეალურად აღიაროს იმ წარმონაქმნის თვისებრივი ასპექტები, რომლებსაც ფიზიკური გეოგრაფია თავისი ყურადღების ცენტრში ამკვიდრებს და კვლევის ობიექტად აქცევს.

გეოგრაფიული (ბუნებრივი, ლანდშაფტური) გარსის ბუნებრიობა გამოხატულია მის წარმოშობასა და განვითარებაში მონაწილე ელემენტებითაც. ამ გარსის ბუნებრივი სხეულები: ქანები, წყლები, ყინული, ჰაერი, ცოცხალი ორგანიზმები – სხვადასხვა ფაზური მდგომარეობითა (მყარი, თხევადი, აირისებური) და ორგანიზაციის დონეებით (ცოცხალი, არაცოცხალი) ხასიათდება; აქვე გავრცელებულია ყველა ქიმიური ელემენტი, შემოდის და გაედინება როგორც მზისა და კოსმოსური, ისე დედამიწის

წიაღის ენერგია; მისთვის დამახასიათებელი კომპონენტების ურთიერთკავშირებით შეპირობებულია უაღრესად დიდი თეორიული და პრაქტიკული ნიშნების მქონე ერთიანობისა და მთლიანობის უნიკალური უნარი, მრავალი თვისება და კანონი.

დისციპლინის საგანი და ამოცანები. გეოგრაფიული გარსი ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტია, რომელიც, თავის მხრივ, საკმაოდ რთული ბუნებრივი წარმონაქმნია და მისი დეტალური შესწავლა საბუნებისმეტყველო დარგების (ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის და სხვ.) გარეშე შეუძლებელია. ცხადია, რომ ეს მხოლოდ სინთეზური (გეოგრაფიული) გზითაა შესაძლებელი. ამის მიუხედავად, ბუნებრივი გარსის სისტემური შესწავლის შედეგადაც კი, შეუძლებელია მისი ყოველმხრივი აღქმა, რაც, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, სრულებით არ არის აუცილებელი.

ჩვენი მიზანია ბუნების კომპონენტებისა და ელემენტების რთულ ურთიერთობათა სრულფასოვანი წარმოდგენა, მათი კავშირების დანახვა და მისგან გამომდინარე მოვლენების ზოგადი (გეოგრაფიული) კანონების შეცნობა. აქედან გამომდინარე, გეოგრაფიული ამოცანების აღქმა, რომელსაც ვაპირებთ ამ სახელმძღვანელოში, ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიული შინაარსისაა. მას ზოგადი დედამიწისმცოდნეობას უწოდებენ. ჩვენ პრიორიტეტს პირველ მათგანს (ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია) ვაკუთვნებთ.

ამგვარად, ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია სწავლობს გეოგრაფიული (ლანდშაფტური) გარსის ნივთიერ შემადგენლობას, მის აგებულებას (სტრუქტურას), განვითარებასა და ტერიტორიულ დანაწევრებას. რადგან, ყოველი აღნიშნული ასპექტი განუყოფელ ერთიანობაში იმყოფება, ამიტომ ბუნებრივი გარსის (სისტემის) შინაარსი მისი შემადგენელი კომპონენტების ურთიერთგანსაზღვრულობაში მდგომარეობს. ამ გარსის აგებულების, ანუ სტრუქტურის, ცნების ქვეშ განსახილველი სისტემის შინაგანი ორგანიზაცია გვესმის.

ლანდშაფტური გარსის გეოგრაფიული თვალსაზრისით შესწავლის ძირითადი ამოცანებია მისი სტრუქტურის, განვითარების ხასიათისა და ტემპების, ტერიტორიული დანაწევრებისა (გეოგრაფიული დიფერენციაციის) და ინტეგრაციის ძირფესვიანი აღქმა. ამ პრობლემების შესწავლას დიდი შემეცნებითი და პრაქტიკული მნიშვნელობა ენიჭება. სტრუქტურის, ანუ კომპონენტების (ელემენტების) შინაგანი ურთიერთკავშირების ხასიათის ზუსტი ცოდნა იმის საშუალებას იძლევა, რომ წარმოვიდგინოთ სხვა კომპონენტების მომავალი ქცევის პარამეტრები, ნორმები და განვითარების გზები, როცა ცნობილია ერთი ან რამდენიმე ელემენტის უნებლიე ან ბუნებრივი ცვლილება.

მოვლენების განვითარების გზების (მიმართულების) სრულფასოვანი აღქმა პროგნოსტიკული მოდელების შემუშავების წინაპირობაა. იგი წარმოდგენას იძლევა იმის შესახებ, თუ როგორი გზით წავა ბუნებრივი პროცესი დასახული ან უნებლიე ცვლილებების შედეგად: ბუნებრივი განვითარების გზით, თუ მისგან განსხვავებული მიმართულებით. ამდენად, თუკი გეოგრაფიული (ბუნებრივი) გარსის ზოგადი შესწავლის ამოცანა – მისი შეცნობა, სტრუქტურისა და კანონზომიერების, განვითარებისა და სივრცობრივი განსხვავებების დადგენაა, მაშინ ამ შეცნობის ზოგადი მიზანი – გამომჟღავნებული ნიშნებისა და კანონების დაუფლებასა და კაცობრიობის საკეთილდღეოდ პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტაში, აგრეთვე, რაციონალურ გამოყენებაში მდგომარეობს.

თანამედროვე ეტაპზე ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია (დედამიწისმცოდნეობა) – მოძღვრებაა ბუნებრივი გარსის შესახებ, რომლის საფუძვლები გასული საუკუნის 30-იან წლებში შეიქმნა. თუმცა, მისი შემადგენლობის სტრუქტურისა და ევოლუციის შესახებ იდეები გეოგრაფიული მეცნიერების ჩამოყალიბების ხანგრძლივი დროის განმავლობაში მიმდინარეობდა. ცნობილია, რომ საუკუნეთა განმავლობაში (XIX ს-ის შუა წლებამდე) გეოგრაფოსები დედამიწის ზედაპირის მხოლოდ და მხოლოდ აღწერით შემოიფარგლებოდნენ. მოგვიანებით, აღწერასთან ერთად, მოვლენათა მეცნიერული ახსნა-განმარტებითი ამოცანების გადაწყვეტას ეყრებოდა საფუძველი.

თანამედროვე ეტაპი – კაცობრიობის მიერ გარემოზე გამოცოცხლებული ზემოქმედების პერიოდია, გარემოცვის ძლიერი გაბინძურებისა და ბუნებრივი რესურსების დეფიციტის ხანაა. ამიტომ, უფრო და უფრო აქტუალური ხდება რაციონალური ბუნებათსარგებლობის, ბუნებრივი მოვლენების მართვის ამოცანების გადაწყვეტა, რომლებიც მიმართულია ბუნებრივი რესურსებით საზოგადოების მოთხოვნილებათა დაკმაყოფილებისა და გარემოს ოპტიმიზაციის მისაღწევად.

ამდენად, ფიზიკური გეოგრაფიის, როგორც მეცნიერების თანამედროვე ამოცანაა გეოგრაფიული გარსის აგებულების, დინამიკისა და განვითარების კანონზომიერებათა შეცნობა, მისი პროცესების ოპტიმალური მართვის სისტემის შემუშავების მიზნით.

დედამიწის ბუნება წარმოადგენს რა ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის ფართო საასპარეზო არენას, ბუნებრივ-ტექნოგენური სისტემის ფორმირებას განიცდის. ამ ახალ მდგომარეობას „არაბუნებრივი“ გარსი შეესაბამება. მას თვისებრივად ახალი ნიშნები აქვს შეძენილი. მისი ოპტიმიზაციის კრიტერიუმები უკავშირდება არა მარტო ბუნების შენარჩუნებასა და გაუმჯობესებას, არამედ ახალი, ადრე უცნობი მდგომარეობების შეხამებათა შექმნას ემსახურება, ანუ ცდილობს იმ პრობლემების გადაწყვეტას, რომელიც კონსტრუქციული გეოგრაფიის ამოცანებს განეკუთვნება. ამდენად, ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფია (დედამიწის-მცოდნეობა) უფრო და უფრო კონსტრუქციული მეცნიერება ხდება.

ბუნებრივი გარსის, როგორც რთული სისტემის მართვის მოდელების შემუშავება – კიბერნეტიკული ამოცანაა, და ამიტომ თავისი რეალიზაციისათვის იგი თანმიმდევრულ სისტემურ მიდგომას მოითხოვს. ამისათვის კი თვითრეგულირების ბუნებრივი მექანიზმის გამოაშკარავებაა აუცილებელი. ეს მექანიზმი, მართავს რა ენერგიისა და მასების მონაცვლეობას – თვითრეგულირების პრინციპების ამოშავებას გულისხმობს. თუმცა, ეს თეორია ჯერ არც სრულყოფილადაა ცნობილი და არც ბუნებრივი გარსის ერთიანი სისტემის მართვის ეფექტური სადავეები გვიჭირავს ხელში.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს შესაბამის ნაწილებში მითითებულია, რომ დედამიწის ბუნებრივი გარსი მზის სისტემაში განუმეორებელი და უნიკალური მოვლენაა. ამიტომ, სხვა ბუნებრივი – ანალოგიური სისტემების არარსებობის გამო, ჩვენი თეორიული ცოდნის, აგრეთვე მოდელების შედარებისა და შემოწმების საშუალება აშკარად არ ჩანს. აქედან გამომდინარე, ექსპერიმენტის მოულოდნელი შედეგებისა და სირთულის (საფრთხის) გაუცნობიერების გამო, გეოგრაფიული მეცნიერება ეყრდნობა ბუნების განვითარების ისტორიის ანალიზის შედეგებს, და ამით ახდენს მოვლენათა მიზეზების ახსნას. ამ მხრივ, ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის ახალი თანამგზავრი პალეოგეოგრაფია ხდება, რომელიც ბუნების წარსული ეტაპების შესახებ ცოდნის საშუალებაა. ამასთან, წარსული პირობების აღდგენა და თანამედროვე ბუნებრივი მოვლენების ანალიზი მომავლის პროგნოზირების წინაპირობაა.

ბუნებრივი გარსის (სისტემის) ფუნქციონირებასა და განვითარებაში დიდი როლის შესრულება მის სტრუქტურას ენიჭება, რომელიც ამ სისტემის მთლიანობასა და მდგრადობას განსაზღვრავს. ამიტომ ამ სისტემის სტრუქტურის შესწავლა ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის ერთ-ერთი უმთავრესი ამოცანაა. ამავე დროს, გეოგრაფიული გარსი დინამიკური სისტემაა. აქ, მუდმივად მიმდინარეობს ნივთიერებათა მასების მოძრაობა, ენერგიის ურთიერთგადასვლები, მიმართული ცვლილებები, მიმოქცევები და რიტმული მოვლენები. ისინი წარმოქმნიან ენერგომასების მონაცვლეობათა რთულ სისტემას, რომელიც მიმდინარეობს სხვადასხვა იერარქიულ დონეებზე. ამ მოვლენების შესწავლაც ზოგად (თეორიულ) ფიზიკურ გეოგრაფიას ეხება.

დედამიწის ბუნებრივი სისტემის „ცხოვრების“ წესებში გონივრული ჩარევისა და მისი ოპტიმიზაციის მიზნით აუცილებელია სისტემური ანალიზის შესახებ გეოგრაფიული წარმოდგენის მიღება. ამ მხრივ უკვე მიღწეულია პირველი შედეგები. აშკარაა, რომ ამ მიდგომის წარმატებულ გამოყენებაზე ბევრადაა დამოკიდებული იმ მთავარი ამოცანების გადაჭრა, რომელიც სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილშია ფორმულირებული.

თავი I. სამყარო და მზის სისტემა

ზოგადი ცნობები. ვარსკვლავები. გალაქტიკები და მეტაგალაქტიკა. დრო და სივრცე. მზის სისტემა. პლანეტარული სისტემა. პლანეტათშორისი სივრცე. მზის სისტემის წარმოშობა. დედამიწა — კოსმოსური კავშირები. დახკვნები.

ზოგადი ცნობები. დედამიწაზე ამჟამად მომუშავე ობსერვატორიების უდიდესი ტელესკოპებით შესაძლებელია სამყაროში რამდენიმე მილიარდი სინათლის წლის ($9{,}5 \times 10^{12}$ კმ) სიღრმემდე შეღწევა. გამოკვლევისათვის მისაწვდომი ეს სივრცე სამყაროს სახელწოდებას ასაბუთებს. თუმცა, სამყარო შემოსაზღვრული სრულებით არ არის. პირიქით, იგი განუსაზღვრელია სივრცეში, ანუ ბოლო „არ უჩანს". ამ მისაწვდომ სივრცეს ასტრონომიულ სამყაროს უწოდებენ. მას სფერული სივრცის ფორმა აქვს, რომლის რადიუსი რამდენიმე მილიარდი სინათლის წელია. ამ ველება სამყაროს ნაწილში, ანუ მეტაგალაქტიკურ სივრცეში, რამდენიმე ათეული მილიარდი გალაქტიკაა. თითოეული მათგანი 150-მდე მილიარდ ვარსკვლავს (მზეს) მოიცავს. ასე რომ, ასტრონომიულ სამყაროში ათი ათას მილიარდჯერ აღებული მილიარდი, ანუ 10^{22} ვარსკვლავია მიმოფანტული. ამდენად, ასტრონომიული სამყარო უზარმაზარ ფართობზეა გადაჭიმული და კოლოსალური მასის მქონე სივრცეა. თითოეული მნათობის მასა ხომ ჩვენი მზის მასის ტოლია, თუმცა, ბევრი მეტია მასზე, ხოლო ზოგი — ნაკლები. ამდენად, სამყაროს მხოლოდ ვარსკვლავთა ჯამური მასა დაახლოებით 2×10^{52} კგ-ს უნდა აღწევდეს. ამის მიუხედავად, უფრო ხშირად სამყაროს „სიცარიელეზე" მიუთითებენ, ვიდრე მის „მჭიდრო" დასახლებაზე.

სამყაროს ზოგადი სურათი ძნელი წარმოსადგენი არ არის. თუ დავაკვირდებით უმთავარო ღამეს ვარსკვლავთ სიმრავლეს, სამი ათასამდე მნათობს შევამჩნევთ. ამავე დროს, ჩვენი გალაქტიკა (ირმის ნახტომი) — უწყვეტი და ნათელი ფონის მქონე „შემჭიდროება" (გაიხსენეთ ასტრონომიის სასკოლო კურსი), სხვა არაფერია, თუ არა აურაცხელი ვარსკვლავის თავმოყრის ზოლი, მაგრამ, ეს „შემჭიდროება" შედარებითია. ვარსკვლავები ერთმანეთისაგან რამდენიმე (ზოგჯერ ათეული და ასეული) სინათლის წლის მანძილით არიან დაშორებული. შედარებისათვის მოვიყვანთ მაგალითს. თავსხმა წვიმაში წყლის წვეთები ერთმანეთის გვერდით ეცემა. მათ შორის მანძილი მხოლოდ მილიმეტრებია. თუკი ამ მცირე მანძილს იმდენად გავზრდით, რომ მათ შორის დაშორება 60 კმ გახდეს, მივიღებთ ვარსკვლავთა სიხშირეს სივრცეში. საერთოდ, ვარსკვლავთმიერი ნივთიერების ყოველ $სმ^3$-ს გალაქტიკაში 10^{22} $სმ^3$ „სიცარიელე" შეესაბამება. ცხადია, რომ გალაქტიკათა შორის არსებული უზარმაზარი სივრცე სრულიად „ცარიელია". ამიტომ, ვარსკვლავთმიერი ნივთიერებით დაკავებული სივრცის 1 $სმ^3$-ზე საკმაოდ (10^{28} $სმ^3$) გაიშვიათებული არე მოდის. შეიძლება ითქვას, რომ ასტრონომიული სამყარო საშუალოდ უფრო გაიშვიათებულია, ვიდრე ლაბორატორიული ვაკუუმი.

სამყაროს სიცარიელის ცნება პირობითია. აქ ვრცელდება ელექტრომაგნიტური ტალღები, სუფევს გრავიტაციული და მაგნიტური ველები, გაბნეულია დიდი რაოდენობის გაზი, პლაზმა და მტვერი. ხშირად მათი ადგილობრივი დაგროვება ცალკეულ „ღრუბლებს" ქმნის. მძლავრ ტელესკოპში, ორიონის თანავარსკვლავედის

მიმართულებით, მოჩანს ნივთიერებათა ერთობლიობა „ცხენისთავის“ სახელწოდებით, რომლის განივი მანძილი რამდენიმე სინათლის წელია.

ვარსკვლავები. სამყაროს სივრცეში მიმოფანტულია აურაცხელი მზის მსგავსი, გავარვარებული მანათობელი ნივთიერებისაგან შემდგარი გიგანტური სფეროს ფორმის მქონე სხეულები, რომელთა ერთ-ერთი მთავარი დამახასიათებელი თვისება – სიკაშკაშეა. ვარსკვლავების ფიზიკური თვისებები, ქიმიური შედგენილობა და სხვა ნიშნები დაახლოებით ისეთივეა, როგორც ეს მზეზე არის შენიშნული. ამავე დროს, ზოგიერთ ვარსკვლავთა მახასიათებელი მეტად მრავალფეროვანია. ამის გამო მათი მასა, სიმკვრივე, ფერი, ბრწყინვალება, ქიმიური შემადგენლობა, ზომები მზისაგან ფრიად განსხვავებულია.

ერთი შეხედვით, ვარსკვლავები ცაზე ქაოსურადაა განლაგებული. ასევე არაერთგვაროვანია მათი სიკაშკაშეც. ამგვარი, „უსისტემო“ განვრცობის მიუხედავად, უხსოვარი დროიდან ვარსკვლავებს ცალკეულ ჯგუფებად, ანუ თანავარსკვლავედებად აერთიანებენ. თითოეულ მათგანს საკუთარი სახელწოდებებიც კი მიაკუთვნეს. დასახელებები უმთავრესად მითებიდანაა „ნასესხები“ და ხალხური ეპოსის გმირების სახელებს, ცხოველებს ან ფრინველებს, გეომეტრიულ ფიგურებსა და საყოფაცხოვრებო საგნებს უკავშირდება. ასე, მაგალითად, თანავარსკვლავედების სახელწოდებათა შორის გვხვდება „ჰერკულესი“, „დიდი დათვი“, „გედი“, „სამკუთხედი“, „მშვილდოსანი“ და სხვ. ისინი საერთაშორისო მეცნიერულ, უნიფიცირებულ მეტყველებაშიც იხმარება. თანავარსკვლავედების ცალკეული მნათობები არ ხასიათდებიან საერთო მოძრაობით, ფიზიკური მსგავსებით, წარმოშობის ერთიანობით. ისინი ცის თავზე ხილული დაჯგუფებების პირობითი გაერთიანებებია, რომელიც მოხერხებულია მხოლოდ ცაზე ორიენტაციისა და ვარსკვლავების აღნიშვნის თვალსაზრისით.

ხილული ვარსკვლავები ან ტელესკოპებით აღრიცხული მნათობები ასტრონომიული ობსერვატორიების სპეციალურ კატალოგებშია დაფიქსირებული. ერთ-ერთ მათგანში, ე.წ. ჰენრი დრეიპერის კატალოგში, 400 ათასი ვარსკვლავია გაერთიანებული. თითოეულ მათგანს თავისი რიგითი ნომერი, ეკვატორული კოორდინატები, სიკაშკაშე, სპექტრული კლასები და სხვა მახასიათებლები ახლავს. ამგვარი, „დანომრილი“ ვარსკვლავების რაოდენობა ერთ მილიონს აჭარბებს. თუმცა ვარსკვლავთა უმეტესი ნაწილი ჯერ კიდევ ელის თავის ადგილს კატალოგში. ჯერჯერობით კი, მათ მხოლოდ ფოტოსურათებზე აფიქსირებენ.

ვარსკვლავების ბრწყინვალება საკმაოდ დიდ დიაპაზონში იცვლება. ასე, მაგალითად, სირიუსი თითქმის 20-ჯერ მეტად ბრწყინვალეა, ვიდრე მზე. რიგელი (ორიონის თანავარსკვლავედის ვარსკვლავი) მზესთან შედარებით 23 ათასჯერ უფრო ბრწყინვალეა. თუმცა, ცნობილია მზეზე მცირე სიკაშკაშის ვარსკვლავებიც. მაგალითად, მზიდან უახლოესი ვარსკვლავი – პროქსიმა 10-15 ათასჯერ ნაკლებად ბრწყინავს, ვიდრე მზე. ზოგიერთი მათგანი მხოლოდ „მბჟუტავ“ სხეულს მოგვაგონებს. მათგან ერთ-ერთი მზიდან მხოლოდ 20-მდე სინათლის წლის მანძილზე მდებარეობს, მაგრამ მისი დანახვა მხოლოდ ძლიერი ტელესკოპით თუ შეიძლება.

ასევე დიდად იცვლება ვარსკვლავთა ზომებიც. მეეტლეს თანავარსკვლავედის ერთ-ერთი ვარსკვლავი მზეზე 20 მილიარდჯერ მეტია, ხოლო „ვოლფის 457“ ვარსკვლავი მზეს მოცულობით 27 მილიონჯერ ჩამოუვარდება. ამ სხვაობათა გამო, არაერთგვაროვანია ვარსკვლავთა გამოსხივებელი ზედაპირის ფართობები.

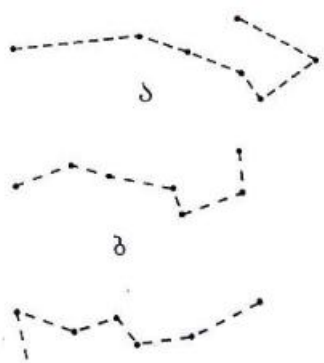
სწორედ, ეს განაპირობებს ბრწყინვალებათა დიდ სხვაობებს. თუმცა, ამ მხრივ, მნათობის ტემპერატურაც საკმაოდ დიდ როლს ასრულებს. ვარსკვლავთა ტემპერატურებიც არაერთგვაროვანია: თუკი ჩვენი მზის ზედაპირული ტემპერატურა 6000^0-ია, ზოგიერთი ვარსკვლავი გაცილებით უფრო ცხელია და მათ ზედაპირზე ტემპერატურა 50000^0-ს აღემატება. ამავე დროს, ე.წ. „ცივი“ ვარსკვლავების ზედაპირზე ტემპერატურა მხოლოდ 3000^0-მდე თუ აღწევს.

შედარებით ერთგვაროვანია ვარსკვლავთა მასები. თუკი ვარსკვლავთა ბრწყინვალებისა და მოცულობის სხვადასხვაობა მილიონობით (ზოგჯერ მილიარდობით) განისაზღვრება, მასების შედარებითი სიდიდეები მხოლოდ რამდენიმე ათეულჯერ განსხვავებას იძლევა.

მიღებულია, რომ თუ კოსმოსური სხეულის მასა მზის მასის 4-5%-ს მაინც არ შეადგენს, მას ვარსკვლავს არ უწოდებენ. მას არ ექნება ის მთავარი ფიზიკური მახასიათებელი, რაც ვარსკვლავის ძირითადი თავისებურებაა. რადგანაც, ვარსკვლავთა მოცულობა მასასთან შედარებით უფრო ფართო ფარგლებში იცვლება, დიდია მათი სიმკვრივეების სხვადასხვაობა. მართლაც, ზეგიგანტი ვარსკვლავების საშუალო სიმკვრივე მზის ანალოგიურ მაჩვენებელს ასეულ ათასჯერ ჩამოუვარდება, ანუ ნაკლებია დედამიწის ზედაპირის ჰაერის სიმკვრივეზეც კი. ასევე მრავლადაა ზემკვრივი ვარსკვლავებიც. „ვოლფის 457“ ვარსკვლავის წიაღში ყოველი 1 $სმ^3$-ის მოცულობის ნივთიერება ტონობით იწონის, მაშინ, როცა ცეფევსის VV ვარსკვლავის ზეგაიშვიათებული საშუალო სიმკვრივის წარმოდგენაც კი შეუძლებელია დედამიწის ყველაზე უფრო აღჭურვილ ფიზიკურ ლაბორატორიებში.

გრანდიოზული ცვლილებებით ხასიათდება ზოგიერთი კატეგორიის ვარსკვლავები. მათ მიეკუთვნება ცვალებადი, არამდგრადი, ახალი და ზეახალი ვარსკვლავები. ისინი მზისაგან განსხვავდებიან სიკაშკაშის ცვლილებებით. მაგალითად, ზეახალი ვარსკვლავის „ანთების“ მომენტში მისი ბრწყინვალება ასეულ მილიონჯერ იზრდება, ძლიერ მატულობს ტემპერატურა, უდიდესი სიჩქარით (6000 კმ $წმ^{-1}$) მიმდინარეობს წიაღის ნივთიერების დიდი მასების ამოფრქვევა. ამ დროს (რამდენიმე დღე-ღამე) გამოყოფილი ენერგია მზის მიერ ასეულათასობით წლის განმავლობაში გამოთავისუფლებული ენერგიის ტოლია.

ვარსკვლავები განუწყვეტელ მოძრაობაშია. ისინი ბრუნავენ საკუთარი ღერძის გარშემო, მოძრაობენ სივრცეში, გარშემოუვლიან საერთო სიმძიმის ცენტრს. ვარსკვლავთა სივრცეში გადანაცვლების საშუალო სიჩქარე 20 კმ $წმ^{-1}$ განისაზღვრება, თუმცა ის ზოგჯერ 300-500 კმ $წმ^{-1}$ აღემატება. ვარსკვლავთა შესამჩნევი ურთიერთგადაადგილების სურათის მისაღებად ათეული ათასი წელიწადია საჭირო. ამ მხრივ, თვალსაჩინოა (ნახ. I.1) დიდი დათვის თანავარსკვლავედის შვიდი კაშკაშა მნათობის სივრცედროითი ცვლილება. ვარსკვლავთა



ნახ. I.1. დიდი დათვის თანავარსკვლავედის მნათობთა გადაადგილება სივრცეში

თანამედროვე განლაგებას „ბ“ მდგომარეობა ასახავს. „ა“ მდგომარეობა კი, იმავე ვარსკვლავებს ასახავს, მაშინ, როცა ეს 100 ათასი წლის წინ იყო, ხოლო „გ“ სურათი გვიჩვენებს, თუ როგორ მდგომარეობას მიიღებენ ისინი სივრცეში მომდევნო 100 ათასი წლის გავლის შემდეგ.

ვარსკვლავები მონაწილეობენ გალაქტიკის საერთო ბრუნვაშიც. გალაქტიკის ცენტრიდან, მზის დაშორების მანძილზე, ვარსკვლავთა მოძრაობის სიჩქარე 250 კმ წმ$^{-1}$ შეადგენს, ხოლო ერთ გარშემოვლას 200 მლნ. წელიწადს ანდომებენ. ამავე დროს, თვით გალაქტიკებიც გადაინაცვლებენ ხოლმე მეტაგალაქტიკის სივრცეში, რომელთა სიჩქარე საგრძნობლად (წამში ათეულათასობით კილომეტრი) დიდია.

სამყაროს უკიდეგანო სივრცის წარმოსახვის მიზნით მოვიყვანთ ცნობებს ვარსკვლავებამდე მანძილების შესახებ. წინასწარ ვიტყვით, რომ ვარსკვლავთა უმრავლესობა მზეს კოლოსალური მანძილითაა დაშორებული, თუმცა რამდენიმე ათასი მათგანი — შედარებით ახლოსაა. მათ მზის მახლობლად განლაგებულ ვარსკვლავებს უწოდებენ. ამ მანძილების გამოთვლას ასტრონომიული ხერხებით აღწევენ. ჩვენ კი აღვნიშნავთ, რომ მზიდან უახლოეს ვარსკვლავ პროქსიმამდე მანძილი $4x10^{13}$ კმ-ის ტოლია. უფრო შორს მყოფ ვარსკვლავებამდე მანძილის წარმოსადგენად, დედამიწაზე მიღებული განზომილებები არ გამოდგება. ამ მიზნით, მიღებულია სინათლის წელი ($9,460x10^{12}$ კმ) და პარსეკი ($3,086x10^{13}$ კმ). გალაქტიკის სხვა ვარსკვლავებიდან ჩვენამდე მოღწევას სინათლის სხივი ათეულ, ასეულ და ათასეულ წლებს ანდომებს. გავიხსენოთ (სკოლიდან), რომ ჩვენი გალაქტიკის კიდიდან კიდემდე მანძილი (დიამეტრი) 100 ათასი სინათლის წელია.

ვარსკვლავების წიაღი ბირთვული რეაქციების არეალია. ისინი ტემპერატურის მიმართ ძალიან მგრძნობიარენი არიან. თუ მნათობის ტემპერატურა 10 მლნ. გრადუსზე ნაკლებია, მაშინ იგი (ტემპერატურა) ბირთვული პროცესების აღძვრას ხელს ვერ უწყობს. ტემპერატურის 20 მლნ. გრადუსამდე აწევისას ბირთვული რეაქციებიც იწყება. როგორც ჩანს (იხ. მზის ფიზიკური თვისებები), ვარსკვლავების წიაღში ენერგიის წარმოქმნა მიმდინარეობს წყალბადის ჰელიუმად გარდაქმნის ხარჯზე, სადაც აირების სწრაფი შერევის გამო კონვექციური ბირთვის წარმოქმნას აქვს ადგილი. ვარსკვლავთა გარე ფენები წყალბადით მდიდარია, რადგან აქ ბირთვული რეაქციები „დაბალი“ ტემპერატურის გამო, ფაქტობრივად, არ მიმდინარეობს, ხოლო კონვექციური ნაკადები ხელს უშლის წყალბადის ატომების ვარსკვლავის ცენტრისაკენ გადატანას.

ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ვარსკვლავთა კონვექციურ ბირთვში წყალბადის ატომები გამოილევა და მხოლოდ ჰელიუმის ატომები დარჩება. ბირთვული ენერგიაც მიილევა და კონვექციური ნაკადების არსებობისათვის საჭირო ძალაც გაქრება. ვარსკვლავები საბოლოოდ დაკარგავენ თავიანთ ფიზიკურ ბუნებას.

ვარსკვლავთა წიაღში მიმდინარე პროცესები მათი სიკაშკაშის ხშირ ცვალებადობას განაპირობებენ. მათ „ცვალებად ვარსკვლავებს“ უწოდებენ. ამჟამად ცნობილია ათეულობით ათასი ასეთი ვარსკვლავი, რომელთა ფიზიკური ბუნების მრავალფეროვნება მათი დაჯგუფების საშუალებას იძლევა:

1. ფეთქებადი ვარსკვლავების ჯგუფში გაერთიანებულ ახალგაზრდა სხეულების ზედაპირულ ფენაში დიდძალი ენერგია გროვდება, რომელიც აფეთქების გზით უცერად თავისუფლდება. ამ მოვლენებს თითქმის პერიოდული ხასიათი აქვს;

2. პულსირებული, ანუ რყევადი ვარსკვლავების ტემპერატურა და რადიუსი პერიოდულ რყევადობას განიცდიან;

3. არაწესიერი ვარსკვლავების სიკაშკაშის რყევადობა პერიოდულ ხასიათს არ ატარებს;

4. სპექტრალური ვარსკვლავების ცვალებადობის მიზეზები მათივე მაგნიტური თვისებებიდან გამომდინარეობს;

5. ლაქებიანი ვარსკვლავების სიკაშკაშის ცვლილება დაკავშირებულია მათ ზედაპირზე ლაქების რაოდენობისა და განაწილების თავისებურებებთან. ამ ვარსკვლავების სიკაშკაშე სწრაფად (1-2 წუთი) იზრდება და 10-15 წუთის შემდეგ ისევე უბრუნდება საწყის მდგომარეობას;

6. სიკაშკაშის სწრაფი ფლუქტუაციის ვარსკვლავებისათვის დამახასიათებელი არამდგრადობა მათი ატმოსფეროს დინამიკურობიდან გამომდინარეობს.

ვარსკვლავებს ახასიათებთ აგრეთვე გრავიტაციულად არამდგრად მდგომარეობაში გადასვლა. მას ვარსკვლავის წიაღში ტემპერატურის ზრდა იწვევს, რის შედეგად აირების წნევა გადაამეტებს გარე ფენების გრავიტაციულ მიზიდულობას და სხეული სწრაფ გაფართოებას იწყებს. მაქსიმალური გაფართოების შემდეგ იგი ისევ პირვანდელ მდგომარეობას უბრუნდება.

ვარსკვლავთა გარდა სამყარო, ვარსკვლავთ შორის სივრცეში, კოსმოსურ უწვრილეს ნაწილაკებსაც მოიცავს. ეს კოსმოსური მტვერი და გაზია, რომელიც სივრცობრივად არათანაბრადაა მიმოფანტული. შედარებით შემკვრივებულ ღრუბლებს — ნისლეულებს უწოდებენ. მათ მიერ დაკავებული გარემო მეტად გაიშვიათებულია. კერძოდ, ერთი $კმ^3$-ის მოცულობის სივრცეში მხოლოდ 500-მდე უმცირესი ნაწილაკი (დიამეტრით რამდენიმე მიკრონი) შეიძლება იყოს. ჩვენი მიწიერი თვალსაზრისით, აღნიშნული სივრცე ვაკუუმად წარმოგვიდგება, თუმცა უზარმაზარ სამყაროში გაიშვიათებული ნაწილაკები არათუ საკმაოდ დიდ მასას ქმნის, არამედ საკუთარ როლსაც ასრულებს ვარსკვლავთა სამყაროს ევოლუციაში. ვარსკვლავთ შორის უზარმაზარ სივრცეზე მიუთითებს ის ფაქტი, რომ ვარსკვლავებს ამ სივრცის მხოლოდ 10^{-21} ნაწილი უკავია. კოსმოსური „მტვერი" — წვრილი ნაწილაკების „მარცვლებია", რომელიც საკმაოდ დიდი განფენილობით ხასიათდება. მათ შეუძლიათ ჩვენკენ მომავალი სინათლის გაბნევა, შთანთქმა და არეკვლა, რის შედეგადაც ამ სხეულების უკან არსებული მნათობთა სიკაშკაშე საგრძნობლად შეცვლილი აღწევს ჩვენამდე. ასეთი ღრუბლები სამყაროს სივრცეში 400-მდეა შემჩნეული. სავარაუდოდ, მათი რაოდენობა გაცილებით მეტია. ვარსკვლავებს შორის კოსმოსში უმთავრესი ქიმიური ელემენტი წყალბადია, რომელიც დედამიწაზე თავისუფალი სახით არ არსებობს. როგორც ჩანს, ასტრონომიული სამყარო საკმაოდ მრავალფეროვანია. მისი გრანდიოზულობის მიუხედავად, ვეებერთელა კოსმოსიდან დედამიწაზე შემოდის ენერგია, რომელსაც უმთავრესად რადიოტალღები ქმნის. მათი სიხშირე 10-დან 300-მდე მეგაჰერცს შორის იცვლება.

გალაქტიკები და მეტაგალაქტიკა. ბუნების საიდუმლოებით დაინტერესებულებს ხშირად მიუქცევიათ ყურადღება გარემომცველი სივრცისაკენ. ზეცისაკენ მიმართული მზერა ხილულ ვარსკვლავებთან ერთად, მკრთალად მბრწყინავ ზოლსაც შეამჩნევს, რომელიც ცამრგვალზეა გადაჭიმული. შეუიარაღებელი თვალისათვის იგი განსაკუთრებით კარგად უმთვარო ზაფხულის მოწმენდილ ცაზე ჩანს. ეს ზოლი ვარსკვლავთ აურაცხელ სიმრავლეს წარმოადგენს. ვარსკვლავთა ერთობ დიდ

კრებულს, რომელსაც უზარმაზარი, მაგრამ შემოსაზღვრული სივრცე უკავია, უაღრესად რთული სტრუქტურა და მოძრაობის საკუთარი სქემა ახასიათებს — გალაქტიკას უწოდებენ. სწორედ ამგვარ სივრცეს წარმოადგენს ჩვენი გალაქტიკა — ირმის ნახტომი.

სივრცე, რომელიც გალაქტიკას უკავია, ორმხრივ ამოზნექილი ლინზის ფორმისაა. ასე რომ, მისი შუა ნაწილი ერთგვარად „შესქელებულია“. ირმის ნახტომის დიამეტრი 100 ათასი, ხოლო სისქე 20 ათასი სინათლის წლის მანძილის ტოლია. მის ცენტრში განსაკუთრებით შემჭიდროებულია ვარსკვლავები, ხოლო პერიფერია შედარებით გაიშვიათებულია. ამდენად, ირმის ნახტომი გალაქტიკის „ხერხემალია“. ვარსკვლათა უმრავლესობაც სწორედ აქ იყრის თავს. გალაქტიკის ვარსკვლავთა საერთო რიცხვი კი 150 მლრდ-მდეა. მათ შორისაა ჩვენი მზე და, მასთან ერთად, პლანეტები თავიანთი თანამგზავრებით. ვარსკვლავების გარდა, გალაქტიკა შედგება ვარსკვლავთა გროვების, გალაქტიკური ნისლეულების, ვარსკვლავთშორისი მატერიისაგან. გალაქტიკის მთლიანი მასა მზის მასაზე 10^{11}-ჯერ მეტია.

გალაქტიკის ცენტრალური ნაწილი მის გულს — უდიდეს შემკვრივებას უკავია, რომლის განივი 3-6 ათასი სინათლის წლის მანძილს შეადგენს. მზე აქედან 30 ათასი სინათლის წლის მანძილითაა დაშორებული. ვარაუდობენ, რომ მზის გალაქტიკური ორბიტა დაახლოებით წრიულია და გალაქტიკის სიმეტრიის სიბრტყეში ძევს. მოძრაობის მიმართულება საათის ისრის ბრუნვას თანხვდება, თუ გალაქტიკის ეკვატორს ჩრდილოეთი მხრიდან ვუმზერთ. მზის გარშემოვლის (გალაქტიკური წელიწადის) პერიოდი $2x10^8$ დედამიწისეულ წელიწადს შეადგენს.

გალაქტიკის ცენტრის გარშემო არა მარტო მზე, არამედ სხვა ვარსკვლავებიც მოძრაობენ. შეიძლება ითქვას, რომ გალაქტიკა მთლიანად ბრუნავს თავისი ცენტრის (გულის) გარშემო. ამავე დროს, ყოველი ვარსკვლავი საკუთარი სიჩქარით გარემოექცევა, რომელიც მას მინიჭებული აქვს კეპლერისეული კანონით. ცხადია, რომ გალაქტიკის მასის მეტი ნაწილი ბირთვშია თავმოყრილი. ამიტომ, მზის სისტემის სხეულების მოძრაობის ანალოგიურად, გალაქტიკის ბირთვთან უფრო ახლო მყოფი ვარსკვლავების სიჩქარეები მეტია და მათი გალაქტიკური წლები, მზის ანალოგიურ წლებთან შედარებით, შესამჩნევად ნაკლებია. გალაქტიკის კიდეზე ვარსკვლავთა მოძრაობის სიჩქარე ძალზე მცირეა, თუმცა გალაქტიკური წლის ხანგრძლივობა შეუდარებლად დიდია.

განხილული მასალის მიხედვით ცხადია, რომ სამყაროს სივრცე გალაქტიკის ფარგლებს გარეთაც „დასახლებულია“ ანალოგიური ბუნების მქონე სისტემებით, რომლებიც ასევე გალაქტიკებს წარმოადგენენ. მთელ ამ სივრცეში, ამჟამად არსებული ხელსაწყოებით, შესაძლებელია დაკვირვების წარმოება. სამყაროს ამ ნაწილის რადიუსი დედამიწიდან 8-10 მლრდ. სინათლის წლის ტოლ მანძილზე ვრცელდება. ამ სივრცეში აურაცხელი გალაქტიკა არსებობს. მათ ერთობლიობას მეტაგალაქტიკას უწოდებენ, რომელიც სრულიად არ ამოწურავს სამყაროს განზომილებას. იგი მხოლოდ სამყაროს ნაწილია, რომელიც საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ხელმისაწვდომია გამოკვლევისათვის. მომავალში ადამიანის „თვალი და გონება“ უფრო შორს გაიჭრება და გალაქტიკათა სისტემების საზღვარს მიაღწევს, ხოლო მის მიღმა ახალი სისტემები აღმოჩნდება, რომლებსაც კიდევ უფრო საინტერესო, მანამდე უცნობი თვისებები ექნება.

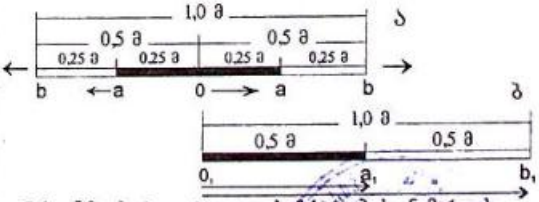
გალაქტიკათა სიმრავლეში დიდი მრავალფეროვნება შეინიშნება. ჩვენთვის უკვე

ცნობილ გალაქტიკებთან ერთად, სამყაროში მიმოფანტულია რადიოგალაქტიკები, კვაზარები და სხვა გიგანტური სხეულები. ამავე დროს, გალაქტიკათა ფორმის, სიდიდისა და სიკაშკაშის მიხედვით შესაძლებელია ერთიანი კლასიფიკაცია. ერთ-ერთი კლასიფიკაციით (ჰაბლი) განიხილება: E ტიპის ელიფსური, S ტიპის სპირალური და I ტიპის ირეგულარული (არამიწიერი ფორმის) გალაქტიკები. ამასთან ერთად, ცნობილია, აგრეთვე პეკულარული, ბადროს მსგავსი, რგოლისებრი ან რადიოგალაქტიკები და ა.შ. მათი ფორმის, ნათებისა თუ სხვა ფიზიკური თვისებების არაერთგვაროვნების მიუხედავად, შემადგენლობით („მოსახლეობით") ისინი ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან. გალაქტიკების განუყრელ კომპონენტებს შეადგენს დიფუზიური ნივთიერება, რომელიც მტვრის, გაზისა და ძირითადად ნეიტრალური წყალბადის სახითაა წარმოდგენილი. გალაქტიკათა საერთო ნიშან-თვისებას წარმოადგენს მათი ბრუნვის საყოველთაობა. ამ მხრივ, საყურადღებოა გალაქტიკის ბრუნვისა და მისი სპირალური შტოების მიმართულებას შორის კავშირების დადგენა. თუმცა იგი, ჯერ კიდევ, მეცნიერებისათვის ღიად რჩება.

მაინც რამდენია „ხილულ" გალაქტიკათა რიცხვი? ამჟამად არსებული მძლავრი დასამზერი მოწყობილობების გამოყენებით, ვარაუდობენ, რომ მეტაგალაქტიკურ სიცრცეში მისაწვდომია ერთ მილიარდზე მეტი გალაქტიკა. თუმცა, იმ აურაცხელ გალაქტიკათა შორის ჩვენთვის მნიშვნელოვანია ე.წ. ადგილობრივ ჯგუფში შემავალი 20-მდე გალაქტიკა, რომელიც ჩვენ გარშემო 2-2,5 მლნ. სინათლის წლის მანძილის რადიუსითაა შემოფარგლული. ამ ჯგუფის დიდი წევრებია ჩვენი და ანდრომედას გალაქტიკები. ამავე ჯგუფში შედის კიდევ ერთი სპირალური, 10 ელიფსური, 4 ირეგალური და რამდენიმე ჯუჯა გალაქტიკა. რადიალური სიჩქარეების შესწავლამ აჩვენა, რომ ანდრომედას გალაქტიკა გვიახლოვდება 260 კმ წმ$^{-1}$-ის სიჩქარით. ასეთივე სიჩქარით გვშორდება მაგელანის დიდი ღრუბელი. ჩვენი გალაქტიკის მოძრაობის სიჩქარე უფრო ნაკლებია და 100 კმ წმ$^{-1}$ შეადგენს. მისი ჯამური მასა შეფასებულია $6x10^{11}$ მზის მასის ტოლად.

გალაქტიკების შესახებ ჩვენი წარმოდგენა ამერიკელი მეცნიერის — ჰაბლის სახელთანაა დაკავშირებული. სპექტრულმა დაკვირვებებმა ცხადყო, რომ ყველა გალაქტიკა დიდი სიჩქარით გვშორდება. თანაც, რაც უფრო შორსაა გალაქტიკა, მით მეტია მისი დაშორების სიჩქარე. ამდენად, დაკვირვებები ადასტურებენ გალაქტიკების ერთმანეთისაგან „გაშლას", ანუ დაშორებას, რაც, საბოლოო ჯამში, სამყაროს გაფართოებაზე მიგვანიშნებს. მისი მიმდინარეობა ჰაბლის კანონითაა აღწერილი. ამ აღმოჩენით, სამყაროს ნებისმიერი წერტილიდან (დავუშვათ, მზის სისტემიდან) გალაქტიკებამდე მანძილის ზრდასთან ერთად, მატულობს მათი სხივური სიჩქარეები.

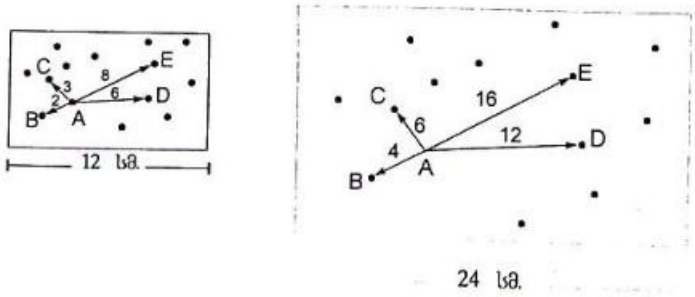
სამყაროს გაფართოების ეს სურათი, ერთი შეხედვით, თითქოს დაუჯერებელი ჩანს. თუმცა, ეს უბრალო მაგალითითაც კი ნათელი ხდება: წარმოვიდგინოთ, რომ ორივე ხელში გვიჭირავს 1,0 მეტრის სიგრძის რეზინის წვრილი ძაფის ორი ბოლო (ნახ. I.2. ა), რომლის შუა — მუქი ნაწილი მთლიანი სიგრძის ნახევარია, ანუ 0,5 მ-ია. ძაფის ორივე



ნახ. I.2. პერიფერიული სიჩქარეების ნაზრდის სქემა. ა. უძრავი; ბ. გაჭიმვის შემდეგ

შუა – მუქი ნაწილი მთლიანი სიგრძის ნახევარი, ანუ 0,5 მ-ია. ძაფის ორივე კიდეზე რჩება შეუღებავი, ნათელი ფერის თითო მონაკვეთი, რომელთა სიგრძე ცალ-ცალკე 0,25 – 0,25 მ-ია. შევასრულოთ ამ ძაფის გაჭიმვა (სამყაროს გაფართოების მსგავსად) ისე, რომ მისი სიგრძე 1 წმ-ის განმავლობაში ზუსტად 2 მ გახდეს. დავაკვირდეთ ნახ. 1.2.ბ-ს და დავრწმუნდებით (ნახაზზე ჩანს მხოლოდ რეზინის ძაფის მარჯვენა ნახევარი, მარცხენა ნაწილი მისი ანალოგიურია), რომ 0 წერტილი უწინდელ მდგომარეობაში დარჩა, ხოლო **a** წერტილი $\mathbf{a}_1$ მდგომარეობაში აღმოჩნდა, ანუ 1 წმ-ში 0,25 მ-ით გადაადგილდა. რეზინის მარჯვენა ბოლო ბ წერტილმა კი $ბ_1$ მდგომარეობამდე გადმოინაცვლა, ანუ 1 წმ-ში 0,5 მ-ის მანძილზე შეასრულა მოძრაობა. თუკი ამჯერად, ა და ბ წერტილების სიჩქარეებს დავაკვირდებით, ვნახავთ, რომ 0a მონაკვეთის წერტილების სიჩქარეები ნულიდან 0,25 მ წმ$^{-1}$ მდე იცვლება, თანაც მხოლოდ განაპირა ა წერტილს აქვს ყველაზე მეტი (0,25 მწმ$^{-1}$) სიჩქარე. ა წერტილის მარჯვენა აბ მონაკვეთის მოძრაობის სიჩქარე უფრო მეტი (0,25-დან 0,5-მდე მწმ$^{-1}$) აღმოჩნდა. ამ შემთხვევაშიც, განაპირა ბ წერტილის მოძრაობის სიჩქარე (0,5 მწმ$^{-1}$) ყველაზე მაღალია. ამავე დროს, ბ წერტილის სიჩქარე ა წერტილის სიჩქარესთან შედარებით – ორჯერ მეტი გამოდგა.

შეიძლება სხვა მაგალითიც: წარმოვიდგინოთ გამოსაცხობი ცომის გუნდა, რომელშიც ქიშმიშის მარცვლებია (ნახ. 1.3.) შერეული. ცომის გუნდას დიამეტრი, ვთქვათ, 12 სმ-ია. ცხელ ღუმელში გამოსაცხობად მოთავსებისას, იგი იწყებს რა აფუებას, მოცულობაში მოიმატებს. ამდენად, მისი დიამეტრი, ვთქვათ, ორჯერ გაიზარდა. ეს იმას ნიშნავს, რომ ყოველი მარცვალი ერთმანეთს ორ-ორჯერ დაშორდა. თუ წარმოვიდგენთ, რომ რაიმე A მარცვლიდან „შევცქერით“ აღწერილ მოვლენას, შემდეგ სურათს მივიღებთ: ცხობის პროცესში, რაიმე დროის განმავლობაში (20 წუთი), ყოველი მარცვალი A წერტილს შორდება. თუმცა, „მოთვალიერეს“ სხვა წერტილში მოთავსებით – ეფექტი არ შეიცვლება. ნახაზის ანალიზიდან ვრწმუნდებით, რომ მარცვლების დაშორების თანაბარი სიჩქარის კანონზომიერება იგივეა, რაც გალაქტიკების შემთხვევაში. მართლაც, ცხობის დროს შუალედში C მარცვალმა 3 სმ გაიარა, ხოლო უფრო შორეულმა D მარცვალმა – 6 სმ, ცხადია, 8 სმ-ით დაშორებულმა E მარცვალმა იმავე დროში 16 სმ მანძილი დაფარა, ყველაზე ახლო B მარცვალი კი მხოლოდ 2 სმ-ით გადაადგილდა.



ნახ. I.3. პერიფერიული ობიექტების სამყაროსეული წანაცვლების სქემატური მოდელი

ჰაბლის კანონიდან გამომდინარე ეფექტი თუ მაინც სამყაროს გაფართოებას ნიშნავს, შეიძლება ამ გაფართოებისათვის საჭირო დროის გამოთვლაც. უკიდურესად შემკვრივებულ და მცირე სივრცეზე წარმოდგენილი სამყაროს დღევანდელ მდგომარეობამდე გაფართოება (თუ ეს სიჩქარე არ იცვლებოდა) 10^{10} (10 მლრდ.) წლით არის განსაზღვრული. მაშასადამე, ამ 10 მლრდ. წლის წინათ სამყარო განსაკუთრებით მკვრივ მდგომარეობაში უნდა ყოფილიყო. ამას ადასტურებს გასულ საუკუნეში აღმოჩენილი რელიქტური კოსმოსური რადიოგამოსხივება, რომელიც იზოტროპული გარემოდან მომდინარეობს და სამყაროს დიდი სიმკვრივის ეპოქაში არსებული გამოსხივების ნაშთს წარმოადგენს. არც ისაა გამორიცხული, რომ სამყარო გაფართოებას დაასრულებს და, სიმკვრივის ცვლილების პროცესში, შებრუნებული მიმართულებით განვითარდება.

ასტრონომიული სამყაროს ობიექტებისა და მოვლენების მრავალფეროვნების მიუხედავად, სამყაროს უკიდეგანო სივრცეში ერთნაირადაა გამოვლენილი ბუნების უნივერსალური კანონზომიერებები და ძალები: ნივთიერებათა ერთიანობა, ნივთიერებისა და ენერგიის შენახვის კანონი, ელექტრომაგნიტური, მაგნიტური და გრავიტაციული ველები. აღნიშნულ კანონზომიერებათა ჩამოყალიბება, სწორედ მზის სისტემის სხეულების მოძრაობათა საგულდაგულო შესწავლით გახდა შესაძლებელი: ი. ნიუტონის მიზიდულობის კანონი სამყაროს ნებისმიერ „კუთხეში" სამართლიანია. სინათლის სხივის გამრუდება დიდი მასის სხეულების გრავიტაციულ ველში — ა. აინშტაინის თეორიით ამოიხსნება.

წინამდებარე სახელმძღვანელოს მიზანი არა ასტრონომიული ცოდნის დაგროვება, არამედ გეოგრაფიული თავისებურებებისა და კანონზომიერებათა შესწავლაა, რომელსაც ადგილი მხოლოდ დედამიწაზე აქვს. ცხადია, რომ დედამიწა სამყაროს ნაწილია და მასთან ერთად ვითარდება. მის წარმოშობაში ასტრონომიული სამყაროს კოსმოგონიური პროცესების როლი უაღრესად დიდია, რადგან გეოგრაფიულ კანონზომიერებათა ჩამოყალიბება დედამიწა-კოსმოსური კავშირების გარეშე არ მიმდინარეობს. ამავე დროს, გეოგრაფიული ამოცანების გადაწყვეტისას ჩვენ, ისე როგორც კოსმოსური სივრცის მკვლევარ ასტრონომებს, გვიხდება ისეთი მოვლენების შესწავლა, რომლებიც მიმდინარეობენ საკმაოდ დიდ, ან შედარებით მცირე ტერიტორიაზე; ამ მოვლენების „გაელვებას" ხშირად საკმაოდ მცირე დრო, ზოგჯერ კი ასეულობითა და ათასეულობით წლები სჭირდება. ბუნებრივია, რომ ლაპარაკია — დროის სკალის პრობლემაზე. მას ვაკვირდებით ყველგან: მზეზე პროტუბერანცების ამოფრქვევისას, ან კიდევ მიწისქვეშა სეისმური ბიძგების სახით. მათ მხოლოდ წამებიღა სჭირდებათ. თუმცა, მზის აქტივობის პერიოდი, დედამიწის კლიმატური ფაზების მონაცვლეობა, ტექტონიკური ციკლები თუ გალაქტიკური წლები — რამდენიმე წლიდან ათეულობით მილიონი წლობით განისაზღვრება. ბუნებრივი მოვლენების ხანგრძლივობის გასაზომად, ცხადია, დროს იყენებენ. ამასთან ერთად, ამ მოვლენების სიჩქარეებისა და სივრცობრივი ინტენსიურობის მიხედვით, დრო შეიძლება იყოს ძალიან მოკლე, ან კიდევ საკმაოდ განფენილი.

დრო და სივრცე. ლანდშაფტური გარსის გეოგრაფიული თვალსაზრისით სრული წარმოსახვის მიზნით უნდა ვიცოდეთ მისი როგორც სივრცობრივი, ისე დროითი პარამეტრები და თვისებები. ბუნებისმეტყველებაში, მათ შორის — გეოგრაფიულ მეცნიერებაში, ყოველთვის ვეხებით საგნებისა და მოვლენების განფენილობას: მდინარეებს აქვთ დასაწყისი (სათავე) და დასასრული (შესართავი), ასევე დასასრული

აქვს გრანდიოზულ მანძილზე გადაჭიმულ ქედებს, მთიანეთებს, ვაკეებს; დედამიწის დიდი ნაწილი უკავიათ გეოგრაფიულ ზონებს, კონტინენტებსა და ოკეანეებს; მზის სისტემაც ხომ გალაქტიკური სივრცის ნაწილია, ისე როგორც გალაქტიკა – მეტაგალიქტიკის მხოლოდ უმნიშვნელო კუთხეს იკავებს. ამასთან ერთად, დროთა განმავლობაში, ეს ობიექტები უცვლელად კი არ რჩებოდნენ, არამედ მუდმივ გარდაქმნას განიცდიდნენ: მდინარეთა სათავე სულ უფრო უკან (წყალგამყოფისაკენ) იწევს; ქედებიც დაბლდებიან დროთა განმავლობაში; ასევე გადაადგილდებიან სივრცეში ბუნებრივი ზონები კლიმატური ცვლილებების შესაბამისად. თვით დედამიწას თავისი წარმოშობისა და განვითარების დროითი ეტაპები შეესაბამება, რომელთა მანძილზე პლანეტის ფიზიკურ მდგომარეობას სხვადასხვა იერსახე შეესაბამებოდა.

მაინც რა იგულისხმება სივრცისა და დროის კატეგორიების ქვეშ? როგორც ფილოსოფიური, ისე ნატურალისტური გაგებით სივრცის ცნება გამოხატავს რაიმე განფენილობაში განცალკევებული ნივთიერებების თანაარსებობასა და ურთიერთ-განლაგების სისტემურ წესრიგს. სივრცის ძირითადი თვისებებია განფენილობა, ერთგვაროვნება, იზოტროპულობა და სამგანზომილოვნება. ბუნებრივი პროცესების მიმდინარეობის მიხედვით ნათელია, რომ ისინი ერთმანეთს ცვლიან, განსხვავდებიან თავიანთი ხანგრძლივობით, აქვთ არაერთნაირი ფაზები ან სტადიები. ყოველივე ეს ნივთიერებათა მოძრაობის, ანუ პროცესთა მიმდინარეობის დროითი სკალის მიხედვით არსებობის შესახებ მიანიშნებს. ამდენად, დრო ახასიათებს ბუნებრივი პროცესების მიმდინარეობის თანმიმდევრობას, მათი სტადიების ხანგრძლივობის, ერთმანეთისაგან გამოყოფისა და განვითარების აღწერას. დროს ახასიათებს ისეთი თვისებები, როგორიცაა ხანგრძლივობა და ერთგანზომილებიანობა, შეუქცევადობა და ერთგვაროვნება.

დროსა და სივრცის თვისებების მისადაგებას გეოგრაფიულ გარსში მიმდინარე პროცესებთან სახელმძღვანელოს ამ ნაწილში არ ვაპირებთ. თითოეული მათგანის ბუნებრივ პროცესებში ასახვა შესაბამის (მაგ., შეუქცევადობა განხილულია XI და XIV თავებში) ნაწილებშია გადმოცემული. ამჯერად შევეხებით დროისა და სივრცის ურთიერთობის გეოგრაფიულ აღქმას. მათ შორის მჭიდრო კავშირების შესახებ მეტყველებს ფრაზა: სივრცეში ყოფნა – ერთი მეორის გვერდით, ხოლო დროში ყოფნა – ერთი მეორის შემდეგ არსებობაა. გეოგრაფიული გარსის სივრცე-დროითი თვალსაზრისით წარმოსახვის მიზნით, მის ოთხ განზომილებაზე (ნ. ბერუჩაშვილი) მიუთითებენ. მათ შორის სამი – სივრციითია: სიგრძე, სიგანე და სიმაღლე და ერთი – დროითია, რომელიც სივრცისაგან განსხვავებით – ერთგანზომილებიანია. იგი ყოველთვის მოედინება მხოლოდ ერთადერთი გზით – წარსულიდან აწმყოს გავლით მომავლისაკენ. ამიტომ რეალური ბუნებრივი ობიექტების ან ბუნებრივი პროცესების „ოთხგანზომილებიანობა“ გულისხმობს მათ არსებობას არა მარტო სამ განზომილებიან სივრცეში, არამედ ერთდროულად ერთგანზომილებიან დროში.

ამასთან, ცხადია, რომ ბუნებრივი რეალობა შეუძლებელია დროის გარეშე. დრო – ბუნებრივ რეალობათა გარდაქმნების „საზომადაა“ გამოყენებული, ანუ იგი ასახავს რაიმე ბუნებრივი პროცესის (ფოტოსინთეზის, ნალექთდაგროვების, ტექტოგენეზის და სხვ.) მიმდინარეობას, განსაზღვრავს მისი მიმართულების კოორდინატებს, და შეიძლება ითქვას, აღრიცხავს მისი განვითარების ცალკეულ ფაზებს, სტადიებს, ეტაპებს, ციკლებს.

სივრცე და დრო შინაგანი წინააღმდეგობებითაც ხასიათდება, რომელიც მათ

უსასრულოსა და სასრულის ერთიანობაში გამოიხატება: სივრცის უსასრულობა – ცალკეული გეოგრაფიული ობიექტების სასრული სივრცობრივი განფენილობებიდან დგება, ხოლო დროის უსასრულობა – ცალკეული ბუნებრივი პროცესების სასრული ხანგრძლივობებისაგანაა შემდგარი. ამრიგად, გეოგრაფიული გარსის ჩამოყალიბებასა და განვითარებას თითქმის უსასრულო 3,5-4,0 მლრდ. წელიწადი დასჭირდა. თუმცა მისი თანამედროვე ფორმა და შინაარსი სასრული დროითი მონაცვლეობითაა (დღელამური, სეზონური) განპირობებული. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ გეოგრაფიული სივრცული განფენილობა დედამიწაზე ამჟამად საკმაო „გულმოდგინებითაა“ დანაწევრებული. ერთიან გეოგრაფიულ გარსზე 200-ზე მეტი სხვადასხვა „თვისების“ სახელმწიფოა მორგებული, რომელთა ბუნებრივ სივრცეზე დატვირთვის „მოზაიკა“ საკმაოდ დიდი და მრავალფეროვანია. ამიტომ, დროულია საერთო სივრცის ფილოსოფიის დეფინიციის გეოგრაფიული (თავი XV) ინტერპრეტაცია.

მზის სისტემა. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ფორმირება, მისი წიაღის რესურსების წარმოქმნა და მათი ხარისხობრივი თავისებურებანი მზის ენერგიასთანაა დაკავშირებული. მზე – პლანეტარული სისტემის ცენტრალური სხეულია. მის გარშემო მოძრაობენ პლანეტები, მათი თანამგზავრები, მცირე ცთომილები, კომეტები, მეტეორები. ამ სხეულებს გრავიტაციის კანონზომიერებას დამორჩილებული თვისებები გააჩნიათ და ერთიან ოჯახს ქმნიან, რომელსაც მზის სისტემას უწოდებენ. ამ სისტემის მთავარი წევრის – მზის თავისებურებითაა განსაზღვრული დედამიწის ზედაპირზე, ატმოსფერო-ჰიდროსფეროს, სისტემაში მიმდინარე პროცესები. მზის ენერგიითაა განპირობებული დედამიწის ენერგეტიკული, ბიოლოგიური, სითბური, კლიმატური, წყლის, ტყის, ნიადაგებისა და სხვა რესურსების არსებობა, აგრეთვე, გეომაგნიტური, რადიო-ტელე-გადაცემისა და სატელეფონო კავშირების შესაძლებლობა; დედამიწის ზედაპირის გარდაქმნის ეგზოგენური პროცესების (ეროზიის, აბრაზიის, დენუდაციის, დეფლაციის და სხვ.) მამოძრავებელი წყარო მზის ენერგიაა. თვით, დედამიწის პლანეტარულ სხეულად ჩამოყალიბება (თავი XIV), სიცოცხლის გაჩენისა და განვითარების, ადამიანის წარმოშობისა და მისი დღევანდელი საყოფაცხოვრებო სამეურნეო საქმიანობის წარმართვის ენერგეტიკულ დაუშრეტელ წყაროს – მზე წარმოადგენს.

მზე გავარვარებული გაზისაგან შემდგარი მნათი სხეულია. უფრო სწორედ, მზე პლაზმური სფეროა, რადგან მისი შემცველი გაზის ატომებს ელექტრონები შემოცლილი აქვს და იონებადაა გარდაქმნილი. იგი შედგება წყალბადისა (75%) და ჰელიუმისაგან (25%). პლაზმას, ხელოვნურად დედამიწაზეც – ფიზიკურ ლაბორატორიებშიც კი ქმნიან და მაღალი ტემპერატურის მიღებასაც აღწევენ. თუმცა ეს დროის უმნიშვნელო ნაწილში ხორციელდება. მზის სფეროს დიამეტრი $13,92 \times 10^5$ კმ-ს შეადგენს, რაც 109-ჯერ აღემატება დედამიწის ანალოგიურ მაჩვენებელს. ცხადია, რომ მზის რადიუსი 696 ათასი კილომეტრია. მისი სფეროს ზედაპირის ფართობი $6,12 \times 10^{12}$ კმ^2-ის ტოლია და დედამიწის ფართობს 12 ათასჯერ აღემატება, ხოლო მოცულობა 1,3 მილიონჯერ მეტია და $1,4 \times 10^{33}$ სმ^3-ს შეადგენს.

მზეს უზარმაზარი მასა გააჩნია. იგი დედამიწის მასას 333 ათასჯერ აღემატება და 2×10^{27} ტონას აღწევს. თუმცა მზის საშუალო სიმკვრივე ჩვენი პლანეტის „მაჩვენებელს“ თითქმის 4-ჯერ ჩამოუვარდება. მნათობის სიმკვრივე არაერთგვაროვანია: მისი გარე ფენა – „ატმოსფერო“, ერთობ გაიშვიათებულია, ხოლო წიაღში (150-180გრ. სმ$^{-3}$) ფოლადის სიმკვრივეს რამდენჯერმე აღემატება. მზის

ზედაპირზე გრავიტაციის გამოვლინება 28-ჯერ მეტია, ვიდრე ამას დედამიწაზე აქვს ადგილი. ასევე კოლოსალურია (274 მ წმ$^{-2}$) მზეზე სიმძიმის ძალის აჩქარებაც. ამიტომ მზის ზედაპირიდან გარე სივრცეში გასასვლელად სხეულმა უდიდესი (617,7 კმ წმ$^{-1}$) სიჩქარე უნდა მიიღოს, ანუ 55-ჯერ მეტი, ვიდრე ეს დედამიწაზეა (11,2 კმ წმ$^{-1}$) საჭირო.

მზე ორი ძირითადი გარსისაგან შედგება. მზის მასის 99% მის წიაღშია (შიდა გარსი) მოქცეული, ხოლო გარე ფენა რამდენიმე კონცენტრულ გარსად იყოფა: ფოტოსფერო, ქრომოსფერო და კორონა (გვირგვინი), რომლებიც მუდმივ ურთიერთშერევისა და გაზების გაცვლის პროცესში იმყოფებიან. სწორედ ეს გარე გარსები ხასიათდებიან მაღალი გამჭვირვალობით, რასაც მზის ბირთვი სრულიად მოკლებულია. მზის გულში მიმდინარეობს ენერგიის მუდმივი გენერირება, სადაც ტემპერატურა 15-16 მლნ. გრადუს აღწევს, ხოლო წნევა 3,4x10^{17} დინი სმ$^{-2}$-ია.

ფოტოსფერო საკმაოდ თხელი (250-300 კმ) ფენაა, რომლის ტემპერატურა 6000^0 (კელვინის სკალით) აღწევს. დედამიწისაკენ მომავალ მზის ენერგიას სწორედ ფოტოსფერო გამოასხივებს, უფრო მაღლა მზის ქრომოსფეროა გავრცელებული. მისი სისქე 12-15 ათასი კილომეტრის ტოლია და უმთავრესად წყალბადისაგან შედგება, თუმცა გვხვდება აგრეთვე ჰელიუმიც. სწორედ, წყალბადის მასების მოძრაობასთანაა დაკავშირებული ქრომოსფეროში მიმდინარე „ამოფრქვევები", ანუ ანთებები, რომლებიც მაგნიტური ველების მეშვეობით კორპუსკულური ნაკადების წარმოშობას იწვევენ.

ქრომოსფეროს ფენის ზემოთ ერთგვარი „ცეცხლოვანი ენების" ზიდვას, ანუ პროტუბერანცების ფორმირებას აქვს ადგილი. ზოგიერთი ასეთი შეერილი რამდენიმე ათასი კილომეტრის სიმაღლეს აღწევს. ასე, მაგალითად, 1972 წელს აბასთუმნის ასტროფიზიკურ ობსერვატორიაში დაფიქსირებული პროტუბერანცის სიმაღლემ 17x10^3 კმ-ს მიაღწია, ხოლო მისი სიჩქარე 24,3x10^3 კმ სთ$^{-1}$ იყო. უფრო ადრე (1937 წ), ერთ-ერთი პროტუბერანცის სიჩქარე (2,5x10^6 კმ სთ$^{-1}$) რეკორდულ სიდიდეს (~70 კმ წმ$^{-1}$) აღწევდა, ხოლო 1946 წელს ცეცხლოვანი შეერილის სიმაღლე 1,6x10^6 კმ-ს, ანუ მზის დიამეტრზე ოდნავ მეტს შეადგენდა.

მზის გარე სფერო – კორონა, არამიწიერი ფორმის, ერთობ მცირე სიმკვრივის გარსია. მისი საკმაოდ გაიშვიათებული კიდე დედამიწამდეც კი სწვდება. მზე ბრუნავს თავისი „ღერძის" გარშემო. როგორც არამყარი სხეული – მზე არათანაბრად ბრუნავს. ეკვატორულ ნაწილში ბრუნვის პერიოდი თითქმის 25 დღე-ღამეს, ხოლო პოლუსებთან 30 დღე-ღამეს უტოლდება. არათანაბარია მზის ბრუნვა მის სიღრმეშიც. იქ ბრუნვის პერიოდი უფრო მცირეა. ამდენად, მნათობის ბრუნვის ასპექტები, პლანეტებისაგან განსხვავებით, საკმაოდ არაერთგვაროვანია. თუმცა, საერთო ისაა, რომ მზის ბრუნვის მიმართულება და ორბიტული მოძრაობა ერთმანეთს ემთხვევა.

მზის ქიმიურ შემადგენლობაში მხოლოდ დედამიწისეული ელემენტებია შემჩნეული. უფრო ჭარბად (75%) – წყალბადი გვხვდება. ჰელიუმთან ერთად იგი მზის თითქმის მთლიან შემადგენლობას ქმნის. მათ გარდა მზეზე კიდევ 70-მდე ელემენტია აღმოჩენილი. სავარაუდოდ, მზეზე ყველა ცნობილი ქიმიური ელემენტი უნდა იყოს გავრცელებული, რაც სამყაროს ერთგვაროვან ქიმიურ შემადგენლობასა და წარმოშობა-განვითარების ერთიანობაზე მიუთითებს. საერთოდ, მზის მთავარი შემადგენელი ქიმიური ელემენტი – წყალბადი სამყაროში ერთობ გავრცელებულია. თუმცა, დედამიწაზე იგი თავისუფალი სახით არ გვხვდება. ამავე დროს, თუმცა ეს

ელემენტი ჭარბად ვრცელდება გიგანტურ პლანეტებზე – იუპიტერსა და სატურნზე. დედამიწა, ამ მხრივ, ერთგვარ ანომალიას წარმოადგენს.

დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ფორმირებისა და არსებობის ერთ-ერთ უმთავრეს ენერგიის წყაროს – მზე წარმოადგენს. მზის კოლოსალური ენერგია მის წიაღში მიმდინარე თერმობირთვული რეაქციის შედეგია. მზის ღრმა წიაღში, მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის გამო, ატომთა ბირთვების გარდაქმნის შედეგად, წყალბადი გარდაიქმნება ჰელიუმად. მას კი დიდძალი ენერგიის გამოთავისუფლება მოჰყვება, რომელიც დედამიწამდეც კი აღწევს და მრავალ მაცოცხლებელ პროცესს აძლევს დასაბამს. წყალბადის ჰელიუმად გარდაქმნის პროცესში, მზის მასის თანდათანობით „დაკარგვას" უნდა ჰქონდეს ადგილი, რაც ენერგიის წარმოშობაში განიცდის კომპენსაციას. მართლაც გამოანგარიშებულია, რომ მზის წიაღში ყოველ წამს მიმდინარეობს $4x10^6$ ტონა ნივთიერების ენერგიად გარდაქმნა, რაც ყოველ წამში $6x10^8$ ტონა წყალბადის რეაქციაში მონაწილეობასა და მის „ხარჯვას" მოასწავებს. როგორც ჩანს, ადგილი აქვს წყალბადის კოლოსალური მასის გარდაქმნასა და, რაც მთავარია, მისი შემადგენლობის სწრაფ შემცირებას. ამის მიუხედავად, მზეს მაინც ყოფნის წყალბადი, რათა მომდევნო 100 მილიარდი წლის განმავლობაში საზრდოობდეს ენერგიის წარმოქმნის აღწერილი მექანიზმით.

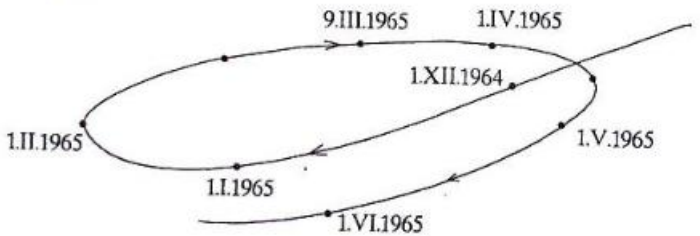
როგორც ჩანს, მზე საკმაოდ რთული კოსმოსური სხეულია. იქ მიმდინარე რთული პროცესები საკმაოდ დიდ გავლენას ახდენენ დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ბუნებრივი მოვლენების მიმდინარეობაზე. შემჩნეულია, რომ მზის ლაქების მაღალი სიხშირის პერიოდში დედამიწაზე ულტრაიისფერი გამოსხივების ფონი ერთიორად მატულობს. მნათობზე ლაქების წარმოქმნა კი მისი საერთო აქტივობის მაჩვენებელია. მათი გამოჩენის ჯგუფები და რაოდენობა მუდმივი ყურადღების ცენტრშია მოქცეული. დაკვირვების მასალის ანალიზი ცხადყოფს მიწიერ მოვლენათა ცვლილების მჭიდრო კავშირს მზის ლაქების გამოჩენის პერიოდებთან. ბოლო 300 წლის განუწყვეტელი დაკვირვების შედეგად გამოთვლილი ე.წ. ვოლფის რიცხვის მიხედვით დადგენილია მზის აქტიურობა-პასიურობის, ანუ მზეზე ლაქების ჯგუფების ინტენსიური თუ სუსტი გამოვლინების ციკლური (11 წლიანი) ხასიათი. რამდენადაც მზის აქტიურობა პერიოდული გამოდგა, დედამიწაზე მიმდინარე მრავალი ფიზიკური, მათ შორის კლიმატური პროცესები – ასევე პერიოდულად ცვლადია.

ცნობილია, რომ მზის აქტივობის მაქსიმუმს დედამიწაზე მაგნიტური ქარიშხლების მაღალი ძალა შეესაბამება; ცვალებადია აგრეთვე პლანეტის მაგნიტური ველის დაძაბულობა და მიმართულება, რაც იწვევს სატელეგრაფო, სატელეფონო და რადიოკავშირების შეფერხებებს. მაგნიტურ ქარიშხალთანაა დაკავშირებული დედამიწის მაღალი განედების ატმოსფეროში მიმდინარე ე.წ. პოლარული ციალი. მძლავრი მაგნიტური ქარიშხლის შემთხვევაში (1958 და 1982 წლები) პოლარული ციალი საშუალო და დაბალ განედებშიც კი გამოჩნდა. რაც შეეხება მაგნიტური ველის მახასიათებლების ცვლილებებს, ის პირდაპირ დედამიწის მაგნიტური სარტყლების ფორმირებაში აისახება. ზოგჯერ დედამიწამდე აღწევს მზის წიაღიდან ამოფრქვეული დამუხტული ნაწილაკები, რომლებსაც კორპუსკულური ნაკადები ეწოდება. მათ საკმაოდ დიდი ენერგია აქვთ და დედამიწის ატმოსფეროს ყოველთვის როდი შეუძლია დაცვითი ფუნქციის შესრულება.

პლანეტარული სისტემა. პლანეტები ანუ ცთომილები სამყაროს სხეულთა ჯგუფია. დედამიწასთან ერთად ისინი კოსმოსური სხეულების ისეთი სისტემაა,

რომლებიც ერთგვარი წარმოშობითა და ევოლუციით ხასიათდებიან. პლანეტებზე დაკვირვება უშუალო დამზერითაა შესაძლებელი, რისთვისაც ჩვეულებრივ ტელესკოპებს გამოიყენებენ. თვით დედამიწის ძირითადი ფიზიკური პარამეტრები — სიდიდე, ზომები, მასა, სიმკვრივე, მზიდან დაშორება და მოძრაობა სახელმძღვანელოს III თავშია განხილული. ამჯერად შევეხებით დანარჩენი პლანეტების ფიზიკურ თავისებურებებს. მზიდან დაშორების მიხედვით ისინი შემდეგნაირად არიან განლაგებული: მერკური, ვენერა, მარსი, იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი და პლუტონი. პლანეტების ორბიტები დაახლოებით ერთ სიბრტყეშია მოქცეული. ყველა პლანეტა მოძრაობს ერთი საერთო მიმართულებით — დასავლეთიდან აღმოსავლეთით. თუმცა, მზიდან მათი დაშორება, მათი სიდიდეები, ~~მოძრაობის სიჩქარეები~~ და მზის გარემოქცევის პერიოდები სხვადასხვაა. მათი ზედაპირის ფიზიკური პირობებიც არაერთგვაროვანია. ამის მიუხედავად, ყველა პლანეტა ერთ ოჯახს, ანუ მზის სისტემას (პლანეტარულ სისტემას) ქმნის. ამ სისტემაში მოიაზრება, ავრეთვე, რამდენიმე ათასი ე.წ. მცირე პლანეტა ანუ პლანეტოიდი, რომელთა ორბიტები მოქცეულია მარსისა და იუპიტერის ორბიტებს შორის. მზის ოჯახს მიეკუთვნება კომეტები და მეტეორები, ასტეროიდები და ბოლიდები, წვრილი კოსმოსური მტვერი და თვით პლანეტების თანამგზავრებიც.

პლანეტები ცის თაღზე საკუთარი მოძრაობით ადგილს მუდმივად იცვლიან. საკუთარი ხილული მოძრაობა ხან აღმოსავლეთითაა მიმართული, ხან საწინააღმდეგო მხარეს. ამიტომ დაარქვეს ამ სხეულებს უწესრიგოდ „მოხეტიალე" ვარსკვლავები. ქართული სახელწოდებაც — ცთომილი ამასვე გამოხატავს — ვარსკვლავების საერთო გზას ამცდარს ნიშნავს. ნათქვამის დასტურად ვნახოთ, თუ როგორ გამოიყურება ცთომილები ეკლიპტიკის სიბრტყის „ზემო" ანუ ჩრდილოეთის მხრიდან. ამ შემთხვევაში ყველა ცთომილი საკმაოდ მწყობრად მოძრაობს მზის გარშემო საათის ისრის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. სინამდვილეში, ჩვენ — დედამიწის მცხოვრებნი — თითქმის იმავე სიბრტყეში ვიმყოფებით და ვმოძრაობთ, რომელშიც ყველა სხვა ცთომილი სრბოლავს მზის გარშემო. ამ პოზიციიდან დაკვირვებისას პლანეტების მოძრაობა ერთობ რთული სურათისაა. იქმნება ილუზია, თითქოს პლანეტები ირხევიან მზის მიმართ: ხან აღმოსავლეთით მოექცევიან მას, ხან კი დასავლეთიდან. ცთომილები ცის თაღზე ხან დასავლეთისაკენ გადაადგილდებიან, ხან კი პირუკუ. ქვემოთ (ნახ. I.4) ნაჩვენებია მარსის „ნაკვალევი" ცაზე 1965 წელს.



ნახ. I.4. მარსის „მარყუჟი"

მზის სისტემის ნამდვილი სურათის წარმოდგენის შესახებ შეხედულებები დროთა განმავლობაში საკმაოდ იცვლებოდა. უძველეს პერიოდში კაცობრიობამ

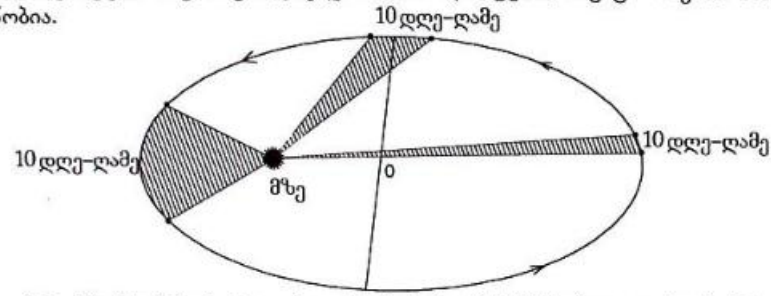
იცოდა პლანეტების მზის ირგვლივ მოქცევის ფაქტი და ცაზე მათ ხილულ გადაადგილებას სწორად ვერ ხსნიდა. ამიტომ ძველად დედამიწას სამყაროს ცენტრად ანუ შუაგულად თვლიდნენ. უძრავი დედამიწის გარშემო კი, მათი აზრით, მოძრაობდნენ მზე, მთვარე და სხვა პლანეტები. სწამდათ, რომ ბუნებაში მხოლოდ სრულყოფილი წრიული და თანაბარი მოძრაობა არსებობს. ამ სქემას პტოლემეს (II ს-ის ალექსანდრიელი სწავლული) სისტემა ეწოდებოდა, რომელსაც გეოცენტრული სისტემაც შეიძლება დაერქვას. ამ სქემამ XVI საუკუნემდე იარსება. ახალი სქემის ავტორი პოლონელი მეცნიერი – კოპერნიკი იყო. მისი სისტემის ცენტრში დედამიწის ნაცვლად, მზე მოექცა, ხოლო პლანეტები მზის გარშემო განლაგდნენ. კოპერნიკისეულ სისტემას ჰელიოცენტრული ეწოდა. ახალი მოძღვრების თანახმად, მანამდე უძრავი დედამიწა მოძრავად გამოცხადდა, ხოლო მნათობთა ხილული მოძრაობა მოჩვენებითი გამოდგა, რომლის მიზეზი თვით დედამიწის ნამდვილი (ღერძის ირგვლივ და მზის გარშემო) მოძრაობაა.

მზის სისტემის ცთომილების მოძრაობას საერთო მახასიათებლები აქვთ. მათ შორის აღვნიშნავთ ზოგიერთ მათგანს: პლანეტების ორბიტები თითქმის წრიულნი არიან და დაახლოებით ერთ სიბრტყეზე მდებარეობენ; ყველა ცთომილი მზის გარშემო ერთი მიმართულებით (დასავლეთიდან აღმოსავლეთით) მოიქცევა; ყველა ცთომილი (ვენერასა და ურანის გარდა) საკუთარი ღერძის ირგვლივ და მზის ირგვლივ ერთი მიმართულებით ბრუნავს. გავიხსენოთ, რომ მზის ბრუნვაც საკუთარი ღერძის გარშემო, იმავე მიმართულებისაა. ყველა პლანეტასა (ურანის გამოკლებით) და მზეს ეკვატორი მცირედ აქვთ დახრილი ეკლიპტიკისადმი, ე.ი. მათი ბრუნვის ღერძების დახრილობა ეკლიპტიკისადმი თითქმის მართობულია; პლანეტების თანამგზავრების ორბიტები თითქმის წრიულია, ხოლო მათი ორბიტების სიბრტყეები ახლოსაა დედა-ცთომილების ეკვატორულ სიბრტყეებთან; ამავე დროს, თანამგზავრების უმრავლესობა და სატურნის რგოლი ბრუნავს დედა-ცთომილის ირგვლივ იმავე მიმართულებით, როგორითაც ცთომილები მოიქცევიან მზის გარშემო.

პლანეტების მოძრაობა ნიუტონისეული ფიზიკის კანონზომიერებებს (მიზიდულობის ძალა) ექვემდებარება. ზოგიერთ მათგანს ღრმა შინაარსის გეოგრაფიული მნიშვნელობა აქვს. ამ მხრივ, „გეოგრაფიული ნიშნებისაა“ პლანეტების ელიფსურ ორბიტაზე წლიური მოძრაობის არათანაბარი სიჩქარე, რასაც დედამიწისათვისაც საყოველთაო მნიშვნელობა აქვს. ეს კანონი ი. კეპლერის მიერაა აღწერილი, რომლის თანახმად ცთომილის რადიუს-ვექტორი დროის თანატოლ შუალედში თანატოლ ფართობებს შემოწერს. აქედან გამომდინარე, მზესთან ახლო მდგომარეობაში (პერიჰელიუმი) ცთომილი გაცილებით უფრო სწრაფად (ნახ. I. 5) მოძრაობს, ვიდრე აფელიუმის შემთხვევაში. ანალოგიურ მოვლენას აქვს ადგილი დედამიწასთან მიმართებაშიც.

მზის სისტემის პლანეტების შედარებითი დახასიათების მიზნით თავი მოვუყაროთ (ცხრილი I. 1) მათ ძირითად პარამეტრებს. მკითხველი ადვილად მიხვდება, რომ მზემდე პლანეტების მანძილები ასტრონომიულ ერთეულებშია მოცემული. ი. კეპლერის მესამე კანონით, თითოეული პლანეტის მზემდე მანძილის კუბი მის მიერ წლიური გარემოქცევის პერიოდის კვადრატის ტოლია. ასე, მაგალითად, თუკი იუპიტერის მზიდან დაშორება 5,20 ასტრონომიული ერთეულია, მაშინ გარშემოვლის დრო $(5,20)^{3} \approx 140,61 \approx \sqrt{140,61} \approx 11,86$, ანუ თითქმის 11,87 წელიწადის ტოლია. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ცთომილების ფიზიკური სიდიდეები ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავდებიან. ასევე, ყველა პლანეტა მზისაგან დიამეტრულად განსხვავდება.

მხოლოდ იუპიტერი თუ მიუახლოვდება მზის დიამეტრს, თუმცა სხვობა მაინც საგრძნობია.



ნახ. I.5. პლანეტის რადიუს–ვექტორის მიერ შემოწერილი ფართობების შედარება (ი.კეპლერის კანონის მიხედვით)

სიმკვრივეთა შედარებისას უმნიშვნელო განსხვავებას ვხედავთ. ყველა პლანეტის სიმკვრივე მოქცეულია 0,7-სა და 5,5-ს შორის; მზის სიმკვრივე კი 1,41 გრ სმ$^{-3}$-ია. ცხრილიდან ისიც ჩანს, რომ ცთომილები ორ ჯგუფად იყოფა. ერთნი — დედამიწის მასისა და სიდიდისანი არიან, ხოლო მეორეს — იუპიტერის ჯგუფში აერთიანებენ. მართლაც, მერკურისა და ვენერას უფრო დიდი მსგავსება სწორედ დედამიწასთან აქვთ, ხოლო იუპიტერის ჯგუფის პლანეტების სიდიდეები მათ აშკარად აღემატება. ამ ორი ჯგუფის პლანეტები ერთმანეთისაგან ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდითაც განსხვავდებიან. დედამიწის ჯგუფის ცთომილების ბრუნვის პერიოდები ჩვენი პლანეტის ერთ დღე-ღამეზე მეტია, ვენერასათვის კი 243 დღე-ღამესაც კი შეადგენს. იუპიტერის ჯგუფის ცთომილები საკმაოდ სწრაფად (საშუალოდ 10-15 სთ) ბრუნავენ, რაც მათ მნიშვნელოვან პოლუსურ შებრტყელებას (1:4-დან 1:15-მდე) იწვევს. პლანეტების საერთო თვისებაში განიხილავენ მათი მზის ირგვლივ მოძრაობის სიჩქარეებს. ამ მხრივ, რაც უფრო ახლოსაა ცთომილი მზესთან, მით მეტია მისი სიჩქარეები.

პლანეტათა ორბიტები დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობს. ამიტომ პლანეტარულ სისტემას "ბრტყელ სისტემად" მიიჩნევენ. თუმცა, შეიმჩნევა გარკვეული

პლანეტების ფიზიკური სიდიდეები — ცხრილი I.1.

პლანეტები	ეკვატორული დიამეტრი კმ-ში	ეკვატ. დიამეტრი დედამიწასთან შედარებით	მასა დედამიწასთან შედარებით	სიმკვრივე გრ. სმ$^{-3}$	მზიდან საშუალო დაშორება მლნ. კმ-ში	მზიდან საშუალო დაშორება ასტრონომიულ ერთ-ში	მზის ირგვლივ მოქცევის პერიოდი (წლები)	ღერძის ირგვლივ ბრუნვის პერიოდი	შებრტყელება პოლუსებთან	სიჩქარე ორბიტაზე კმ/წმ$^{-1}$	ეკვატორის დახრა ეკლიპტიკისადმი	თანამგზავრ. რაოდ.
მერკური	4878	0,38	0,06	5,43	57,9	0,39	0,24	59 დღე-ღამე	0,0	47,9	2°	–
ვენერა	12104	0,95	0,82	5,24	108,2	0,72	0,62	243 დღე-ღამე	0,0	35,0	3°	–
დედამიწა	12756	1,00	1,00	5,52	149,6	1,00	1,00	23 სთ. 56 წთ.	1:298,3	29,8	23°27	1
მარსი	6794	0,53	0,11	3,93	227,9	1,52	1,88	24 სთ. 37 წთ.	1:191	24,1	23°59	2
იუპიტერი	142796	11,19	317,83	1,33	779	5,20	11,87	9 სთ. 50 წთ.	1:15,5	13,1	3°04	16
სატურნი	120000	9,41	95,15	0,70	1432	9,58	29,63	10 სთ. 14 წთ.	1:9,2	9,6	26°44	18
ურანი	50800	3,98	14,56	1,27	2884	19,28	84,66	16 სთ. 48 წთ.	1:50	6,8	98°	15
ნეპტუნი	48600	3,81	17,20	1,71	4509	30,84	165,49	16 სთ. 07 წთ.	1:43	5,4	29°	8
პლუტონი	3500	0,27	0,003	0,7	5966	39,88	251,86	6,39 დღე-ღამე	–	4,7	50°	1

განსხვავებებიც: თუკი დედამიწისა და მარსის ეკვატორული სიბრტყეების დახრა ეკლიპტიკისადმი თითქმის ტოლია, მაშინ მერკურისა და ვენერას, აგრეთვე იუპიტერის იგივე მაჩვენებელი 10-ჯერ (2-3^0) ნაკლებია, ხოლო ურანისა და პლუტონის ეკვატორული სიბრტყის დახრილობა (98^0 და 50^0) აშკარად აღემატება ზემოთ დაფიქსირებულ სიდიდეებს.

მზის სისტემის სხეულების ფიზიკური აგებულებაც არაერთგვაროვანია. ერთ-ერთი ძირითადი განსხვავება მდგომარეობს იმაში, რომ მზე გავარვარებული გაზია, პლანეტები კი მყარი და ცივი სხეულებია. ამავე დროს, დიდი ცთომილები რამდენჯერმე უფრო ნაკლები სიმკვრივით ხასიათდებიან, ვიდრე დედამიწის ჯგუფის პლანეტები. ამ პარადოქსის ამოხსნას ცდილობენ დიდ ცთომილებზე კრიზისული სიჩქარის საკმაოდ მაღალი (60 კმწმ$^{-1}$) მაჩვენებლის არსებობით. ამის გამო, ამ ცთომილებაზე უხვად უნდა იყოს წარმოდგენილი მსუბუქი (წყალბადი, ჰელიუმი, მეთანი და ამიაკი) ელემენტები და ნაერთები. ცხადია, რომ ფიზიკური აგებულების მოცემული ასპექტები საშუალო სიდიდეს ახასიათებს. სიმკვრივის ნამდვილი განაწილება ცენტრსა და ზედაპირს შორის საშუალო სიდიდისაგან ფრიად განსხვავებულია.

მზის სისტემის სრული წარმოდგენის მიზნით, მკითხველს მიეწოდება ავრეთვე მოკლე ცნობები მზის სისტემის პლანეტების შესახებ. მერკური (ოტარიდი)*. მზის უახლესი ცთომილი, მცირედ აღემატება მთვარეს. ღერძული ბრუნვა მას მეტად ნელი აქვს: მერკურის ორი წელიწადი თავისსავე სამ დღე-ღამეს უტოლდება. მზესთან სიახლოვის გამო (57,9 მლნ. კმ), დედამიწასთან შედარებით 7-ჯერ მეტ სითბოს ღებულობს მნათობიდან. მზისკენ მიქცეული ზედაპირი +300^0-დან +350^0-მდე ხურდება, ხოლო ზოგჯერ +500^0-საც აღწევს. ღამის მხარეზე ტემპერატურა -150^0-მდე ეცემა. მერკური მოკლებულია საგრძნობი სიმკვრივის ატმოსფეროს, რაც მის დაბალ ალბედოსა და, შესაბამისად, მცირე სიკაშკაშეს განაპირობებს. ამერიკული კოსმოსური აპარატის – „მარინერ-10“-ს მიერ გადმოცემული ფოტოგამოსახულებებით, მერკური უფრო მთვარეს ემსგავსება, ვიდრე პლანეტებს.

ვენერა (ასპიროზი) უფრო დედამიწის მსგავსი პლანეტაა. იგი გარემოცულია ატმოსფეროს მკვრივი და გაუმჭვირვალე ფენით. ამიტომ ცთომილის ალბედო ძალიან მაღალია (76%), რითაც იგი სხვა პლანეტებთან შედარებით პირველ ადგილზეა. ვენერას ატმოსფერო გაჯერებულია მუდამ სქელი ღრუბლით და პლანეტის ზედაპირი დედამიწიდან არ ჩანს. პლანეტის ატმოსფეროს ზედა საზღვართან ტემპერატურა +40^0-ს, ხოლო ცთომილის ზედაპირთან +400^0-ს აღწევს. მის შემადგენლობაში აზოტი 4%-ია, წყლის ორთქლი და ჟანგბადი –2%-მდეა, ხოლო ნახშირორჟანგი –94%-ს შეადგენს. ცთომილი ერთობ ნელა (243 დღე-ღამე) ბრუნავს თავის ღერძის გარშემო. რაც შეეხება ბრუნვის მიმართულებას, რომელიც აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენაა – საწინააღმდეგოა პლანეტარულ სისტემაში გამეფებული მიმართულებისა. ვენერას ბრუნვის ღერძი თითქმის მართობულია მისი ორბიტის სიბრტყის მიმართ, ამიტომ, პლანეტა მოკლებულია წელიწადის სეზონურ მორიგეობის მოვლენას. ვენერას ზედაპირი საკმაოდ გლუვი აღმოჩნდა, თუმცა, ხშირია ტექტონიკური ნაპრალები, ვულკანური კონუსები, აგრეთვე, რგოლური მოყვანილობის რელიეფის უარყოფითი ფორმები.

* პლანეტების საყოველთაოდ მიღებულ სახელწოდებებთან ერთად, ფრჩხილებში მოცემულია შუა საუკუნეების ქართულ სალიტერატურო წყაროებში დაცული შესატყვისები.

მარსი (მარიხი) დედამიწისეული პლანეტების ტიპური წარმომადგენელია. დიდი ხანია მარსის ზედაპირზე შეინიშნება სეზონურობა, რაც ბრუნვის ღერძის ეკლიპტიკისადმი სათანადო დახრითაა ($23^{0}59^{1}$) განპირობებული. მარსის სეზონები უფრო ხანგრძლივია, ვიდრე დედამიწისა, რაც ცთომილის მზის გარშემო გარემოქცევის უფრო მეტი პერიოდითაა (687 დღე-ღამე) განპირობებული. თუმცა მარსისა და დედამიწის დღე-ღამეთა ხანგრძლივობა სრულიად ერთნაირია. მარსი მზიდან 2-3-ჯერ ნაკლებ სითბოს ღებულობს, ვიდრე დედამიწა. მარსის ეკვატორზე შუადღისას სითბო $+10^{0}$-დან $+25^{0}$-მდე იცვლება, ხოლო ღამით ტემპერატურა -60^{0}-მდე ეცემა. მარსის სეზონურობის დამადასტურებელია თეთრი პოლარული „ქუდების" ფართობისა და მოხაზულობის დროითი ცვლა. ვარაუდობენ, რომ თეთრი ქუდები თოვლის, თრთვილისა ან რაიმე ნივთიერების ყინულოვანი კრისტალებია. სეზონური ცვლილებით ხასიათდება აგრეთვე, ქუდების პერიფერიაზე „მოციმციმე" ბნელი ლაქები, რომლებსაც პირობითად ზღვებს უწოდებენ.

მარსის ატმოსფერო ძალზე გაიშვიათებულია. ერთობ მცირეა წყლის ორთქლი და ჟანგბადი. აზოტი კი მხოლოდ 1%-ს აღწევს. ჭარბადაა (90%) ნახშირორჟანგა გაზი. ატმოსფეროში შენიშნული „ღრუბლები" ქარისმიერი მტვერი უნდა იყოს. მარსის ზედაპირი დაფარულია მრავალი მცირე ზომის კრატერებით, „უდაბნოების" ვრცელი არეებით, ვულკანური წარმოშობის (ოლიმპოს მთა, სიმაღლე 22000 მ) მაღალი მთებით, ეროზიული ფორმებით, ტექტონიკური პროცესების კვლებითა და მშრალი კალაპოტებით. ასეთი ზედაპირის მიხედვით ვარაუდობენ, რომ მარსზე მილიონობით წლების წინ იყო ზღვები და ატმოსფერული ტენი, რომელიც მოგვიანებით დაშრა.

დედამიწისეული პლანეტების განხილვა არასრული იქნება თუ არ მოვიაზრებთ დედამიწას – როგორც პლანეტას. ამ მხრივ, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, დედამიწის გეომეტრიულ და ფიზიკურ პარამეტრებთან ერთად მეტად საინტერესოა მისი ალბედოს კლიმატური ინტერპრეტაცია და რელიეფის უმსხვილესი ფორმების კოსმოსური გენეზისი. დედამიწის ალბედოს საშუალო სიდიდე 40%-ია, რაც 6-ჯერ აღემატება მთვარისას, თუმცა ორჯერ ჩამოუვარდება ვენერას ალბედოს. ამასთან, კოსმოსური დაკვირვებებით გამოირკვა, რომ დედამიწაზე 100-ზე მეტი კრატერია წარმოდგენილი. მათ შორისაა არიზონის მეტეორული კრატერი. მოგვიანებით გამოირკვა, რომ მექსიკის უბე წარმოქმნილია დიდი ზომის კოსმოსურ სხეულთან დედამიწის შეჯახების შედეგად. საგულისხმოა, რომ კრატერებისა და მათი მსგავსი წრიული ფორმების გავრცელება დედამიწისეული პლანეტების ზედაპირზე ფრიად დამახასიათებელი მოვლენაა.

მთვარე – ჩვენი პლანეტის ერთადერთი თანამგზავრია. მთვარემდე საშუალო მანძილი 384400 კმ-ს შეადგენს, თუმცა იგი მუდმივი არ არის: დედამიწიდან მთვარის დაშორების მაქსიმალური (აპოგეუმში) მნიშვნელობა 406500 კმ-ს, ხოლო მინიმალური (პერიგეუმში) –366300 კმ-ს შეადგენს. მათ შორის სხვაობა 40200 კმ-ია და მთვარის ორბიტის ელიფსურ ფორმაზე მიუთითებს. გამოთვლილია, რომ მთვარის დიამეტრი (3476 კმ) დედამიწის დიამეტრის მხოლოდ ერთი მეოთხედია, მოცულობით კი მთვარე 49-ჯერ ნაკლებია დედამიწის ანალოგიურ ($1{,}1x10^{12}$ $კმ^{3}$) სიდიდეზე. მთვარის მასაც ჩვენი პლანეტის მეოთხმოცედი ნაწილია, ანუ მთვარე $7{,}4x10^{19}$ ტონას „იწონის". ამიტომ მთვარეზე მიზიდულობა ექვსჯერ ნაკლებია, ვიდრე დედამიწაზე. სწორედ, ექვსჯერ ნაკლები მიზიდულობა და „წონა" განიცადეს

ამერიკელმა ასტრონავტებმა მთვარის ზედაპირზე. მთვარის სიმკვრივე (3,31 გრ. სმ$^{-3}$) დედამიწის ამ სიდიდის სამ მეხუთედს შეადგენს, თუმცა წყალზე 3,3-ჯერ უფრო მკვრივია.

მთვარის ზედაპირი შედარებით გლუვი, ბრტყელი, უწყლო სივრცეა. თუმცა მთვარეზე ასახულია ფართო და ბნელი „ლაქები" — ნაკლებად კაშკაშა არეები. ტელესკოპიდან კი მთვარის ზედაპირზე მთები, მთაგრეხილები, დიდი ნაპრალები მოჩანს, ანუ იგი საკმაოდ „ჭრელია". ამგვარი დაკვირვებებით შედგენილია მთვარის დეტალური რუკა, რომელზედაც მთები, ხღვები და მთაგრეხილებია ასახული. მათ შორისაა ხღვები: წვიმების, სიწყნარის ხღვები; კავკასიონის ქედი, აპენინის ქედი, მრავალი კრატერი და სხვ. მთვარეზე კრატერების რიცხვი რამდენიმე ათასია. მათი უმრავლესობა მცირე ზომისაა, ხოლო დიდების განივი ზოგჯერ 200 კმ-საც აღწევს. მთები საკმაოდ დიდი სიმაღლისაა. თუკი დედამიწაზე უმაღლესი მწვერვალი (ჯომოლუნგმა) მხოლოდ 8848 მეტრია, მთვარეზე 9 კმ-ის სიმაღლის მწვერვალები იშვიათობა სრულებით არ არის.

მთვარე მასზე გაცემული მზის ხილული რადიაციის 7%-ს არეკლავს, დანარჩენი კი შთაინთქმება და ათბობს (120-130^0-მდე) მის ზედაპირს. მთვარის რაიმე ფრაგმენტზე დღის ხანგრძლივობა 2 კვირას გრძელდება. ღამის მხარეზე ტემპერატურა 160-170^0-მდე ეცემა: მთვარეზე მზის დაბნელების დროს ძალზე ცვალებადია მისი ზედაპირის ტემპერატურა. ამ დროს (როცა ჩვენთან მთვარის დაბნელებაა), ორი საათის განმავლობაში, ტემპერატურა 200^0-ით კლებულობს, რაც მისი ზედაპირის დაბალ სითბოტევადობაზე მიუთითებს.

მთვარე მოკლებულია ატმოსფეროს. თუმცა მის ზედაპირთან ახლოს, უმთავრესად ჰელიუმისა და არგონის ატომების არასტაბილური და ერთობ გაიშვიათებული გაზი მთვარის ქერქისაგან გამოიყოფა. მზის სისტემაში არა მარტო დედამიწაზე, არამედ ზოგიერთ თანამგზავრზე ატმოსფერო სრულყოფილადაა წარმოდგენილი. მათ მიეკუთვნება სატურნის თანამგზავრი — ტიტანი. უატმოსფერო მთვარეზე კი წარმოქმნილი ბუნება უმთავრესად კრატერების დახასიათებას ვერ ასცილდება. მათ წარმოშობას ორი ახსნა აქვს: კრატერები ან ვულკანური წარმოშობისაა, ან კიდევ ისინი მეტეორიტების შედეგად არიან ფორმირებულნი. ამავე დროს, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამგვარი კრატერები დედამიწაზეც გვხვდება. თუმცა მათი რაოდენობა მხოლოდ ერთ ასეულს აღწევს. ცხადია, რომ დედამიწაზე მეტეორული „წვიმა" უფრო მეტად მის უატმოსფერო ეტაპზე მიმდინარეობდა, რომელიც ამჟამად სქელი ქერქითაა გადაფარული, ხოლო, ძველი კრატერები ამჟამად სრულებით გარდაქმნილია ეროზიულ-აკუმულაციური პროცესებით. მთვარის გრუნტის ანალიზმა დაადასტურა მისი მსგავსება დედამიწის ზედაპირულ ნალექებთან. მთვარეზეც ჭარბობს სილიკატური ნივთიერება და ალუმინის ჟანგები, მთვარის „ხღვებში" კი ბაზალტია გავრცელებული. ვულკანური ქანების ასაკი 4-4,5 მლრდ. წელიწადით განისაზღვრება. ვარაუდობენ, რომ დედამიწის მსგავსად, მთვარეზეც ზედაპირული ქერქის სულ რამდენიმე კილომეტრია, ხოლო მის ქვეშ თხიერი მანტია და ცენტრში მკვრივი ბირთვი მდებარეობს. ამასთან, მიანიშნებენ კრატერების თავზე გაზების ამოსვლის არსებობაზე, რაც მზის სისტემის წარმოშობასა და ევოლუციის შესახებ საერთო მოსაზრების ფორმულირებას უწყობს ხელს.

იუპიტერი (მუშთარი) პლანეტურ სისტემაში უდიდესი ცთომილია. იუპიტერი თავისი მასით 318-ჯერ აღემატება დედამიწისას, ხოლო ეკვატორის სიგრძით

11-ჯერ. მისი ეკვატორულ და პოლარულ დიამეტრებს შორის სხვაობა თითქმის 9,0 ათასი კილომეტრია, რაც ეკვატორის სიბრტყეში საკმაოდ დიდ გამოზნექილობაზე მიუთითებს. ცთომილი მზეს დიდი მანძილითაა (779 მლნ.კმ) დაშორებული და ორბიტალური სიჩქარეც (13,1 კმ წმ$^{-1}$) შედარებით მცირეა. ამიტომ მისი მზის გარემოქცევის პერიოდი საკმაოდ ხანგრძლივია და 12 წელს შეადგენს. სამაგიეროდ, იუპიტერი თავისი ღერძის გარშემო საკმაოდ სწრაფად ბრუნავს და ერთ შემობრუნებას თითქმის 10 სთ-ს ანდომებს. ცთომილის ბრუნვის ღერძის ორბიტის სიბრტყისადმი მართობულობა გამორიცხავს პლანეტის სეზონურობას. იგი საკმაოდ სქელი ატმოსფეროს შემცველია, რომელშიც კარგად მოჩანს ღრუბლები. ატმოსფერო ძირითადად წყალბადის, მეთანისა და ამიაკისაგან შედგება.

მზის გამოსხივება იუპიტერამდე 27-ჯერ ნაკლები ინტენსივობით აღწევს, ვიდრე დედამიწამდე. პლანეტის დიდი მასითა და დაბალი ტემპერატურით (-150^0-მდე) განსაზღვრულია მისი ატმოსფეროს მაღალი სიმკვრივე. მას ახასიათებს აგრეთვე რადიოგამოსხივებაც, რაც სავარაუდოდ დაკავშირებული უნდა იყოს პლანეტის ატმოსფეროს ციკლონების მძლავრ ელჭექებთან. დედამიწისეულ ანალოგებთან შედარებით ისინი რამდენიმე ათასჯერ დიდია. ცთომილის სიმკვრივე, როგორც აღვნიშნეთ, საკმაოდ მცირეა, რაც მსუბუქი ელემენტების შემცველობით აიხსნება. მისი დიდი მასა და დაბალი სიმკვრივე ვარსკვლავს უფრო მოგვაგონებს. იუპიტერს 16 თანამგზავრი ახლავს.

სატურნი (ზუალი) სიდიდით მეორეა მზის ცთომილთა შორის. იგი სრულიად განსაკუთრებულია თავისი ფორმით — რგოლური წარმონაქმნით. უფრო მკრთალი რგოლები უკვე დადგენილია იუპიტერის, ურანისა და ნეპტუნის ირგვლივაც. ცთომილი უზარმაზარ სივრცეს იკავებს: მისი ეკვატორული დიამეტრი 120 ათასი კილომეტრია, ხოლო მისი რგოლის გარე კიდის რადიუსი 168 ათას კმ-ს აღწევს. ცთომილის ზედაპირიდან რგოლური სისტემის უკიდურესი შიდა კიდემდე მანძილი 6 ათას კმ-ზე ოდნავ მეტია, ხოლო სრული სიგანე 102,5 ათასი კმ-ს შეადგენს. თვით ცთომილის შებრტყელება (1:9,2) საკმაოდ დიდია, რაც მისი ბრუნვის მაღალი სიჩქარით (ცხრილი I.1) აიხსნება. სამაგიეროდ, ძალზე უმნიშვნელოა ცთომილის სიმკვრივე. სატურნის ატმოსფერო უმთავრესად (99%) წყალბადისა და ჰელიუმისაგან შედგება, ხოლო ტემპერატურა — 170^0-ზე დაბალი უნდა იყოს. დედამიწისაგან განსხვავებით სატურნი ნელა მოძრაობს და მზის გარშემო ერთ სრულ შემობრუნებას თითქმის 30 წელიწადს ანდომებს. სატურნის ღერძის დახრა ორბიტის სიბრტყისადმი დედამიწის ანალოგიურ სიდიდესთან შედარებით საკმაოდ განსხვავებულია და 63^0-ს შეადგენს. სატურნის ზედაპირზე რაიმე სეზონური და ბუნებრივი ზონების არსებობის შესახებ წარმოდგენაც კი ზედმეტია. იმ მრავალრიცხოვან მცირე ზომის მეტეორულ სხეულებთან ერთად, ამ რგოლის გარეთ, სატურნს გარემოექცევა 18 თანამგზავრი.

ურანი და ნეპტუნი მზის სისტემის კიდეზე მდებარეობენ. ორივე ცთომილს უკვე ჩვენთვის ნაცნობი რგოლი გააჩნია. ორივე მათგანი გარშემოკრულია ატმოსფეროს გარსებით, რომელიც ძირითადად მეთანისაგან შედგება. მათი სიდიდეები და ფიზიკური აგებულება სატურნის ზომებს უფრო „წააგავს". მზის გამოსხივება მათ შესუსტებული წვდება. ამიტომ ურანის ტემპერატურა -180^0-ს, ხოლო ნეპტუნისა კი -200^0-ს-მდეა დაცემული. ამიაკის შემადგენლობა ამ ცთომილებზე უფრო ნაკლებია, ვიდრე სატურნსა და იუპიტერზე, თუმცა მის ხარჯზე მეთანის წილის ზრდა

შეიმჩნევა. საშუალო სიმკვრივეებიც თითქმის თანაბარია. ურანი ანომალიურია ეკლიპტიკისადმი მისი ბრუნვის ღერძის მართობულობით (82°) და ბრუნვის (აღმოსავლეთიდან დასავლეთის) მიმართულებით. მზიდან დიდი დაშორების გამო (19,3 და 30.8 ასტრონომიული ერთეული), მათი გარემოქცევის პერიოდები (85 და 165 წელიწადი) საკმაოდ ხანგრძლივია. აღნიშნული ფიზიკური აგებულებით ეს ცთომილები ერთგვაროვან — უღიმღამო და გეოგრაფიულ სირთულეს მოკლებულ სხეულებს განეკუთვნება. ორივე ცთომილი მდიდარია თანამგზავრებით: ურანს — 15 გარემოექცევა, ნეპტუნის გარშემო კი 8 სხეული ბრუნავს.

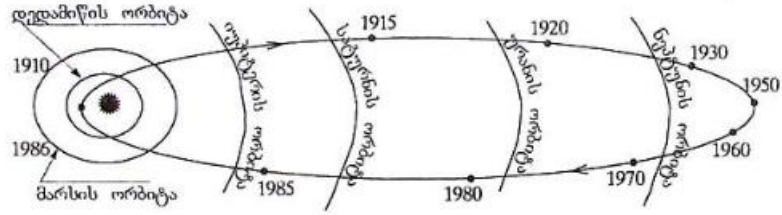
პლუტონის შესახებ ძალიან მწირი ცნობები გაგვაჩნია, რისი მიზეზი პლანეტის სიმცირე და მზიდან დაშორებაა. მზიდან დიდი დაშორებისა (თითქმის 40 ასტრონომიული ერთეული) და მცირე სიჩქარის (4,7 კმ წმ$^{-1}$) გამო, გარემოქცევის პერიოდი 252 წელიწადს შეადგენს. ამ ცთომილიდან მზე ძალიან კაშკაშა ვარსკვლავის სახით უნდა გამოჩნდეს. ამიტომ მზის სინათლე ცთომილზე საკმაოდ მცირეა და მის ზედაპირზე მუდმივად წყვდიადია. პლუტონს ერთი თანამგზავრი ახლავს.

პლანეტათშორისი სივრცე. მზის გარშემო მდგრადი ორბიტების გასწვრივ მოძრაობენ, აგრეთვე მცირე ცთომილები ანუ პლანეტოიდები. მათ შორის უდიდესის — ცერერას დიამტრი 800 კმ-მდეა. მცირე ზომისა და მასის გამო ისინი ატმოსფეროს მოკლებულნი არიან. ამჟამად შესწავლილია 4000-ზე მეტი მცირე ცთომილი, რომელთა ჯამური მასა დედამიწის მასის მეათედიც კი არ არის. მათი მოყვანილობა ასიმეტრიული ფორმისაა. ვარაუდობენ, რომ ისინი დიდი ცთომილის დაშლის შედეგადაა წარმოქმნილი. მათი ორბიტა მარსისა და იუპიტერის ორბიტების შიგნითაა მოქცეული, თუმცა ზოგი მათგანი ერთობ გაწელილი ელიფსის გასწვრივ მოძრაობს.

მზის გარემოქცევა ახასიათებთ, აგრეთვე, მცირე მასისა და არაწესიერი ფორმის წარმონაქმნებს — კომეტებს. ისინი მეტად გაწელილი ელიფსების გასწვრივ მოძრაობენ. მზესთან მიახლოებისას მათ ფორმა ეცვლებათ: სიკაშკაშე ემატებათ, გრძელდებიან და კუდის მსგავსი დანამატი უჩნდებათ. ასეთი „კუდიანი ვარსკვლავების“ გრძელი დანამატი მზის საწინააღმდეგო მხარესაა მიმართული და სიგრძით ასეულ მილიონ კმ-ს აღწევს. იგი საკმაოდ გაიშვიათებულ სხეულს წარმოადგენს. კომეტის ძირითადი მასა მის თავშია მოქცეული, რომლის ცენტრში ბირთვი მდებარეობს. მისი დიამეტრი რამდენიმე კილომეტრია და შედგება უწვრილესი „მტვროვანი“ ნაწილაკებით ჩაყინული ნახშირორჟანგის, ამიაკისა და მეთანის გაზებისაგან.

მზესთან მიახლოებისას სხივური წნევა ამ ნაწილაკებს ბირთვს ჩამოაშორებს და საწინააღმდეგო მხარეს გაწელავს. კუდის წარმოქმნა სწორედ ამის შედეგადაა შესაძლებელი. მზიდან დაშორებისთანავე კომეტის სიკაშკაშე კლებულობს, კუდი მოკლდება, მკრთალდება და ქრება. კომეტის მასა უმნიშვნელოა და დედამიწასთან შედარებით შეუდარებლად მცირეა. ზოგი მათგანი დედამიწას დროგამოშვებით უახლოვდება, თუმცა იგი მოსახლეობისათვის საფრთხეს არ წარმოადგენს. მრავალი კომეტა პერიოდულია. ჰალეის კომეტას (ნახ. I. 6) კაცობრიობა ჯერ კიდევ ძვ. წ. 467 წლიდან იცნობს. ამ დროიდან დღემდე იგი 32-ჯერ მიუახლოვდა მზე-დედამიწის ახლო სივრცეს. იგი ყოველ 76 წელიწადში ერთხელ „სტუმრობს“ დედამიწის სიახლოვეს. კომეტები მომავალშიც შემოიჭრებიან. ამ მხრივ, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, საინტერესოა კომეტის დედამიწასთან შეჯახების შედეგად ბუნებრივი გარსის ევოლუციის კატასტროფული ცვლილების პროგნოზირება. ცხადია, რომ იგი უკვალოდ არ ჩაივლის. შესაძლოა, რომ 1908 წელს ციმბირში

ე.წ. ტუნგუსკის ძლიერი მეტეორული „წვიმა“ კომეტასთან დაჯახების მაგალითია. ამჟამად, ამგვარი კატასტროფების ანაბეჭდებს ეძებენ მეცნიერები და, ზოგჯერ, წარმატებასაც აღწევენ კიდეც. თუმცა, ჯერ კიდევ არა გვაქვს მათ შესახებ პირდაპირი დამადასტურებელი ფაქტები. ვარაუდობენ, რომ ყოველწლიურად ხუთი კომეტის „სტუმრობის“ შემთხვევაში, დედამიწასთან შეჯახების ალბათობა 400 მლნ. წელიწადში ერთი შემთხვევით უნდა გამოვლინდეს. თვით კომეტების წარმოშობის შესახებ მეცნიერებს განსხვავებული წარმოდგენა აქვთ. ერთი ნაწილი ვარაუდობს, რომ კომეტები შორეული წარმონაქმნებია, მეორენი მათ მზის სისტემისეულ წარმონაქმნს მიაწერს. ფაქტი კი ერთია: კომეტები, სწორედ მზის გავლენის ქვეშ იმყოფებიან – იცვლიან ფორმას, სიკაშკაშეს, ორბიტას, სიჩქარესა და სხვა ფიზიკურ სიდიდეებს.



ნახ. I.6. ჰალეის კომეტის თანმიმდევრული მდებარეობანი ორბიტაზე ერთი სრული გარემოქცევა (1910–1986 წწ.)

პლანეტათშორის სივრცეში მცირე ზომის აურაცხელი მყარი ნაწილაკია მიმობნეული. მათ მეტეორულ სხეულებს უწოდებენ. ისინი ხშირად დედამიწის ატმოსფეროშიც შემოიჭრებიან, სწრაფად ცხელდებიან, განიცდიან გაბარბაცებას და იწვიან. მათ შეცდომით ვარდნილ ვარსკვლავებსაც უწოდებენ. საშუალოდ, დღე-ღამეში დედამიწის ატმოსფეროში 100 მლნ. მეტეორული სხეული იწვის. ოშვიათად ცალკეული დიდი ზომის მეტეორი ატმოსფეროში წვას ვერ ასწრებს და დედამიწაზე ვარდება. მათ მეტეორიტებს უწოდებენ. ზოგჯერ დიდი მეტეორი ატმოსფეროში ფეთქდება და ხმაურს იწვევს. ასეთი სხეულები ბოლიდების სახელწოდებითაა ცნობილი.

მეტეორების დედამიწაზე ჩამოცვენა იშვიათი მოვლენაა: 1947 წლის 12 თებერვალს აღმოსავლეთ ციმბირში ჩამოცვენილმა მეტეორიტებმა 10 მ-ის სიღრმისა და 40 მ-ის სიგანის კრატერი გააჩინეს; კიდევ უფრო ძლიერი იყო 1908 წლის ჩრდილოეთ ციმბირის მეტეორის შეჯახება; არიზონას შტატში (აშშ) 40 მ-ის დიამეტრის მეტეორიტის მიერ 175 მ-ის სიღრმისა და ერთ კმ-ზე მეტი დიამეტრის კრატერია ფორმირებული; უდიდესი მეტეორიტის (60 ტონა) – გობას ჩამოვარდნას ჰქონდა ადგილი სამხრეთ-დასავლეთ აფრიკაში. ამჟამად დედამიწაზე ასზე მეტი მეტეორიტული კრატერია ცნობილი, რომელთა ასაკი საკმაოდ დიდია და გეოლოგიური ეპოქებით განისაზღვრება.

გამოთვლილია, რომ ყოველწლიურად მეტეორული მოვლენების მეშვეობით დედამიწის მასას 200 ტონა ნივთიერება ემატება, რაც პლანეტის მასასთან შედარებით უმნიშვნელოა. თუმცა, დედამიწის წარმოშობიდან დღემდე ამას 10^{12} ტონა ნივთიერება უნდა შეედგინა. ამავე დროს, მეტეორიტების ჩამოვარდნა დიდი თერმული ეფექტის მომასწავებელია. ასე, მაგალითად, ტუნგუსკის მეტეორიტის

შეჯახებას დედამიწასთან 3.10^{17} კალორია ენერგია უნდა გამოყოფ, რომელსაც შეეძლო ერთი კუბური კილომეტრის მოცულობის გაყინული ნიადაგი წყლის დუღილის ტემპერატურამდე გაეცხელებინა.

მზის სისტემის „მოსახლეობა" აღწერილი სხეულებით როდი შემოიფარგლება. ვარაუდობენ, რომ პლუტონის ორბიტის მიღმა კოსმოსური აპარატებით აღმოჩენილი „ღრუბელი" ასევე მზის სისტემის კუთვნილებაა, ანუ შესაძლებელია ტრანს-პლუტონური პლანეტის არსებობა. ამავე დროს, პლანეტებს შორის სივრცე ცარიელი როდია: წარმოდგენილია კოსმოსური მტვერი და გაზები, ელექტრონები და გამოსხივებები, კორპუსკულები და სხვ. აქვე თავს იჩენს გრავიტაციული, მაგნიტური და ელექტრული ველები. ამდენად, ეს სივრცე ნივთიერებათა სახეობებითა და მოვლენებით ფრიად მდიდარი ფიზიკური ლაბორატორიაა. იგი რთული ფიზიკური გარემოცაა, შუალედი სივრცეა დედამიწასა და მის მეზობელ კოსმოსურ სხეულებს შორის. აქვე მოქმედებს გარე სამყაროს სხეულთა გამოსხივების დედამიწის მოვლენებზე გავლენის მექანიზმი.

მზის სიტემების წარმოშობა. სახელმძღვანელოს XIV თავში განხილულია დედამიწის წარმოშობისა და განვითარების ყველა დასაშვები ჰიპოთეზა, რომელიც ხსნის აგრეთვე მზის სისტემის წარმოშობის ზოგად დეტალებს. გეოგრაფიული თვალსაზრისით, არსებული ჰიპოთეზებიდან და თეორიებიდან გამომდინარე, შეიძლება რამდენიმე განზოგადოებული დასკვნის გამოტანა: სამყაროს სივრცეში ყოველთვის არსებობს გაზებისა და მტვრისაგან შედგენილი ნისლოვანი მასა, რომელიც დროსა და სივრცეში უცვლელი სრულებითაც არ არის.

გრავიტაციის გავლენით აღნიშნულმა მასამ ცალკეულ „ღრუბლებად" შეკუმშვა განიცადა, რომლის შედეგად პროტოპლანეტური გარემო ჩამოყალიბდა. იგი შედგებოდა წყალბადის, წყლის, ჰიდროქსილისა და სხვა ნაერთებისაგან. ცხადია, რომ ამ გარემოში ნისლოვანი ღრუბლები ცალკეულ ფრაგმენტებად დაიშალა. ერთ მათგანზე – მასით უფრო დიდ ფრაგმენტებზე დაიწყო, სხვა ნაკლები სხეულებიდან, მტვრისა და გაზის ნაწილაკების მიტაცება, ანუ დიდი მასის სხეულებისაკენ ახლო მტვროვანი გარემოდან ნივთიერებათა გადმონაცვლება. ამ მოვლენას აკრეციას უწოდებენ, რომლის მეშვეობით დიდი მასის გროვები ცენტრალური და მთავარი სხეულის როლის შესრულებას იმკვიდრებს.

როცა ასეთი სხეული მზის მასის მეათედის სიდიდეს მიაღწევს, მისი შემკვრივებული ნივთიერება გაუმჭვირვალე ხდება და წიაღის ტემპერატურა სწრაფად ზრდას განიცდის. ცხადია, რომ ხანგრძლივი აკრეციით, შესაძლებელია დიდი, ცენტრალური სხეულის – „პროტომზის" ჩამოყალიბება. მისი თავდაპირველი დიდი რადიუსის (სიმკვრივე ჯერ კიდევ უმნიშვნელოა) გამო, უფრო მეტად იჩენს თავს გრავიტაციული მიზიდულობა და შეკუმშვის პროცესის გაძლიერებაც. ამასობაში, პროტომზის გარშემო უკვე ჩამოყალიბებულია პროტოპლანეტური ნისლეული, რომელსაც ქაოსური ნისლოვანი მატერიის „ადგილობრივი" შეკუმშვის გამო, მრგვალი ფორმა აქვს მიღებული. მის შიგნით, იმავე გზით, ანალოგიური სხეულები – პროტოპლანეტები ყალიბდება, რომელთაც თავ-თავიანთი პროტოთანამგზავრები აქვთ გაჩენილი.

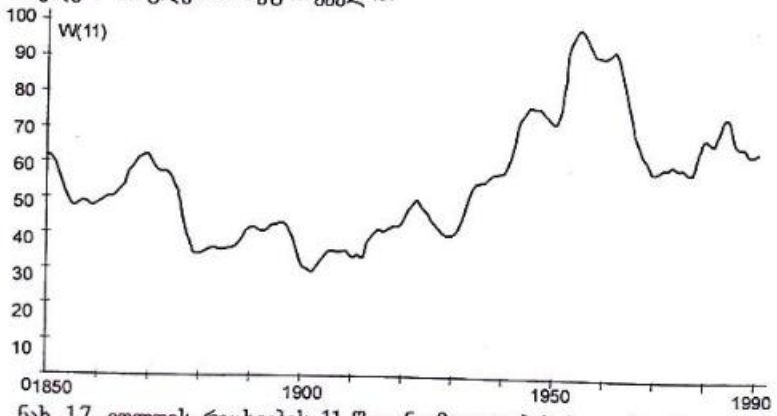
ვარაუდობენ, რომ დედამიწის ზრდას თანამედროვე სიდიდემდე 100 მლნ-მდე წელიწადი დასჭირდა. ადრეულ, საწყის ეტაპზე, როცა მიერთების (აკრეციის) პროცესი ჩვეულებრივზე მეტად იყო გავრცელებული, გამორიცხული არ არის

დიდი ზომის ფრაგმენტების შეჯახებისა და, ამის შედეგად, მცირე ზომის (ასტეროიდის) სხეულთა წარმოშობის შემთხვევები.

როგორც ჩანს, კოსმოსური მოვლენების უმეტესი ნაწილი პირდაპირაა ალბეჭდილი დედამიწის გეოგრაფიული გარსის იერსახით მატიანეში.

კოსმოსისა და დედამიწის კავშირებით აიხსნება ატმოსფეროს ზედა საზღვრიდან საკმაოდ დაშორებული გარსების არსებობა, სადაც თავმოყრილია მზიდან გამოფრქვეული და დედამიწის მაგნიტური ველის მიერ მიტაცებული კონცენტრული გარსები. მათგან გარე გარსი 18-20 ათასი კმ-ის სიმაღლემდე ვრცელდება. უკვე აღვნიშნეთ, აგრეთვე, დედამიწის ატმოსფეროს დამცავი როლის შესახებ კოსმოსური წარმოშობის მეტეორული „წვიმისაგან". დიდი მნიშვნელობისაა ოზონის თხელი ფენის მიერ ულტრაიისფერი და ინფრაწითელი, აგრეთვე რენტგენის სხივებისაგან დედამიწის ცოცხალი არსებების დაცვის ბუნებრივი მექანიზმის არსებობა.

დედამიწის პლანეტარული ასპექტებით განპირობებულია დროის განსაზღვრის შესაძლებლობა, რომლის წყალობით კაცობრიობა, უკვე დიდი ხანია, ისტორიულ დროში წელთაღრიცხვას აწარმოებს და ადგენს კალენდარს — ფრიად აუცილებელ ატრიბუტს სამოქალაქო ცხოვრებაში. დედამიწის ატმოსფეროში მზის სხივების დაცემის კუთხის არათანაბრობის გამო დილასა და საღამოს ადგილი აქვს აისისა და ბინდის მოვლენას, რომელთანაც დაკავშირებულია მრავალი გეოგრაფიული ფაქტორების (სინათლის, სითბოს განაწილება), ბიოლოგიური მოვლენებისა (ფოტოსინთეზი) და ბუნებრივი პროცესების (წრებრუნვები, რიტმები, ცოცხალი ორგანიზმების ქცევები) მიმდინარეობათა თავისებურებანი. დიდი გეოგრაფიული მნიშვნელობა აქვს ზღვებისა და ოკეანეების მთვარისეული მოქცევა-მიქცევის მოვლენებს, რომელთა გამოვლინებას, დიდი მასშტაბებით, ოკეანეთა სანაპირო ხმელეთში შეჭრილ უბეებში აქვს ადგილი. ამიტომ ჩვენი ქვეყნის ზღვისპირეთზე ეს მოვლენა სრულებით შეუმჩნეველია.



ნახ. 1.7. ვოლფის რიცხვების 11–წლიანი მცოცავების საუკუნოვანი ცვლა

მზის ლაქების შესწავლისას, მივუთითებდით აგრეთვე ვოლფის რიცხვის მიხედვით მნათობის აქტიურობის რაოდენობრივ ცვლილებაზე. მას კავშირები აქვს დედამიწის კლიმატური რეჟიმის მიმდინარეობასთან, რაც ციკლური მონაცვლეობით (ნახ. I.7) ხასიათდება. ჩანს, რომ მზის აქტივობის დონის მიხედვით შეიძლება გამოიყოს აქტივობის ეპოქები: 1. მაქსიმუმებისა (1844-1880 წწ.) და მინიმუმების (1880-

1930 წწ.) პირველი ეპოქა და 2. მეორე მაქსიმუმებისა (1930-1970 წწ.) და მინიმუმების (1970-1994 წწ.) ეპოქა. თითოეული პერიოდი კლიმატური მოვლენების ინტენსიურობითა (ძლიერი ანომალიებით) და შედარებითი სიწყნარით ხასიათდება, რასაც პროგნოზული მოდელების შემუშავების დროს საკმაოდ ეფექტურად იყენებენ. დიდი გეოგრაფიული შედეგები ახლავს დედამიწის მაგნიტური ველის არსებობას. მას განუზომელი სასიცოცხლო როლის შესრულება (დედამიწის დაცვა კოსმოსური მავნე გამოსხივებისაგან) აქვს დაკისრებული.

ამრიგად, დედამიწის ბუნების მოვლენების შემეცნების ხანგრძლივი პროცესი, კაცობრიობის განვითარების ისტორიულ პერიოდში, მეცნიერების განვითარებისა და გარემოს პრაქტიკული ათვისების მიზანშეწონილობითაა განპირობებული. ამ მხრივ, დედამიწა — ადამიანთა საზოგადოების საცხოვრისი, სრულებით არ არის მარტოდმარტო. იგი წარმოიშვა, განვითარდა და თანამედროვე იერსახე მიიღო სამყაროს ერთიან სისტემაში, მჭიდრო ურთიერთობების, ურთიერთკავშირებისა და ურთიერთგამომდინარეობის პროცესში.

კაცობრიობის დანიშნულებაა — შეისწავლოს გარემომცველი საცხოვრისი და მისი თავისებურებები, აითვისოს ის, რაც მისთვის ბუნებას უბოძებია, არ გადააჭარბოს ბუნების კანონებს და ჰარმონიაში იყოს მასთან. სწორედ ეს არის თანამედროვე კაცობრიობის მოთხოვნილება გარემოს მიმართ. მხოლოდ ამგვარი — ფაქიზი და გონივრული დამოკიდებულება გარემოსადმი გამოიწვევს იმ საპასუხო რეაქციებს, რაც კაცობრიობამ თავისი ინტელექტითა და კულტურით დაიმსახურა.

დასკვნები

1. სამყაროს უკიდეგანო სივრცის ობიექტებისა და მოვლენების მრავალფეროვნებასთან ერთად, ბუნების უნივერსალური კანონზომიერებები და ძალები (ნივთიერებათა ერთიანობა, ენერგია-მასების გარდაქმნა და შენახვა, ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული ველები) ერთგვაროვნადაა გამოვლენილი, რაც სამყაროს სივრცე-დროითი განუსაზღვრელობისა და განვითარების არაერთგვაროვნების მიუხედავად, მის ერთიანობასა და მთლიანობაზე მიუთითებს.

2. სამყაროს გიგანტური წარმონაქმნების — გალაქტიკების, ამ სასრული ფორმისა და გრანდიოზული სიდიდის, აგრეთვე ანალოგიური ბუნების კოსმოსური სხეულების მიერ „დასახელებული“ სივრცე ერთიან-მთლიან სისტემად (მეტაგალაქტიკა) განიხილება, რომლის მიერ სამყაროს განზომილება, მისი სიდიდისა (რადიუსი 8-10 მლრდ. სინათლის წელი) და აურაცხელობის (დაახლოებით 1 მილიარდი) მიუხედავად, სრულიად არ არის ამოწურული.

3. სამყაროს დღევანდელი მდგომარეობა გაფართოების (ჰაბლის კანონი) ტენდენციის მაჩვენებელია, რომლის 10 მლრდ. წლის წინანდელი განსაკუთრებულად მაღალი სიმკვრივე, „დიადი აფეთქების“ გამო, გალაქტიკათა ე.წ. ობიექტების პერიფერიული წანაცვლების პარადოქსული ეფექტის შემჩნევის საფუძველს იძლევა, რაც სამყაროს სიმკვრივის ცვლილების შორეული მომავლის პროცესში, შებრუნებული (შემკვრივების) განვითარების მიმართულებაზე მიუთითებს.

4. დროისა და სივრცის გეოგრაფიული აღქმა, გარდატეხილია რა ოთხგანზომილებიანი სივრცის წარმოდგენაში — ბუნებრივი პროცესების წარმოშობას, მიმდინარეობას,

მიმართულებას, განვითარებას. ასახავს, თუმცა ერთმანეთს ერწყმის სივრცე-დროის უსასრულო სიდიდეები და გეოგრაფიული გარსის სასრული განზომილებები, რაც სივრცეული განფენილობის დიდი „გულმოდგინებით“ დანაწევრებასა და ბუნებაზე მორგებული დატვირთვის ურთულესი „მოზაიკის“ არსებობას განაპირობებს და საერთო სივრცის ფილოსოფიის გეოგრაფიულ ინტერპრეტაციაზე მეტყველებს.

5. მზის დაუშრეტელი ენერგიით, რომელიც მიღებულია წყალბადის ჰელიუმად გარდაქმნის შედეგად, დედამიწის უზრუნველყოფა შესაძლებელია კიდევ 100 მლრდ. წლის განმავლობაში, ჩვენი პლანეტის მაცოცხლებელი პროცესების განუწყვეტელი მიმდინარეობის გარანტია და სისტემის სხეულების ფიზიკური არსებობის წინაპირობაა, რომლისაგანაც გამომდინარეობს მზის სისტემის – სამყაროს ერთიანობისა და მთლიანობის ცხადი დადასტურება.

თავი II. გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების ძირითადი ეტაპები

გეოგრაფიული მეცნიერების ჩასახვა. ანტიკური პერიოდის გეოგრაფიული ცოდნა. გეოგრაფიული ცოდნა ადრეულ და განვითარებულ შუა საუკუნეებში. მოგზაურობები და გეოგრაფიული აღმოჩენები XII-XIV სს-ში. დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების წინა პერიოდი. დიდ გეოგრაფიულ მოგზაურობათა და აღმოჩენათა პერიოდი. დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენათა შემდგომი (XVII-XVIII სს.) პერიოდი. გეოგრაფიული აღმოჩენები XIX-XX სს-ში. ქართული გეოგრაფიული სკოლა. გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების თანამედროვე პრობლემები. დასკვნები.

გეოგრაფიული მეცნიერების ჩასახვა. გეოგრაფია ცოდნის ერთ-ერთი უძველესი დარგია. მისი საწყისი კაცობრიობის ისტორიის უძველეს დროში იღებს სათავეს. ეს გასაგებია, რადგან ხალხს ყოველთვის აინტერესებდა როგორც თავისი საცხოვრებელი ბუნების, ასევე მეზობელი ხალხების გარემო და შორეული ქვეყნები. ამ ცოდნის სურვილი მუდამ აღვივებდა მოგზაურობისადმი მისწრაფებას. ამავე დროს, ხალხთა ურთიერთშორის სავაჭრო დამოკიდებულებები მოითხოვდა როგორც საკუთარი ქვეყნის, ასევე სხვა ქვეყნების ეკონომიკის გაცნობასაც. გარდა ამისა, იმ დროს გამეფებულ განუწყვეტელ ომებსა და თავდასხმებს თან სდევდა ახალ-ახალი ქვეყნების გაცნობა.

უძველესი პერიოდიდან იწყება სხვადასხვა ქვეყნების გეოგრაფიული აღწერილობა. მასში დახასიათებული იყო ამა თუ იმ ქვეყნის ბუნება, მოსახლეობა, მათი საქმიანობა და იგი უმეტესად ეყრდნობოდა ნანახს ან მოსმენილს. აღწერილობას ზოგჯერ თან ერთვოდა ქვეყნის, ადგილის ან გზის დასურათება და გეგმა. ამგვარი ცნობები შეეხებოდა როგორც ბუნების აღწერას, ასევე ისტორიას, პოლიტიკასა და ეკონომიკას. მიუხედავად ამისა, ძველი ცივილიზაციის ანუ აღმოსავლეთის ქვეყნების ხალხებმა, ბერძნებმა, რომაელებმა და სხვ., ვერ შეძლეს შეექმნათ მეცნიერული გეოგრაფია.

შორეულ მოგზაურობებსა და ექსპედიციებს, პრაქტიკულ საჭიროებათა და მოსაზრებათა გამო, აწყობდნენ ეგვიპტელები, ბაბილონელები, ასურელები, ფინიკიელები, ებრაელები, სპარსელები, ინდოელები, ჩინელები, ბერძნები, რომაელები, ქართველები. მათ დატოვეს უხვი მასალა როგორც გონებრივი ჰორიზონტის გაფართოების, ისე ფაქტობრივი მონაცემები კოსმოგრაფიისა და გეოგრაფიის დარგში.

პირველი გეოგრაფიული გამოკვლევები და აღმოჩენები, რომლებმაც ჩვენამდე მოაღწია, შესრულებულია ამ სამი ათასი წლით ადრე ჩვ. წ. აღ-მდე, ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ ნაწილის ნაპირების გაყოლებით და დასავლეთ აზიის მახლობლად მდებარე მხარეებში მცხოვრებ ხალხთა მიერ. ეს ხალხები იმ დროისათვის შედარებით ცივილიზებულნი იყვნენ, ცხოვრობდნენ რა სოფლებსა და ქალაქებში, არა მარტო მოგზაურობდნენ და ვაჭრობდნენ, არამედ თავიანთი მოღვაწეობის შესახებ მატიანეებსაც კი ქმნიდნენ. ყოველივე ამან ხელი შეუწყო საუკუნეების მანძილზე დაგროვებულიყო საყურადღებო ცნობები დედამიწის შესახებ.

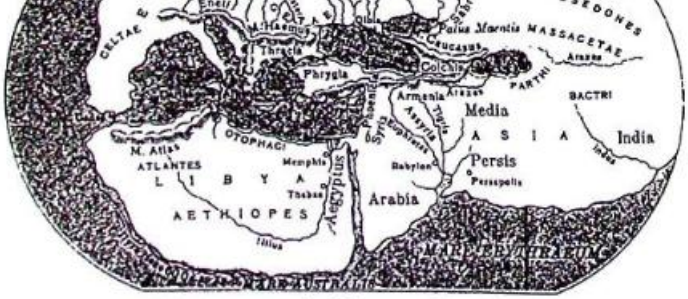
ძველი დროის ხალხთაგან ყველაზე მეტი აღმოჩენები ფინიკიელებს მიეკუთვნება, რომლებიც ცხოვრობდნენ ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე, ლიბანის ქედსა და ხმელთაშუა ზღვას შორის არსებულ მიწის ვიწრო ზოლში. ზღვასთან სიახლოვემ ისინი დახელოვნებული და გამოცდილი მეზღვაურები გახადა. ფინიკიელები აწყობდნენ შორეულ მოგზაურობებს, ცის მნათობებით არკვევდნენ ორიენტაციას. თავდაპირველად, ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროების გასწვრივ ნაოსნობდნენ, ხოლო შემდეგ იმავე ზღვის ყველა სანაპირო აითვისეს.

სტრაბონის (I ს.) გადმოცემით, ფინიკიელები ჰერკულესის სვეტებს (გიბრალტარის სრუტესთან არსებული კლდეები) გადაღმა, ატლანტის ოკეანესაც სტუმრობდნენ. გარდა ამისა, ეგვიპტიდან წითელ ზღვაში გადიოდნენ, საიდანაც ირანისა და ინდოეთისაკენ მიემართებოდნენ.

ნახ. II.1. ჰომეროსით (ჩვ. წ-მდე VIII ს.)

ძველი ბერძენი პოეტი ჰომეროსი (ძვ. წ. VIII ს.) ბევრს მოგზაურობდა და სიცოცხლეშივე გაითქვა სახელი. მის კალამს ეკუთვნის „ილიადა“ და „ოდისეა“. ნაწარმოებში მოხსენიებულია აეტის ქვეყნისა და აიაიეს - კირკეს კუნძული, რითაც იწყება ლეგენდარული კოლხეთის ექსპონირება ბერძნულ ლიტერატურაში (ნახ. II.1.).

ჰეროდოტეს (V საუკუნე ჩვ. წ. აღ-მდე) ცნობით, ეგვიპტის ფარაონის ნექო II-ს დავალებით ფინიკიელებმა აფრიკას, ჯერ კიდევ ჩვ. წ. აღ-მდე VI საუკუნეში შემოუარეს (ნახ. II.2.) ამასთან, ფინიკიელები განთქმული იყვნენ როგორც საზღვაო, ისე სახმელეთო ვაჭრობით. ისინი საქარავნო ვაჭრობას ეწეოდნენ ეგვიპტესთან, არაბეთთან, მესოპოტამიასთან (შუამდინარეთთან), სომხეთთან, იბერია-კოლხეთსა და ბუხარასთან. მათი სავაჭრო ქარავნები შორეულ ტიბეტამდეც კი აღწევდა. გარდა ამისა, ფინიკიელები აფუძნებდნენ ფაქტორიებსა და კოლონიებს, რომელთა მეშვეობითაც შეეძლოთ რეგულარულად



ნახ. II.2. ჰეროდოტეს მიხედვით (ჩვ. წ-მდე 450 წ.)

ეწარმოებინათ საქონელბრუნვა. ფინიკიელები ბუნების მოვლენებსაც აკვირდებოდნენ, მათ სპარსეთის ყურეს სანაპიროებში დაკვირვება აწარმოეს და შეისწავლეს პერიოდულად მჭროლავი ქარები – მუსონები; არაერთხელ ესტუმრნენ ინდოეთს, იყვნენ ზონდის კუნძულებზეც.

ფინიკიელების დაცემის შემდეგ, უპირატესობა თანდათან კართაგენის (ხმელთაშუა ზღვისპირეთი, ჩრდილო აფრიკის ტერიტორია) ხელში გადავიდა. კართაგენელმა მეზღვაურებმა ჰერკულესის სვეტების მიღმა ნაოსნობით, აფრიკის დასავლეთ სანაპიროზე, აწარმოეს რიგი გეოგრაფიული აღმოჩენები. ჩვ. წ. აღ-მდე VI საუკუნეში კართაგენელი ადმირალი ჰანონი გავიდა ატლანტის ოკეანეში და მიაღწია აფრიკის სამხრეთ სანაპიროებს. ამავე პერიოდს მიეკუთვნება ჰანონის ძმის იმილკონის დიდი ექსპედიცია ევროპის დასავლეთ სანაპიროების გასწვრივ.

დიდია ფინიკიელების დამსახურება გეოგრაფიის დარგში. მათ მიერ მრავალი და თავისი დროისათვის უდიდესი აღმოჩენები, სამწუხაროდ, მივიწყებულ იქნა. თუმცა, გაცილებით გვიან, 2,5 საუკუნის შემდეგ, პორტუგალიელებმა ხელახლა გამოამზეურეს ეს აღმოჩენები. სწორედ ფინიკიელებმა მისცეს სახელწოდება ძველი მატერიკის ორ ნაწილს – ევროპასა („ერებ" – ჩასავალი, დაისი) და აზიას („ასუ" – აღმოსავალი, აისი). თვით ბერძნები ფინიკიელების დამსახურებად თვლიდნენ მინის დამზადებას, ქსოვილთა წითლად შეღებვის ოსტატობას, ლითონზე მუშაობას, ზომისა და წონის განვითარებული სისტემის შექმნასა და დამწერლობის ხელოვნებას. ფაქტობრივად, ეს ყველაფერი ფინიკიელებს გადმოღებული ჰქონდათ ეგვიპტელების, ბაბილონელებისა და სირიელებისაგან. გარდა ამისა, ფინიკიელებმა თავიანთი მრეწველობა კარგი გასაღების პრაქტიკულ მიზნებს დაუქვემდებარეს, სახე უცვალეს და შეძლებისდაგვარად გააუმჯობესეს კიდეც.

ძველ პერიოდში გეოგრაფიული შესწავლის საქმეში დიდი როლი იკისრეს ეგვიპტელებმა. ისინი გაცნობილი იყვნენ აფრიკის აღმოსავლეთ რაიონებსა და წინა აზიის ქვეყნებს. ეგვიპტელებს უცხოეთიდან შემოჰქონდათ საკმეველი, სანელებელი, არაბეთის სამხრეთ-დასავლეთიდან მოჰყავდათ მონები, მოჰქონდათ სპილენძი, ოქრო, სპილოს ეშვი, ღვინო, ზეთისხილი; ხომალდების ასაგებად გადმოჰქონდათ ხე-ტყე ფინიკიიდან, სირიიდან, ეთიოპიიდან, კუნძულ კრეტიდან და სხვ. ამავე დროს, თავიანთი ქვეყნიდან გაჰქონდათ: ხორბალი, ქსოვილი, ფერადი მინა და მინის სამკაულები. ცხადია, ყოველივე ამასთან ერთად, ძველი ეგვიპტელები ეწეოდნენ შორეულ მოგზაურობებს. უდავოა, მათ დიდი გავლენა მოახდინეს ანტიკური მსოფლიოს ხალხების კულტურაზე.

ძველი მატერიალური კულტურისა და ცივილიზაციის მნიშვნელოვანი კერა იყო ბაბილონი და ასურეთი. ხელოვნების ძეგლები და გადმოცემები მოგვითხრობენ ასურელ-ბაბილონელი მოგზაურების ყოფნას ეგვიპტეში, ინდოეთსა და სპარსეთში. ბაბილონის გეოგრაფიამ დატოვა არა მარტო ცნობები ქვეყნების, მთების, მდინარეების, არხების, ტაძრების შესახებ, არამედ მსოფლიოს რუკების შედგენის პირველი მცდელობებიც. ფირფიტაზე შესრულებული ბაბილონური რუკა ჩვ. წ. აღ-მდე V საუკუნეს ეკუთვნის, რომელზეც დედამიწა და შვიდი კუნძულია გამოსახული. რუკაზე დედამიწის ცენტრში გამოსახულია ბაბილონი, ხოლო ოკეანის გარმა – „შვიდი კუნძული", რომელთა ბუნება უცნობია. საფიქრებელია, რომ იდეა დედამიწის გარემომცველი ოკეანის შესახებ, რომელიც გავრცელებული იყო ანტიკურ საბერძნეთში და ათვისებული შუა საუკუნეების კარტოგრაფების მიერ, ჯერ კიდევ

ბაბილონში ჩაისახა. მაშინ ბაბილონელებს დედამიწა წარმოდგენილი ჰქონდა როგორც ყოველმხრივ ოკეანით გარშემორტყმული სივრცე, რომელსაც გადმოყირავებული ნავის ფორმა გააჩნდა. მის ცენტრში იმყოფებოდა ქალდეა. გარდა ამისა, ბაბილონელები წარმატებით ახდენდნენ ასტრონომიულ დაკვირვებებს. ბაბილონელი ქურუმები (VIII ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) საზღვრავდნენ პლანეტათა ორბიტებს, ყოფდნენ ვარსკვლავებს თანავარსკვლავედებად, აკვირდებოდნენ და აწარმოებდნენ ვარსკვლავთა კულმინაციის მომენტების რეგისტრაციას.

ამგვარად, გეოგრაფიული მეცნიერების საწყისები ჩაისახა კაცობრიობის გარიჟრაჟზე; თავდაპირველად წარმოდგენა არ სცილდებოდა მათ საცხოვრისს, ან კიდევ მეზობელი შეზღუდული სივრცით შემოიფარგლებოდა. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ძველი მსოფლიოს ცივილიზებული ქვეყნები – ეგვიპტე, ბაბილონი, ასურეთი, ფინიკია, სპარსეთი, ინდოეთი, ჩინეთი, საბერძნეთი, საქართველო. მათ მიერ რეგულარულად ჩატარებული მოგზაურობები და ნაოსნობანი თანდათან აფართოებდა წარმოსახვით ჰორიზონტს დედამიწის შესახებ.

ანტიკური პერიოდის გეოგრაფიული ცოდნა. ძვ. წ. აღ-ის VIII-VI სს. ხმელთაშუა ზღვის თითქმის მთელი აღმოსავლეთი და დასავლეთი ნახევრის ნაწილი ბერძენთა კოლონიების ქსელით იფარება. კოლონიათა შექმნის დროს ბერძნები ეცნობოდნენ არა მარტო კოლონიზაციას, არამედ მიმდებარე ხალხებსა და ტომებს. ასე რომ, ჰომეროსის დროიდან დაწყებული ბერძნებმა კარგად იცოდნენ ხმელთაშუა ზღვის სანაპირო. მოგვიანებით, მათ თანდათანობით იწყეს არეალის გაფართოება. ისინი შავი ზღვის სანაპიროებს მიადგნენ და დაიწყეს მისი ათვისება, შეისწავლეს თითქმის ყველა სანაპირო. ბერძნებმა ახალშენები მოაწყეს ყირიმისა და კოლხეთის ზღვისპირა მხარეებში. ამასთან ერთად, ხმელთაშუა ზღვის სანაპიროებზე – ეგვიპტის, სიცილიის, მცირე აზიის ტერიტორიაზე მრავალი ახალშენი დაარსდა. ამდენად, ბერძენთა ახალშენები გაიშალა შორეულ სივრცეზე – ესპანეთიდან მდ. დონის შესართავამდე, აღმოსავლეთით – კავკასიამდე და შავი ზღვის ჩრდილო სანაპიროებიდან აფრიკის ჩრდილო ნაპირებამდე.

ბერძენი მწერლები და მეცნიერები დიდ წარმატებებს აღწევდნენ საბუნებისმეტყველო-სამეცნიერო დარგებში. მათ მოახდინეს პირველი მეცნიერული აღმოჩენები გეომეტრიის, გეოგრაფიის, ასტრონომიის დარგებში. ბუნებას ისინი განიხილავდნენ როგორც მარად მოძრავ და განვითარებაში მყოფ მატერიას, რომელსაც საყოველთაო ზეშთაგონებას მიაწერდნენ.

ბერძენ მეცნიერთა – პინდარისა (522-442 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე) და ესქილეს (525-456 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე) ნაწარმოებებში უკვე ვხვდებით დედამიწის ოთხ ქვეყანასა და სამ ნაწილს: აზიას, ლიბიასა და ევროპას, რომელთაც საზღვრავდა ფაზისი, ნილოსი, ჰერკულესის სვეტები, ქიმერიის ბოსფორი. ოკეანე კი, მათი შეხედულებით, ზღვას წარმოადგენს.

ძველბერძნული მეცნიერება დიდი წარმატებით ვითარდებოდა მცირე აზიის იონიურ კოლონიებში, განსაკუთრებით ქ. მილეტში. მათ დიდი ნაბიჯი გადადგეს დედამიწისა და ქვეყნიერების წარმოდგენის შესახებ. მცირეაზიელ ბერძენთა მიხედვით (თალესი) დედამიწა წარმოადგენდა ბრტყელ ან ოდნავ შეზნექილ წყალზე მოცურავე დისკოს, ხოლო ცა დედამიწაზე იდგა თაღად, რომელზედაც მზე, მთვარე და თანავარსკვლავედები მოძრაობენ დედამიწის სიბრტყისაკენ დაქანებულ ორბიტებზე.

ბერძენ მეცნიერთა აზრით, მრგვალი დედამიწა ოიკუმენაზე (დედამიწის ცნობილი

ნაწილი) ოდნავ დიდი იყო. ამ სივრცეს გარს ეკვროდა დიდი ოკეანე, რომელიც ბუნდოვანი ცნობებით ატლანტის ან შესაძლებელია, ინდოეთის ოკეანეს წარმოადგენდა. ამავე აზრისაა ფილოსოფოსი ანაქსიმანდრე, რომელმაც ირთელ მეზღვაურთა ცნობების საფუძველზე, შეადგინა დედამიწის პირველი რუკა. ამ რუკაზე ხმელეთი ზღვის აუზითაა გარშემორტყმული, რომელსაც, თავის მხრივ, გარს აკრავს გარე წყლის რკალი. საყურადღებოა, აგრეთვე, ჰეკატე მილეტელის (VI ს. ჩვ. წ-მდე) მიერ შედგენილი შრომები. მათ შორისაა „დედამიწის შემოვლა“ 2 წიგნად. პირველი ეხება ევროპას, მეორე – აზიას. ავტორის წარმოდგენით დედამიწას დისკოს ფორმა აქვს, რომელსაც გარს აკრავს მდინარე-ოკეანე. დედამიწა ჰორიზონტალური დიამეტრით ორ თანაბარ ნაწილად იყოფა: ჩრდილოეთით – ევროპა, სამხრეთით კი – აზია. წიგნი შეიცავდა გეოგრაფიულ ცნობებს და დართული ჰქონდა გეოგრაფიული რუკა. აქვე ჰეკატე მილეტელი აღწერს რა კოლხებსა და კავკასიონს, დახასიათებული აქვს შავი ზღვა, თითქმის მთლიანი კოლხეთი და კავკასიონის დასავლეთი ნაწილი.

დიდი მოგზაურობა ჩაატარა ფილოსოფოსმა დემოკრიტემაც, რომელსაც სხვა საკითხებთან ერთად აინტერესებდა გეოგრაფიული ცნობებიც. ასე მაგალითად, ეთიოპიაში ყოფნისას მას სურდა გაეგო მდ. ნილოსის სათავის ადგილმდებარეობა. ვარაუდობენ, რომ სწორედ მან პირველად შემოიღო ტერმინი – ოკეანე. დემოკრიტეს მოუვლია ეგვიპტე, ფინიკია, ბაბილონი, სპარსეთი, ინდოეთი, წითელი და ხმელთაშუა ზღვები, უწარმოებია ასტრონომიული და კლიმატური დაკვირვებები. დემოკრიტეს მიმდევარმა ძველ ბერძენმა მოგზაურმა ჰეროდოტე ჰალიკარნასელმა (484-406 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე) მოიარა ეგვიპტე, ლიბია, ფინიკია, სირია, პალესტინა, ბაბილონი, მაკედონია, თრაკია, კოლხეთი, სკვითების ქვეყანა (შავი ზღვის ჩრდილოეთი სანაპირო), რომელთა შესახებ მოგვაწოდა საინტერესო გეოგრაფიული, ისტორიული და ეთნოგრაფიული ცნობები. მან პირველმა განსაზღვრა კასპიის ზღვის მდებარეობა. ამასთან, მანამდე არავის მიუღწევია რუსეთის სიღრმეში, არავის არ შეუკრებია ამდენი ცნობები აფრიკის ხალხების შესახებ. ჰეროდოტე პირველი შეეხო აზია-ევროპის საზღვრის მდებარეობის საკითხს. მისი აზრით, აღნიშნული საზღვარი ამიერკავკასიის ბარზე გადის და მიუყვება მდინარეების – რიონის, ყვირილისა და მტკვრის ხეობებს. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მოგზაურობა შავი ზღვის სანაპიროებზე. ჰეროდოტემ ყურადღება მიაქცია წლის დროთა მიხედვით ნალექების განაწილების სეზონურობას ხმელეთსა და ზღვას შორის, გამოთქვა მოსაზრება ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანეების ერთიანობის შესახებ და სხვ.

ძვირფასი გეოგრაფიული ცნობები დაგვიტოვა მწერალმა ქსენოფონტემ (445-355 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე). მას თავის ნაწარმოებში „ანაბაზისში“ მოჰყავს ცნობები მდინარეების ტიგროსის, ევფრატის, ფაზისის (არაქსის), არპაზოსის (მტკვრის) და სხვათა აუზებში არსებული ქვეყნების (სომხეთი, საქართველო და სხვ.) შესახებ. ქსენოფონტეს მიერ ვანვლილი გზა ბაბილონიდან შავი ზღვისაკენ, გადიოდა სხვადასხვა ტომებით დასახლებულ ვეებერთელა ტერიტორიაზე, რომელთა შესახებ გვაწვდის კიდეც საინტერესო ცნობებს (გეოგრაფიულ და კლიმატურ პირობებს, ფლორასა და ფაუნას, ეკონომიკურ პირობებს, მოსახლეობას, ზნე-ჩვეულებებსა და სხვ.). მოგვიანებით (VI ს.) ბერძნებს სწორი წარმოდგენა ჰქონდათ დედამიწის ფორმის შესახებ. ასე, მაგალითად, ბერძენი სწავლული ევდოქსე (დაახლ. 600 წ. ჩვ. წ. აღ-მდე) ამტკიცებდა, რომ დედამიწა სფეროს წარმოადგენს და ამის გამო იგი პირობით გაყოფილია 5 სარტყელად, ყურადღება გამახვილებულია აგრეთვე ბუნების მოვლენებსა და საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობაზე.

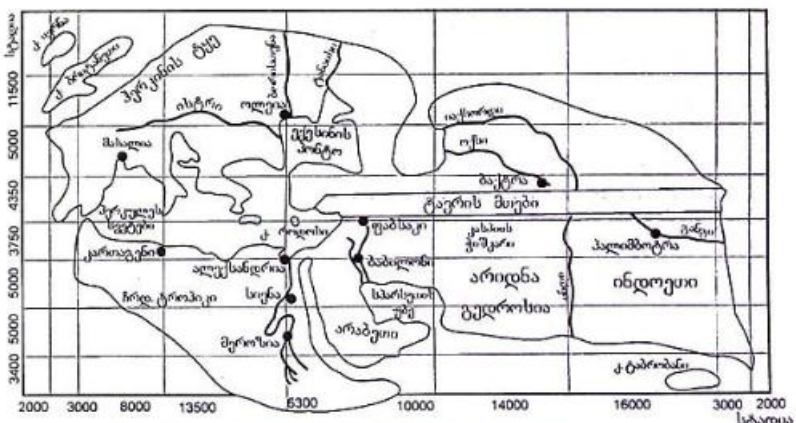
ძველი ბერძნების გეოგრაფიული წარმოდგენების გაფართოება უკავშირდება ხანგრძლივ ლაშქრობებს. ამ მხრივ, დიდია ალექსანდრე მაკედონელის ლაშქრობების როლი აზიაში (356-323 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე) სპარსეთის სახელმწიფოს დასაპყრობად. ლაშქრობა დაახლოებით 10 წელი გრძელდებოდა. ამ დროის მოლაშქრეებმა ბრძოლებით თითქმის 18 ათასი კმ გაიარეს, რის შედეგად ბერძენთა გეოგრაფიული ჰორიზონტი დიდად გაფართოვდა და, რაც მთავარია, არასწორი გეოგრაფიული წარმოდგენები გაიფანტა. ამ თვალსაზრისით, აღსანიშნავია თუნდაც ჰინდუკუშის გაიგივება კავკასიონთან. ლაშქრობის დროს შეგროვებული დიდძალი საბუნებისმეტყველო-მეცნიერული მასალა და ნიმუშები ეგზავნებოდა არისტოტელეს (384-322 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე), რომელიც თავისი მოწაფეების დახმარებით მეცნიერულ დაკვირვებებს აწარმოებდა. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ნაშრომი ცის შესახებ (რვა წიგნად), რომელიც მოიცავს მოძღვრებას სამყაროს, ვარსკვლავებისა და მათი მოძრაობის, მზის დაბნელებათა, დედამიწის, მიწისძვრებისა და სხვათა შესახებ; ასევე, საყურადღებოა ამ სწავლულის მიერ შესრულებული შრომა – მეტეოროლოგია (ოთხ წიგნად), სადაც განხილულია საკითხები პლანეტების, კომეტებისა და მეტეორების, ლითონებისა (ქანების) და მინერალების შესახებ. არისტოტელეს ასტრონომიული თვალსაზრისიდან ზოგიერთი მათგანი უმნიშვნელო საბეცვლილებებით გაბატონებული იყო კოპერნიკის ეპოქამდეც.

გეოგრაფიულ ცოდნათა ჰორიზონტის განვითარებისათვის უდიდესი მნიშვნელობა ჰქონდა მასილიელი (მარსელი) პითეასის კვლევით ექსპედიციას ატლანტის ოკეანისა და ჩრდილოეთის ზღვის აკვატორიაში. მანვე გამოიკვლია ნორვეგიის ზღვის სანაპიროები. მან პირველმა (დაახლ. 325 წ. ჩვ. წ-მდე) მოგვცა ცნობები ყინულოვანი ოკეანის შესახებ. პითეასი ასტრონომიულ ცოდნას გეოგრაფიის მომსახურებისათვის იყენებდა. მისი დაკვირვებები საოცრად ზუსტია, თუ გავითვალისწინებთ იმას, რომ აკვირდებოდა პრიმიტიული ხელსაწყოთი (გნომომით). ასევე საინტერესო გეოგრაფიული ცნობები აქვს შეგროვებული ანტიკური დროის მეცნიერს – ჰიპოკრატეს (460-377 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე), რომელიც განიხილავდა ქვეყნის ბუნების, განსაკუთრებით ჰავისა და წლის დროთა ცვლის გავლენას ადამიანის სხეულსა და ფსიქიკაზე. მისი აზრით, კაცობრიობის მთელი კულტურა გარემომცველი ბუნების ზეგავლენის შედეგია. ჰიპოკრატემ თავის ნაშრომში „ჰაერთა, წყალთა და ადგილთა შესახებ“ დეტალურად აღწერა კოლხეთი და მისი ბუნებრივი პირობები; განსაკუთრებით აღსანიშნავია კოლხეთის ჭაობების დეტალური დახასიათება, კლიმატური თავისებურებანი, მათ შორის ფიონური ქარის მოქმედება.

ძველი ბერძნული კოლონიზაციის შედეგად აგებული 2500 წლის წინანდელი ქალაქების (ოლვია, ხერსონესი, დიოსკურია) ნაშთები დღესაც კარგად ჩანს. მაშინ ძველი ისტორიკოსები ამ ციხესიმაგრეთა აღწერებით იყვნენ გატაცებულნი. მრავალ მათგანმა ჩვენამდეც მოაღწია. სკილაკ კარიანდელის (ძვ. წ. აღ-ით IV ს.) შრომაში ჩამოთვლილია შავი ზღვის სანაპიროზე მდებარე ქალაქები – დიოსკურია (სოხუმი), ფასისი (ფოთი), მდინარეები: ფასისი (რიონი), ქერობიუსი (ცხენისწყალი), ქორსი (ენგური), ქარიუსი (ხობი) და სხვ. ძალზე მნიშვნელოვანია აპოლონ როდოსელის (ძვ. წ. III ს.) ცნობები კოლხეთის შესახებ, რომელიც გადმოცემულია პოემა „არგონავტიკაში“. მათ შორის, აღსანიშნავია ცნობები ძველ კირბებზე ანუ კოლხურ რუკებზე.

გეოგრაფიული მეცნიერების დარგში განსაკუთრებული დამსახურება მიუძღვის

მათემატიკური გეოგრაფიის ალექსანდრიელ წარმომადგენლებს. იმ მკვლევართა მრავალ მეცნიერულ მიღწევას დღესაც კი არ დაუკარგავთ ინტერესი. ამ მხრივ, გამოირჩეოდნენ ჰეროფილე და ევკლიდე. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ერატოსთენე (276-194 წწ. ჩვ. წ. აღ-მდე), რომლის მრავალმხრივ და ფართო დიაპაზონის მეცნიერულმა (მათემატიკა, ასტრონომია, გეოდეზია, გეოგრაფია, ქრონოლოგია) გაქანებამ, მას დიდი აღმოჩენების საშუალება მისცა. ერატოსთენემ პირველმა მოახდინა დედამიწის სიდიდის განსაზღვრა, არისტოტელესთან ერთად აღიარა დედამიწის სფეროსებურება. ერატოსთენემ ივარაუდა მზის ხილული მოძრაობისას მისი სიმაღლის ცვლის მოჩვენებითობა. შემდგომი მსჯელობით, იგი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ერთი და იმავე საშუადღეო ხაზზე მდებარე ორ ქალაქში შუადღის მზის სიმაღლის სხვაობისა და ამ ქალაქებს შორის მანძილის გამოთვლით, შეიძლება დედამიწის სფეროს სიდიდის გაანგარიშება. ასეთი გაზომვებით (ნახ. III.1) მან დედამიწის გარშემოწერილობა დაახლოებით 39500 კმ-ით განსაზღვრა, რაც სინამდვილესთან საკმაოდ ახლოსაა. ერატოსთენემ პირველმა მიუთითა ერთი (დასავლეთი) მიმართულებით ნაოსნობის შესაძლებლობა. დიდია ერატოსთენის ღვაწლი რუკების შედგენის თვალსაზრისითაც (ნახ. II. 3). ანტიკური პერიოდის სხვა სწავლულ-მეცნიერებიდან, რომლებმაც ასტრონომიული და გეოგრაფიული ცნობები მოგვცეს, აღსანიშნავია ჰიპარხე, პოლიბუსი, არისტარხე, პოსიდონი, თეოფრასტე და სხვ.



ნახ. II.3. მსოფლიო ერატოსთენის მიხედვით

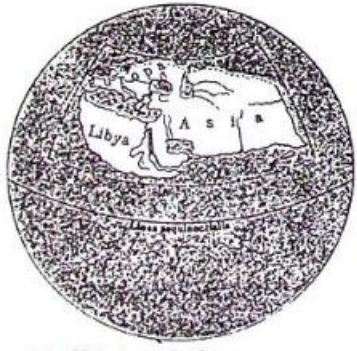
ანტიკურ პერიოდშივე თანდათანობით შეიქმნა და ჩამოყალიბდა რომის ძველი სახელმწიფო, რომელიც აპენინის ნახევარკუნძულის შუა ნაწილში მდებარეობდა. შემდგომში, მან მთელი აპენინი მოიცვა, ხოლო მოგვიანებით, ხმელთაშუა ზღვის ქვეყნებზეც გავრცელდა. ძვ. წ. აღ-ის I საუკუნის შუა წლებამდე რომაელები მხოლოდ ხმელთაშუა ზღვისა და მიმდებარე აუზების ქვეყნებს, მათ შორის საქართველოს, იცნობდნენ. იულიუს კეისრის დროს კი გაილაშქრეს გერმანიასა და ბრიტანეთზე. შეასრულეს ეკონომიკური კავშირებისათვის საჭირო კომუნიკაციების მშენებლობა. რომის სახელმწიფოსა და სამფლობელოებთან დამაკავშირებელი საუკეთესო და ფართო ქსელი მოგზაურებსა და ვაჭრებს ხელს უწყობდა მშვიდობიან

და ჩქარ მიმოსვლაში, სახელმწიფო აპარატს ეხმარებოდა ქვეყნის კულტურის გავრცელების საქმეში და სხვ.

განათლებული რომაელები იმპერიის გარეთაც იცნობდნენ ქვეყნებს. აღსანიშნავია ევდოქსის (146 წ. ჩვ. წ. აღ-მდე) ეგვიპტესა და ინდოეთში, აგრეთვე, მთელი აფრიკის გარშემო მოგზაურობის ცდა. ლაშქრობისას რომაელთა ჯარებს თან აყოლებდნენ მიწის მზომელებს. მათ თანდათანობით განავითარეს საველე აგეგმვებისა და გადაღებების ტექნიკა. მოაწყვეს მრავალი მოგზაურობანი: მდ. ტარიმის აუზზე გავლით, სახმელეთო გზით მიაღწიეს ჩინეთს. ტირელმა (II ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) ისარგებლა რა მაკედონელთა აღწერებით, ექსპედიცია მოაწყო ჩინეთში. მოგვიანებით კი ჩინეთში ნაოსნობით ჩავიდნენ. ალექსანდრიელმა ბერძენმა ჰიპალმა მუსონური ქარის გამოყენებით ინდოეთსა და ჩინეთს მიაღწია. თვით ჩინეთი იცნობდა ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ ქვეყნებს (განსაკუთრებით სირიას). პლინიუსის გადმოცემით, რომაელი ვაჭრები ინდოეთში ყიდულობდნენ დიდძალ საქონელს, რომელიც რომში ასჯერ ძვირად იყიდებოდა, ვიდრე ინდოეთში. რომი ვაჭრობას აწარმოებდა არაბეთთან, ეთიოპიასთან და სხვა ქვეყნებთან. პლინიუსის ცნობით, რომის იმპერატორმა ნერონმა ექსპედიცია მოაწყო მდ. ნილოსის სათავეების დასადგენად. მათვე გამოიკვლიეს მდ. თეთრი ნილოსი. ძველი რომის სახელმწიფოს უმაღლესი აყვავების პერიოდში გეოგრაფიული ცოდნა ვრცელდებოდა ევროპის ორ მესამედზე, აზიის სამხრეთ-დასავლეთის მეოთხედსა და ჩრდილო აფრიკის მესამედ ნაწილებზე.

ძველი ბერძნული და რომაული გეოგრაფიული ცოდნის ბრწყინვალე წარმომადგენელი იყო ბერძენი მეცნიერი სტრაბონი (69 წ. ჩვ. წ. აღ-მდე – 20 წ. ახ. წ. აღ-ით). მან აღწერა იმ დროის ცნობილი თითქმის ყველა ქვეყანა და მხარე. სტრაბონმა შექმნა მრავალტომიანი ნაშრომი – „გეოგრაფია“ (17 წიგნად). მეცნიერმა მოიარა ქვეყნები სომხეთიდან სარდინიამდე და ევქსინის პონტოდან (შავი ზღვა) ეთიოპიამდე. უცნობი ქვეყნების შესახებ სტრაბონმა ცნობები სხვა ავტორებისაგან შეკრიბა.

სტრაბონი დიდად აფასებს გეოგრაფიული მეცნიერების როლსა და მნიშვნელობას. მისი აზრით, გეოგრაფიამ შეიძლება პრაქტიკული სარგებლობა მოუტანოს სახელმწიფოს. სტრაბონის დაკვირვებებისა და აღწერის მთავარი ობიექტია ოიკუმენი (ნახ. II. 4). მის მიერ მოყვანილი ფაქტები შეიცავს საყურადღებო ცნობებს არა მარტო ფიზიკური გეოგრაფიისა, არამედ გეოლოგიის, ზოოლოგიის, ბოტანიკისა



ნახ. II.4. სტრაბონის (ჩვ. წ. აღ-მდე 18 წ.)

ნახ. II.5. პომპონიუს მელას მიხედვით (ჩვ. წ. აღ-მდე 43 წ.)

და ეთნოგრაფიის შესახებ. ხმელთაშუა ზღვის გარშემო მდებარე ქვეყნების აღწერა, უამრავ მასალას იძლევა პოლიტიკური, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და მეტეოროლოგიური ხასიათის ფაქტების გადმოცემისათვის. სტრაბონმა საქართველოს შესახებ მრავალი საყურადღებო ცნობა მოგვაწოდა. ამ მხრივ, სტრაბონისეული ცნობები შეიცავს მასალას როგორც ბუნებრივი პირობების, ისე ეკონომიკური თავისებურებების შესახებ; ახასიათებს შავი ზღვის სანაპირო ხაზს, წყლის მოძრაობასა და მიმართულებას; ასახელებს რიგ ქალაქებს, მდინარეებს, ყურადღებას ამახვილებს ხომალდსაშენი ტყეების გავრცელების შესახებ. სტრაბონის მიხედვით კოლხეთი შესანიშნავი ნაყოფიერების მხარეა; საინტერესო ცნობები აქვს მოცემული აღმოსავლეთ საქართველოზე (იბერია); აღწერილია მდ. მტკვარი და მისი შენაკადები, გამაგრებული ადგილები და სხვ. სტრაბონი კარგად იცნობდა აგრეთვე ეგვიპტეს, ინდოეთსა და სხვა ქვეყნებს.

ცნობილ რომაელ მოგზაურთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი პლინიუს უფროსს (I ს.) ეკუთვნის. მისი შრომების დიდი ნაწილი გეოგრაფიისადმია მიძღვნილი. ამასთან ერთად, იგი გვაწვდის ცნობებს ასტრონომიის, ფიზიკური გეოგრაფიის, მეტეოროლოგიის, ტერიტორიულ-პოლიტიკური გეოგრაფიის, ცალკეული ქვეყნების — იტალიის, ბრიტანეთის, გალიის, გერმანიის, ესპანეთის, ინდოეთის, ჩინეთის, სპარსეთის, ეთიოპიის შესახებ, შავი ზღვის სანაპიროების (მათ შორის საქართველოს) ქვეყნებზე, კავკასიონის ქედზე, მდ. ფასისისა და მისი შენაკადების, მტკვრისა და დარიალის კლდეკარის შესახებ; კოლხეთის ტერიტორიაზე მითითებულია „ვაცირემისა“ (მხოლოდ ფასისის სანაპიროებზე გვხვდება) და ხოხბის შესახებ; აღნიშნავს სვანეთის ოქრო-ვერცხლს, კოლხეთის სურინჯს, „კავკასიონის კლდის“ ძვირფას თვლებსა და ფირუზს.

პლინიუსმა შექმნა 37 წიგნი. ამ ნაშრომში მან გამოთქვა მოსაზრება დედამიწის სფეროსებრიობის შესახებ. პლინიუსმა შეადგინა, აგრეთვე, რომის პირველი გეოგრაფის პომპონიუს მელას (I ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) „ბიოგრაფია“. საყურადღებოა, რომ პომპონიუს მელას მიერ შექმნილი რუკა (ნახ. II.5) პტოლომეს რუკამდე 100 წლით ადრეა შედგენილი. ამ რუკის მიხედვით „ოიკუმენა“ (დასახლებული მიწა) წარმოადგენს მატერიკს (კონტინენტს), რომელსაც გარს არტყია ეთიოპიის, წითელი და ინდოეთის ზღვები. მის სამხრეთით მდებარეობს ჯერ კიდევ უცნობი მეორე მატერიკი — ანტიპოდი; ოკეანე კი დედამიწას ყოველმხრივ გარს არტყია.

II საუკუნეში გამოცემულ სხვა გეოგრაფიულ ნაწარმოებებს შორის, აღსანიშნავია ბერძენი ისტორიკოსის არიანეს „ევქსინის პონტოს სანაპიროებზე მოგზაურობის აღწერა“. მის თხზულებაში დეტალურადაა აღწერილი შავი ზღვის სანაპირო ქალაქები და შავ ზღვაში შემდინარე მდინარეები. ამავე საუკუნის პირველ ნახევარში ბერძენ მეცნიერს — კლავდიოს პტოლომეს ეკუთვნის ასტრონომიისა და მათემატიკური გეოგრაფიის უმაღლეს დონეზე აყვანა. თუმცა, მისი აზრით, დედამიწა უძრავია და სამყაროს ცენტრს წარმოადგენს, რომლის ირგვლივ მოძრაობენ მზე, მთვარე და ვარსკვლავები. მოგვიანებით, მზის სისტემის შესახებ ამგვარ წარმოდგენას უწოდეს (პტოლომეს შეხედულებით) გეოცენტრული სისტემა. ეს მნათობები დედამიწის გარშემო განსაკუთრებული სფეროების (ორბიტების) გასწვრივ მოძრაობენ. პტოლომემ 11 ასეთი სფერო დათვალა.

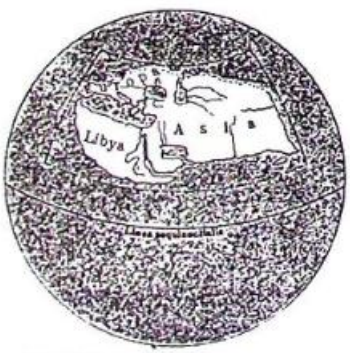
სამყაროს შესახებ პტოლომეს ამ სისტემამ კოპერნიკამდე იარსება. ამავე დროს, პტოლომეს უდიდეს დამსახურებად ითვლება გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტის —

და ჩქარ მიმოსვლაში, სახელმწიფო აპარატს ეხმარებოდა ქვეყნის კულტურის გავრცელების საქმეში და სხვ.

განათლებული რომაელები იმპერიის გარეთაც იცნობდნენ ქვეყნებს. აღსანიშნავია ევდოქსის (146 წ. ჩვ. წ. აღ-მდე) ეგვიპტესა და ინდოეთში, აგრეთვე, მთელი აფრიკის გარშემო მოგზაურობის ცდა. ლაშქრობისას რომაელთა ჯარებს თან ახლდნენ მიწის მზომელებს. მათ თანდათანობით განავითარეს საველე აგეგმვებისა და გადაღებების ტექნიკა. მოაწყვეს მრავალი მოგზაურობანი: მდ. ტარიმის აუზზე გავლით, სახმელეთო გზით მიაღწიეს ჩინეთს. ტირელმა (II ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) ისარგებლა რა მაკედონელთა აღწერებით, ექსპედიცია მოაწყო ჩინეთში. მოგვიანებით კი ჩინეთში ნაოსნობით ჩავიდნენ. ალექსანდრიელმა ბერძენმა ჰიპალმა მუსონური ქარის გამოყენებით ინდოეთსა და ჩინეთს მიაღწია. თვით ჩინეთი იცნობდა ხმელთაშუა ზღვის აღმოსავლეთ ქვეყნებს (განსაკუთრებით სირიას). პლინიუსის გადმოცემით, რომაელი ვაჭრები ინდოეთში ყიდულობდნენ დიდძალ საქონელს, რომელიც რომში ასჯერ ძვირად იყიდებოდა, ვიდრე ინდოეთში. რომი ვაჭრობას აწარმოებდა არაბეთთან, ეთიოპიასთან და სხვა ქვეყნებთან. პლინიუსის ცნობით, რომის იმპერატორმა ნერონმა ექსპედიცია მოაწყო მდ. ნილოსის სათავეების დასადგენად. მათვე გამოიკვლიეს მდ. თეთრი ნილოსი. ძველი რომის სახელმწიფოს უმაღლესი აყვავების პერიოდში გეოგრაფიული ცოდნა ვრცელდებოდა ევროპის ორ მესამედზე, აზიის სამხრეთ-დასავლეთის მეოთხედსა და ჩრდილო აფრიკის მესამედ ნაწილებზე.

ძველი ბერძნული და რომაული გეოგრაფიული ცოდნის ბრწყინვალე წარმომადგენელი იყო ბერძენი მეცნიერი სტრაბონი (69 წ. ჩვ. წ. აღ-მდე – 20 წ. ახ. წ. აღ-ით). მან აღწერა იმ დროის ცნობილი თითქმის ყველა ქვეყანა და მხარე. სტრაბონმა შექმნა მრავალტომიანი ნაშრომი – „გეოგრაფია“ (17 წიგნად). მეცნიერმა მოიარა ქვეყნები სომხეთიდან სარდინიამდე და ევქსინის პონტოდან (შავი ზღვა) ეთიოპიამდე. უცნობი ქვეყნების შესახებ სტრაბონმა ცნობები სხვა ავტორებისაგან შეკრიბა.

სტრაბონი დიდად აფასებს გეოგრაფიული მეცნიერების როლსა და მნიშვნელობას. მისი აზრით, გეოგრაფიამ შეიძლება პრაქტიკული სარგებლობა მოუტანოს სახელმწიფოს. სტრაბონის დაკვირვებებისა და აღწერის მთავარი ობიექტია ოიკუმენი (ნახ. II. 4). მის მიერ მოყვანილი ფაქტები შეიცავს საყურადღებო ცნობებს არა მარტო ფიზიკური გეოგრაფიისა, არამედ გეოლოგიის, ზოოლოგიის, ბოტანიკისა



ნახ. II.4. სტრაბონის (ჩვ. წ. აღ-მდე 18 წ.)

ნახ. II.5. პომპონიუს მელას მიხედვით (ჩვ. წ. აღ-მდე 43 წ.)

და ეთნოგრაფიის შესახებ. ხმელთაშუა ზღვის გარშემო მდებარე ქვეყნების აღწერა, უამრავ მასალას იძლევა პოლიტიკური, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და მეტეოროლოგიური ხასიათის ფაქტების გადმოცემისათვის. სტრაბონმა საქართველოს შესახებ მრავალი საყურადღებო ცნობა მოგვაწოდა. ამ მხრივ, სტრაბონისეული ცნობები შეიცავს მასალას როგორც ბუნებრივი პირობების, ისე ეკონომიკური თავისებურებების შესახებ; ახასიათებს შავი ზღვის სანაპირო ხაზს, წყლის მოძრაობასა და მიმართულებას; ასახელებს რიგ ქალაქებს, მდინარეებს, ყურადღებას ამახვილებს ხომალდსაშენი ტყეების გავრცელების შესახებ. სტრაბონის მიხედვით კოლხეთი შესანიშნავი ნაყოფიერების მხარეა; საინტერესო ცნობები აქვს მოცემული აღმოსავლეთ საქართველოზე (იბერია); აღწერილია მდ. მტკვარი და მისი შენაკადები, გამაგრებული ადგილები და სხვ. სტრაბონი კარგად იცნობდა აგრეთვე ეგვიპტეს, ინდოეთსა და სხვა ქვეყნებს.

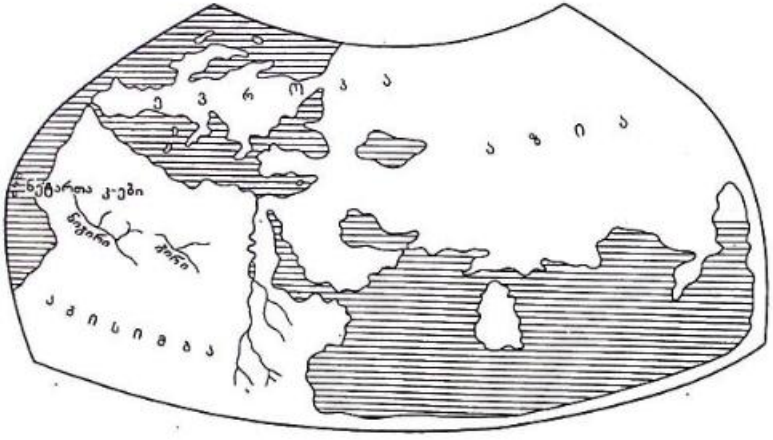
ცნობილ რომაელ მოგზაურთა შორის მნიშვნელოვანი ადგილი პლინიუს უფროსს (I ს.) ეკუთვნის. მისი შრომების დიდი ნაწილი გეოგრაფიისადმია მიძღვნილი. ამასთან ერთად, იგი გვაწვდის ცნობებს ასტრონომიის, ფიზიკური გეოგრაფიის, მეტეოროლოგიის, ტერიტორიულ-პოლიტიკური გეოგრაფიის, ცალკეული ქვეყნების — იტალიის, ბრიტანეთის, გალიის, გერმანიის, ესპანეთის, ინდოეთის, ჩინეთის, სპარსეთის, ეთიოპიის შესახებ, შავი ზღვის სანაპიროების (მათ შორის საქართველოს) ქვეყნებზე, კავკასიონის ქედზე, მდ. ფასისისა და მისი შენაკადების, მტკვრისა და დარიალის კლდეკარის შესახებ; კოლხეთის ტერიტორიაზე მითითებულია „ვაცირემისა“ (მხოლოდ ფასისის სანაპიროებზე გვხვდება) და ხოხბის შესახებ; აღნიშნავს სვანეთის ოქრო-ვერცხლს, კოლხეთის სურინჯს, „კავკასიონის კლდის“ ძვირფას თვლებსა და ფირუზს.

პლინიუსმა შექმნა 37 წიგნი. ამ ნაშრომში მან გამოთქვა მოსაზრება დედამიწის სფეროსებრიობის შესახებ. პლინიუსმა შეადგინა, აგრეთვე, რომის პირველი გეოგრაფის პომპონიუს მელას (I ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) „ბიოგრაფია“. საყურადღებოა, რომ პომპონიუს მელას მიერ შექმნილი რუკა (ნახ. II.5) პტოლომეს რუკამდე 100 წლით ადრეა შედგენილი. ამ რუკის მიხედვით „ოიკუმენა“ (დასახლებული მიწა) წარმოადგენს მატერიკს (კონტინენტს), რომელსაც გარს არტყია ეთიოპიის, წითელი და ინდოეთის ზღვები. მის სამხრეთით მდებარეობს ჯერ კიდევ უცნობი მეორე მატერიკი — ანტიპოდი; ოკეანე კი დედამიწას ყოველმხრივ გარს არტყია.

II საუკუნეში გამოცემულ სხვა გეოგრაფიულ ნაწარმოებებს შორის, აღსანიშნავია ბერძენი ისტორიკოსის არიანეს „ევქსინის პონტოს სანაპიროებზე მოგზაურობის აღწერა“. მის თხზულებაში დეტალურადაა აღწერილი შავი ზღვის სანაპირო ქალაქები და შავ ზღვაში შემდინარე მდინარეები. ამავე საუკუნის პირველ ნახევარში ბერძენ მეცნიერს — კლავდიოს პტოლომეს ეკუთვნის ასტრონომიისა და მათემატიკური გეოგრაფიის უმაღლეს დონეზე აყვანა. თუმცა, მისი აზრით, დედამიწა უძრავია და სამყაროს ცენტრს წარმოადგენს, რომლის ირგვლივ მოძრაობენ მზე, მთვარე და ვარსკვლავები. მოგვიანებით, მზის სისტემის შესახებ ამგვარ წარმოდგენას უწოდეს (პტოლომეს შეხედულებით) გეოცენტრული სისტემა. ეს მნათობები დედამიწის გარშემო განსაკუთრებული სფეროების (ორბიტების) გასწვრივ მოძრაობენ. პტოლომემ 11 ასეთი სფერო დათვალა.

სამყაროს შესახებ პტოლომეს ამ სისტემამ კოპერნიკამდე იარსება. ამავე დროს, პტოლომეს უდიდეს დამსახურებად ითვლება გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტის —

დედამიწის მრგვალი ზედაპირის სიბრტყეზე გამოსახვის მათემატიკური საფუძვლის გამონახვა. გერმანელი მეცნიერის კარლ რიტერის თქმით, პტოლომეს გეოგრაფიული რუკები ახალი გეოგრაფიული რუკების საფუძველს წარმოადგენენ. არსებული არასწორი აღნიშვნების მიუხედავად, პტოლომეს რუკები (ნახ. II. 6) თავის დროისათვის გეოგრაფიული ცოდნის საინტერესო ცნობების კრებული იყო.



ნახ. II.6. მსოფლიო პტოლემეს მიხედვით (დაახლ. 150 წ. ახ. წ.)

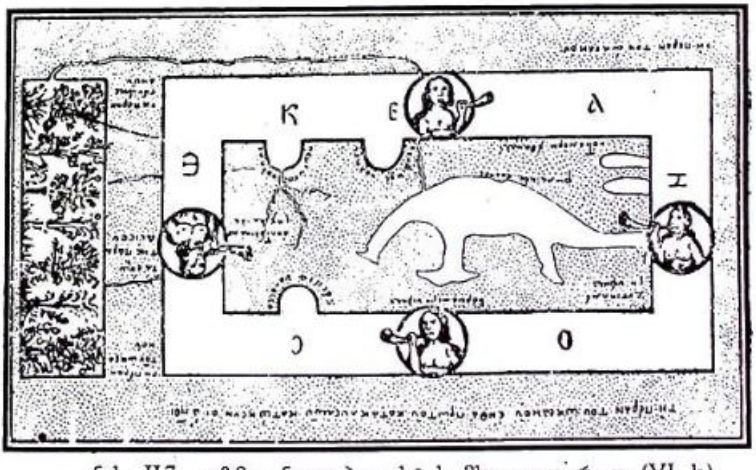
ამგვარად, განვიხილეთ რა გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების საწყისი და უძველესი ეტაპი, ცხადი გახდა, რომ ცოდნის ამ დარგის განვითარება ისევე ნელა, მაგრამ განუხრელად მიმდინარეობდა, როგორც საზოგადოების მიერ გარესამყაროს შესახებ ჭეშმარიტების თანდათანობით აღქმა. ამავე დროს, უკვე ჩამოყალიბებულია საზოგადოებრივი მსოფლმხედველობის მტკიცე საფუძველი: დედამიწის შესახებ შეიქმნა სწორი წარმოდგენა მისი სფეროსებურობის შესახებ, რომლის საფუძველზე გაჩნდა შეხედულება მსგავსი სხეულების სამყაროს სივრცეში მიმოფანტვის, მოძრაობისა და ერთგვარი სისტემის არსებობის შესახებ; უძველესი ხალხების უცილობელი მისწრაფება და ძალისხმევა – შორეული მოგზაურობები და ნაოსნობანი მიმართულია ჩვენი საცხოვრისის (დედამიწის) შესახებ გეოგრაფიული ფაქტების დაგროვების, მათი ანალიზის, მცდარი შეხედულებების უკუგდებისა და ჭეშმარიტების ძიების დამქანცველი მარათონის გასავლელად. საამაყოა, რომ იმ უძველეს ხალხებს შორის, რომლებიც მეცნიერებისა და კულტურის საძირკველს აშენებდნენ, ჩვენი წინაპრებიც – ძველი კოლხებიც ყოფილან, რომელთა მიერ შედგენილი რუკები (კირბები) ერთ-ერთი უძველესია ამგვარი დანიშნულების შედევრთა შორის.

გეოგრაფიული ცოდნა ადრეულ და განვითარებულ შუა საუკუნეებში. ერთ დროს აყვავებული რომი თანდათან კარგავს თავის სიძლიერეს, ხოლო დაპყრობილ პროვინციებს შორის მტრული ურთიერთობა მყარდება. იმპერიის პოლიტიკურ, ეკონომიკურ დაცემას მოსახლეობის კულტურული დონის დაქვეითება მოჰყვა, რამაც საერთო-გეოგრაფიული მსოფლმხედველობის შეზღუდვა გამოიწვია. თუმცა, ევროპაში გეოგრაფიული აზროვნების მოდუნებას, აზიაში აყვავება შეენაცვლა.

რომის იმპერიაში ახალი ქრისტიანული სარწმუნოების გავრცელებასთან

დაკავშირებით, გახშირდა მოგზაურობანი მისიონერული მიზნით. IV-V საუკუნეებში მქადაგებლები ესტუმრნენ შორეულ, ნაკლებად ცნობილ ქვეყნებს (ნუბია, ეთიოპია); მოიარეს ინდოეთი, სპარსეთი, წინა აზიის ქვეყნები, შუა აზია, ჩინეთი, საქართველო. ამავე პერიოდში გაჩნდა აღწერილობითი ხასიათის თხზულებები; IV საუკუნის შუა წლებს მიეკუთვნება „მსოფლიოსა და ხალხების სრული აღწერა“, რომლის ავტორს, ცხადია, რამდენჯერმე უნდა მოევლო ხმელთაშუა ზღვისა და მახლობელი აღმოსავლეთის ქვეყნები.

VI საუკუნეში ალექსანდრიელმა ვაჭარმა კოზმა ინდიკოპლევსტმა მოიარა ეთიოპია, არაბეთი, ინდოეთი, ცეილონი, დასავლეთი აზია. მან შექმნა გეოგრაფიული თხზულება სახელწოდებით – „ქრისტიანული სამყაროს ტოპოგრაფია“. ამ შრომას დიდი მნიშვნელობა აქვს ადრეული შუა საუკუნეების მსოფლიოს გეოგრაფიული მსოფლმხედველობის გაგებისათვის. ავტორი ფიზიკური გეოგრაფიის მონაცემებს ათანხმებდა „დაბადებაში“ მოყვანილ ცნობებთან. ის უარყოფდა ბერძენი ფილოსოფოსებისა და გეოგრაფების მოძღვრებას დედამიწის სფეროსმაგვარობის შესახებ, რომელიც არ იყო თანხმობაში საღვთო რჯულთან. კოზმას აზრით, დედამიწა ბრტყელი სწორკუთხედია, რომელსაც გარს ოკეანე აკრავს (ნახ. II. 7). ღამით მზე მთის იქით იმალება. ყველა მდინარე კი სამოთხეში იწყება და ოკეანის ქვეშ მიედინება. ამ, მეცნიერულად დაუსაბუთებული აზრის მიუხედავად, აღმოსავლეთის ფეოდალურ ქვეყნებში ცოდნა შედარებით მაღალ დონეზე იდგა, რასაც ადასტურებს ჩინელების, არაბების, სპარსელების, შუა აზიის ხალხების მიერ შექმნილი ქვეყანათმცოდნეობითი შინაარსის მრავალი ნაწარმოები.



ნახ. II.7. კოზმა ინდიკოპლევსტის მსოფლიო რუკა (VI ს.)

VII საუკუნის 30-იან წლებში არაბეთის ნახევარკუნძულის უდაბნოდან სალაშქროდ დაიძრნენ არაბები. მათ მოკლე დროში დაიმორჩილეს სირია, პალესტინა, ირანი, ეგვიპტე. ხელში ჩაიგდეს მთელი აღმოსავლეთი (ინდოეთამდე), ხოლო დასავლეთით – ესპანეთამდე ჩააღწიეს. ისინი შემოიჭრნენ საქართველოშიც. ამ დაპყრობებით არაბები ძველი დროის ცივილიზაციის გავლენის ქვეშ მოექცნენ და თავიანთი ნიჭისა და უნარის მეოხებით, ახალ ეკონომიკურ და პოლიტიკურ საფუძველზე, შექმნეს მდიდარი მატერიალური და სულიერი კულტურა. არაბული კულტურის

შემქმნელები იყვნენ აგრეთვე ირანელები, სირიელები, ეგვიპტელები, ამიერკავკასიისა და შუა აზიის ხალხები. ჩინეთიდან ესპანეთამდე არაბული ენა იქცა საერთაშორისო ენად.

მოგზაურობათა წყალობით, არაბმა ვაჭრებმა და მოგზაურებმა დატოვეს აზიის, ევროპისა და აფრიკის სხვადასხვა ქვეყნების აღწერილობები. დაგროვილი მასალის საფუძველზე მათ შეძლეს გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარება. საყურადღებოა ბასრელი ვაჭრის სულეიმანის (IX ს.) მოგზაურობა სპარსეთის ყურის განაპირა ქვეყნებში. მან გადასერა ინდოეთის ოკეანე, გაიარა ცეილონი, სუმატრა, ნიკობარისა და ანდამანის კუნძულები და ჩავიდა ჩინეთში. დაწვრილებით აღწერა ჩინეთის პროვინციები, მოიპოვა ცნობები კორეის შესახებაც. არაბმა მოგზაურმა იბნ-ჰაუკალმა (X ს.) იმოგზაურა ჩრდილო აფრიკაში, სიცილიაში, ესპანეთში, მესოპოტამიაში, ირანში, ინდოეთში. ალ-ისტაჰრიმ და ალ-ბალქიამ დაწვრილებით აღწერეს მცირე აზია, სომხეთი, აზერბაიჯანი, საქართველო, ირანი, მესოპოტამია, დაღესტანი, ხაზარეთი, ვოლგა. მეტად საყურადღებოა ალ-მასუდის თხზულება, რომელშიც აღწერილია მისი მოგზაურობა სპარსეთში, ინდოეთში, ჩინეთში, სომხეთში, საქართველოში, ჩრდილო აფრიკაში, ეგვიპტეში, საბერძნეთსა და კასპიის ზღვის სანაპიროებზე მდებარე ქვეყნებში.

არაბ გეოგრაფმა ალ-მუკადასმა (X ს.) შეადგინა მუსლიმანური სამყაროს სრული აღწერა. გამოჩენილი გეოგრაფი იყო, აგრეთვე, უზბეკი მუჰამედ იბნ აჰმედ ხორეზმი და ისლამის ერთ-ერთი უდიდესი მეცნიერი აბუ-რეიჰან-ალ-ბირუნი (973-1048 წწ.). მან 500 წლით გაუსწრო თავისი დროის ეპოქას. ალ-ბირუნმა წამოაყენა მოძღვრება ჩრდილო ინდოეთისა და თურანის დაბლობის წარმოშობის შესახებ, რომელიც ეხმაურება გაცილებით გვიანდელ მეცნიერულ მოსაზრებას. ბირუნის იმ წარმოდგენების მსგავსი, რაც ძველი მსოფლიოს ზღვებისა და კონტინენტების აღწერებშია, ევროპის კარტოგრაფიის ისტორიაში მხოლოდ XV-XVI საუკუნეებში ყალიბდება. აღსანიშნავია, აგრეთვე, ალ-ბირუნის წვლილი დედამიწის ცალკეული პუნქტების ადგილმდებარეობათა შესახებ, რიგი ხალხებისა და ქვეყნების მის მიერ მოცემული დახასიათების, კალენდრის ისტორიის, წიაღისეული საბადოების, მცენარეების აღწერის, ასტრონომიულ დაკვირვებათა მეთოდების დამუშავებაში. ალ-ბირუნის აღწერა დიდი სიზუსტით გამოირჩევა. ამავე დროს, საინტერესოა მისი მიმოხილვები როგორც ისტორიულ გეოლოგიაში, ასევე ისტორიულ გეოგრაფიაში.

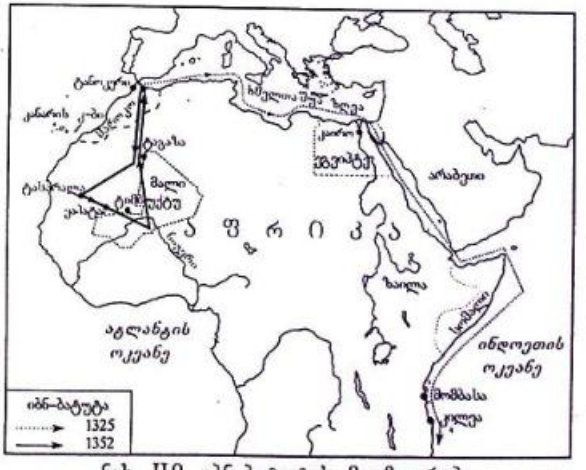
ჩრდილო აფრიკელმა არაბმა გეოგრაფმა აბუ-აბდალაჰ-მუჰამედ-იდრისმა (XII საუკუნე), წინამორბედთა ცნობების საფუძველზე, ქვეყნების აღწერებს დაურთო იმ დროის მსოფლიო და, აგრეთვე, დასახლებული მხარეების 70 რუკა (ნახ. II. 8). თავისი მოგზაურობით გამოირჩევა იბნ-ბატუტა (XIV საუკუნე). მან 22 წლის ასაკში ჯერ მექა, ხოლო შემდეგ სირია, ირანი, მესოპოტამია, იემენი, აფრიკა, არაბეთის მთელი ცენტრალური ნაწილი მოიარა. მოგზაურობის შედეგად შეაგროვა ცნობები ნანახი ქვეყნების ბუნებრივი სიმდიდრეების შესახებ. მოგზაურის მიერ ქვეყნების აღწერა გეოგრაფიული ხასიათისაა. იგი იძლევა საყურადღებო ცნობებს მცხოვრებთა ყოფა-ცხოვრების, ზნე-ჩვეულებისა და ადათ-წესების შესახებაც. ჩამოთვლილი ქვეყნების გარდა, იბნ-ბატუტა იყო მცირე აზიაში, ყირიმში, ყივჩაყთა ქვეყანაში, ვოლგისპირეთში, ოქროს ურდოს სახანოში, კასპიის ზღვის ჩრდილო სანაპიროებზე, ბუხარაში, ხივაში, ხოროსანში, ინდოეთში, ჩინეთში, მალდივის

კუნძულებზე, ცეილონზე, სუმატრაზე, იავასა და ზონდის არქიპელაგზე. ამდენად, მან მოიარა იმ დროისათვის ცნობილი თითქმის მთელი მსოფლიო და დეტალურად აღწერა იგი.

ნახ. II.8. მსოფლიო ალ–იდრისის მიხედვით (1154 წ.). (ჩრდილოეთი ქვემოთკენაა)

შეადგინა, აგრეთვე, იმ დროის სამყაროს რუკა (ნახ. II. 9). არაბული სამყაროს სწავლულების მიერ გამოთქმული თეორიული მოსაზრებების ნაწილი შემდეგში პრაქტიკულად დადასტურდა. შუა საუკუნეების არაბი და შუააზიელი მეცნიერების დამსახურებად უნდა ჩაითვალოს ქვეყნების სრული აღწერა ესპანეთიდან მდ. ინდის ქვემო ნაწილამდე.

როგორც ჩანს, ადრეული და განვითარებული შუა საუკუნეების გეოგრაფიული მეცნიერების შემდგომი განვითარების სადავეები რომის იმპერიას ხელიდან გაუსხლტდა და უფრო ძლიერი არაბეთის ხელში აღმოჩნდა. ამ დროს გაძლიერდა ლტოლვა ახა-



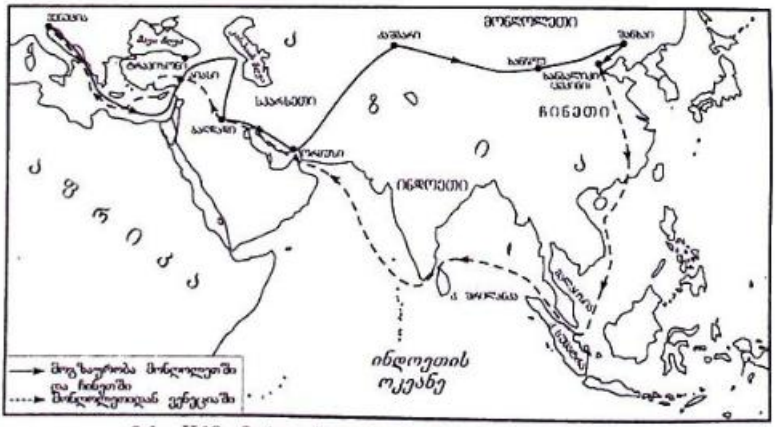
ნახ. II.9. იბნ–ბატუტას მოგზაურობა

ლი ქვეყნების აღმოჩენებისადმი, რის საფუძველზე საკმაოდ გაფართოვდა წარმოდგენა „ოიკუმენის შესახებ.

მოგზაურობები და გეოგრაფიული აღმოჩენები XII-XIV საუკუნეებში. ამ პერიოდში იტალიელი ვაჭრები და რომის პაპის ელჩები მოგზაურობას აწარმოებდნენ შორეულ აღმოსავლეთში. ასე, მაგალითად, ვენეციელმა და გენუელმა ვაჭრებმა მიაღწიეს მდინარეების ხუანხესა და იანძის სანაპიროებამდე; ჩინეთი და ინდოეთი გახდა მათი სავაჭრო მოგზაურობის მთავარი მიზანი. ამავე დროს, ისინი დაწვრილებით აღწერდნენ განვლილ გზებსა და ქალაქებს. ევროპელი მოგზაურებიდან მონღოლეთი პირველებმა გაიცნეს ვილემ რუბრუკვისმა, პლანო კარპინმა და მარკო პოლომ. ჯერ კიდევ XIII საუკუნეში რომის პაპმა ფრანგი ბერები ლავრენტო პორტუგალელი და პლანო კარპინი წარგზავნა ბათო ყაენთან, საიდანაც დიდი ყაენის სატახტო ქალაქ ყარაყორუმში უნდა გამგზავრებულიყვნენ, რაც წარმატებით შეასრულეს (1245). დაახლოებით ასეთივე მოგზაურობა ჩაატარა ფრანცისკელი ძმობის (ორდენის) ბერმა ვილემ რუბრუკვისმა, რომელმაც შეაგროვა საინტერესო გეოგრაფიული ცნობები. ევროპელ მოგზაურთაგან რუბრუკვისი პირველი იძლევა ცნობებს კორეელებისა და მანჯურიელების შესახებ. უკან დაბრუნებისას კი გაიარა სომხეთი და ხმელთაშუა ზღვით სამშობლოში დაბრუნდა (1255).

ამავე პერიოდში (XIII ს. შუა წლები) ქართველი ბატონიშვილები – დავით რუსუდანის ძე და დავით (ლაშა) გიორგის ძე ყოფილან მონღოლთა ურდოში – ყარაყორუმში. ისინი პირადად შეხვდნენ ევროპელ მოგზაურებს, მათ შორის, პლანო კარპინსა და ვილემ რუბრუკვისს, რომლებისთვისაც საინტერესო ცნობები მიუწოდებიათ საქართველოს შესახებ, რაც გამოყენებულ იქნა მათ შრომებში.

დაახლოებით ამავე პერიოდს მიეკუთვნება ძმების – ნიკოლო და მათეო პოლოების სავაჭრო მოგზაურობა შორეულ აღმოსავლეთში. ჯერ კიდევ 1254-1260 წლებში ვენეციელმა ძმებმა ბულგარეთსა და ყირიმში იმოგზაურეს, ჩავიდნენ ბუხარაში, მაგრამ პოლიტიკური ვითარების გამო მალე უკანვე დაბრუნდნენ. 1261 წელს კვლავ გაემგზავრნენ, ამჯერად ჩინეთში. 1271 წელს ისინი მეორედ იყვნენ ჩინეთში; მათ თან ახლდათ, ნიკოლოს 17 წლის ვაჟიშვილი – მარკო პოლო. მოგვიანებით, სწორედ, მარკო პოლო გახდა დიდი მოგზაური (ნახ. II. 10). იგი პირველი მოგზაურია, რომელმაც აზიის დიდი ნაწილი მოიარა, სამჯერ გადასერა აზია. მან



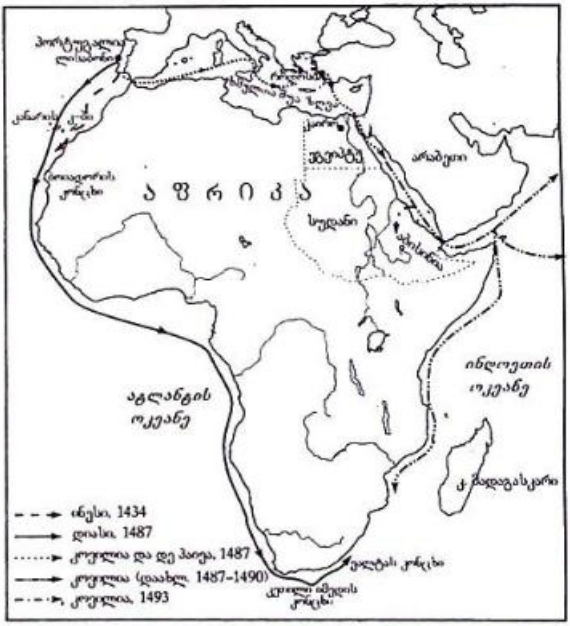
ნახ. II.10. მარკო პოლოს მოგზაურობა XIII ს

პეკინიდან ორჯერ განვლო გრძელი გზა ახლანდელ ჩინეთის ტერიტორიაზე. მარკო პოლომ აღწერა და დაახასიათა ყველა სახელმწიფო, რომლებიც გზად გაიარა; პირველმა მოგვითხრო ჩინეთის მოსაზღვრე ხალხების შესახებ, ახლო გააცნო ევროპელებს მთელი აღმოსავლეთი აზია, აღწერა ტიბეტი, ბირმა, იაპონია, სიამი, კოხინხონი, ინდოეთი, ცეილონი. მარკო პოლოს მოგზაურობის წიგნს დიდი შთაბეჭდილება მოუხდენია თვით ქრისტეფორე კოლუმბზე. ამ პერიოდის რუკებიდან საყურადღებოა ჰერეფორდის (1280 წ.) რუკა (ნახ. II. 11).

XIV საუკუნეში მოგზაურებმა კომპასის გამოყენებით შორს იწყეს ნაოსნობა. კომპასი ევროპელებმა არაბებისაგან გადმოიღეს, ხოლო არაბებმა კი ჩინელებისაგან. კომპასის გამოყენებით ზღვაოსნობაში შეიქმნა განსაკუთრებული სახეობის რუკის – კომპასური რუკის დამზადების შესაძლებლობა. სხვაგვარად ამ რუკებს პორტულანებს (ნახ. II. 12) ეძახდნენ. ამ რუკებზე, გრადუსული ბადის ნაცვლად ხაზების რთულ ქსელს აკეთებდნენ, რომლებიც გამოდიან ცნობილი პუნქტებიდან. პირველი ასეთი რუკა (1339 წ.) შედგენილია დულჩიერის მიერ. შემდეგში კი ანალოგიური რუკები (1340) შეიქმნა ჯიოვანი კირინიანოს მიერ. ამ მხრივ, აღსანიშნავია, აგრეთვე, ანდრეი ბიანკოს შესანიშნავი რუკა, რომელიც მოგვიანებით დაიბეჭდა.

Nilus
Nilus
Nilus

დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ფინალური პერიოდი. XV საუკუნის შუა წლებში ევროპაში მდგომარეობა შეიცვალა: ხმელთაშუა ზღვის აუზის ქვეყნების ვაჭრობა ღრმა კრიზისს განიცდიდა. ბიზანტიის იმპერიის დაცემის შედეგად მთელ მცირე აზიაზე, სირიაზე, პალესტინაზე, ჩრდილო აფრიკაზე ოსმალეთის (თურქეთის) ბატონობა გავრცელდა. ძველისძველი სავაჭრო გზები, რომლებთანაც დაკავშირებული იყო იტალიის ქალაქები, დაინგრა. დაუძლეველი აღმოჩნდა დასავლეთ და აღმოსავლეთ ევროპას შორის დამაკავშირებელი დაბრკოლება. ასეთ კრიზისულ მდგომარეობაში წარმოიშვა ახალი სავაჭრო გზების ძიების საჭიროება. პირველ რიგში, ამ გზებს ევროპის სავაჭრო კაპიტალი აღმოსავლეთის ქვეყნებიდან (ირანი, ინდოეთი, ჩინეთი და სხვ.) უნდა მიეზიდა. ამასთან, გავრცელდა აზრი აფრიკის ოქროს დიდი მარაგების არსებობის შესახებ. წარმოიშვა ვარაუდი აფრიკის შემოვლით ოქროს შემცველი მდინარეების შესართავებთან მიღწევისა და იმ გზის აღმოჩენის შესახებ, რომელიც ევროპელებს ინდოეთში ზღვის გავლით მიიყვანდა.



ნახ. II.13. მოგზაურობა კეთილი იმედის კონცხამდე და მის შემდეგ

პირველი დიდი საზღვაო ნაოსნობა ევროპიდან პორტუგალიელებმა მოაწყვეს (ნახ. II. 13). მათი ვარაუდით, გზა ინდოეთისაკენ, სწორედ, აფრიკის შემოვლით უნდა ეძებნათ. ამ მიზნით, მრავალი მოგზაური გაგზავნა პორტუგალიის სანაპიროებიდან, მაგრამ 70 წლის (1415-1486) მანძილზე, მხოლოდ კეთილი იმედის კონცხამდე მივიდნენ. მათ შორის იყვნენ ჰენრიხ მეზღვაური, მარტინ ბეჰაიმი, დიეგო კანო და სხვ. კეთილი იმედის კონცხის მიღმა 39° განედის პარალელამდე მიაღწია (1486) პორტუგალიელმა მოგზაურმა ბათლომე დიასმა, რომლითაც მან დაამტკიცა განუწყვეტელი კავშირი ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანეებს შორის.

პორტუგალიელთა მეორე ექსპედიცია პერო დე-კოველიანის მეთაურობით, ცნობილი გზით, ეგვიპტისა და წითელი ზღვის გავლით, ინდოეთში მივიდა. მიუხედავად ამისა, მოგზაურმა გამოთქვა ვარაუდი, რომ წითელი ზღვის სამხრეთითა (კ. მადაგასკარი) და აფრიკის საზღვაო გზის შემოვლით შესაძლებელია ინდოეთისაკენ სანაოსნო გზის გაკვალვა. ამავე პერიოდში, მოგზაურობის რომანტიკულ სურვილთან ერთად, გარემოს შეცნობისა და გეოგრაფიული საკითხების წინა პლანზე წამოყენების იდეებმა იმძლავრეს. ამ ეპოქის მეცნიერებსა და საზოგადოებრივ მოღვაწეებს შორის თანდათანობით ვითარდება სინამდვილის ასახვისა და მათი მიზეზების

ახსნის სურვილი. ნიკოლოზ კუზანელმა და ნიკოლოზ კოპერნიკმა შექმნეს შესანიშნავი ნაშრომები ასტრონომიაში. რიგ სასწავლებელში (ქ. ფლორენცია) გეოგრაფია სავალდებულო და სპეციალური საგანი გახდა. ეს მოვლენა დაკავშირებული იყო მაშინდელი გეოგრაფი პაოლო ტოსკანელის (1397-1482) სახელთან, რომელმაც მშვენივრად იცოდა გეოგრაფიის სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა. პ. ტოსკანელის მიერ კოსმოგრაფიისა და ასტრონომიის მონაცემების გამოყენებამ ხელი შეუწყო გეოგრაფიის შემდგომ განვითარებას. სწორედ, ტოსკანელის მოწაფე იყო ნიჭიერი და ალღოიანი, ახალგაზრდა, გენუელი ქრისტეფორე კოლუმბი.

XV საუკუნეში კასტილიის მეფის მიერ თემურლენგთან გაგზავნილ ელჩებს – კონსალეს დე-კლავიხოს, ალფონს პაას დე-სანტა-მარიასა და ჰომესდე-სალასარს დავალებული ჰქონდათ ყველა იმ ქვეყნისა და ხალხის აღწერა, რომლებთანაც მათ მოუხდებოდათ ურთიერთობა. დე-კლავიხომ დაწვრილებით აღწერა ადგილობრივი მოსახლეობის ადათ-წესები და ცხოვრების პირობები. ასევე მან მოგვაწოდა ცნობები თემურლენგის უზარმაზარი იმპერიის შესახებ. ამავე დროს, ვენეციელი ვაჭრის ნიკოლო დი-კონტის (1424) აღმოსავლეთის ქვეყნებში მოგზაურობა გრძელდებოდა 25 წელიწადს, მოიცავდა ახლო აღმოსავლეთს, არაბეთს, ინდოეთს, ეგვიპტეს, კუნძულებს – იავასა და სუმატრას. საინტერესოა რუსი მოგზაურის ათანასე ნიკიტინის წიგნი – „სამი ზღვის იქით მოგზაურობა“ (იგულისხმება კასპიის, ინდოეთისა და შავი ზღვები). ინდოეთში მან 3 წელი დაყო. ირანსა და თურქეთზე გავლით დაბრუნდა შავი ზღვის სანაპიროებზე. თავის ჩანაწერებში მოგზაურის მიერ აღწერილია გარემო პირობები, ხალხები და სიძნელეები, რაც მას თავს გადახდა.

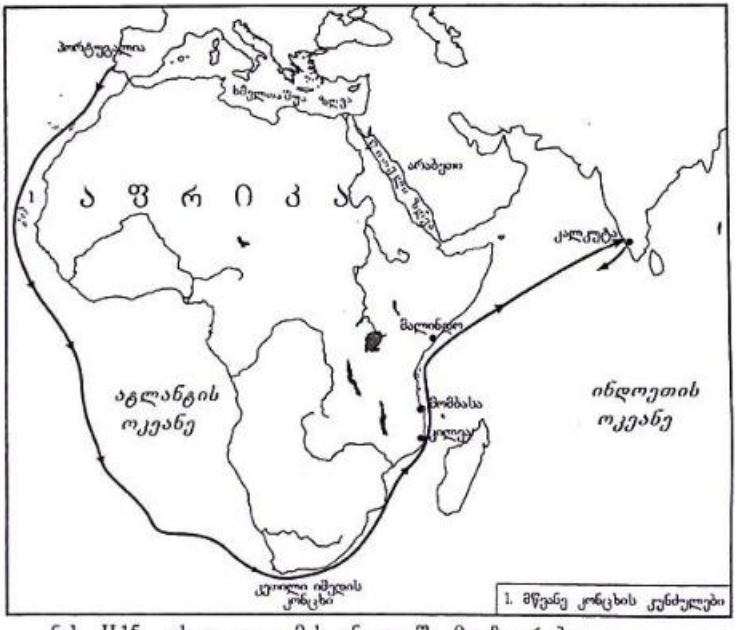
ამგვარად, შუა საუკუნეების ეპოქა (XIII-XV საუკუნეები) სავაჭრო და დაზვერვითი ხასიათის გზების გამოძებნისა და ახალი ქვეყნების, ხალხების, მათი წესების, სამეურნეო პოტენციალის ძებნაში გაილია. ამავე დროს, გაიზარდა არა მარტო ოიკუმენას სივრცე, არამედ შეიქმნა ნათელი წარმოდგენა მის შესახებ; რაც მთავარია, შეიქმნა ყველა წინა პირობა (მარკო პოლოს მოგზაურობანი, კომპასის გამოყენება, ახალი ტიპის რუკების შედგენა, ოკეანეებს შორის კავშირის არსებობის დადგენა და ა.შ.) უფრო დიდი, გრანდიოზული და მასშტაბური მოგზაურობებისა და აღმოჩენების ჩასატარებლად.

დიდ გეოგრაფიულ მოგზაურობათა და აღმოჩენათა პერიოდი. დასაწყისი ევროპის ხალხთა ისტორიაში გეოგრაფიულ მოგზაურობათა და აღმოჩენათა ახალი პერიოდი იწყება ამერიკისა (1492) და აღმოსავლეთ ინდოეთის (1498) სავაჭრო გზების აღმოჩენებით. ეს აღმოჩენა ქრისტეფორე კოლუმბს (ნახ. II. 14) ეკუთვნის.

ნახ. II.14. კოლუმბის მოგზაურობა

მის ოთხმა მოგზაურობამ, გეოგრაფიულ აღმოჩენათა ისტორიაში, ახალი ფურცელი ჩაწერა. მან აღმოაჩინა ახალი კონტინენტი – ამერიკა (თუმცა, მასზე ადრე ამერიკას ნორმანები აღწევდნენ). კოლუმბმა პირველმა გადასერა ატლანტის ოკეანის ტროპიკული სარტყელი, აღმოაჩინა „სარგასის ზღვა“, პირველად გაეცნო ჩრდილო პასატურსა და გვიანის დინებებს, აღმოაჩინა მრავალი კუნძული, რომელთაც ვესტ-ინდოეთი, ხოლო მის მცხოვრებთ – ინდოელები უწოდა.

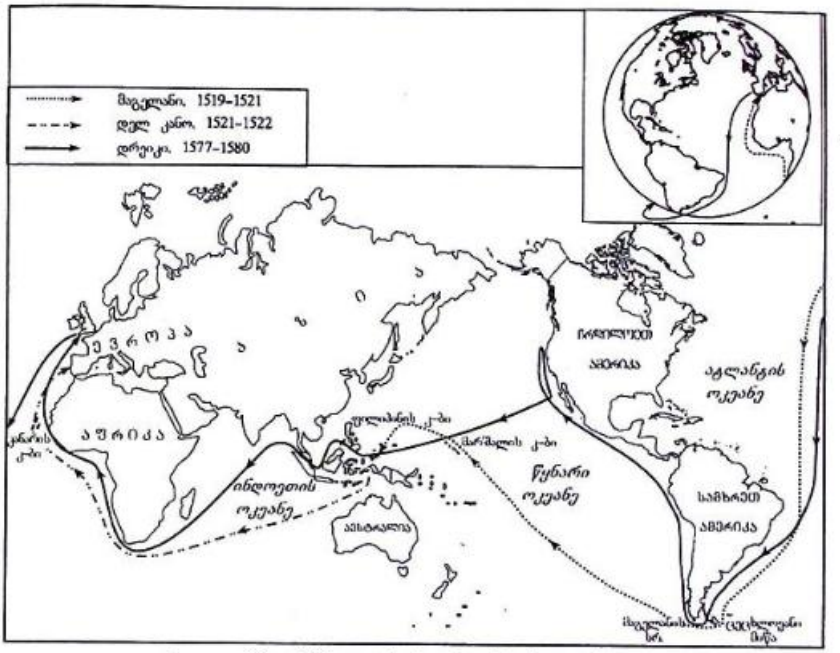
კოლუმბთან ერთად ინდოეთისაკენ მიმავალ დასავლეთის გზის დადგენას პორტუგალიელებიც ცდილობდნენ. ამ მიზნით მათ მოაწყვეს დიდი ექსპედიცია მეზღვაურ ვასკო და გამას (ნახ. II. 15) მეთაურობით, რომელმაც 4 გემით მიაღწია (აფრიკის შემოვლით) ინდოეთის ნაპირებს (1497-1499). სუეცის არხის გაყვანამდე (1869), ეს გზა ევროპელთათვის წარმოადგენდა მიმოსვლის მთავარ საშუალებას. ამასთან, აღნიშნული ნაოსნობის შემდეგ საგრძნობლად გაფართოვდა სამხრეთ ნახევარსფეროს დიდი ნაწილის შეცნობის ჰორიზონტი. ამიტომ ვასკო და გამას სამართლიანად აყენებენ მაგელანისა და კოლუმბის გვერდით.



ნახ. II.15. ვასკო და გამას ინდოეთში მოგზაურობა

დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ეპოქაში საპატიო ადგილი უკავია დედამიწის ირგვლივ პირველი ნაოსნობის ჩამტარებელ ფერნანდო მაგელანს (ნახ. II. 16). მისი ექსპედიცია, რომელიც 5 პატარა იალქნიანი ხომალდისა და 265 კაცისაგან შედგებოდა, 1519 წლის 20 სექტემბერს ესპანეთიდან გაეიდა და დიდი დანაკლისით (მათ შორის, 1521 წლის 27 აპრილს მაქტანის მცხოვრებლებთან შეტაკებისას დაიღუპა თვით მაგელანი) 1522 წლის 7 სექტემბერს სამშობლოში მხოლოდ ერთი გემი და 30 კაცი დაბრუნდა. ამ მოგზაურობის შედეგები, მძიმე დანაკლისის მიუხედავად, ძალიან დიდი იყო. მან საბოლოოდ დაამტკიცა დედამიწის

სფეროსებურობა; ადამიანმა პირველად მიიღო წარმოდგენა დედამიწის რეალურ სიდიდესა და ერთიან მსოფლიო ოკეანეზე.



ნახ. II.16. გარსაქვეყნო მოგზაურობა

გეოგრაფიულმა აღმოჩენებმა გამოიწვია არა მარტო გეოგრაფიის, არამედ გეოლოგიის, ბოტანიკის, ზოოლოგიისა და სხვ. მეცნიერების განვითარება. გამოიცა შორეულ მოგზაურობათა მრავალრიცხოვანი აღწერები, გაუმჯობესდა გეოგრაფიული რუკები და გლობუსები. ცხოველთა და მცენარეთა სამყაროს, წიაღისეულისა და, აგრეთვე, ახლად აღმოჩენილ ქვეყნებში ადამიანთა ცხოვრების პირობების შესახებ წარმოდგენებმა მკვეთრად გააფართოვეს ადამიანთა შემეცნების საზღვრები. XV-XVI საუკუნეების მიჯნაზე უკვე აღმოჩენილ იყო დედამიწის ზედაპირის ნახევარზე მეტი. ახლად აღმოჩენილი ქვეყნების ბუნებრივი სიმდიდრეები და ადგილობრივი მოსახლეობის შრომის ექსპლოატაციის შესაძლებლობა განუხრელად იზიდავდა ევროპელებს. ამ ცდუნებამ გამოიწვია ევროპელთა ამერიკაში გაძლიერებული გადასახლება. XVI-XVII საუკუნეებში უკვე აღმოჩენილი იყო დედამიწის თითქმის მთელი ზედაპირი. გამონაკლისს მხოლოდ სამხრეთ პოლარული მხარე წარმოადგენდა. ახალმა აღმოჩენებმა საკმაოდ დიდი გავლენა ეკონომიკაზეც იქონია. ასე, მაგალითად, პორტუგალიელებმა ხელთ იგდეს რა მთელი საზღვაო ვაჭრობა სამხრეთ და აღმოსავლეთ აზიასთან, მსხვილი კოლონიები დააარსეს. ამავე დროს, ესპანელების მიერ ანალოგიური მოქმედება მიმდინარეობდა ამერიკის კონტინენტის ქვეყნებში.

ამრიგად, XV და XVI საუკუნეების მიჯნაზე, სულ რაღაც 25 წლის განმავლობაში, დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ეპოქა შექმნეს ქრისტეფორე კოლუმბმა, ვასკო და გამამ და ფერნანდო მაგელანმა. მათ მიერ გაკვალული გზები ამერიკის კონტინენტ-

ზე, ინდოეთის მიმართულებით, მოგვიანებით დედამიწის ირგვლივ ნაოსნობით დაგვირგვინდა. მათი წარმატებული ნაოსნობა, გეოგრაფიული იდეების გამარჯვებასთან ერთად, სიმამაცის, უდიდესი ნებისყოფისა და ახალი მსოფლმხედველობრივი აზროვნების დასაწყისად ითვლება.

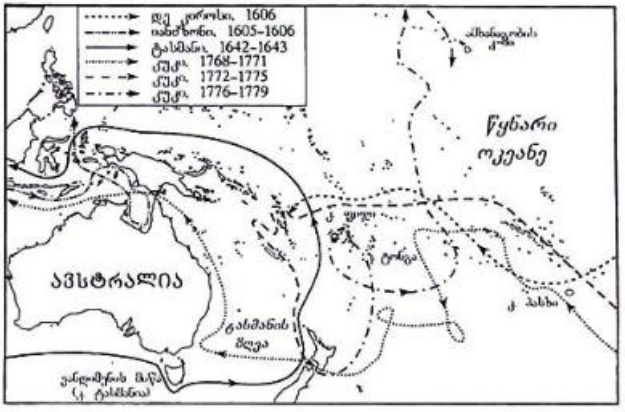
XVI-XVII საუკუნეები სამართლიანად ითვლება კოსმოლოგიისა და ცის მექანიკის (ნ. კოპერნიკი, გ. გალილეი, ი. კეპლერი, ი. ნიუტონი) თეორიული საკითხების დამუშავებისა და გააზრების ეპოქად. ამავე დროს, ადგილი ჰქონდა მეცნიერული გეოგრაფიის (ბ. ვარენიუსი) ჩამოყალიბების ცდას. მისი წიგნი „ზოგადი გეოგრაფია“ მეცნიერული გეოგრაფიული იდეების ჩამოყალიბების ერთ-ერთი მყარი საფეხური გახდა. ვარენიუსის მიხედვით დედამიწის ხმელეთი და ოკეანე ერთიან – მთლიან „მიწიერ წრედ“ განიხილებოდა.

დიდ გეოგრაფიულ აღმოჩენათა შემდგომი პერიოდი (XVII-XVIII სს.). XVII საუკუნეში რუსებს უკვე აღმოჩენილი და ათვისებული ჰქონდა ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანის თითქმის მთელი აზიური სანაპირო. რუსების მიერ ციმბირის კოლონიზაცია დაიწყო ჯერ კიდევ ივანე IV მრისხანეს (1530-1584) დროს. მეფის ნებართვით რუსი ვაჭრების – სტროგონოვების მიერ თავიანთი კოლონიზატორული საქმიანობა გადატანილი იყო ურალის ქედის აღმოსავლეთით. მათ მიიწვიეს კაზაკი ატამანი ერმაკ ტიმოთეს ძე, რომელმაც თავის მეომრებით მალე დაიპყრო ციმბირი. ამით, ერმაკის მიერ მოსკოვის ძალაუფლება თანდათანობით გავრცელდა მდინარეების ირტიშისა და ტარას, აგრეთვე, ობისა და კეტას შორის. 1610 წელს მეზღვაურის – კუროჩკინის აღმოჩენით დადგინდა, რომ ციმბირის უზარმაზარი მდინარე ენისეი, ჩრდილოეთის ყინულოვან ოკეანეს ერთვოდა. ამავე მდინარის ზემო ნაწილში, აღმოსავლეთ საიანების ქედის პერიფერიაზე, 1628 წელს დაარსდა ქ. კრასნოიარსკი. აღნიშნული ექსპედიცია ორი წლის შემდეგ მდ. ლენაზე გადავიდა. მოგვიანებით, ახალი მარშრუტები ციმბირის მთელ ტერიტორიაზე მოაწყო მარტინ ვასილევმა, ელისეი ბუზამ, პეტრე გოლოვინმა და სხვ. ისინი ზედიზედ იპყრობდნენ მათთვის უცნობ ადგილებს – მდინარეების ოლენეკის, იანას, ინდიგირკას, კოლიმას, ანადირისა და სხვ. მიდამოებში.

XVII საუკუნეში რუსული ექსპედიციები უკიდურეს ჩრდილო-აღმოსავლეთში გაგრძელდა. ამ მხრივ, აღსანიშნავია 1648 წელს მდ. კოლიმიდან მდ. ანადირამდე აღმოსავლეთ ციმბირისა და ჩუკოტკის ზღვებით სიმონ დეჟნევის ნაოსნობა. ეს გაუვალი გზა ბერინგის სრუტის გავლით აზიის უკიდურეს ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილს შემოფარგლავდა. მის უკიდურეს წერტილს დეჟნევის კონცხი უწოდეს. XVII საუკუნის დასასრულს (1697-1699) აზიის აღმოსავლეთით ნაოსნობა გააგრძელა ვლადიმერ ატლასოვმა. მან მდ. ანადირზე გავლით კამჩატკაზე გაილაშქრა. აქედან გადავიდა კურილიის კუნძულებზე. როგორც ჩანს, ციმბირის ლაშქრობის მონაწილეებმა აღწერეს ნანახი ადგილების ბუნება, მოსახლეობა და მისი ეთნიკური შემადგენლობა, რითაც საფუძველი ჩაეყარა აღმოსავლეთ აზიის სისტემატურ შესწავლას. ამდენად, უკვე XVII საუკუნის დასასრულს რუსეთის სატახტო ქალაქსა და ოხოტის ზღვას შორის მდებარე დიდი სივრცე ამ ქვეყანამ დაისაკუთრა. მრავალი გაუვალი ადგილები მოგზაურებმა შესანიშნავი სიმტკიცითა და გამბედაობით განელეს.

დასავლეთ ევროპის ქვეყნების მოგზაურები შედარებით შორეულ ქვეყნების აღმოჩენით იყვნენ დაკავებულნი. XVII საუკუნის I ნახევარში ჰოლანდიელი

მეზღვაურები მიადგნენ ავსტრალიის დასავლეთ და ნაწილობრივ ჩრდილო სანაპიროებს. ჰოლანდიის ოსტინდოეთურმა კომპანიამ ძალაუფლება გაავრცელა მოლუკისა და ზონდის კუნძულებზე. უფრო ადრე ჰოლანდიელები დამკვიდრდნენ კეთილი იმედის კონცხზე და ხელთ იგდეს მისი საუკეთესო ნავსადგურები.



ნახ. II.17. ავსტრალიისა და სამხრეთ–აღმოსავლეთ აზიის პირველადმომჩენები

1640 წელს ჰოლანდიელი მოგზაურებისათვის უკვე ცნობილი იყო ავსტრალიის კონტინენტის ძირითადი სანაპიროები (ნახ. II. 17). შემდგომში, ამ კონტინენტის ახლოს გაცნობის საქმეში დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ექსპედიციას აბელ ტასმანის (1603-1659) ხელმძღვანელობით. 1642 წელს იგი მიადგა კუნძულ ტასმანიას, ხოლო შემდეგ აღმოაჩინა ახალი ზელანდიაც. ამ მოგზაურობას კიდევ რამდენიმე კუნძულის აღმოჩენაც მიეწერება. ამავე დროს, ინგლისელები და ჰოლანდიელები ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანის გზითაც იყვნენ დაინტერესებულნი. ინგლისელმა დევისმა, ჰუძონმა და ბაფინმა გამოიკვლიეს ამერიკის ჩრდილო-დასავლეთი ნაწილი, ანუ ატლანტის ოკეანიდან წყნარ ოკეანეში გასასვლელი აკვატორია ამერიკის ჩრდილო ნაპირების გასწვრივ. მათ ვერ მოახერხეს ყინულოვანი სივრცის გადალახვა, თუმცა ამ მოგზაურთა სახელები ეწოდა დევისის სრუტეს, ჰუძონის სრუტესა და უბეს, ბაფინის მიწას. სამაგიეროდ, ჰოლანდიელებმა ევრაზიის ჩრდილო სანაპიროების გავლით მოახერხეს ამ გზის გაკვალვა. მოგზაურობა დაიწყო ვილემ ბარენცმა. 1596 წელს მან მიაღწია ახალ მიწას და შევიდა კარის ზღვაში. ექსპედიციის შემდგომ სვლას ხელი შეუშალა ზღვის წყლის გაყინვამ.

XVII საუკუნის ბოლოდან მეცნიერების დარგებმა მნიშვნელოვან წარმატებებს მიაღწია. დაიწყო დედამიწისა და, განსაკუთრებით, ცალკეული კონტინენტების შიდა ნაწილების ინტენსიური მეცნიერული შესწავლა. დიდი გამოკვლევები ჩატარდა აზიის ჩრდილო და ჩრდილო-აღმოსავლეთ ნაწილის მეცნიერული შესწავლა-გამოკვლევისათვის. ამ მხრივ, აღსანიშნავია კრაშენინიკოვის, ბერინგის, ჩირიკოვის, სტელერის და სხვათა მიერ ჩატარებული მოგზაურობები. დიდი ექსპედიცია ჩატარდა ვიტუს ბერინგისა და ალექსანდრე ჩირიკოვის ხელმძღვანელობით. ექსპედიციამ გადალახა წყნარი ოკეანე და მიაღწია ამერიკის სანაპიროებს. მათ აღმოაჩინეს და შეისწავლეს ალეუტის კუნძულები, ხოლო კამჩატკის ნახევარკუნძულის მახლობლად

მდებარე ერთ-ერთ კუნძულს ბერინგის სახელი უწოდეს. აწარმოეს გეობოტანიკური და ზოოლოგიური დაკვირვებები, გამოსცეს შესაბამისი შრომები.

1757 წელს მ. ლომონოსოვი დაინიშნა რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის გეოგრაფიული დეპარტამენტის ხელმძღვანელად, რის შემდეგ დაიწყო რუსეთის ტერიტორიის ზუსტი რუკების შედგენისა და დამზადების სამუშაოთა მოწესრიგება. მან გეოგრაფიის მრავალი საკითხი მოაქცია ყურადღების ცენტრში და დიდ წარმატებებს მიაღწია. გეოგრაფიისა და კარტოგრაფიის დარგში დიდი მუშაობა გასწიეს, აგრეთვე, ი. კირილოვმა და ვ. ტატიშჩევმა. პირველმა მათგანმა შეადგინა რუსეთის იმპერიის ატლასი და რუსეთის გენერალური ლანდკარტა. ვ. ტატიშჩევი კი ითვლება რუსეთში ისტორიული გეოგრაფიის ფუძემდებლად.

ევროპული ნაწილისა და ციმბირის შესასწავლად დიდი გეოგრაფიული ექსპედიციები მოაწყო რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიამ. მათ დაკისრებული ჰქონდათ პრაქტიკული ამოცანებიც — გამოეკვლიათ, გამოეკვლიათ და შეესწავლათ ბუნებრივი სიმდიდრეები, შესაძლებლობანი და მათი გამოყენების ხერხები ქვეყნის მეურნეობის განვითარებისათვის. ასე, მაგალითად, ციმბირის შესწავლის მიზნით, პ. პალასმა დიდძალი მასალა შეაგროვა გეოლოგიის, მინერალოგიის, ზოოლოგიის, ბოტანიკის, ეთნოგრაფიისა და სხვ. დარგებში. დიდი სამუშაოები ჩაატარა აგრეთვე იოჰან ანტონ გიულდენშტედტმა. მან მოიარა კავკასია და დაწვრილებით აღწერა საქართველო.

XVIII საუკუნეში დასავლეთ ევროპელ მოგზაურთაგან ყურადღებას იმსახურებს ინგლისელი ჯეიმზ კუკი. მის აღმოჩენებს იყენებდნენ არა მარტო გეოგრაფიაში, არამედ ასტრონომიაში, კარტოგრაფიაში, ბოტანიკაში, ზოოლოგიაში, ანთროპოლოგიაში. კუკმა სამგზის მოაწყო ექსპედიცია, აღმოაჩინა საზოგადოების კუნძულები, შემოუარა ზელანდიას და გაიარა მის ორ კუნძულს შორის, მოაწყო ნაოსნობა ავსტრალიის აღმოსავლეთ უცნობ სანაპიროებზე; წყნარ ოკეანეში მან აღმოაჩინა კუნძულები და არქიპელაგი, შეისწავლა და რუკაზე დაიტანა მანამდე სხვა მეზღვაურთა მიერ აღმოჩენილი მიწები, გაიარა ბერინგის სრუტე, მიაკვლია ჰავაის კუნძულებს.

·გეოგრაფიული აღმოჩენები XIX-XX საუკუნეებში. XIX საუკუნის დასაწყისში გერმანელი მეცნიერის იმანუელ კანტის ლექციებმა საფუძველი ჩაუყარა ახალ შეხედულებებს — გეოგრაფია მიჩნეულ იქნა ქრონოლოგიურ (ქრონოს-დროითი) მეცნიერებად. ბუნების განვითარების წარმოდგენის შესახებ უდიდესი როლი ენიჭება ი. კანტის (1724-1804) ჰიპოთეზას მზის სისტემის წარმოშობაზე, რის მიხედვით დედამიწა ჯერ ცხელი (გავარვარებული) და შემდეგ გაცივებული უნდა ყოფილიყო. მზის ბრუნვისას ამ გიგანტურ სხეულს მოწყვეტილი დედამიწა (სხვა პლანეტები) თანდათან ცივდებოდა. ამ ჰიპოთეზით არ დასტურდება რიგი გეოლოგიური წარმონაქმნების, აგრეთვე, ტექტონიკური პროცესების მსვლელობისა და მიმდინარეობის ხასიათი. მიუხედავად ამისა, მას დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა, რადგან დედამიწა მისი განვითარების რომელიღაც ეტაპზე წარმოქმნილ კოსმოსურ სხეულად იქნა აღიარებული, რომელსაც მუდმივი განვითარება ახასიათებს.

XIX საუკუნის I ნახევარში საბუნებისმეტყველო დარგების წარმატებებმა შესაძლებელი გახადა ნატურფილოსოფიური ვარაუდების უარყოფა, ახსნა ძირითადი პროცესები და გამოავლინა მათი ბუნებრივი მიზეზები. ალექსანდრე ჰუმბოლდტმა სცადა დედამიწის შესახებ დაგროვილი ახალი მეცნიერული მონაცემების სინთეზი

და ფიზიკურ გეოგრაფიას დაუსახა მიწიერი მოვლენების ზოგადი კანონებისა და შინაგანი კავშირების, პირველ ყოვლისა, ცოცხალსა და არაცოცხალ ბუნებას შორის კვლევის ამოცანა. ა. ჰუმბოლდტის შეხედულებით გეოგრაფია – საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა არა ენციკლოპედიური შენაერთია, არამედ ამ მეცნიერების საბოლოო მიზანია ობიექტების სიმრავლეთა შორის ერთიანობისა და მთლიანობის შეცნობა, დედამიწისეული მოვლენების შინაგანი კავშირებისა და ზოგადი კანონების კვლევა. ა. ჰუმბოლდტის სახელთანაა დაკავშირებული ბუნებრივი პროცესების ზონალურობის კანონზომიერების დადგენა. იმავე დროს, კარლ რიტერის ახალი მოსაზრებით, გეოგრაფიას აინტერესებდა არა ობიექტურად არსებული ბუნების კომპონენტები, არამედ მათი გავლენა ადამიანთა საზოგადოებაზე. ამ გავლენას იგი ვულგარული გეოგრაფიზმის (გაუბრალოებული, გაყალბებული) პოზიციებიდან განიხილავდა. ჰუმბოლდტისა და რიტერის მიხედვით, გეოგრაფია ორი სხვადასხვა მეცნიერებაა: პირველი, მას საბუნებისმეტყველო დისციპლინად თვლიდა, მეორე – ჰუმანიტარულ ქვეყანათმცოდნეობად. ამით ერთხელ კიდევ გაესვა ხაზი გეოგრაფიის გაორებას, რასაც საფუძველი ჯერ კიდევ ანტიკურ პერიოდში ჩაეყარა.

XIX საუკუნის I ნახევარში რუსეთში მკაფიოდ გაემიჯნა ერთმანეთს ეკონომიკური (სტატისტიკა) და ფიზიკური გეოგრაფია. ბუნებისმეტყველების დიფერენციაციამ, რომელიც ჯერ კიდევ XVIII საუკუნეში დაიწყო, წარმოშვა გეოლოგია, უფრო გვიან კლიმატოლოგია, ფიტოგეოგრაფია, ოკეანოგრაფია. ამ დაყოფით გეოგრაფიას თითქოს წაერთვა საკუთარი კვლევის საგანი. სინამდვილეში, ეს პროცესები აუცილებელი იყო გეოგრაფიული სინთეზის ახალ ეტაპზე გადასასვლელად. ამის შემდეგ სინთეზის პირველი ელემენტები გვხვდება XIX საუკუნის 40-60-იან წლებში რუს მოგზაურ-ნატურალისტთა გამოკვლევებში. რაც შეეხება „სტატისტიკას“, იგი სულ უფრო გეოგრაფიულ ხასიათს იღებდა, რადგან მოწინავე საზოგადოება თანდათან მეტ ინტერესს იჩენდა რეგიონების ეკონომიკური თავისებურებებისა და ეკონომიკური დარაიონებისადმი.

XIX საუკუნეში ყურადღება მიქცეული იყო აზიის შესწავლისადმი. ამ მხრივ, პ. სემიონოვ-ტიან-შანსკის გამოკვლევები ალტაისა და ტიან-შანს ეხება. მან პირველმა მოახერხა ტიან-შანის ხეობაში გავლა მდ. ნარინის სათავეებამდე, სადაც ჩაატარა მეცნიერული კვლევები. მეცნიერმა დაამტკიცა, რომ აქ მოქმედი ვულკანები არ არსებობს. მანვე, პირველმა დაადგინა, რომ ტიან-შანზე თოვლის ხაზი დიდ სიმაღლეზე (3350-3500 მ) მდებარეობს; მეცნიერმა მოგვცა ტიან-შანის გეოლოგიური აგებულება, აღმოაჩინა მცენარეთა ათეული სახეობა, დაადგინა ბუნებრივი სარტყლები, შეაგროვა ძვირფასი გეოლოგიური კოლექცია, შეადგინა ჰერბარიუმი და სხვ.

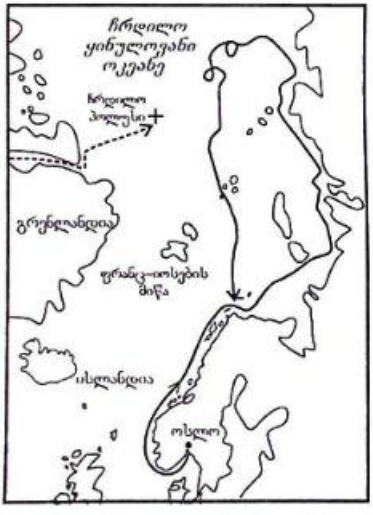
ცენტრალური აზიის კვლევაში დიდი როლი მიუძღვის ნ. პრჟევალსკის, რომელმაც ხუთჯერ იმოგზაურა აზიის მიუვალ ადგილებში, რის შედეგად რუკაზე ბევრი თეთრი ლაქა წაიშალა. განსაკუთრებით, აღსანიშნავია 800 კმ-იანი სიგრძის ტრასა, რომელზეც განლაგებული იყო მანამდე უცნობი ბევრი ქედი, მთა თუ ტბა, მდინარეების სათავეები და სხვ. მისი მოღვაწეობა მთელი ეპოქაა გეოგრაფიულ მეცნიერებაში, რომლის გამოკვლევებით დაიწყო ახალი ერა გეოგრაფიულ აღმოჩენათა და სისტემურ კვლევათა ისტორიაში.

აფრიკის კონტინენტის ცენტრალური ნაწილის გაცნობა მხოლოდ XIX საუკუნეში დაიწყო ევროპელების – ინგლისელი, გერმანელი, ფრანგი და რუსი მოგზაურებისა

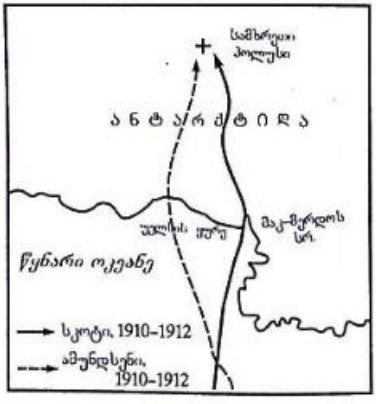
და მკვლევრების მიერ. ასე, მაგალითად, საჰარა და სუდანი შეისწავლეს გერმანელმა მეცნიერებმა ჰენრიხ ბარტმა და ჰერგარდ როლფსმა; აფრიკის დიდი ტბების რაიონი და ნილოსის სათავეები შესწავლილია ინგლისელების რ. ბერტონისა და სპიკის მიერ; ვ. იუნკერმა გამოიკვლია ნილოსის სათავეები, მდინარეების ნილოსისა და კონგოს შორის არსებული წყალგამყოფის უცნობი მიდამოები. ცენტრალური აფრიკისა და აბისინიის მკვლევარი იყო ე. კოვალევსკი. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ინგლისელი ლივინგსტონის მოგზაურობა სამხრეთ და ცენტრალური აფრიკის შესასწვლად; ასევე, ჰენრი სტენლის მოგზაურობა ცენტრალურ აფრიკაში.

XIX საუკუნის 70-იან წლებში ბუნებრივ რესურსებზე მოთხოვნილება მკვეთრად გაიზარდა. ამ გარემოებამ სპეციალური გეოგრაფიული გამოკვლევების განვითარება გამოიწვია და ხელი შეუწყო დარგობრივი გეოგრაფიული დისციპლინების განცალკევებას. მეორე მხრივ, კვლავაც შორდებოდა ერთმანეთს საბუნებისმეტყველო-მეცნიერული მიმართულების ზოგადი (დედამიწისმცოდნეობა) და კერძო ანუ რეგიონალური გეოგრაფია. ამავე დროს, გერმანელმა გეოგრაფმა ფ. რაცელმა დასაბამი მისცა ანთროპოგეოგრაფიულ მიმართულებას, ხოლო XX საუკუნის დასაწყისში კანტისეული გეოგრაფიული შეხედულება განავითარა გერმანელმა ა. ჰეტნერმა. მისი აზრით, გეოგრაფია ბუნებრივ და საზოგადოებრივ მოვლენებს მოიცავს, რომელსაც იგი განიხილავს არა საკუთრივ მათი თვისებების მიხედვით, არამედ როგორც „დედამიწის სივრცის საგნობრივ შემავსებელს". ა. ჰეტნერის აზრით, გეოგრაფია არ უნდა სწავლობდეს საგნებისა და მოვლენების განვითარებას დროში, არ უნდა აზოგადოებდეს და ადგენდეს კანონზომიერებებს, ე.ი. გეოგრაფია საბოლოოდ მხოლოდ ქვეყანათმცოდნეობითი აღწერილობით უნდა შემოფარგლულიყო.

1886 წელს რ. პირიმ პირველი ექსპედიცია ჩაატარა არქტიკაში და ხუთი ექსპედიციის შემდეგ (1908 წ.) ჩრდილო პოლუსს (ნახ. II. 18), ხოლო 1912 წელს რ. სკოტმა სამხრეთ პოლუსს (ნახ. II. 19) მიაღწია.



ნახ. II.18. ჩრდილოეთის პოლუსისაკენ
ნანსენი, 1893–1896
პირი, 1909



ნახ. II.19. სამხრეთ პოლუსისაკენ

XX საუკუნის დასაწყისში ვიდალ დე ლა ბლაშის მიერ ჩამოყალიბებულ ფრანგულ გეოგრაფიულ სკოლას თავის ამოცანად მიაჩნდა ბუნებრივი გარემოსა და ადამიანის ცხოვრების ხასიათის „ჰარმონიული ერთიანობის აღწერა“ ცალკეული რეგიონების მიხედვით. ამ სკოლის წარმომადგენლები რეგიონალური დახასიათების ოსტატები იყვნენ, მხოლოდ აღწერილობით, ემპირიზმით, ბუნებისადმი პეიზაჟური მიდგომით იფარგლებოდნენ და არ გააჩნდათ სოციალურ-ეკონომიკური პირობების ღრმა ანალიზის უნარი.

XIX საუკუნის ბოლოს ვ. დოკუჩაევმა რუსეთში საფუძველი ჩაუყარა კომპლექსურ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ გამოკვლევებს. იგი ეყრდნობოდა ნიადაგების შესახებ მის მიერვე შემუშავებულ მოძღვრებასა და რუსეთის ბიოგეოგრაფიის პროგრესულ იდებს. თავის გამოკვლევებს მეცნიერი მჭიდროდ უკავშირებდა სახალხო მეურნეობის პრობლემებს.

გეოგრაფიული ურთიერთკავშირების შესწავლაში დიდი წვლილი შეიტანა რუსმა ა. ვოეიკოვმა. მასვე მიეკუთვნება მნიშვნელოვანი გამოკვლევები ბუნებაზე ადამიანის ზემოქმედების შესახებ. ვ. დოკუჩაევის მოძღვრებამ ბუნებრივი ზონების შესახებ XX საუკუნის დასაწყისში მიგვიყვანა ლანდშაფტის ბუნებრივ-ტერიტორიული მთლიანობის აღქმამდე. იგი გეოგრაფიული კვლევის ძირითად ობიექტად იქნა აღიარებული (გ. მოროზოვი, ლ. ბერგი, ა. ბორზოვი და სხვ.).

აკად. ლ. ბერგის (1876-1950) მეცნიერულ მოღვაწეობასთან დაკავშირებულია ლანდშაფტის ბუნებრივი წარმონაქმნების შესახებ პირველი დეფინაცია. მან ლანდშაფტი (1913) განმარტა, როგორც ბუნებრივი საზღვრით შემოფარგლული კომპონენტების (რელიეფის, ჰავის, ნიადაგების, მცენარეულობის) ჰარმონიული შეთანხმება.

ინგლისელმა ე. ჯ. ჰერბერტსონმა შეადგინა ხმელეთის ბუნებრივი დარაიონების პირველი სქემა (1905), რომელშიც გათვალისწინებული იყო ჰავის სივრცობრივი ცვლილებები, ოროგრაფია და მცენარეული საფარი. 1921 წელს გერმანელმა ზ. პასარგემ წამოაყენა ბუნებრივი ლანდშაფტის ცნება. იგი ლანდშაფტს განიხილავდა, როგორც ბუნებრივ ერთიანობას, ყურადღებას აქცევდა მის შინაგან სტრუქტურას, შემადგენელი ნაწილების ურთიერთდამოკიდებულებასა და ბუნებრივი ლანდშაფტების კულტურულთან შეფარდებას. მომდევნო წლებში მანვე მოგვცა ლანდშაფტების კლასიფიკაცია და მათი მორფოლოგიური დანაწევრების მარტივი სქემა.

XIX საუკუნეში უკვე დამთავრდა დედამიწის ზედაპირის ძირითადი ტოპოგრაფიული შესწავლა. საუკუნის დასაწყისში ფ. ბელინგსჰაუზენისა და მ. ლაზარევის მიერ აღმოჩენილი იყო ანტარქტიდა; გაგრძელდა ოკეანეების ფიზიკურ-ქიმიური თვისებების შესწავლა. ყურადღების ქვეშაა ოკეანე-ხმელეთი-ატმოსფერო სისტემის ურთიერთობის რთული პროცესის კვლევა. ა. ჰუმბოლდტისა და ვ. დოკუჩაევის იდეებიდან გამომდინარეობდა დედამიწის ზედაპირისპირა განსაკუთრებული ბუნებრივ-ისტორიული სინთეზური წარმოქმნის შესახებ წარმოდგენის ჩამოყალიბება. ამგვარი სისტემის შესახებ ზოგადი აზრი გამოთქმული იყო ფ. რიხტჰოფენის, პ. ბროუნოვის, რ. აბოლინის მიერ.

XX საუკუნის 30-იან წლებში ამ სისტემის — გეოგრაფიული გარსის შესახებ მოძღვრება შეიმუშავა აკად. ა. გრიგორიევმა, რომელსაც საფუძვლად დაედო, აგრეთვე, ვ. ვერნადსკის სწავლება ბიოსფეროს შესახებ. ა. გრიგორიევმა შემოიღო ფიზიკურ გეოგრაფიული პროცესის ცნება; იგი მოითხოვდა ფიზიკურ გეოგრაფიულ

კვლევაში რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენების დანერგვას. გეოგრაფიული გარსის შესახებ ა. გრიგორიევის მოძღვრება ახალი იდეებით ივსებოდა. ჩამოყალიბდა წარმოდგენები ამ სფეროს ჰორიზონტული და ვერტიკალური სტრუქტურების შესახებ, რომელთა შორისაა: სარტყლები და ზონები, ბუნებრივ-ტერიტორიული და აქვალური კომპლექსები, სიმეტრია და დისიმეტრია, ზონალურობა და აზონალურობა, დინამიკა და განვითარება და ა.შ. ამ მხრივ, საკმაო მეცნიერული მიღწევები ჰქონდათ ლ. ბერგს, კ. მარკოვს, ს. კალესნიკს, ნ. სოლნცევს, ა. ისაჩენკოს. გასული საუკუნის 40-იან წლებში ს. კალესნიკის მიერ დადგინდა, რომ გეოგრაფიული გარსის აღნაგობასა და განვითარებას სწავლობს გეოგრაფიის განსაკუთრებული დარგი — ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა.

ა. გრიგორიევი (1883–1968)

ს. კალესნიკი (1901–1977)

XX საუკუნის შუა წლებში კლიმატოლოგიის, ჰიდროლოგიის, გეომორფოლოგიის, გლაციოლოგიის, ნიადაგმცოდნეობის, გეობოტანიკისა და სხვა საკითხების თეორიულ დამუშავებასთან ერთად სწრაფად იზრდებოდა ინტერესი ფიზიკური და ეკონომიკური გეოგრაფიის პრობლემებისადმი, მათ შორის უმთავრესი დარაიონების საკითხი იყო: 1930-იან წლებში ფიზიკურ-გეოგრაფიული ძიება ძირითადად თეორიული მიმართულებით მიმდინარეობდა. ვ. ობრუჩევი ციმბირის ცენტრალურ და შუა აზიის ცნობილი მკვლევარია. მან საფუძვლიანად გამოიკვლია ლიოსის წარმოშობის პრობლემა, ტექტონიკის ზოგადი საკითხები, ციმბირის ტექტონიკური აგებულება, გამყინვარება და მუდმივი მზრალობა.

დარგობრივ გეოგრაფიულ დისციპლინებში მიღებულმა თეორიულმა შედეგებმა ხელი შეუწყო რიგორც ბუნებრივ, ისე საწარმოო-ტერიტორიული კომპლექსების შესწავლისადმი სინთეზური მიდგომის განვითარებას. რადიაციული და სითბური ბალანსის (მ. ბუდიკო), ჰაერის მასების ცირკულაციის (ბ. ალისოვი, ე. რუბინშტეინი, ს. ხრომოვი და სხვ.), ატმოსფეროს ტენბრუნვის (ო. დრობზდოვი) და სხვ. შესწავლაში მიღწეულ წარმატებებს მნიშვნელობა აქვს არა მარტო კლიმატოლოგიის, არამედ ფიზიკური გეოგრაფიის ზოგადი თეორიისათვისაც. მნიშვნელოვანი გამოკვლევები ჩატარდა სითბური რეჟიმის დანესტიანებისა და გამყინვარების მრავალწლიურ ცვალებადობის შესახებ. საფუძველი ჩაეყარა ოკეანის ფსკერის, ზღვებისა და ოკეანეების სანაპირო ზონის (ვ. ზენკოვიჩი, ო. ლეონტიევი) შესწავლას. ნათელია გეოგრაფიული მიდგომა ნიადაგების გენეზის, მათი კლასიფიკაციისა და კარტოგრაფირების, ლანდშაფტების გეოფიზიკურ-გეოქიმიური საფუძვლების (ბ. პოლინოვი, ა. პერელმანი) შესახებ.

ძართული გეოგრაფიული სკოლა. ქართველი ერი ადრე დაადგა ცივილიზაციის გზას და თავისი ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე მეტ-ნაკლებად ყოველთვის ახერხებდა კულტურულ ურთიერთობას სხვა ხალხებთან. საქართველო ხომ თავისი გეოგრაფიული მდებარეობით, ბუნებრივი თავისებურებებითა და სოციალურ-ეკონომიკური განვითარებით იმდენად მრავალფეროვანია, რომ მათ შესწავლას დიდ ყურადღებას უთმობდნენ არა მარტო ქართველი სწავლულები, არამედ უცხო ქვეყნების მოგზაურ-მკვლევრებიც. ამ ასპექტების გათვალისწინებით ქართული გეოგრაფიული აზროვნება სათავეს უძველესი დროიდან იღებს, რაზედაც აშკარად მიგვითითებენ დღემდე შემორჩენილი მატერიალური კულტურის ძეგლები.

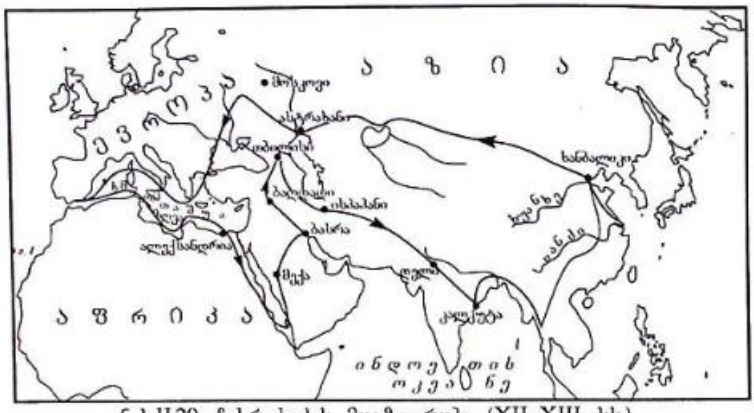
ქართული გეოგრაფიული ცოდნის განვითარება განპირობებული იყო ისტორიული წარსული საზოგადოებრივი (საშინაო და საგარეო) მოვლენებით. ყოველ პოლიტიკურ, სამეურნეო და კულტურულ წარმატებასთან ერთად ვითარდებოდა მეცნიერების დარგები, მათ შორის გეოგრაფიული მეცნიერებაც. ქართველი გეოგრაფები და მოგზაურები სწავლობდნენ არა მარტო საქართველოს, არამედ მეზობელ ქვეყნებსაც, რითაც გარკვეული წვლილი შეჰქონდათ ძველი სამყაროს შესწავლის საქმეში.

ამავე დროს, კაცობრიობის გეოგრაფიული ცოდნის ერთობლივ ევოლუციასთან ქართული გეოგრაფიული აზროვნების კავშირი შედარებით სუსტი იყო. ამის მიუხედავად, ქართული გეოგრაფიული ცოდნა საკმაოდ მაღალ დონეზე ყოფილა, რაზედაც მიუთითებენ უცხოელი ავტორები. აპოლონ როდოსელის (III ს. ჩვ. წ. აღ-მდე) ცნობით, კოლხებს თავიანთ მამა-პაპათაგან შემონახული ჰქონდათ ძველი კირბები (რუკები), რომლებზეც ნაჩვენებია ზღვის, ხმელეთის გზები და საზღვრები; ამიტომაც, გერმანელი მეცნიერი კარლ რიტერი აღნიშნავდა, რომ „კარტოგრაფიის ხელოვნების გამოგონების პატივ-დიდება სრულიადაც არ ეკუთვნის მცირე აზიის ბერძნებს. იგი ბევრად უფრო ადრე ხმარებაში ყოფილა კოლხეთის მოგზაურ ვაჭართა შორის“. აგათია სქოლასტიკოსის (VI ს.) აზრით, „კოლხები ადგილის საუკეთესო მცოდნენი არიან და კარგად ერკვევიან გარემოში“.

V საუკუნიდან საქართველოში იქმნება რიგი აგიოგრაფიული და სხვა ხასიათის წერილობითი ძეგლები, რომლებშიც უხვადაა გეოგრაფიული ტერმინები და ცნობები, რაც ძველ საქართველოში გეოგრაფიული ცოდნის მაღალ დონეზე მეტყველებს. ამავე პერიოდში, ყურადღება მიექცა გეოგრაფიულ ნაშრომთა თარგმანს, რომელიც ხელს უწყობდა გეოგრაფიული აზრის განვითარებას, ხოლო ქართველ მკითხველს საშუალებას აძლევდა გასცნობოდა უცხო ქვეყნებსა და ხალხებს.

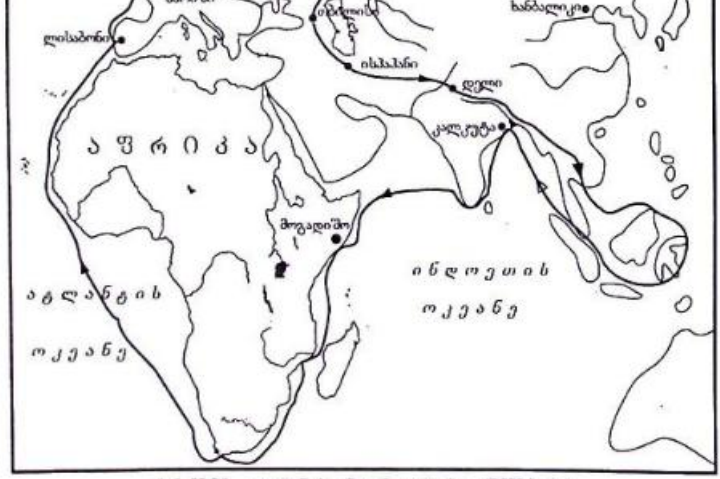
ქართველი ერის კულტურული ცხოვრება X-XII საუკუნეებში განსაკუთრებით ამაღლდა. X საუკუნიდან საქართველო თანდათან ძლიერდებოდა და XII საუკუნეში მახლობელი აღმოსავლეთის ერთ-ერთ უძლიერეს სახელმწიფოდ გადაიქცა. პოლიტიკურ-ეკონომიკურ წინსვლასთან ერთად აღორძინებას განიცდიდა ქართული კულტურა; გამოცოცხლდა და სწრაფად განვითარდა მეცნიერების მრავალი დარგი; უცხოეთის მრავალ ქვეყანაში დაარსდა ქართველთა მონასტრები, მეცნიერებისა და კულტურის ცნობილი ცენტრები. თვით საქართველოში შეიქმნა გელათისა და იყალთოს აკადემიები, სადაც უთუოდ გეოგრაფიის ელემენტებსაც ასწავლიდნენ. ამის შედეგი უნდა იყოს ქართველი მწერლების ნაწარმოებებში — ჩახრუხაძის „თამარიანში“, შავთელის „ბდულმესიანში“, შოთა რუსთაველის „ვეფხისტყაოსანში“ ფართო გეოგრაფიული თვალთახედვა; ჩახრუხაძემ „თამარიანში“ აღწერა თავისი ვრცელი მოგზაურობის მარშრუტი (ნახ. II. 20). ქართველ ისტორიკოსთა (ლეონტი

მროველი, ჯ.უანშერი, ჟამთააღმწერელი და სხვ.) თხზულებებში მოცემული გეოგრაფიული ცნობები ეხება როგორც საქართველოს, ისე მეზობელ ქვეყნებს. XIV საუკუნის



ნახ.II.20. ჩახრუხაძის მოგზაურობა (XII–XIII სს.)

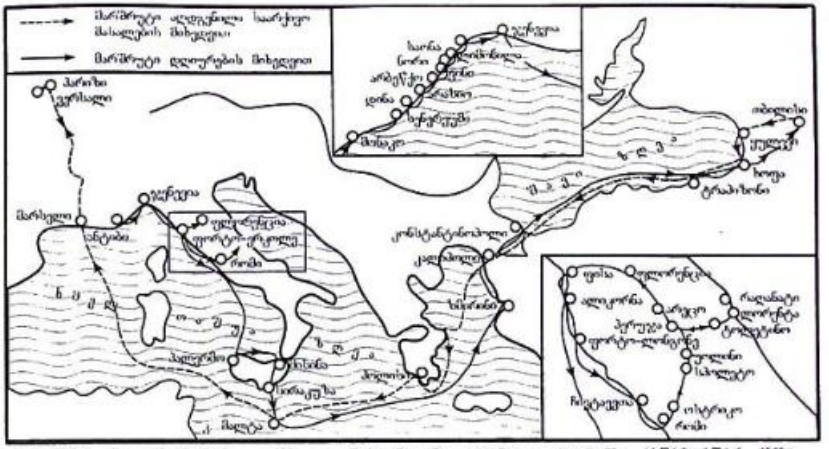
დასასრულს თემურლენგის ტყვეობაში მოხვედრილმა ქართველმა ეფრემმა მოინახულა ინდოეთი, „სანელებელთა კუნძულები“ და შემოუარა აფრიკას (ნახ. II. 21). XVII საუკუნეში ნიკოლოზ ჩოლოყაშვილმა (ირბახმა) იმოგზაურა ევროპისა და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში.



ნახ.II.21. ეფრემის მოგზაურობა (XIV ს.)

XVIII საუკუნე ქართული გეოგრაფიული აზროვნების აღმავლობის პერიოდად ითვლება. ამ პერიოდში განხორციელდა რამდენიმე შორეული მოგზაურობა: სულხან-საბა ორბელიანისა – ევროპაში (ნახ. II. 22), ტიმოთე გაბაშვილისა – ახლო

აღმოსავლეთის ქვეყნებში, იონა გედევანიშვილისა – ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებსა და ევროპაში, რაფიელ დანიბეგაშვილისა – ინდოეთსა და ბირმაში (ნახ. II. 23).



ნახ.II.22. სულხან-საბა ორბელიანის მოგზაურობა ევროპაში (1713–1716 წწ.)

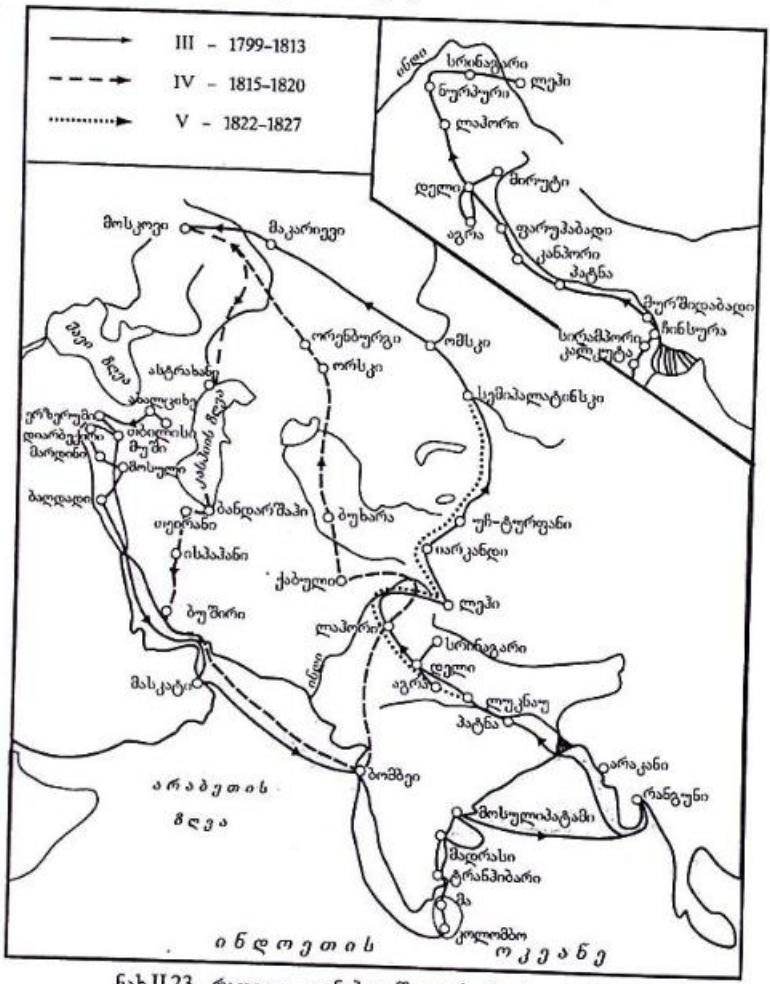
ამ მოგზაურობათა შთაბეჭდილებები და უცხო ქვეყნების აღწერა ქართული კულტურის ძვირფას საგანძურს წარმოადგენს. დაიწერა საქართველოს ისტორია და გეოგრაფია (ბერი ეგნატაშვილი, ვახუშტი ბაგრატიონი). შედგა მტკვრისპირა მხარეების (ვახტანგ მეექვსე), ხევის (ჯამასპი ხერხეულიძე, გიორგი გედევანიშვილი), დასავლეთ საქართველოს (ტიმოთე გაბაშვილი) რუკები. პარიზში გამოიცა სულხან-საბა ორბელიანის მონაწილეობით შედგენილი კავკასიის რუკა (1723), შეიქმნა საქართველოსა და მისი ცალკეული მხარეების უნიკალური რუკები (ვახუშტი ბაგრატიონი).

გამორჩეული ადგილი გეოგრაფიული აზროვნების ისტორიაში ვახუშტი ბაგრატიონს უკავია. იგი სამართლიანად ითვლება ქართული მეცნიერული გეოგრაფიის ფუძემდებლად. ვახუშტი ბაგრატიონმა XVIII საუკუნის I ნახევარში შექმნა იმ დროის ცივილიზებული სამყაროს მეცნიერების განვითარების დონეზე გეოგრაფიულ-კარტოგრაფიული ნაშრომები. მისი ეს ნაშრომები მსოფლიო მეცნიერების საგანძურშია შესული. ვახუშტი ბაგრატიონის „საქართველოს გეოგრაფია“ პირველი ქართული წიგნია, რომელიც მოიცავს ქვეყნის ბუნებას, მოსახლეობას, ეკონომიკასა და სოციალურ-კულტურულ ცხოვრებას. ამ ნაშრომის პირველი შემფასებელი მარი ბროსე იყო: „ამ გეოგრაფიას იმგვარიეე მნიშვნელობა აქვს საქართველოსათვის, როგორც ჰომეროსის გეოგრაფიულ ნაშრომებს საბერძნეთისათვის“.

ვახუშტი ბაგრატიონის გეოგრაფიულ-კარტოგრაფიულ ნაშრომებს დღესაც არ დაუკარგავს მნიშვნელობა. პროფესორი ლევან მარუაშვილი მიუთითებდა: „ვახუშტი პირველი ქართველია, რომელმაც მიზნად დაისახა და კიდევაც გადაწყვიტა... საქართველოს ტერიტორიის გეოგრაფიული აღწერისა და კარტოგრაფიული გამოსახვის ამოცანა. ამ კეთილშობილური მიზნის მიღწევით მან სამუდამოდ დაიმკვიდრა თვალსაჩინო ადგილი გამოჩენილ ქართველთა შორის, ურყევი ძეგლი აუგო თავის ნიჭსა და პატრიოტიზმს“.

ვახუშტი ბაგრატიონის ნაშრომები შესანიშნავია ქვეყანათმცოდნეობითი

ლიტერატურის ზოგადი განვითარების თვალსაზრისითაც; მან მოგვცა რთული ბუნებრივი პირობებისა და მჭიდრო მოსახლეობის მქონე მთიანი ქვეყნის დეტალური აღწერილობა, რაც იმ დროისათვის იშვიათ მოვლენას წარმოადგენდა. მისი ნაშრომები საფუძველია კავკასიის გეოგრაფიული შესწავლის ალმავლობაში. ამასთან, ამ ნაშრომებით შესაძლებელია დადგინდეს ჩვენი ქვეყნის ბუნებრივი პირობების ცვლილებები ბოლო 300 წლის მანძილზე.



ნახ.II.23. რაფიელ დანიბეგაშვილის მოგზაურობა

ვახუშტი ბაგრატიონი საგანთა და მოვლენათა სიმაღლებრივი გავრცელების პრინციპს თანმიმდევრულად ახორციელებს კლიმატური პირობების, ბუნებრივი და კულტურული მცენარეულობის, ცხოველთა სამყაროს მიმართ. ამით იგი იმ მოაზროვნეთა თანავარსკვლავედში შედის, რომლებმაც დიდი გერმანელი მეცნიერის ალექსანდრე ჰუმბოლდტის მიერ ვერტიკალური ზონალობის კანონის

ჩამოყალიბებამდე, გაცილებით ადრე შენიშნეს და აღწერეს ეს მოვლენა, თუმცა არ ჩამოუყალიბებიათ კანონზომიერების სახით.

ვახუშტი ბაგრატიონი (1696–1758)

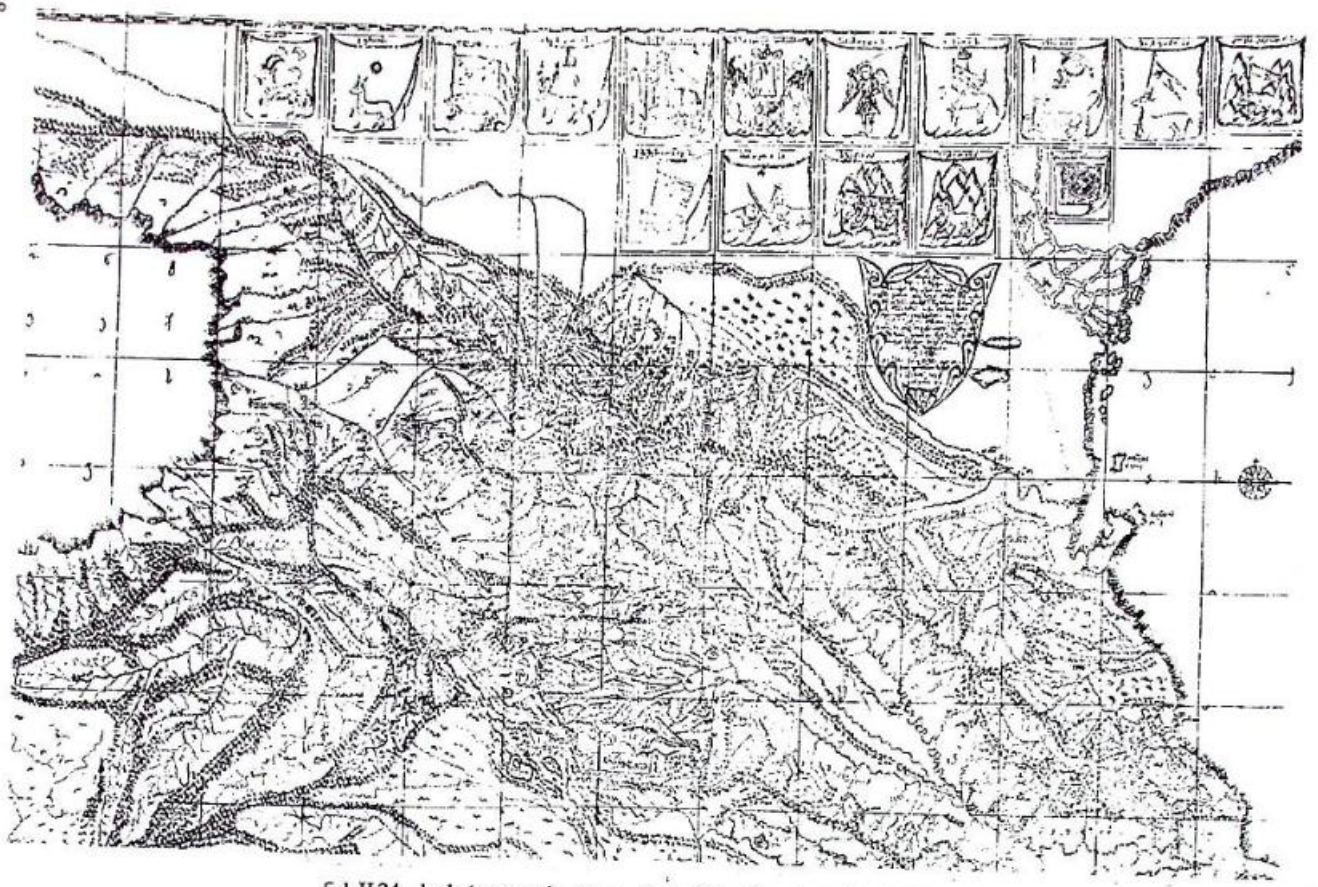
ვახუშტი ბაგრატიონის რუკები ტოპოგრაფიული დეტალურობითა და სისრულით მნიშვნელოვნად აღემატებოდა ყველა იმ კარტოგრაფიულ გამოსახულებას, რომლებიც შედგენილი იყო მანამდე და ნაწილობრივ შემდეგაც, ზუსტი ტოპოგრაფიული გადაღებების დაწყებამდე. ვახუშტისეული რუკები შინაარსითაც და გაფორმებითაც იმ ეპოქის მეცნიერების განვითარების დონის შესატყვისი იყო, რომლებმაც დიდი როლი შეასრულეს კავკასიის ქვეყნების ღრმა გეოგრაფიულ შესწავლაში. ამდენად, XVIII საუკუნის პირველი ნახევრის საქართველოს კარტოგრაფიული მეცნიერების მაღალი დონე, რუსეთსა და დასავლეთ ევროპის ქვეყნებთან ერთად, სწორედ ვახუშტი ბაგრატიონის დამსახურებაა (ნახ. II. 24).

XVIII საუკუნის II ნახევარში კავკასიაში რუსეთის პოლიტიკურ-სამხედრო აქტივიზაციის შედეგად ბუნებრივი პირობების კვლევა უფრო ინტენსიური გახდა, რაშიც წამყვანი როლი რუსებსა (ნ. იაზიკოვი, ს. ბურნაშევი) და რუსეთის სამსახურში მყოფ უცხოელებს (ი. გიულდენშტედტი, ი. რაინეგსი, ფ. ბიბერშტაინი) ეკუთვნით.

XIX საუკუნის დამდეგიდან საქართველოში გეოგრაფიული კვლევის ახალი პერიოდი იწყება. იგი ხასიათდება საკმაოდ ინტენსიური, მაგრამ ეპიზოდური გამოკვლევებით. ამ დროს, საფუძველი ჩაეყარა კავკასიის გეოდეზიურ-ტოპოგრაფიულ შესწავლას. ამასთან, გრძელდებოდა ქვეყნის შესწავლა, რომელსაც ძირითადად უცხოელები აწარმოებდნენ (ჰ. კლაპროთი, დიუბუა დე მონპერე, კ. კოხი, ჟ. გამბა, ხ. სტევენი, ე. ლენცი, კ. მაიერი, ა. სოკოლოვი).

XIX საუკუნის დასაწყისში რაფიელ დანიბეგაშვილმა რამდენჯერმე იმოგზაურა ინდოეთსა და ბირმაში, ხოლო მესამე მოგზაურობის შემდეგ მოსკოვში დაიბეჭდა (1815 წ.) მოგზაურის შთაბეჭდილებანი. იოანე ბატონიშვილმა 1828 წელს დაასრულა ენციკლოპედიური ხასიათის ნაშრომი, რომელშიც არაერთი გეოგრაფიული საკითხია განხილული. 1818-1820 წლებში გიორგი ავალიშვილმა იმოგზაურა ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებსა და ეგვიპტეში, თეიმურაზ ბაგრატიონმა და გრიგოლ ბატონიშვილმა კი ევროპის ქვეყნებში, ა. დადეშქელიანმა კორეა და შორეული აღმოსავლეთის ქვეყნები შეისწავლა.

XIX საუკუნის 50-იან წლებიდან საქართველოში გეოგრაფიულმა კვლევამ სისტემატური ხასიათი მიიღო. თბილისში შეიქმნა საკვლევი დაწესებულებები და თანდათან იქცა კავკასიის გეოგრაფიული შესწავლის მთავარ კერად. რუსეთის გეოგრაფიული საზოგადოების კავკასიის განყოფილებაში ნაყოფიერად მუშაობდნენ: რაფიელ ერისთავი, ალექსანდრე ხახანაშვილი, მოსე ჯანაშვილი და სხვ. ამ განყოფილების მიერ გამოცემული შრომების სამ ათეულზე მეტ ტომს დღესაც არ დაუკარგავს თავისი მეცნიერული ღირებულება.



ნახ.II.24. საქართველოს რუკა. (ვახუშტი ბაგრატიონი, 1735)

XIX-XX საუკუნეების მიჯნაზე საქართველოს ბუნებრივი პირობებისა და რესურსების შესწავლაში მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანეს ჰერმან აბიხმა (კავკასიის სამთო სამმართველოს დამაარსებელი) და გუსტავ რადემ (კავკასიის მუზეუმის დამაარსებელი). გაძლიერდა გეოდეზიურ-ტოპოგრაფიული (ი. ხოძკო, ი. სტებნიცკი, გ. ქავთარაძე), გეომორფოლოგიური (ვ. ლისოვსკი, ვ. ფილიპოვი, ა. რეინჰარდი, ა. კრუბერი, ე. მარტელი), ჰიდროლოგიური (კ. პოდოზერსკი, მ. გერსევანოვი, ლ. ბერგი), კლიმატოლოგიური (ა. ციმერმანი, ა. ვოეიკოვი, ი. ფიგუროვსკი) სამუშაოთა წარმოება.

1918 წელს თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დაარსება მნიშვნელოვანი ნიშანსვეტი იყო, რითაც საფუძველი ჩაეყარა ეროვნული კადრებისა და სამეცნიერო-კვლევით მუშაობის ფართოდ გაშლას. უკვე 1920 წელს უნივერსიტეტში ჩამოყალიბდა ზოგადი გეოგრაფიისა და ანთროპოლოგიის კათედრა – გეოგრაფიული მეცნიერების პირველი კერა საქართველოში. აქ მოღვაწეობდა დიდი მეცნიერი და გეოგრაფიული მეცნიერების დაწესებულებათა ჩამოყალიბების ორგანიზატორი აკადემიკოსი ალექსანდრე ჯავახიშვილი. მისი ინიციატივითა და დიდი მცდელობით დაარსდა საქართველოს გეოგრაფიული საზოგადოება (1924), კარტოგრაფიის ინსტიტუტი (1924), გეოგრაფიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტი (1933), ქუთაისის, ბათუმის, სოხუმის, გორისა და სხვა უმაღლესი სასწავლებლების გეოგრაფიის კათედრები. ამავე პერიოდში მოღვაწეობდნენ: პროფესორები გიორგი გეხტმანი, ბესარიონ ყავრიშვილი. შემდგომში ქართულ გეოგრაფიულ სკოლას შეემატა საქვეყნოდ ცნობილი მეცნიერები: აკადემიკოსი თეოფანე დავითაია, პროფესორები – ლევან მარუაშვილი, გიორგი გველესიანი, ლევ ვლადიმიროვი, ალექსანდრე ასლანიკაშვილი ვახტანგ ჯაოშვილი და სხვ.

XX საუკუნის 60-იან წლებში აკადემიკოსმა თეოფანე დავითაიამ განახორციელა გლობალური გამოკვლევები, რომლებიც მოიცავდა გარემოს დაცვისა და გარდაქმნის პრობლემას, ზოგადი და სასოფლო-სამეურნეო კლიმატოლოგიის, აგრომეტეოროლოგიის, ჰავისა და ამინდის არახელსაყრელ პირობებთან (გვალვა, ხორშაკი,

ალექსანდრე ჯავახიშვილი (1875–1973)

ლევან მარუაშვილი (1912–1992)

წაყინვები) ბრძოლის მეთოდების თეორიულ დასაბუთებას, აგროკლიმატურ დარაიონებას, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის გავლენას კლიმატის შეცვლაზე და მის ცვლილებებს, სეტყვასა და მისი წარმოშობის პირობებს, ატმოსფეროს გაჭუჭყიანების პრობლემასა და სხვ. სწორედ აკად. თეოფანე დავითაიას

საქართველოში მოღვაწეობის პერიოდში საქართველოს გეოგრაფიის ინსტიტუტი გადაიქცა მთიანი ქვეყნების გეოგრაფიული შესწავლის მოთავე სამეცნიერო დაწესებულებად მაშინდელი საბჭოთა კავშირის ფარგლებში. მსოფლიო გეოგრაფიული მეცნიერების წინსვლაში დიდი როლი შეასრულა პროფესორმა ლევან მარუაშვილმა, რომელმაც მდიდარი სამეცნიერო ლიტერატურა შექმნა ბუნების კვლევის საკითხებზე. საკმარისია დავასახელოთ მისი „საქართველოს ფიზიკური გეოგრაფია“ ორ ტომად, „კავკასიის ფიზიკური გეოგრაფია“ სამ ტომად, „მლვიმეთმცოდნეობის საფუძვლები“, „პალეოგეოგრაფიული ლექსიკონი“, „დედამიწა და კაცობრიობა „ვეფხისტყაოსანში“, კოლექტიური მონოგრაფიები – „საქართველოს გეომორფოლოგია“, „საქართველო ანთროპოგენში“ და სხვ.

გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების თანამედროვე პრობლემები. XX და XXI საუკუნეთა მიჯნა გეოგრაფიული მეცნიერების შეცნობის თვისებრივად ახალი ეტაპია. თანამედროვე ეპოქაში გეოგრაფიული მეცნიერების წინაშე დგას კაცობრიობის უმნიშვნელოვანესი პრობლემები. მათ შორისაა: 1. მეცნიერების უშუალო საწარმოო ძალად გადაქცევა, რომელიც კაცობრიობის საქმიანობის სფეროს წარმოადგენს; 2. წინასწარ განსაზღვრული თვისებების ხელოვნური მასალებისა და ენერგიის პოტენციურად განუსაზღვრელი (ატომური, ბირთვული), ეკოლოგიურად უსაფრთხო (ჰელიო და ქარის ენერგეტიკა), მცირენარჩენიანი (ბიოგაზის დანადგარები, წყალბადის ენერგეტიკა), სრულყოფილი ტექნოლოგიების შექმნა და პრაქტიკაში დანერგვა; 3. დედამიწის ბუნებრივი რესურსების კოსმოსური – დისტანციური კვლევის მიღწევა; 4. მეცნიერებათა ურთიერთდამოკიდებულებების ზრდა, რთული სისტემების კომპლექსური კვლევებისა და გეოგრაფიული გარსის კოსმოსური მეთოდებით შესწავლის მიღწევა; 5. ადამიანთა საზოგადოების ცივილიზაციათა ურთიერთდაახლოების შედეგად კაცობრიობის მეცნიერული პროგრესის მკვეთრი დაჩქარება; 6. კაცობრიობის სამეურნეო პრაქტიკის შედეგად გამძაფრებული ეკოლოგიური პრობლემების მოგვარება, რესურთათვისებისა და რაციონალური ბუნებათსარგებლობის მიღწევა; 7. გააქტიურებული სტიქიურ-კატასტროფული მოვლენების სისტემური შესწავლა და ბუნებრივი პროცესების მსვლელობათა გათვალისწინებით, ნეგატიური შედეგების დეზაქტივაციის მიღწევა პროცესების რეგულირება-მართვის მექანიზმების გამოყენებით.

ეკოლოგიური დატვირთვების მაღალ კონცენტრაციას მივყავართ გეოგრაფიული გარემოს ბუნებრივი წონასწორობის საკმაოდ ზშირ დარღვევამდე, რომელსაც კატასტროფული შედეგები მოსდევს. ამიტომ ადამიანისა და ბუნების ურთიერთ-მოქმედების თანამედროვე გამძაფრებულ ეტაპზე, გარემომცველი ბუნებრივი კომპლექსების განვითარების კანონზომიერებათა საფუძვლიანი ცოდნა – სწორედ, რომ დროის მოთხოვნაა. რაც უფრო ღრმაა ჩვენი ცოდნა, მით უფრო შეგნებული, დასაბუთებული და საიმედო იქნება გარემოზე ზემოქმედების გზები და მეთოდები, უფრო სრული კი ბუნების რესურსების ათვისება. აქედან გამომდინარე, ბუნების შესწავლა გეოგრაფიული მეცნიერების პირველი რიგის ამოცანაა, ხოლო გარემოს აღდგენა და დაცვა – ზოგადსახელმწიფოებრივი პრობლემაა. ამ მხრივ, გეოგრაფიული მეცნიერების წინაშე დასმული ახალი ამოცანების გადაწყვეტა მოითხოვს ბუნებრივი მოვლენების შესახებ ინფორმაციის მიღების მეთოდებისა და დამუშავების პრინციპების სრულყოფას, თეორიული განზოგადებისა და პროგნოზირების მიდგომების კონსტრუქციულ გაუმჯობესებას.

გეოგრაფიული გარსის სრულყოფილი შესწავლის მიზნით გეოგრაფიული მეცნიერება უკვე იყენებს ექსპერიმენტებისა და მოდელირების მეთოდებს. გეოგრაფიულ ობიექტებზე უშუალო დაკვირვების ჩატარებასთან ერთად ეს მეთოდები კვლევის საკმაოდ აქტიური ხერხია, რომელიც გამოსაკვლევი პროცესის ქცევის გარე ფაქტორების ზემოქმედების ფართო მოცულობაში ნათელ წარმოდგენას იძლევა. გეოგრაფიული ობიექტებისა და პროცესების მოდელები – ანალოგების (აუზები, ეროზიული ღარები, ზღვის სანაპიროები) გამოყენებით შესაძლებელია რაიმე მასშტაბში შემცირებული სურათის მიღება, რომლის ნატურაში გადატანა რეალური სინამდვილის აღქმას იძლევა. მოდელები ნათლად ასახავენ რეალური ობიექტების მახასიათებელ ნიშნებს, განსაზღვრავენ მათი სტრუქტურისა და ფუნქციონირების მთავარ პარამეტრებს.

დიდი ცვლილებებია მეცნიერული გეოგრაფიული ლოგიკის თვალსაზრისით. გეოგრაფიული ენა გამდიდრდა ცნებებისა და ტერმინების ერთობლიობით, მათი ხმარების ხერხებით, აღწერის (გრაფიკული და სიმბოლოები) საშუალებებითა და თეორიული განზოგადებით. თანამედროვე გეოგრაფიას გააჩნია ლოგიკურ მტკიცებულებათა მიზანმიმართული გამოყენება, ცნებების მკვეთრი დეფინიცია. საკმაოდ პერსპექტიული გამოდგა მათემატიკური ენის გამოყენება. უკვე 30 წელია გეოგრაფია „რაოდენობრივ“ რევოლუციას განიცდის. გეოგრაფიულ გამოკვლევებში აქტიურად ინერგება მათემატიკური მეთოდები, კომპიუტერული ტექნიკა. ამ უკანასკნელის გამოყენებით ადვილია გეოგრაფიული ინფორმაციის ფიქსაციის ერთიანი სისტემის შექმნა, მისი დამუშავება და განზოგადება.

გრძელდება კარტოგრაფიული ენის სრულყოფა. რუკები გეოგრაფიული ფაქტებისა და კანონზომიერებების გრაფიკული გამოსახვის საშუალებაა. ამავდროულად, კვლევის კარტოგრაფიული მეთოდი დედამიწის ზედაპირის ბუნების შესახებ ცოდნის მიღების რეალური საშუალებაა. იგი ერთიან მთლიანობაში ასახავს მთელ გეოგრაფიულ გარსს. კარტოგრაფიული პროდუქციის მეშვეობით შესაძლებელია არა მარტო თვისებრივი შედარებით-გეოგრაფიული ნიშნების მიღება, არამედ რაოდენობრივი პარამეტრების გამოთვლა და სივრცე-დროითი ინტერპრეტაცია. გეოგრაფიული ობიექტების (დედამიწის ტოპოგრაფიის) მოცულობითი ნიშნებისა და მათი არა პირობითი, არამედ სინამდვილის ასახვის მიზნით (დ. ტაბიძე) მუშავდება ცალკეული რეგიონების (კავკასია, საქართველო, კამჩატკა) ფიზიოგრაფიული მოდელები.

გეოგრაფიული ინფორმაციის დაგროვებისა და დამუშავებისას მიღებულია ძველი ინდუქციური და დედუქციური მეთოდები. ამავე დროს, ადგილი აქვს პოსტულატების, ან კიდევ, იდეალური ობიექტების (მოდელების) ცნებების შემოღებას. იდეალური ობიექტები ცნობილია მათემატიკასა და ფიზიკაში (ზაზები, სიბრტყეები, იდეალური აირი და სხვ.). ისინი ბუნებაში არ არსებობენ და მხოლოდ რეალური მოვლენების პირველსახეს წარმოადგენენ. თუმცა, ამ იდეალურ ობიექტებთან მოქმედებით გახდა ჩვენი გარემომცველი სამყაროს კანონების დადგენა. მეცნიერული კანონები მხოლოდ იდეალურ ობიექტებს მიესადაგება. რეალური მოვლენების ყველა თვისებას ვერც ერთი კანონი ვერ აღწერს. ჩვენ შემთხვევაში იდეალურ ობიექტს დედამიწის სფერო, ბრუნვის ელიფსოიდი, გეოიდი ან კიდევ სოლარული ჰავა (დედამიწის თეორიულად შესაძლებელი კლიმატი, განპირობებული მხოლოდ მზის რადიაციით), იდეალური კონტინენტი ან გეოსისტემა და სხვ. წარმოადგენს.

გეოგრაფიის სწრაფი პროგრესი ვერ მოხდებოდა მეცნიერული შეცნობის მეთოდოლოგიური საფუძვლების ღრმა ათვისების გარეშე. მეთოდოლოგია მოძღვრებაა

მეცნიერული საქმიანობის მეთოდებისა და საშუალებების, სტრუქტურისა და ლოგიკური ორგანიზაციის შესახებ. იგი შემეცნების პროცესის ორგანიზაციაში გვეხმარება, განსაზღვრავს დასახული პრობლემების გადაწყვეტის გზებს. მეცნიერული შემეცნების ყველაზე უფრო ადეკვატური ბაზა მიზეზშედეგობრივი ფილოსოფიური კავშირების გეოგრაფიული გააზრებაა. ბუნების კანონების შეცნობაში დიალექტიკური მიდგომა გეოგრაფიული აზროვნებისათვის ორიენტირს წარმოადგენს, ეხმარება ბუნების მოვლენების სინამდვილის ფუნდამენტურ ახსნასა და გარემოს განვითარების ტენდენციის განსაზღვრაში. ამ მხრივ, გეოგრაფიული მეცნიერების გვერდითაა საბუნებისმეტყველო (ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია, გეოლოგია) დარგები.

დედამიწისმცოდნეობის საგნის აღქმაში მეთოდოლოგიური მნიშვნელობისაა ვ. ვერნადსკის მიერ შემუშავებული კონცეფცია ცოცხალი ორგანიზმების როლის შესახებ დედამიწის ზედაპირის ბუნების გარდაქმნაზე. მართლაც, გეოგრაფიული გარსის იერსახე ცოცხალი ორგანიზმების მიერ სრულიად გარდაქმნილია. ამ მხრივ, პირველადი სახე შენარჩუნებული აქვს უსიცოცხლო მარსის, ვენერას ან მერკურის ზედაპირებს. აღსანიშნავია, რომ ამავე დროს, სისტემის ელემენტების მნიშვნელობა განისაზღვრება არა მარტო მასით (ორგანიზმების მასა დედამიწაზე ყველაზე მცირეა), არამედ მათი აქტიურობითა და სისტემის სტრუქტურაში დაკავებული ადგილით.

გეოგრაფიული გარსის შესწავლა შეუძლებელია სისტემური მიდგომის გარეშე. ამ შემთხვევაში გეოგრაფიული ობიექტი განიხილება როგორც ურთიერთმოქმედი და ურთიერთდაკავშირებული ელემენტების ერთობლიობა. სისტემური ანალიზის მეთოდები გამოიყენება გეოგრაფიული გარსის შესწავლისას, რადგან ეს უკანასკნელი თვით წარმოადგენს ერთიან და მთლიან ორგანიზებულ სისტემას. ცხადია, რომ გეოგრაფიული გარსის მაღალი რანგის კომპონენტები (ატმოსფერო, ლითოსფერო, ჰიდროსფერო, ბიოსფერო) სისტემური ხასიათის მატარებელია. ასევე, სისტემური ნიშნებისაა თითოეული მათგანის ან მათ შორის არსებული დაბალი რანგის ელემენტები: სანაპირო ზონა, მყინვარი, ნიადაგი, მცენარეულობა და სხვ. ყოველი მათგანის კვლევა სისტემურ მიდგომას მოითხოვს.

სულ უფრო ფართო გამოყენება აქვს კოსმოსური დედამიწისმცოდნეობის მეთოდებს. ამ მხრივ უნდა აღინიშნოს კოსმოსური აგეგმვის შემდეგი სახეები: ფოტოგრაფიული, ფოტოელექტრული, სპექტრული, სპექტროზონალური, გეოფიზიკური და ა.შ. ამ სურათებით შესაძლებელი გახდა გეოგრაფიული გარსის აგებულების შესახებ დეტალური ინფორმაციის მიღება. ასე, მაგალითად, კოსმოსური დაკვირვებებით უფრო ნათელი ხდება ატმოსფეროს ცირკულაციის სქემა, ოკეანური დინებები, მიწის ქერქის ლინეამენტები (რღვევები), გამოჩნდა ე.წ. წრიული სტრუქტურები (ასტრობლემები), რომელთა წარმოშობის ერთ-ერთი მიზეზი დედამიწაზე მეტეორიტების (კომეტების) ჩამოვარდნას უკავშირდება. კოსმოსიდან დაიკვირვება ოკეანური წრიული დინებების არსებობა და აპველინგის (ღრმა წყლის მასის ზედაპირზე ამოსვლა) მოვლენა.

დიდი გეოგრაფიული პრობლემების გადაწყვეტა ცალკეული ქვეყნის ძალ-ღონეს რამდენჯერმე აღემატება. თანამედროვე გეოგრაფიული კვლევების მაბასიათებელი ნიშნით მის კომპლექსურობასთან ერთად, ფართოდ გაჩაღებული საერთაშორისო მეცნიერული თანამშრომლობაცაა. ამ მხრივ, თავის ძალისხმევას არ იშურებენ მსოფლიოს ძლიერ განვითარებული ქვეყნები: აშშ, ინგლისი, საფრანგეთი, იაპონია.

რიგი ქვეყნების ძალისხმევა მიმართულია რეგიონული პრობლემების გადასაჭრელად. აღსანიშნავია შავი ზღვის ალიანსის, ნატოს, ევროკავშირისა და სხვ. მიერ ერთობლივი პროგრამების შემუშავება რეგიონების ეკონომიკის, ეკოლოგიის, სოციალური და სხვ. პრობლემების გადაჭრის საქმეში.

გეოგრაფიული გარსის კვლევათა მთელი კომპლექსის გამოყენებამ გაამდიდრა ჩვენი ცოდნა ბუნებრივი პროცესების შესახებ, განავითარა გეოგრაფიული მეცნიერების თეორია, მოახდინა გარსის (სისტემის) სტრუქტურისა და დინამიკის მართვის კანონების შეცნობა. ყოველივე ამან გეოგრაფიული მეცნიერება ახალ, უფრო მაღალ საფეხურზე აიყვანა. მას უკვე შეუძლია თავის წინაშე დასვას გეოგრაფიული მოვლენების, პროგნოზირებისა და რაციონალური ათვისების ბუნებრივი პროცესების გონივრული რეგულირება-მართვის ამოცანები და მოახდინოს მათი რეალური გადაწყვეტა.

დასკვნები

1. გეოგრაფიული ცოდნის საწყისი უძველესი პერიოდიდან იწყება. ამის ნათელი დადასტურებაა ძველი გეოგრაფიული აღწერილობისა და კარტოგრაფიული მასალები. მათში ქვეყნის ბუნების, მოსახლეობისა და მისი საქმიანობის აღწერაა მოცემული. ამ მხრივ, საყურადღებოა ძველი ხალხების – ფინიკიელები, ასურელ-ბაბილონელები, ბერძნები, ეგვიპტელები – სწავლულების გეოგრაფიული ცნობები თავიანთი და მეზობელი ქვეყნების შესახებ. მიუხედავად ამისა, ძველი ცივილიზაციის ქვეყნებმა ვერ შეძლეს მეცნიერული გეოგრაფიის შექმნა.

2. ანტიკურ პერიოდში დიდ წარმატებებს გეოგრაფიის დარგში მიაღწიეს მთელმა რიგმა სწავლულებმა, მწერლებმა, ბუნებისმცოდნეებმა, რომლებმაც გამოიკვლიეს მათთვის ცნობილი სამყარო. კერძოდ, მოახდინეს იმ დროის ქვეყნების აღწერა და რუკების შედგენა. გაჩნდა მოსაზრება დედამიწის ფორმის შესახებ, რომ დედამიწა წარმოადგენს დისკოს ფორმას, რომელსაც გარს აკრავს მდინარე-ოკეანე, დედამიწა ჰორიზონტალური დიამეტრით ორ თანაბარ ნაწილად იყოფა. გამოიკვლიეს ევროპის, აზიის, აფრიკის დიდი ნაწილი, მათ შორის კავკასია და, კერძოდ, საქართველო.

3. ადრეულ და განვითარებულ შუა საუკუნეებში გეოგრაფიული შესწავლის არეალმა აზიაში გადაინაცვლა, რასაც ადასტურებს ჩინელების, არაბების, სპარსელების, შუა აზიის ხალხების მიერ შექმნილი ქვეყანათმცოდნეობითი შინაარსის მრავალი ნაწარმოები.

4. XII-XIV საუკუნეებში შორეული აღმოსავლეთის ქვეყნებში (ჩინეთი, მონღოლეთი და სხვ.) მოგზაურობდნენ ევროპელი (ვენეციელი, გენუელი და სხვ.) ვაჭრები, დიპლომატები (რუბრუკვისი, პლანო კარპინი, მარკო პოლო და სხვ.), რომლებმაც დაწვრილებით აღწერეს განვლილი გზები და ქალაქები. XIV საუკუნეში უკვე დაიწყეს კომპასის გამოყენებით შორეული ნაოსნობა, რის მიხედვით შეიქმნა განსაკუთრებული სახეობის საზღვაო რუკები – პორტულანები.

5. XV საუკუნის შუა წლებიდან იწყება მოსამზადებელი წინა პერიოდი დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების განსახორციელებლად. დაიწყო ინდოეთში ზღვით მიმავალი მარშრუტის ძიება. გამოითქვა მოსაზრება აფრიკის შემოვლით ამ მარშრუტის განხორციელების შესახებ. მრავალმა მოგზაურმა და მეზღვაურმა დაზვერვითი

სამუშაოებში მიიღო მონაწილეობა, რითაც საფუძველი ჩაეყარა უფრო დიდ, გრანდიოზულ და მასშტაბურ მოგზაურობებსა და აღმოჩენებს.

6. XV საუკუნის მიწურულს დასავლეთ ევროპის ხალხთა ისტორიაში დაიწყო განსაკუთრებული ეტაპი, რომელიც დიდ გეოგრაფიულ მოგზაურობათა და აღმოჩენათა პერიოდის სახელითაა ცნობილი. კერძოდ, პირველად გადასერეს (კოლუმბი) ატლანტის ოკეანე და აღმოაჩინეს ახალი კონტინენტი – ამერიკა. დაადგინეს (ვასკო და გამა) ინდოეთისაკენ მიმავალი საზღვაო გზა. განხორციელდა (მაგელანი) დედამიწის ირგვლივ პირველი სანაოსნო ექსპედიცია. ამდენად, მცირე დროის მანძილზე განხორციელდა ფართო გეოგრაფიული აღმოჩენები.

7. XVII-XVIII საუკუნეებში არაერთი აღმოჩენა განხორციელდა რუსი მოგზაურების მიერ. მათ შორის, ჩრდილო ყინულოვანი ოკეანის თითქმის მთელი აზიური სანაპირო იქნა გამოკვლეული; მოეწყო მთელი რიგი ექსპედიციები და ლაშქრობები ციმბირში, რითაც საფუძველი ჩაეყარა ციმბირის სისტემატურ შესწავლას; ამავე პერიოდში ჰოლანდიელმა მოგზაურებმა მიაღწიეს ავსტრალიას და გამოიკვლიეს კიდეც. ინგლისელმა და ჰოლანდიელმა მოგზაურებმა შეისწავლეს, აგრეთვე, ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანის გზები – ევროპისა და ამერიკის ჩრდილო ნაწილები. XVIII საუკუნის ბოლოდან დიდი გამოკვლევები ჩატარდა ცალკეული კონტინენტების შიდა ნაწილების მეცნიერული შესწვლისათვის.

8. XIX საუკუნეში და განსაკუთრებით XX საუკუნეში გეოგრაფიული მეცნიერება არნახულად განვითარდა. დარგობრივი გეოგრაფიული დისციპლინების თეორიულმა გამოკვლევებმა ხელი შეუწყო გეოგრაფიული კომპლექსების შესწავლისადმი სინთეზური მიდგომის განვითარებას.

9. ქართული გეოგრაფიული ცოდნის განვითარება უძველეს პერიოდს მიეკუთვნება. მან განსაკუთრებული აღმავლობა განიცადა XVIII საუკუნეში, ამ პერიოდის თვალსაჩინო წარმომადგენელია ვახუშტი ბაგრატიონი, რომელმაც დეტალურად აღწერა საქართველოსა და მთელი კავკასიის გეოგრაფიული მდგომარეობა, შეადგინა დაწვრილებითი რუკები. ამავე პერიოდში ჩატარდა რიგი მოგზაურობები (სულხან-საბა ორბელიანი, ტიმოთე გაბაშვილი, იონა გედევანიშვილი, რაფიელ დანიბეგაშვილი), რომელთა სამოგზაურო შთაბეჭდილებები ეროვნული კულტურის საგანძურშია შესული. XX საუკუნეში კი ქართული გეოგრაფიული სკოლა მჭიდროდ იყო დაკავშირებული მსოფლიო გეოგრაფიულ გამოკვლევებთან.

თავი III. დედამიწის პლანეტარული თავისებურებანი

ზოგადი ცნობები. დედამიწის ფორმა და ზომები. გრავიტაცია. სახაათო ზოლები. დედამიწის გარშემოვლა მზის ირგვლივ. წელიწადის დროები — სეზონები. წელთაღრიცხვა და კალენდარი. გეოგრაფიული სივრცე. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. სამყაროს უკიდეგანო სივრცეში მოქცეული მზის სისტემა უმნიშვნელო სიდიდის მტვრის მარცვლად (თავი I) შეიძლება წარმოვიდგინოთ. ასევე ძალზე მცირეა დედამიწა მზის სისტემის რადიუსის სიდიდესთან შედარებით. თუმცა ჩვენ მიჩვეულნი ვართ სიდიდეებს, რომლებიც ბუნების ობიექტების ზომების თანაფარდია. ცხადია, ამ ზომებთან შედარებით დედამიწა უზარმაზარი სხეულია. დედამიწის პლანეტარული თავისებურებები შეისწავლება სხვადასხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა დარგების (ფიზიკა, ქიმია, გეოლოგია, გეოდეზია) მიერ. ამ თავისებურებათა ნაწილს დიდი გეოგრაფიული მნიშვნელობა ენიჭება. მათ შორისაა დედამიწის ფორმისა და ზომების, მასისა და გრავიტაციის, აღნაგობისა და მაგნეტიზმის, მოძრაობებისა და სხვა ნიშან-თვისებების სრულფასოვანი აღქმა, რომლის ერთიანი და სისტემური ანალიზი, თვით გეოგრაფიული გარსის წარმოშობის გზებისა და განვითარების პირობების, აგრეთვე მისი თანამედროვე სტრუქტურული მდგომარეობისა და მომავალი ცვლილებების ნათელი წარმოდგენის საფუძველი და წინაპირობაა.

დედამიწის პლანეტარული თავისებურებების შესწავლა კიდევ ერთი, მნიშვნელოვანი დებულების დამტკიცების საშუალებას იძლევა: მზის სისტემის, პლანეტებისა და სხვა სხეულების ფიზიკურ-ქიმიურ თავისებურებათა დედამიწასთან შედარებით ირკვევა, თუ რა საერთო და განმასხვავებელი ნიშან-თვისებები გააჩნიათ მათ. ეს კი სამყაროს სივრცის სხეულების ერთიანობასა და მთლიანობაზე, მათ საყოველთაო ერთგვაროვნებასა და თავისებურებათა განუსხვავებულობაზე მიუთითებს. ორივე შემთხვევაში საზეზეა დედამიწის პლანეტარული თავისებურებების გეოგრაფიული ინტერპრეტაციის სრული აუცილებლობა.

დედამიწის ფორმა და ზომები. დედამიწის ფორმის განსაზღვრისას მხედველობაში არ არის მიღებული მისი ტოპოგრაფიული ზედაპირის უსწორმასწორობა — რელიეფის პლანეტარული თუ სხვა მსხვილი ფორმები: კონტინენტები და ოკეანეები, მაღალი მთიანეთები და ღრმა ხეობები. რელიეფის ამ ფორმების პარამეტრები, დედამიწის რადიუსთან შედარებით, უმნიშვნელოდ მცირეა და დედამიწის ფიგურის განსაზღვრისას მხედველობაში არ მიიღება.

კაცობრიობის ისტორიის ათასწლეულების მანძილზე, ცივილიზაციის განვითარებასთან ერთად, შეხედულება დედამიწის ფორმის შესახებ თანდათანობით იცვლებოდა. ამ პრობლემის შესაბამისი მსოფლმხედველობრივი პროგრესი საერთო-მეცნიერული და, კერძოდ, გეოგრაფიულ-გეოდეზიური ცოდნის განვითარებასთან ერთად სულ უფრო განუხრელად ყალიბდებოდა, რომელთა საწყისები ძველი ეგვიპტის, ბაბილონის, ასურეთისა და ჩინეთის ცივილიზაციებშია დაფიქსირებული.

თავდაპირველად, დედამიწას ბრტყელი ან ოდნავ ამობურცული ზედაპირის მქონე სხეულად მიიჩნევდნენ. ძვ. წ. აღ-ით VI საუკუნეში, ძველ საბერძნეთში, პითაგორას

მოწაფეების მიერ, პირველად გამოითქვა აზრი დედამიწის სფეროსებურობის შესახებ. მათ შიერვე გამოინახა კიდევაც მისი დამამტკიცებელი ფაქტები. მათ შორის აღსანიშნავია: 1. მთვარის ზედაპირზე დედამიწის ლანდის (ჩრდილის) რკალური კონტურის (მთვარის დაბნელება) არსებობა მხოლოდ სფერული სხეულის (დედამიწის) ანარეკლს თუ შეუძლია; 2. ხილული ჰორიზონტის გაფართოება დაკვირვების სიმაღლის ზრდასთან (ცხრილი III.1) ერთად; 3. ცის თაღზე მნათობების მდებარეობის (ჰორიზონტთან შედარებით) ცვლილება დამკვირვებლის ეკვატორიდან პოლუსისაკენ ან, პირიქით – პოლუსიდან ეკვატორისაკენ გადაადგილების შემთხვევაში. დედამიწის სფეროსებურებაზე მიუთითებს ის ფაქტი, რომ ზღვის ნაპირზე მდგომი დამკვირვებლის მიმართ, გემის მოახლოებისას, ჯერ გამოჩნდება მისი ანძა, მერე კი კორპუსი. მოვლენა პირიქითაა, როცა გემი თანდათან შორდება იმავე დამკვირვებელს: თავდაპირველად ზღვაში „იძირება" გემის კორპუსი, ხოლო შემდეგ – ანძა.

ამრიგად, ანტიკურ ეპოქაში დაგროვილი ცოდნა დედამიწის სფეროსებური ფორმის დამამტკიცებელ უტყუარ ფაქტებს იძლეოდა. დღეს, დედამიწის სფეროსებურებას ადამიანი უშუალოდ ხედავს ხელოვნური თანამგზავრებიდან. ანტიკურ ხანაში ეს სრულიად დაუჯერებელი და წარმოუდგენელი ჩანდა. თუმცა დედამიწის მრგვალი ფორმის იდეამ შესაძლებელი გახადა მისი სიდიდის გაზომვა. ამ თვალსაზრისით, სფერულ გეომეტრიულ სხეულს მეტად უნივერსალური თვისება გააჩნია: მისი ყოველი, თუმცა, მცირე ნაწილი მთლიანი სფერული ფიგურის აღსადგენად სრულიად საკმარისია. ამასთან, რაც უფრო დიდია სფერო, მით უფრო გაშლილია მისი ზედაპირი და მცირეა სიმრუდე. ამ პარამეტრების გაზომვა კი დიდი წრის რადიუსით ხდება და არ არის დამოკიდებული ამ წრის ნაწილის (რკალის) სიგრძეზე.

დედამიწის რადიუსის სიგრძე, ძვ. წ. აღ-ით III საუკუნის სწავლულმა და მოაზროვნემ – ერატოსთენმა გამოთვალა. მან იცოდა, რომ ეგვიპტის ქალაქები – ალექსანდრია და სიენი (ამჟამად, ასუანი) ერთ მერიდიანზე (ნახ. III.1) მდებარეობენ. ამიტომ მათ შორის მანძილი დიდი წრის რკალს წარმოადგენდა, რომელიც ზუსტად იყო გაზომილი. დარჩა მხოლოდ მისი შესაბამისი რკალის შესატყვისი ცენტრალური კუთხის გაზომვა, რომელიც მაშინ მარტივად და გონებამახვილურად გადაიჭრა.

ცხრილი III.1.

ხილული ჰორიზონტის გაფართოება დაკვირვების სიმაღლის მიხედვით

დაკვირვების სიმაღლე, მ-ში	მანძილი ხილულ ჰორიზონტამდე, კმ-ში	დაკვირვების სიმაღლე, მ-ში	მანძილი ხილულ ჰორიზონტამდე, კმ-ში
1	3,6	50	25,2
2	5,0	100	35,7
4	7,1	200	50,5
6	8,7	1000	112,9
10	11,3	3000	195,5
20	16,0	5000	252,4
30	19,5	10000	357,1
40	22,6	20000	500,6

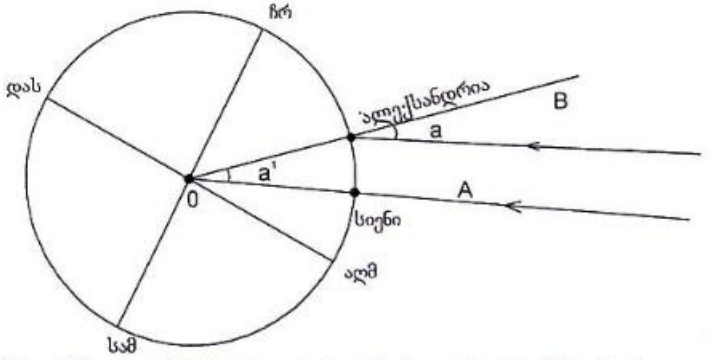
ერატოსთენმა გაიგო, რომ ზაფხულის დღეღამეთოლობის დროს, სიენის მიდამოებში, მზე ღრმა ჭების ფსკერამდე ანათებდა, ანუ ზენიტში იმყოფებოდა. ამავე დროს, ალექსანდრიაში, ერატოსთენის გაზომვებით, მზის სხივები დედამიწაზე მართობულიდან

$7^0 12'$ იყო გადაზრილი, რაც წრეხაზის სიგრძის 1/50 ნაწილს შეადგენდა. აქედან ერატოსთენმა დაასკვნა, რომ სიენსა და ალექსანდრიას შორის მანძილი წრეხაზის სიგრძის ორმოცდამეათედი სიდიდის ტოლი უნდა ყოფილიყო. მაშინ ამ მანძილის გაზომვა შესაძლებელი გახდა აქლემების ქარავანთა მიერ მის გასვლაზე დახარჯული დღეების მიხედვით. მან 5000 ბერძნული სტადია შეადგინა. აქედან, მთელი წრეხაზის (მერიდიანის) სიგრძე 50-ჯერ მეტი, ანუ 250 ათასი სტადია უნდა გამომდგარიყო. სამწუხაროდ, ძველბერძნული სტადიის ზუსტი სიგრძე ამჟამად ცნობილი არ არის. მისი საშუალო მნიშვნელობა 160 მ-ის ტოლადაა მიჩნეული. ამრიგად, ერატოსთენის განსაზღვრით დედამიწის გარშემოწერილობა 40000 კმ გამოდგა, რაც ძალიან უახლოვდება თანამედროვე გამოთვლებით მიღებულ სიდიდეს.

ერატოსთენის მიერ გაზომილი 22 ივნისის (ზაფხულის) შესაბამისი მზის სხივების დახრილობის ($7^0 12'$) კუთხე (a) ტოლი იქნება OA და OB შეეულების მიერ დედამიწის ცენტრში გადაკვეთისას მიღებული მოცემული რკალის შესაბამისი (a') კუთხისა, რომელიც a კუთხის შესატყვისია და, მაშასადამე, მისი ტოლია. აქედან გამომდინარე, ამ (a) კუთხის გაზომვით ერატოსთენმა შეიტყო ცენტრალური კუთხის (a') მნიშვნელობა და შესაბამისი რკალის გრადუსული სიდიდე, საიდანაც იოლად გამოითვლება ერთგრადუსიანი რკალისა და მთელი მერიდიანის სიგრძე.

ცხადია, რომ ერატოსთენის მიერ შესრულებული გამოთვლები შემთხვევითობის ელემენტს შეიცავდა, რადგან მან არ იცოდა ზუსტი მანძილი სიენასა და ალექსანდრიას შორის. ამის მიუხედავად, გამოთვლის იდეა ემყარებოდა სწორ მათემატიკურ პრინციპს, რომელიც ამჟამადაც კი მიღებულია და ეფუძნება 1^0-იანი რკალის სიგრძის გამოთვლის მეთოდს. ამ მიზნით, რამდენიმე ასეული კილომეტრის საბაზისო ხაზის ზუსტი სიგრძისა და ბოლო წერტილებზე ასტრონომიული დაკვირვების შედეგად ადგენენ თუ წრეხაზის სიგრძის (360^0-ის) რაოდენ წილს შეადგენს აღებული საბაზისო ხაზი. ელემენტარულად პოულობენ 1^0-იანი რკალის სიგრძეს, რომელსაც ამრავლებენ 360^0 და ღებულობენ დედამიწის ზედაპირის გარშემოწერილობას.

მაშინაც, ერატოსთენის მიერ, ამავე მეთოდის გამოყენებით, შესაძლებელი გახდა დედამიწის რადიუსის გამოთვლა. თუკი დედამიწის გარშემოწერილობა 250 ათას სტადიას შეადგენდა, მაშინ წრეხაზის სიგრძის მათემატიკური ფორმულით $2\pi R=250$ ათას სტადიას, ანუ 40 000 კმ-ს, საიდანაც $R \approx 6370$ კმ-ის ტოლი (39 810 სტადია) უნდა გამომდგარიყო.



ნახ. III.1. დედამიწის რადიუსის გაზომვა ერატოსთენის მიერ

შუა საუკუნეებში დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა განვითარება ფაქტობრივად შეჩერდა, ხოლო პლანეტის სფეროსებურობის იდეა უკუგდებულ იქნა. თუმცა მეცნიერების განვითარება ოდნავადაც არ შეჩერებულა შუა აზიაში, ახლო აღმოსავლეთსა და ჩინეთში. აღორძინების ეპოქაში მეცნიერება კვლავ აღმავლობის გზას დაადგა: ახალი რესურსების ძიების მიზნით ეწყობოდა მოგზაურობანი, რასაც მოჰყვა დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენები; პროგრესი განიცადა წარმოდგენებმა დედამიწის – როგორც პლანეტის შესახებ; კერძოდ, დადგინდა სამყაროს ჰელიოცენტრული სისტემის (ნ. კოპერნიკი) არსებობა, რომლის დამამტკიცებელი ფაქტები გამონახა გალილეო გალილეიმ; ი. კეპლერის მიერ პლანეტების მოძრაობის კანონებს ი. ნიუტონისეული მსოფლიო მიზიდულობის ახსნა დაედო საფუძვლად; დაგროვდა ფაქტები დედამიწის ეკვატორული გამოზნექილობის, ხმელეთისა და ოკეანეთა წყლის არათანაბარი განაწილების შესახებ; აღმოაჩინეს ანტარქტიდა, დაიწყო არქტიკის თანმიმდევრული შესწავლა.

როგორც მითითებული მასალა გვიჩვენებს, დედამიწის სფერული ფორმის შესახებ წარმოდგენა ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში არსებობდა. ეს იყო დედამიწის ნამდვილი ფორმის აღქმის პირველადი მიახლოება. თუმცა ჯერჯერობით უცნობი იყო მისი გამომწვევი მიზეზები. მხოლოდ ი. ნიუტონმა მოჰფინა (XVII ს.) ამ საკითხს ნათელი. მის მიერ აღმოჩენილი მსოფლიო მიზიდულობის ძალის შესაბამისად, რომელიც მიმზიდველი მასის ცენტრისკენაა მიმართული, დასტურდება დიდი სხეულების სფერულ ფორმად ჩამოყალიბება.

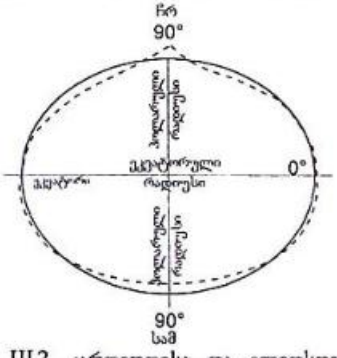
თითქოს წარმოუდგენელია მყარი და მტკიცე სხეულების მიზიდულობის გავლენით სფერული დეფორმაციის „ნებაზე სიარული". მაგრამ უნდა ვივარაუდოთ, რომ მყარი სხეულების სიმტკიცე უსაზღვრო როდია. მართლაც, ხანგრძლივი დროის განმავლობაში დიდი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში, სხეული პლასტიკურ უნარს იძენს, რაც მისი მასის ზრდის შემთხვევაში, მიზიდულობის ძალის გამო, მყარი სხეულების სფერული ფორმის მქონე ფიგურად ჩამოყალიბების საწინდარი ხდება. ამიტომ, მცირე ზომის ასტეროიდებს უსწორმასწორო ფორმა აქვთ შენარჩუნებული, ხოლო დიდ პლანეტებს სფერული ფიგურა უვითარდებათ.

აღნიშნული მსჯელობა თითქოს ეწინააღმდეგება გეოგრაფიულ ობიექტებზე ყოველდღიური დაკვირვების შედეგებს. მართლაც, ჩვენ გარშემო არსებული დიდი მთიანი სისტემები და ღრმულები სიმძიმის ძალის მიუხედავად, დედამიწის სფეროს არ მორგებულან და საკმაოდ რთულ უსწორმასწორობას ქმნიან. ამ გეოგრაფიული „პარადოქსის" ახსნა ძნელი არ არის. რაკი რელიეფის ამგებელი სხეულები მყარი მასალისგან შედგება და შედარებით მცირე მასისაა, მათი ზედაპირები არ ემორჩილებიან რა სიმძიმის ძალას, დროებით წონასწორობას ინარჩუნებენ. მთებში სიმაღლის ზრდა მისი მასის სხეულის სიმტკიცეზე გადამეტებას გამოიწვევს. ამის გამო, დაიწყება მთების ჩამოზვავება და სიმაღლის შემცირება. ასე რომ, დედამიწაზე მთების სიმაღლითი გავრცელება შეზღუდულია პლანეტის მასის, სიდიდისა და ამგებელი ქანების სიმტკიცის შესაბამისად.

ამგვარად, ჯერ კიდევ შუა საუკუნეებში, ცნობილი გახდა დედამიწისა და სხვა ციური სხეულების სფერული ფორმის გამომწვევი მიზეზები. ამავე დროს, ი. ნიუტონისავე აზრით, დედამიწა ზუსტად სფერული სხეული არ უნდა ყოფილიყო. მართლაც, დღეს უკვე ცხადია, რომ დედამიწის ცენტრიდანულ ძალებს სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგო მიმართულება აქვს. პირველი მათგანის სიდიდე მიზიდულობის

პარამეტრებთან შედარებით ნაკლებია, მაგრამ უწყვეტი და ხანგრძლივი ზემოქმედების გამო, საკმაოდ შესამჩნევადაა გამოვლენილი. იგი უდიდესია ეკვატორულ სიბრტყეზე, სადაც ბრუნვის ხაზობრივი სიჩქარე ყველაზე მაღალია, ხოლო პოლუსების მიმართულებით თანდათან კლებულობს.

აქედან გამომდინარე, პოლარულ არეში ცენტრისკენული მიზიდვა უფრო ძლიერია და, ამიტომ მისი ზედაპირიც ცენტრთან უფრო მიახლოებულია. ამდენად, დედამიწის მერიდიანის ფორმა ელიფსურია, რომლის მოკლე ღერძი პოლარულ, ხოლო დიდი, ეკვატორულ რადიუსებს ემთხვევა. მოკლე ღერძის გარშემო ბრუნვისას, ამგვარი ელიფსი შემოფარგლავს ფიგურას, რომელსაც ბრუნვის ელიფსოიდს უწოდებენ. დედამიწის ამგვარი ფორმის (ნახ. III.2) აღიარებას მივყავართ მისი ჭეშმარიტი ფიგურის უფრო ღრმა შეცნობასთან, ანუ რეალურობისადმი მეორე მიახლოებასთან.



ნახ. III.2. კარდიოდისა და ელიფსოიდის ურთიერთშედარება
------- კარდიოდი
——— ელიფსოიდი

აღნიშნული დასკვნის შემოწმება საკმაოდ ადვილია. როგორც ჩანს, სფეროსაგან განსხვავებით, მერიდიანის ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძე ყველა განედზე თანასწორი არ არის. ეკვატორზე იგი ნაკლებია (ცხრილი III.2), ხოლო პოლუსებისაკენ თანდათანობით მატულობს: ეკვატორზე მერიდიანის 1^0-იანი რკალის სიგრძე 110,6 კმ-ია, ხოლო ჩრდილოეთი განედის 80^0-ზე იგი 111,7 კმ-ის ტოლია. დედამიწის ელიფსოიდის სიდიდეების ზუსტი გამოთვლების მიხედვით ეკვატორული რადიუსის (a) სიგრძე 6378245 მ-ის, ხოლო პოლარულისა (b) კი 6356863 მ-ის ტოლია. როგორც ჩანს, პოლარული რადიუსი ეკვატორულთან შედარებით 21382 მ-ით ნაკლებია. აქედან გამომდინარეობს დედამიწის პოლარული შეკუმშულობის (a) გამოთვლის შესაძლებლობა:

$$a = \frac{a - b}{a}.$$

ამ სიდიდეს საკმაოდ მცირე მნიშვნელობა (1 : 298,3) აქვს. იგი დედამიწის ელიფსოიდსა და სფეროს პარამეტრებს შორის მხოლოდ უმნიშვნელო განსხვავებაზე მიუთითებს.

ცხრილი III.2.

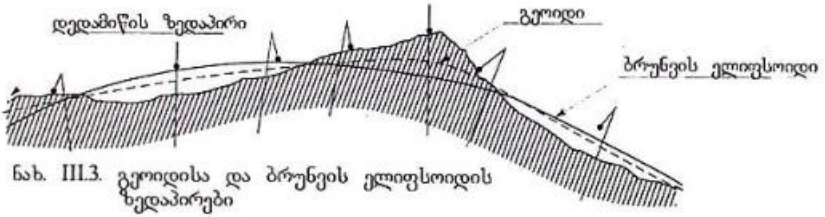
მერიდიანის 1^0-იანი რკალის სიგრძის მაჩვენებლები განედების მიხედვით

გეოგრაფიული განედი, გრად.	მერიდიანის 1^0-იანი რკალის სიგრძე, კმ-ში
0	. . . 110,6
20	. . . 110,7
40	. . . 111,0
60	. . . 111,4
80	. . . 111,7

დედამიწის ელიფსოიდის ზუსტი გამოთვლებით დადგინდა, რომ იგი სამღერძიანი სხეულია. მას არა მარტო პოლარული, არამედ ეკვატორული შეკუმშულობაც ახასიათებს. ეს სიდიდე უმნიშვნელოდ (1 : 30000) მცირეა. ამის გამო ეკვატორი წრეს კი არა, ელიფსს წარმოადგენს, რომლის უდიდეს და უმცირეს რადიუსებს შორის სხვაობა 213 მ-ს შეადგენს. ამდენად, სამღერძიანი ელიფსოიდი დედამიწის ჭეშმარიტი ფორმის შეცნობის მესამე მიახლოებაა.

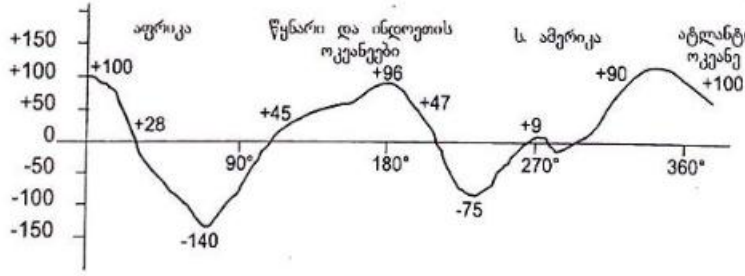
ელიფსოიდის პარამეტრების თანამედროვე გაანგარიშებამ გვიჩვენა, რომ არც პოლარული რადიუსებია ერთმანეთის ტოლი. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს პოლარული ნახევარღერძი 70 – 100 მ-ით უფრო გრძელია, ვიდრე მისი სამხრული გაგრძელება. ცხადია, რომ არათანაბარია ამ ნახევარსფეროების პოლარული შეკუმშულობებიც. ამგვარ, გულისმაგვარ (მსხლისებურ) ფიგურას, რომელიც სამხრეთ პოლუსთან უფრო ჩაზნექილია, ვიდრე მის საპირისპირო მხარეს – კარდიოიდული ელიფსოიდი (ნახ. III.2) ეწოდება. ამით მიღწეულია დედამიწის ნამდვილი ფორმის აღქმის მეოთხე მიახლოება.

ამავე დროს, დედამიწის გრავიმეტრიული და გრადუსული პარამეტრების საფუძვლიანი შესწავლის შედეგად აღმოჩნდა, რომ ის არც ერთ გეომეტრიულ ფიგურას არ ესადაგება. ასეთ, არაგეომეტრიული ფიგურის მქონე სხეულს გეოიდს უწოდებენ. ამგვარი, უსწორმასწორო ზედაპირი მიიღება ე.წ. დონებრივი ზედაპირით, რომლის ყოველ წერტილში სიმძიმის ძალის მიმართულება პერპენდიკულარულია. გეოიდის ზედაპირი თანხვდენილია ოკეანეების წყლის დონესთან, რომელიც წარმოსახვით შეიძლება გადავიტანოთ (ნახ.III.3) ხმელეთის ფიზიკური იერსახის ქვეშ. აქედან



ნახ. III.3. გეოიდისა და ბრუნვის ელიფსოიდის ზედაპირები

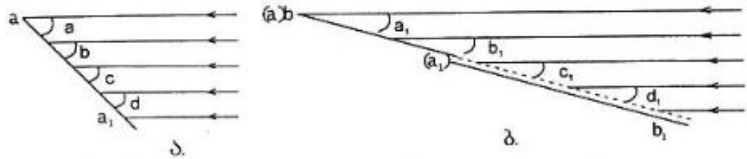
ცხადია, რომ გეოიდის 70%-ზე მეტი ოკეანის დონეს თანხვდება. გეოიდის ზედაპირი ყველგან ამოზნექილია, რაც ოკეანის ზედაპირის ამობურცულობაზე მიუთითებს. ამავე დროს, გეოიდი და სფეროიდი ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან. მათ შორის გადახრის მაჩვენებელი, ზოგიერთი გამონაკლისის გარდა, მერყეობს ±100 მ-ის ფარგლებში (ნახ.III.4). დედამიწის სფეროიდის ფორმის შენარჩუნება შეიძლებოდა



ნახ. III.4. გეოიდის ეკვატორული პროფილი

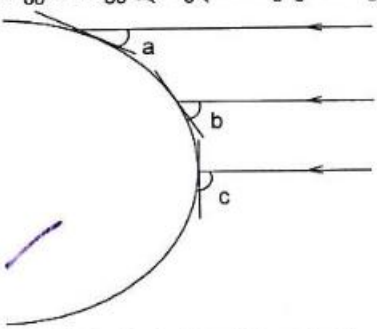
იმ შემთხვევაში, თუ მისი სიმკვრივეები ცენტრისაკენ კონცენტრულად განლაგდებოდნენ. სინამდვილეში, ეს პირობა, ცხადია, დაცული არ არის. დედამიწის ზედაპირის რელიეფის არაერთფეროვნება მასების არაერთგვაროვან გადანაწილებას იწვევს, რასაც სფეროიდისაგან განსხვავებული ფიგურის ფორმირებამდე მივყავართ.

ამგვარად, დედამიწის ჭეშმარიტი ფორმა საკმაოდ რთულია. თუმცა, გეოდეზიური გაზომვებისა და კარტოგრაფიული საქმიანობის თვალსაზრისით, ორღერძიანი ელიფსოიდის მხედველობაში მიღება სრულიად საკმარისია. ამავე დროს, გეოგრაფიული კანონზომიერებების (ზონალურობა, რიტმულობა, აზონალურობა და ა.შ.) დადგენისა და აღქმის მიზნით დედამიწის ნამდვილი ფორმის სფეროსაგან განსხვავების უგულებელყოფა სრულიად დასაშვებია.



ნახ. III.5. მზის სხივების დაცემის კუთხეები დახრილ (ა და ბ) ზედაპირებზე

გეოგრაფიული თვალსაზრისით, დედამიწის სფეროსებურობიდან გამომდინარეობს მთელი რიგი შედეგები. მათგან უმნიშვნელოვანესია სითბოს გადანაწილება დედამიწის ზედაპირზე. უზარმაზარი მანძილის გამო დედამიწისაკენ მომავალი მზის სხივები ერთმანეთის პარალელურად შეიძლება ჩაითვალოს. ეს სხივები ნებისმიერი ორიენტირების რაიმე ბრტყელ ზედაპირზე ტოლი დახრილობის (ნახ.III.5) კუთხეებს წარმოქმნიან. სინამდვილეში კი მზის სხივები დედამიწის მრგვალ (ბურთისებურ) ზედაპირზე (ნახ.III. 6) ეცემა. ამის გამო, მზის სხივები მრგვალ ზედაპირზე ერთმანეთისაგან განსხვავებული სიდიდის კუთხეებს ქმნის. ამავე დროს, ისინი ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ კანონზომიერად (ზონალურად) მცირდებიან. მზის სხივებისადმი შედარებით ნაკლებად დახრილ (ა) ზედაპირზე (დაბალი განედები) სხივების ინტენსიურობა აღემატება რა უფრო მეტად დახრილ (ბ) მონაკვეთზე შემოსული რადიაციის ინტენსიურობას, დედამიწის ზედაპირზე სითბო არათანაბრადაა განაწილებული, რაც, საბოლოო ანგარიშით, მოვლენათა ზონალურობის გამომწვევი მიზეზია. ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ სითბოს თანდათანობითი შესუსტება და ამავე მიმართულებით გეოგრაფიული ზონების (სარტყლების) ფორმირება, გეოგრაფიულ გარსში მიზეზშედეგობრივი კავშირების გამოვლინების ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია.



ნახ. III.6. მზის სხივების დახრის კუთხეები მრგვალ ზედაპირზე
a<b<c

დედამიწა უზარმაზარი ციური სხეულია, რომლის სიდიდე და ზომები განაპირობებენ გეოგრაფიული გარსის რიგ გეოგრაფიულ კანონზომიერებებს. პლანეტის, როგორც

გეომეტრიული ფიგურის უმთავრესი პარამეტრების განზომილებებიც, შესაბამისად, პლანეტარულ ზომებს აღწევენ: საშუალო რადიუსის (იმ სფეროს რადიუსი, რომელიც დედამიწის ელიფსოიდის მოცულობის ტოლია) სიგრძე 6371,110 კმ-ის ტოლია; ამავე სხეულის მერიდიანის სიგრძე 40005,550 კმ უდრის; დედამიწის ფართობი 510,1 მლნ. კმ^2-ია, ხოლო მოცულობა 1,083 x 10^{12} კმ^3-ს შეადგენს; დედამიწის მასა 5,98x 10^{27} გრ-ის ტოლია, რაც მზის მასის 1 :333432 ნაწილს შეადგენს; საშუალო სიმკვრივე 5,52გრ.სმ$^{-3}$-ია. დედამიწის მასა გრავიტაციული (მიზიდულობის) ბერხის გამოყენებით გამოიანგარიშება. თუმცა იგი დედამიწის საშუალო სიმკვრივისა და მისი მოცულობის ნამრავლის ტოლია. დედამიწის ქერქის შემადგენელი ქანების სიმკვრივე (3გრ.სმ$^{-3}$) ღრმა ფენებში სწრაფად უნდა მატულობდეს. მართლაც, გამოთვლების თანახმად, მის ცენტრში სიმკვრივე 15-17 გრ.სმ$^{-3}$-ის ტოლი გამოდგა, ხოლო წნევამ 3,5 მლნ. ატმოსფერო შეადგინა.

აღნიშნული სიდიდეების განზომილებათა გრანდიოზულობას თავისი გეოგრაფიული გამოხატულება აქვს. დედამიწა, თავისი უზარმაზარი მასით, შემოაკავებს რა მის გაზოვან გარსს, განაპირობებს ატმოსფერული მოვლენების (ნალექები, სითბო, ცირკულაცია, რადიაციის გარდაქმნა) მიმდინარეობას. დედამიწის მიერ ატმოსფეროს შემოკავება დამოკიდებულია ჰაერის ნაწილაკების სიჩქარეზე. თუკი მათი სიჩქარე მიზიდულობის ძალას გადააჭარბებს (გასხლტომის სიჩქარე), მაშინ ისინი სამუდამოდ დატოვებენ დედამიწას. ასეთი სიჩქარე ჩვენს პლანეტაზე 11,2 კმ/წმ$^{-1}$-ის ტოლია. ატმოსფერული ნაწილაკების გადაადგილება რამდენჯერმე ჩამორჩება აღნიშნულ სიჩქარეებს. მხოლოდ წყალბადისა და ჰელიუმის ატომები მოძრაობენ გასხლტომის სიჩქარეზე უფრო სწრაფად. ამიტომ ისინი თავისუფალი სახით ატმოსფეროში კი არ არსებობენ, არამედ მხოლოდ მის ზედაფენებსა და ახლო კოსმოსურ სივრცეში იფანტებიან.

ამრიგად, ატმოსფეროს გარსის შემოკავება დედამიწის მასითაა განპირობებული. გარდა ამისა, ატმოსფეროს მრავალი სასიცოცხლო მნიშვნელობა გააჩნია. სწორედ მასთანაა დაკავშირებული ატმოსფერული ნალექებისა და სინოტივის არსებობა, ზღვებისა და ოკეანეების ტენის ხმელეთზე გადატანა, ოკეანური ტალღების ფორმირება, მიწისქვეშა და ზედაპირული წყლების გავრცელება, ქარები და მათი მუშაობა, ამინდისა და კლიმატის ფორმირება, სიცოცხლის წარმოშობა და განვითარება. ატმოსფეროში მიმდინარეობს, აგრეთვე მზის სხივური ენერგიის გარდაქმნა სითბურ ენერგიად. იგი ახდენს: ქიმიურ ზემოქმედებას დედამიწის ქერქზე, სითბოსა და სინოტივის განაწილების რეგულირებას, ორგანიზმების დაცვას ულტრაიისფერი სხივებისაგან. ატმოსფერო წარმოადგენს ძირითად გარემოს, სადაც მიმდინარეობს ბგერის წარმოქმნა და გავრცელება. იგი სითბოს დიდი აკუმულატორია.

გრავიტაცია. დედამიწაზე მიმდინარე ყველა გეოგრაფიული მოვლენა – კლდეზვავები და მეწყერები, თოვლის ზვავები და ქვათაცვენა, წყლებისა და მყინვარების ნაკადები, ოკეანური დინებები სიმძიმის ძალით წარიმართება, ანუ გრავიტაციის (სიმძიმის) კონტროლს ექვემდებარება. დედამიწის ბრუნვის გამო სიმძიმის ძალა პოლარულ მხარეში უფრო მეტი მნიშვნელობისაა, ვიდრე დაბალ განედებში. ასევე არათანაბარია სიმძიმის ძალის აჩქარებაც. ელიფსოიდურ დედამიწაზე სიმძიმის ძალის აჩქარება ეკვატორზე (978 სმ წმ$^{-2}$) დაბალია პოლუსებთან (985 სმ წმ$^{-2}$) შედარებით. ცხადია, რომ ზომიერ სარტყელში (თბილისში 980 სმ წმ$^{-2}$) იგი საშუალო მნიშვნელობისაა.

დედამიწის არაერთგვაროვანი აღნაგობის გამო, არცთუ იშვიათად ადგილი აქვს

ამ პირობის დარღვევას. ამიტომ ზოგან სიმძიმის ძალის აჩქარება უფრო მეტია, ვიდრე მისი თეორიული მნიშვნელობა (დადებითი ანომალია). ამავე დროს, ადგილი აქვს სიმძიმის ძალის აჩქარების უარყოფითი ანომალიების არეალების ფორმირებასაც. ცხადია, რომ აღნიშნული ანომალიური ფრაგმენტების წარმოქმნა წიაღის ამგებელი ქანების შედგენილობის მკვეთრ ცვლილებებთანაა დაკავშირებული. შედარებით მსუბუქი ქანებით აგებულ არეალებში სიმძიმის ძალა მცირდება, ხოლო მძიმე ქანების შემთხვევაში, პირიქით – იზრდება. სიმძიმის უარყოფითი ანომალია შეესაბამება ალპების, კავკასიონის, პამირის მთიან სისტემებს, ხოლო წყნარ ოკეანეზე იგი დადებითია. ასევე არაერთგვაროვნება მთების ქვეშ (50-60 კმ-ის სიღრმეზე) გრანიტის (2,8 გრ.სმ$^{-3}$), ხოლო ოკეანის ფსკერზე ბაზალტური ქანების (3,2 გრ.სმ$^{-3}$) არსებობაზე მიუთითებს.

სიმძიმის ძალის აჩქარება დედამიწის სიღრმეშიც იცვლება. ამავე დროს, თავიდანვე იგი იზრდება და მაქსიმუმს 2900 კმ-ის სიღრმეზე აღწევს, ხოლო უფრო ღრმად – თანდათანობით მცირდება, პლანეტის ცენტრში კი ნულის ტოლი ხდება. ერთგვაროვანი აგებულების შემთხვევაში, სიმძიმის ძალის შემცირება ზედაპირიდან ცენტრისაკენ თანაბარი იქნებოდა.

დედამიწის ცენტრში, სიმძიმის ძალის აჩქარების საპირისპიროდ, ნივთიერებათა წნევა საგრძნობლად დიდია. წნევას აქ ცენტრის კონცენტრულად მდებარე ფენების სიმძიმე იწვევს. ამიტომ სიღრმის ზრდასთან ერთად წნევის მატებას აქვს ადგილი, ხოლო დედამიწის ბირთვში გრანდიოზულ სიდიდეს (3,5 მლნ. ატმოსფერო) აღწევს.

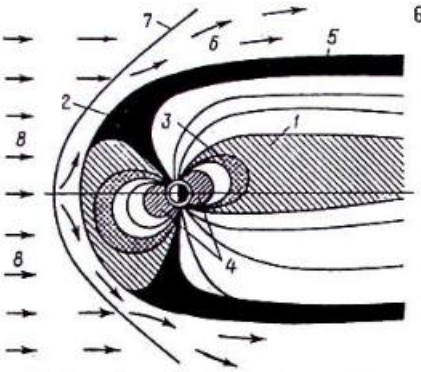
სიმძიმის ძალის გაზომვას გრავიმეტრით ახდენენ. მიღებული მონაცემების საფუძველზე შესაძლებელია გრავიმეტრიული რუკების შედგენა, რაც სიმძიმის ძალისა და გეოლოგიურ აღნაგობას შორის კავშირების დადგენის საშუალებას იძლევა. ამდენად, გრავიმეტრიული მონაცემები ხშირად ნათელ წარმოდგენას გვაძლევს წიაღის აგებულების შესახებ.

დედამიწის წიაღში ნივთიერებათა კონცენტრული გადანაწილება, სწორედ გრავიტაციის შედეგია. ცხადია, რომ პლანეტის წარმოშობიდანვე მძიმე ნივთიერებები დედამიწის ცენტრისაკენ, ხოლო მსუბუქი – ზედაპირისაკენ განიცდიდნენ მოძრაობას. ამის გამო, ბირთვში მძიმე ნივთიერებები აღმოჩნდნენ, შუაში – ნაკლებად მძიმე, ზედაპირთან კი მსუბუქი სხეულები „ამოტივტივდნენ“. ამდენად, ასეულობით მილიონი წლების განმავლობაში, დედამიწის მყარ სხეულში, გრავიტაციული დიფერენციაციის წყალობით, სხვადასხვა სიმკვრივის კონცენტრული სფეროები ჩამოყალიბდნენ.

მაგნეტიზმი. ჯერ კიდევ ძველ დროში – ამ ოთხი ათასი წლის წინ, ჩინეთში იცოდნენ რა დედამიწის მაგნიტური ველის არსებობა და მისი ბუნება, შორეულ უდაბნოებში მოგზაურობისას, წარმატებით იყენებდნენ მიმართულების მიმანიშნებელ მაგნიტურ თვისებას. ბევრად უფრო გვიან, (XII-XIII სს.) ევროპელებმა მაგნიტური ველის აღნიშნული თვისების საფუძველზე კომპასი დაამონტაჟეს. ამჟამად კი ცნობილია, რომ დედამიწა უზარმაზარ მაგნიტს (ნახ.III.7) წარმოადგენს. მას ორი კარგად გამოსახული მაგნიტური პოლუსი გააჩნია. ამავე დროს, მაგნიტური და გეოგრაფიული პოლუსები ერთმანეთს არ ემთხვევა. ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსი მდებარეობს კანადის არქტიკულ არქიპელაგში, ხოლო მისი სამხრეთი წვერი ანტარქტიდის აღმოსავლურ სანაპიროზეა წარმოდგენილი.

მაგნიტურ პოლუსებს შორის აღრულ ძალხაზებს მაგნიტურ მერიდიანებს უწოდებენ. ცხადია, რომ გეოგრაფიული მერიდიანები მაგნიტურ ძალხაზებს არ ემთხვევა. ასეთ მოვლენას მაგნიტურ დეკლინაციას (გადახრა, განხრა) უწოდებენ. ამასთან ერთად,

თუ მაგნიტური ძალხაზი გეოგრაფიული მერიდიანის აღმოსავლეთითაა გადახრილი, დადებით დეკლინაციას აქვს ადგილი; წინააღმდეგ შემთხვევაში კი — დეკლინაცია უარყოფითია. დეკლინაციის სიდიდე 0^0-დან 180^0-მდე იცვლება.



ნახ. III.7. დედამიწის მაგნიტოსფეროს მერიდიანული ჭრილი (ჯ. კულიკოვისა და ნ. სიდორენკოვის მიხედვით)

1. პლაზმური ფენა – მაგნიტოსფეროს „კუდი";
2. პოლარული ნაპრალი;
3. რადიაციული სარტყელი;
4. პლაზმოსფერო;
5. პლაზმური მანტია;
6. მაგნიტოპაუზა;
7. დარტყმის ტალღის ფრონტი;
8. მზის ქარი

ხშირად მაგნიტური ისარი თავისივე ძალხაზის გასწვრივ ჰორიზონტული არ არის. ჩრდილოეთ მაგნიტურ ნახევარსფეროში ისრის პერიფერიული ნაწილი ქვევითაა დახრილი, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში თარაზული მდგომარეობიდან გადახრილია ისრის სამხრული ბოლო. ამ მოვლენას ინკლინაციას (დახრა) უწოდებენ. დახრის კუთხე 0^0-დან 90^0-მდე მერყეობს. ამასთან, მაქსიმალურ დახრილობას პოლუსებთან აქვს ადგილი, ხოლო მათგან დაშორებით ინკლინაცია მცირდება და მაგნიტურ ეკვატორზე ნულის ტოლი ხდება.

ამდენად, მაგნიტური მერიდიანების ქსელს დედამიწაზე კანონზომიერი გავრცელება ახასიათებს. თუმცა, არცთუ იშვიათად, მაგნიტური ელემენტები საერთო სურათისაგან განსხვავებულ ქცევას ამჟღავნებენ. ასეთი არეალები მაგნიტური ანომალიის ნიშნებით ხასიათდებიან. ანომალურია ოდესის, კრივოი-როგის, კურსკის, ურალის, ციმბირის, ავსტრალიის, აღმოსავლეთი და სამხრეთი აფრიკის, კანადის რეგიონები, რაც რკინის გამადნებასთანაა დაკავშირებული.

დედამიწის მაგნიტური ველი ცვალებადია დროშიც. მაგნიტური ელემენტების ცვლა ნელი პროცესია და საუკუნეობრივი ვარიაციით ხასიათდება. ამიტომ მაგნიტურ რუკებს ყოველ ხუთ წელიწადში ცვლიან. ხშირია მაგნიტური ელემენტების ხანმოკლე და ძლიერი აღელვებებიც. მათ მაგნიტური ქარიშხლების გამოწვევა შეუძლიათ, რომელთა მიზეზები კოსმოსურ მოვლენებთანაა დაკავშირებული. ასევე ცნობილია მაგნიტური თვისებების შეძენის, ანუ ინდუქციური დამაგნიტების შემთხვევები.

სხეულის (ქანის) დამაგნიტების შედეგად მას შეძენილი მაგნეტური თვისება რჩება. მაგმურ ქანებში, გადმონაშთი მაგნეტიზმის მიხედვით, მათ დათარიღებასთან ერთად, შესაძლებელია გეოლოგიური წარსულის მაგნიტური პოლუსების მდებარეობის განსაზღვრა, ან კიდევ, თვით კონტინენტების დრეიფის გარკვევა. მეცნიერთა ვარაუდით, მიწის ქერქის ზედაპირული, 30-40 კმ-იან ფენას, უნარი აქვს შექმნას სუსტი მაგნიტური ველი. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ დედამიწის მაგნიტური ველის აღძრას ელექტრული დენები იწვევენ, რომელთა წარმოშობა მის წიაღში მიმდინარეობს.

გეომაგნიტური ველის არსებობას არა მარტო მეცნიერული, არამედ პრაქტიკული მნიშვნელობაც გააჩნია. კაცობრიობა — გეომაგნიტურ ველს აუცილებლად საჭიროებს:

უპირველესად, მაგნიტოსფეროს რადიაციული სარტყლები დედამიწის ყოველ ცოცხალს იცავს მზის დამლუპველი გამოსხივებისაგან; მაგნიტური ველის გავლენით შესაძლებელი ხდება საფრენი აპარატების, სანაოსნო საშუალებების, წყალქვეშა გემების სწორი ორიენტირება სივრცეში; საძიებო ექსპედიციებსა და ტურისტულ ლაშქრობებში კომპასი ხშირად გზის ერთადერთი მაჩვენებელია; სამთო კომპასით სარგებლობენ შრეთა წოლის ელემენტების დასადგენად; მაგნიტური ველის მკვეთრი დახრა (ანომალია) წიაღისეულის არსებობაზე მიუთითებს; მაგნიტური ველის აღელვებათა შედეგად მაგნიტური ქარიშხლების წარმოშობას აქვს ადგილი, რომელსაც თან სდევს რადიოკავშირებისა და ტელეტრანსლაციების შეფერხება; ამ დროს შეუძლებელია კომპასით ორიენტირება. ამიტომ მათ შესახებ დროულად უნდა იცოდნენ საავიაციო და სანაოსნო ფლოტის სამსახურებმა.

დედამიწის მოძრაობანი. დედამიწა სამყაროს სივრცეში ერთი ათეულზე მეტ სხვადასხვა სახის მოძრაობას ასრულებს. მათ შორის, გეოგრაფიული მოვლენების აღქმის თვალსაზრისით, აღსანიშნავია: დედამიწის ბრუნვა თავისი წარმოსახვითი ღერძის გარშემო; დედამიწის გარშემოვლა მზის გარშემო ანუ ორბიტალური მოძრაობა და დედამიწა – მთვარის საერთო სიმძიმის ცენტრის გარშემო შემობრუნება. დედამიწის ამ მოძრაობათა პრაქტიკულ შედეგებს ყოველთვის ვხედავთ ჩვენ ყოფა-ცხოვრებაში. ჩვენ მიჩვეულნი ვართ დროის აღრიცხვას. ამისათვის, ჩვეულებრივ საათს ვიყენებთ. მაგრამ დროის გასაზომად ბუნებამ გვიბოძა სათანადო საშუალება. ეს დროის ის შუალედია, რომელსაც ანდომებს დედამიწა, საკუთარი ღერძის გარშემო, ერთხელ სრულად შემობრუნებისას. ეს შუალედი – ვარსკვლავთმიერი დღე-ღამეა. დროის გასაზომად სხვა ერთეულებიც იხმარება: ხანგრძლივი შუალედებისათვის – კვირა (7 დღე-ღამე), წელიწადი (365 დღე-ღამე), საუკუნე; მოკლე შუალედებისათვის – საათი, წუთი, წამი.

ამდენად, დროის აღრიცხვის მიზნით თვალყური უნდა ვადევნოთ დედამიწის ბრუნვას ღერძის გარშემო. მაგრამ, რადგან დედამიწის ბრუნვასთან ერთად მოძრაობს მთელი ჩვენი მიწიერი გარემო, ამ ბრუნვის პროცესს ჩვენ უშუალოდ ვერ ვაკვირდებით. ამიტომ დედამიწის ბრუნვის შესახებ ზუსტი ინფორმაცია ასტრონომიული მეთოდების (დაკვირვება ცის სხეულებზე) გამოყენებით თუ შეიძლება.

დედამიწის ბრუნვა და მისი შედეგები. ცნობილია, რომ (თავი I) ციური სხეულები — პლანეტები, ყოველგვარი გამონაკლისის გარეშე, ასრულებენ ბრუნვას თავიანთი წარმოსახვითი ღერძის გარშემო. გამონაკლისი არც დედამიწაა. იგი ბრუნავს რა თავისი ღერძის გარშემო, ამ მოძრაობას ასრულებს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ (თუ დედამიწას დავხედავთ ჩრდილოეთ პოლუსიდან) და სრული შემობრუნება ხორციელდება დროის (24 საათი) განმავლობაში, რომელსაც დღე-ღამე ეწოდება. ცხადია, რომ დედამიწის ეკვატორის გასწვრივი გარშემოწერილობა $2\pi \cdot 6400$ კმ-ის ტოლია. ამიტომ, დღელამური ბრუნვით განპირობებული ეკვატორზე მდებარე ნებისმიერი წერტილის წრფივი სიჩქარე

$$v = \frac{2\pi \times 6400}{24 \times 3600} = 0{,}5 \text{ კმწმ}^{-1}\text{-ია.}$$

ამასთან, ეკვატორს დაშორებულ პარალელებზე მდებარე რაიმე წერტილის წრფივი სიჩქარე, მით უფრო ნაკლებია, რაც უფრო ახლოსაა ის პოლუსთან, ანუ, რაც უფრო მცირეა პარალელების სიგრძეები. სახელდობრ, თბილისის განედზე წრფივი სიჩქარე 370 მ წმ$^{-1}$ ტოლია, სანკტ-პეტერბურგის განედზე კი 250 მ წმ$^{-1}$ შეადგენს.

დედამიწის ბრუნვით მოძრაობას უშუალოდ დედამიწაზე მდგომი დამკვირვებელი ვერ შეიგრძნობს. მას მიაჩნია, რომ ცის სფერო ბრუნავს აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ, ანუ დედამიწის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამიტომ ძველ დროს, საუკუნეების განმავლობაში დედამიწა უძრავად მიაჩნდათ და თვლიდნენ, რომ ყველა ციური სხეული მის გარშემო მოიქცევა. ამ შეხედულებას ემყარებოდა პტოლომეოსის თეორია, რომელიც მხოლოდ XVI საუკუნეში შეცვალა სწორმა – კოპერნიკისეულმა მოძღვრებამ.

დედამიწის ბრუნვის დამამტკიცებელი ფაქტები საკმაოდ მოგვეპოვება. ერთ-ერთი მათგანით დასტურდება ვარდნილი სხეულების გადახრა აღმოსავლეთით. დიდი სიმაღლიდან, მაღალი ანძიდან, ჩამოვარდნილი სხეული სიმძიმის ძალით ვერტიკალურად უნდა დაეშვას. სინამდვილეში კი სხეული შეეული მიმართულებიდან ოდნავ გადაიხრება აღმოსავლეთით. ეს გადახრა დედამიწის ღერძის გარშემო ბრუნვის შედეგია: დედამიწის ბრუნვისას მაღალი ანძის თავზე წრფივი სიჩქარე უფრო მეტია, ვიდრე მის ფუძეზე ანუ დედამიწის ზედაპირზე. ამიტომ ანძის წვერიდან ჩამოგდებული სხეული სიმძიმის ძალით დაეშვება რა ქვემოთ, ამავე დროს, ინერციის გამო შეინარჩუნებს იმ წრფივ სიჩქარეს, რომელიც მას თავდაპირველად ჰქონდა. ამის გამო სხეული ანძის ძირში აღმოსავლეთით გადაიხრება, თუმცა ეს მანძილი ძალიან მცირეა. სახელდობრ, 100 მ სიმაღლიდან ჩამოგდებული სხეულის გადახრა მხოლოდ 2 სმ-ია. მაგრამ ექსპერიმენტი ამ გადახრას ადასტურებს, ხოლო ამით დედამიწის ბრუნვის ეფექტის ახსნა სრულიად ლოგიკურია.

დედამიწის ბრუნვის მეორე დამამტკიცებელი ფაქტი ატმოსფეროს ცირკულაციის სურათში შეიძლება შევნიშნოთ. სახელმძღვანელოს VII თავში უკვე აღვნიშნეთ ჰაერის ცირკულაციის მსვლელობა. კერძოდ, ვნახეთ, რომ ეკვატორის ცხელ სარტყელში ძლიერ გამთბარი ჰაერი მსუბუქდება, ზევით იწევს და ზომიერი განედებისაკენ მოძრაობს. ეკვატორისაკენ კი საშუალო განედებიდან მონაბერი ქარები მიემართება. მაგრამ მათი მიმართულება თავდაპირველი გავრცელებიდან საგრძნობლად გადაიხრება (ნახ.VII.13) და საბოლოოდ ეკვატორის გასწვრივ ქრიან. ასე წარმოიქმნა მუდმივი ქარები – პასატები. დედამიწა რომ არ ბრუნავდეს, ჰაერის გადაადგილებას პირდაპირი – ნორმალის (მერიდიანის) მიმართულებით ექნებოდა ადგილი. მაგრამ დედამიწის ბრუნვა აიძულებს ჰაერის მასებს გადაიხარონ თავდაპირველი მიმართულებიდან ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მარჯვნივ, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში – მარცხნივ. ანალოგიური სურათი შეინიშნება ჰაერის ციკლონური და ანტიციკლონური (ნახ.VII.20) ცირკულაციის დროსაც.

დედამიწის ბრუნვის ანარეკლია მდინარის წყლის ნაკადის მიერ მარჯვენა ნაპირზე, მეტი დაწოლის გამო, უფრო ინტენსიური ჩამორეცხვა, ვიდრე საპირისპირო მხარეს. თუ მდინარე სამხრეთიდან ჩრდილოეთისაკენ მიედინება, ადვილი მოსაფიქრებელია, რომ კლავ მარჯვენა ნაპირის (უკვე აღმოსავლური მხარის) ჩამორეცხვას ექნება ადგილი. მდინარეთა კალაპოტებში მიმდინარე აღწერილი მოვლენა იმ შემთხვევაშიც შეინიშნება, თუ წყლის ნაკადს არა მერიდიანული, არამედ პარალელის გასწვრივი მიმართულება აქვს შენარჩუნებული. თუმცა წყლის ნაკადის დაწოლა ნაპირზე საკმაოდ მცირეა, ხანგრძლივი და განუწყვეტელი მოქმედების გამო, იგი მაინც ტოვებს შესამჩნევ კვალს: მდინარეთა მარჯვენა ნაპირებზე ციცაბო ფერდობებია გამომუშავებული, ხოლო მარცხენა – შედარებით დამრეცია. აღნიშნული მოვლენის კარგი ილუსტრაციაა მეტ-ნაკლებად გრძელი მდინარეების – ვოლგისა და დნეპრის მაგალითები.

ყველა ეს მოვლენა, რომელიც გამოწვეულია დედამიწის ბრუნვით, ამ უკანასკნელის დამამტკიცებელ ფაქტებს წარმოადგენს. ცხადია, რომ ეს ფაქტები სამხრეთ ნახევარსფეროშიც იჩენს თავს, თუმცა საპირისპირო მიმართულებით მიმდინარეობს. ადვილი მისახვედრია, რომ იქ მოძრაობის გადახრა მარცხნივაა მიმართული. აღწერილი მოვლენები ბერის კანონითაა ცნობილი და რუსეთში მცხოვრები მეცნიერის (XVIII) კ. ბერის სახელთანაა დაკავშირებული, რომელმაც აღნიშნული შედეგები ერთი და იმავე მიზეზს დაუკავშირა.

დედამიწის ბრუნვის თვალსაჩინო მტკიცებულებას წარმოადგენს ქანქარას მობრუნების სიბრტყის ხილული გადახრა. ეს ექსპერიმენტი დეტალურად (ფუკოს ცდა) სკოლის ასტრონომიის კურსის გავლისას შეისწავლება. აქ მხოლოდ მის გეოგრაფიულ შედეგს აღვნიშნავთ. მექანიკის კანონით, ყოველი მოქანავე სხეული თავისი რხევის სიბრტყეს ინარჩუნებს. გრძელ ქანქარას (მაღალი შენობის თაღქვეშ) თავისუფალი რხევის საშუალება გააჩნია. თუკი რხევის საწყის სიბრტყეს მოვნიშნავთ, მალე დავინახავთ: ქანობის სიბრტყე (ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში) თანდათან საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით შემობრუნდება. სინამდვილეში კი ეს შემობრუნება მოჩვენებითია: ქანქარას რხევის სიბრტყის უცვლელობის გამო, მის ქვეშ დედამიწა შემობრუნდება დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. ამ მოძრაობის სიდიდე (a) ერთ საათში შეადგენს $15^0 \cdot \sin\varphi$, სადაც, φ – ადგილის განედია. თბილისისათვის $a=15^0 \cdot \sin 41^0 42' = 10^0$, ხოლო სანკტ-პეტერბურგისათვის $a=15^0 \cdot \sin 60^0 = 13^0$

აღნიშნული განსხვავების მიზეზის გარკვევის მიზნით უნდა გავიხსენოთ, რომ მოცემულ წერტილზე ჰორიზონტი, უპირველეს ყოვლისა, სიბრტყეს წარმოადგენს, რომელიც მართობულია შვეული ხაზის მიმართ. ერთდროულად ეს სიბრტყე დედამიწის (მოცემულ წერტილზე) მხებ ზედაპირს წარმოადგენს. პოლუსზე კი ჰორიზონტის სიბრტყე დედამიწის ბრუნვის ღერძის მიმართ მართობულია. ამიტომ, დღე-ღამის განმავლობაში (ამ სიბრტყეზე) ნებისმიერი ხაზი, დედამიწის ბრუნვის გამო, მთლიანად შემობრუნდება ($a=15^0 \cdot \sin 90^0 = 15^0$), ხოლო ეკვატორთან ჰორიზონტის სიბრტყისა და დედამიწის ღერძის პარალელურობის გამო, ამ სიბრტყეზე ნებისმიერი ხაზი ბრუნს კი არ შეასრულებს ($a=15^0 \cdot \sin 0^0 = 0^0$), არამედ სივრცეში გადაადგილდება თავისი თავის პარალელურად. ცხადია, რომ ნებისმიერ სხვა განედზე ჰორიზონტის შემობრუნება მეტია, ვიდრე ეკვატორზე და ნაკლებია პოლუსთან შედარებით. ამავე დროს, დღეღამური შემობრუნების სიდიდე 24a-ს, ანუ 360^0-ის ტოლი გამოდგება.

დედამიწის ბრუნვას ღერძის გარშემო როგორც პლანეტარული, ისე გეოგრაფიული მნიშვნელობები გააჩნია. უპირველესად აღსანიშნავია, რომ მბრუნავი დედამიწის ნებისმიერი წერტილი ერთდროულად განიცდის როგორც მიზიდულობას მისი ცენტრისაკენ, ისე ცენტრიდანული ძალების მოქმედებას. მათი გეომეტრიული ჯამი მიმართულია რა ეკვატორისაკენ – მის გამობურცვას, ხოლო პოლუსებთან, პირიქით, შებრტყელებას იწვევს. ამდენად, დედამიწის სფეროსებური ფორმიდან გადახრა მისი ღერძული ბრუნვითაა გამოწვეული. სახელმძღვანელოს დანიშნულებიდან გამომდინარე, აღვნიშნავთ დედამიწის დღეღამური ბრუნვის რამდენიმე გეოგრაფიული მნიშვნელობის მქონე მოვლენას. უეჭველია, რომ სინათლის ერთი წყაროს (მზის) მიერ გაუმჭვირვალე დედამიწის მხოლოდ მზისკენ მოქცეული ნაწილი განათდება, ხოლო მეორე – „ჩაბნელებული" დარჩება. ცხადია, რომ, განათებულ ნაწილზე დღეა, ხოლო გაუნათებელზე – ღამე. დედამიწის განათებულ ნახევარსფეროზე სითბური ბალანსი სრულიად განსხვავებულია, ვიდრე საპირისპირო მხარეს. ეს კი პირდაპირ აისახება

გეოგრაფიული პროცესების მსვლელობაზე, რომლებიც დაკავშირებულია როგორც მზის სინათლესთან, ისე სითბურ რეჟიმთან. მათ შორისაა გეოგრაფიული მნიშვნელობის მქონე მოვლენები: ატმოსფერული წნევა, ჰაერის მოძრაობა, აორთქლება, ღრუბლიანობა, მცენარეთა და ცხოველთა ფიზიოლოგიური ფუნქციები.

დედამიწის, თავისი ღერძის გარშემო ბრუნვის გამო, მისი განათებული და ბნელი ნახევარსფეროები ამ მდგომარეობაში მუდმივად არ რჩებიან. სწორედ ბრუნვა განსაზღვრავს დედამიწაზე დღისა და ღამის მორიგეობას. ამავე დროს, ამ მორიგეობას საკმაოდ ჩქარი ტემპი ახასიათებს, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს სითბოს გაწონასწორების საქმეში. მაგალითად, დღის ხანმოკლეობა ზედაპირს გადამეტხურებისაგან იცავს; საწინააღმდეგო მხარეს კი მოკლე ღამის განმავლობაში, გადამეტცივება ვერ ესწრება; სითბოს ამგვარი ნიველირების გარეშე შეუძლებელი გახდებოდა დღევანდელი ბუნების ჩამოყალიბება, სიცოცხლის ფორმირება და შენარჩუნება.

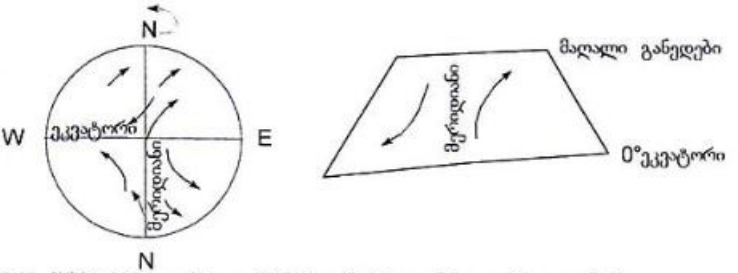
პლანეტაზე დღეღამური მორიგეობა მაშინაც კი იქნებოდა შესაძლებელი, თუ დედამიწა მხოლოდ მზის გარშემო იმოძრავებდა. თუმცა ამ დროს აღნიშნული მორიგეობა 365-ჯერ შენელდებოდა და მისი ძირითადი სეზონები დღესა და ღამის შესაბამისობაში მოვიდოდნენ. ასეთ პირობებში, ეგზოგენური პროცესები სრულიად განსხვავებული ხასიათს მიიღებდა, ვიდრე ისინი ამჟამად არიან გამომჟღავნებული. პირველ რიგში, იგი შეეხებოდა დედამიწის განათებულ და გაუნათებელ ნახევარსფეროებს შორის უდიდესი ძალის ქარების წარმოქმნასა და მათ ხანგრძლივ გამოვლინებას.

დედამიწის დღეღამური მოძრაობა გეოგრაფიული გარსის პროცესებისა და სასიცოცხლო მოვლენების რიტმული რეჟიმის წარმოქმნას განაპირობებს. ასე, მაგალითად, ჰაერის ტემპერატურას ნათლად გამოხატული დღეღამური მსვლელობა ახასიათებს: იგი მაქსიმალურ სიდიდეს შუადღეზე აღწევს, ხოლო მინიმუმი – მზის ამოსვლამდე რამდენადმე ადრე ფიქსირდება. ასევე დღეღამური რეჟიმის მკვეთრი ცვლილებით ხასიათდება ჰაერის აბსოლუტური სინოტივის მაჩვენებელი. მისი ყველაზე მაღალი სიდიდე დღის უთბილეს დროს ემთხვევა. შეფარდებითი სინოტივის მაქსიმუმი კი დღე-ღამის ცივ ფაზაში დგება.

როგორც ეს უკვე აღნიშნული იყო, დედამიწის ზედაპირზე მოძრავი სხეულების (მდინარე, ქარი, ოკეანური დინება) მიმართულებები განსაზღრულია მათი გამომწვევი ფაქტორების ხასიათით: მდინარის წყლის მოძრაობა რელიეფის დახრილობათაა შეპირობებული, ქარის მოძრაობას ატმოსფერული წნევის სივრცობრივი უთანაბრობა იწვევს, ოკეანური დინებები კი გაბატონებულ ქარებთან, ან ოკეანის დონის არათანაბრობასთან, ან კიდევ სიმკვრივის სახესხვაობასთანაა დაკავშირებული. აქედან გამომდინარე უნდა ვივარაუდოთ, რომ სხეულების მოძრაობის მიმართულების შენარჩუნებას ხელს ვერაფერი შეუშლის. ჩვენი ვარაუდი გამართლებულია მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როცა სხეულების გადაადგილება უძრავ დედამიწაზე მიმდინარეობს. მისი ბრუნვის დროს კი საწყისი მიმართულების მოძრაობის ბოლომდე შენარჩუნება სრულიად შეუძლებელია. ამითაა განპირობებული დედამიწაზე მოძრავი სხეულების გადახრა, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში – მარჯვნივ, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში – მარცხნივ.

მბრუნავ დედამიწაზე მოძრავი სხეულების თავდაპირველი მიმართულებიდან გადახრა აიხსნება იმით, რომ ინერციულობის გამო ისინი სიჩქარისა და მიმართულების შენარჩუნებას ცდილობენ. მბრუნავი დედამიწის ყოველი წერტილი ინარჩუნებს რა კუთხური სიჩქარეების ტოლობას, ხაზობრივი სიჩქარეები მუდმივ ცვლაში არიან. ამ

დროს, სხეული მოძრაობს რა ეკვატორიდან მაღალი განედებისაკენ, მისი ხაზობრივი სიჩქარე (ნახ. III. 8) თანდათანობით სულ უფრო ნელი ხდება. ამასთანავე, ინერციის კანონით, მოძრავი სხეული (მდინარის წყალი, ქარი) ინარჩუნებს იმ უფრო მეტ სიჩქარეს, რაც მას ეკვატორზე ჰქონდა. ამის გამო, წყლის ან ქარის ნაკადი, მერიდიანთან შედარებით, მარჯვენა მხარეს იქნება გადახრილი.



ნახ. III.8. მერიდიანის გასწვრივ მოძრავი სხეულის გადახრა მბრუნავ დედამიწაზე

სინამდვილეში კი მოძრავი სხეულების გადახრა ფიქტობრივია, რადგან თვით სხეულები კი არ გადაიხრებიან, არამედ დედამიწის ბრუნვის მიერ იძულებულნი არიან გადახრილებად მოგვეჩვენონ. ამ ეფექტს კორიოლისის აჩქარებას უწოდებენ. მის გეოგრაფიულ გამოვლინებას ჩვენ უკვე ბერის კანონი ვუწოდეთ. კორიოლისის ეფექტით სხეულის აჩქარება ყოველთვის ν სიჩქარის ვექტორის მიმართ მართი კუთხითაა მიმართული და პოლუსებთან მისი სიდიდე $1{,}5\cdot10^{-4}\nu\sin\varphi$ სმ წმ$^{-2}$-ის ტოლია.

დედამიწის ბრუნვის გადამხრელი ძალა (კორიოლისის ძალა) გამოისახება ფორმულით: $F = 2\,\omega\,\nu\sin\varphi$,

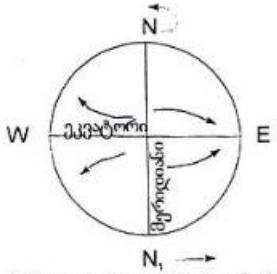
სადაც, F – გადამხრელი ძალაა (დინებში), ω –ბრუნვის კუთხური სიჩქარე, ν – სხეულის მოძრაობის სიჩქარე (მ წმ$^{-1}$), φ – ადგილის განედია.

როგორც ჩანს, კორიოლისის ძალასაც ისე, როგორც მისივე აჩქარებას, მაქსიმალური მნიშვნელობა აქვს პოლუსზე, ხოლო ეკვატორზე ნულის ტოლია. აშკარაა, რომ მბრუნავ დედამიწაზე მერიდიანის მიმართულებით მოძრავი სხეულების გადახრას უეჭველად აქვს ადგილი. ამავე დროს, საინტერესოა პარალელის გასწვრივ მოძრავი სხეულების მიმართულების შენარჩუნებისა თუ გადახრის ეფექტის ახსნა. უკვე აღვნიშნეთ, რომ ამ შემთხვევაშიც შეინიშნება სხეულების გადახრა მათი თავდაპირველი მიმართულებიდან. კორიოლისის ძალა აქაცაა გამოვლინებული. თუ დავუშვებთ, რომ სხეული მოძრაობს აღმოსავლეთის (ნახ. III. 9), ანუ ბრუნვის მიმართულებით, მაშინ ვღებულობთ ბრუნვის სიჩქარის ზრდას პოლუსთან შედარებით. ამიტომ ამ სხეულის ცენტრიდანული ძალა ამავე მიმართულებით გაიზრდება კიდევაც, რაც გამოიწვევს მის გადაადგილებას უფრო მეტი ცენტრიდანული ძალის გამოვლინების არეალისაკენ, ანუ ეკვატორისაკენ. აშკარაა, რომ ეს მოძრავი სხეული მარჯვნივ გადაიხრება. სხეულის საპირისპირო – დასავლური ანუ ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობისას, ცხადია, მისი ცენტრიდანული ძალა შემცირდება და იგი პოლუსისაკენ, ანუ მარჯვნივ გადაიხრება.

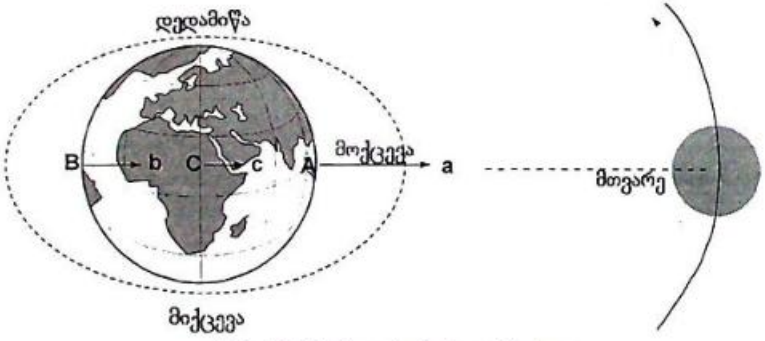
ცნობილია, რომ დედამიწა მთვარესთან ერთად ასრულებს საერთო მოძრაობას. ამავე დროს, დედამიწის უფრო მეტი მასის (მთვარესთან შედარებით) გამო მათი საერთო სიმძიმის ცენტრი დედამიწაზე მდებარეობს. ამ გრავიტაციული მოვლენის

ერთ-ერთი თვალსაჩინო გამოვლინებას ადგილი აქვს მთვარის მიერ მიზიდულობის მოქმედებას, რომელიც ოკეანეებისა და ზღვების აკვატორიაში სრულდება და საკმაოდ საინტერესო გეოგრაფიული შედეგი გააჩნია. მხედველობაში გვაქვს წყლის მიქცევა-მოქცევის მოვლენა, რომელიც დედამიწისა და მთვარის ცენტრების შემაერთებელი ხაზის გაყოლებაზეა გამოვლინებული.

მთვარისმიერი მიზიდულობით, გარკვეული აჩქარება ენიჭება როგორც მთელ დედამიწას, ისე მისი ზედაპირის ყოველ სხეულს. ამავე დროს, დედამიწას, როგორც მყარ სხეულს, მთვარე მიანიჭებს Cc აჩქარებას (ნახ.III.10), ანუ მიიზიდავს Cc სიდიდით. ოკეანის წყლის მასები, რომელიც მთვარის მხარესაა, უფრო მეტი ძალით მიიზიდება. დედამიწის მოპირდაპირე მხარეს მიზიდულობა ნაკლებია. ცხადია, რომ წყლის უფრო „დრეკადი" მასა მთვარის მიერ უფრო ადვილად მიიზიდება, ვიდრე „მყიფე" ლითოსფერო. ამის გამო, მთვარისაკენ მიმართულ და დიამეტრულად საწინააღმდეგო ოკეანის ზედაპირზე წარმოიქმნება წყლის მასის ამობურცვა, რასაც მოქცევითი შვერილი ეწოდება. მათ შორის მოქცეულ ოკეანურ სივრცეში, წყლის ზედაპირის დაწევას ექნება ადგილი.



ნახ. III.9. პარალელის გასწვრივ მოძრავი სხეულის გადახრა მბრუნავ დედამიწაზე



ნახ. III.10. წყლის მიქცევა-მოქცევა

დედამიწის ბრუნვის გამო მოქცევითი შვერილები ტალღებად იქცევიან, რომლებიც დედამიწას გარს შემოუვლიან. მათი მოძრაობა დედამიწის ბრუნვის შემხვედრი მიმართულებისაა, ანუ აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენაა მიმართული. წყლის შვერილი – მოქცევას, ხოლო ტალღური ღრმული – მიქცევას იწვევს. მოქცევის ხანგრძლივობა 6 სთ და 15 წთ-ია, რომლის შემდეგ მიქცევა ამდენივე ხანს გრძელდება. ცხადია, რომ ერთი მთლიანი ფაზა 12 სთ და 30 წთ მიმდინარეობს. მას მოსდევს მეორე მოქცევა-მიქცევის ფაზის განმეორება. ეს პროცესი განუწყვეტელია.

მოქცევა-მიქცევის მოვლენას დიდი გეოგრაფიული შედეგები მოსდევს. მასთანაა დაკავშირებული მდინარეთა ქვემო დინებების განსაკუთრებული ჰიდროლოგიური რეჟიმის ფორმირება, შესართავების მორფოლოგიური ასპექტები, სანაპირო ზონის

მორფოდინამიკური მახასიათებლები, სანაპიროების მცენარეული საფარისა და ცხოველთა სამყაროს ფიზიოლოგიური ნიშნები და ა.შ.

მოქცევების წარმოშობაში, მთვარესთან ერთად, მზეც მონაწილეობს. თუმცა მისი დედამიწიდან დიდი მანძილის გამო მზის მიერ მოქცევის სიდიდე, მთვარესთან შედარებით, 2,17-ჯერ ნაკლებია. უდიდესი მოქცევა ახალმთვარეობას ემთხვევა. ამ დროს მზე და მთვარე თითქმის ერთ სწორ ხაზზე მდებარეობს. ამიტომ, მათი ერთობლივი მოქცევა-წარმოშობი ძალების შეკრება მოქცევის მაქსიმალური სიდიდის წარმოქმნას განაპირობებს. ღია ოკეანეში მოქცევის საშუალო სიმაღლე 20 სმ-ს არ აღემატება. სანაპიროებთან ეს მოვლენა შესამჩნევი (2-3 მ) ხდება. მეტ-ნაკლებად ხმელეთში შეჭრილ ვიწრო ყურეებსა და ლიმანებში წყლის დონის რყევა რამდენადმე დიდია და ზოგჯერ 12-13 მ-ს (პენჟინის უბე) და 18 მ-საც კი (ფანდის ყურე) აღწევს. მოქცევა-მიქცევის მოვლენას „მყარ" ზედაპირზეც აქვს ადგილი, თუმცა მისი მნიშვნელობა მიზერულად მცირეა.

დედამიწის ბრუნვის შემხვედრი მიმართულების მოქცევითი ტალღა ანელებს ამ მოძრაობას. მოქცევითი ხახუნის დამამუხრუჭებელი ეფექტის გამო, დედამიწის დღე-ღამე სულ უფრო ხანგრძლივი ხდება, რაც 40 ათასი წლის განმავლობაში 1 წმ-ს შეადგენს. ამდენად, ერთი მილიარდი წლის წინ, დედამიწის სწრაფი ბრუნვის გამო, დღე-ღამის ხანგრძლივობა 17 სთ-ს შეადგენდა. ამ მოვლენასთან უნდა ყოფილიყო დაკავშირებული სუბტროპიკული მაღალი წნევის არეების თითქმის 10^0-ით ეკვატორისაკენ გადაადგილება. ასევე მაღალ ცენტრიდანულ ძალებს ეკვატორული ტრანსგრესია და, ერთდროულად, პოლარული რეგრესია უნდა გამოეწვია. თუ დავეყრდნობით აღნიშნულ ეფექტს, ერთი მილიარდი წლის შემდეგ დღე-ღამის ხანგრძლივობა 31 სთ-მდე უნდა გაიზარდოს. დედამიწის ბრუნვის შენელებამ ცენტრიდანული ძალის შემცირება უნდა გამოიწვიოს. ამის გამო, მოსალოდნელია ეკვატორული გამოზნექა და პოლარული შეკუმშულობა გაწონასწორების ტენდენციას დაადგეს, რაც დედამიწის ფორმის ელიფსოიდურიდან სფეროიდულში გადასვლის ხანგრძლივი პროცესის მსვლელობას მოასწავებს.

დედამიწის ბრუნვის ფაქტი გამოიყენება აგრეთვე გეოგრაფიული კოორდინატების აგებისა და განსაზღვრის პრაქტიკაში. სწორედ, მბრუნავ დედამიწაზეა ორი უძრავი წერტილი – გეოგრაფიული პოლუსები. სფეროსებური ფორმა კი საწყისი წრეწირების – ეკვატორისა და ნულოვანი მერიდიანის გატარების საშუალებას იძლევა, ხოლო პარალელებისა და მერიდიანების მეშვეობით შექმნილი გრადუსთა ბადე – რიგი თეორიული და პრაქტიკული საქმიანობის საფუძველია.

მოვლენების არსებობისა და ცვლილებების ერთ-ერთ ძირითად (სივრცესთან ერთად) ფორმას დრო წარმოადგენს. დრო, ისე როგორც სამყარო – უსასრულოა. მას არა აქვს დასაწყისი და დასასრული. დროის მახასიათებელი ნიშანი მისი შეუქცევადობაა, რომელსაც მხოლოდ ერთი მიმართულება გააჩნია. იგი მოემართება წარსულიდან და მიმართულია მომავლისაკენ. დროის შეუქცევადობის გამო, შეუძლებელია მოვლენების გადანაცვლება დროში, როგორც ამას სივრცეში შეიძლება ჰქონდეს ადგილი. დროის გაზომვას ასრულებენ პერიოდულად განმეორებადი, ერთნაირი ხანგრძლივობის პროცესის – პერიოდული ასტრონომიული მოვლენების მეშვეობით. მათ მიეკუთვნება დედამიწის ბრუნვა თავისი წარმოსახვითი ღერძის გარშემო, ან კიდევ წელთაღრიცხვის ზოგიერთ სისტემებში (მთვარის გარშემოვლა დედამიწის გარშემო) მიღებული პერიოდული მოვლენები.

ამ მოვლენებს შორის უმნიშვნელოვანესია დედამიწის ბრუნვა თავისი ღერძის გარშემო. ამის შედეგად დროის გაზომვის ბუნებრივ ერთეულს — დღე-ღამეს ვღებულობთ. დედამიწის გარშემოვლა მზის ირგვლივ დროის გაზომვის მეორე მნიშვნელოვან ერთეულს — წელიწადს იძლევა. დღე-ღამის ნაწილების (საათი, წუთი, წამი) გაზომვის მიზნით გამოიყენება მუდმივად განმეორებადი პერიოდული პროცესები. ამ მხრივ, ცნობილია კვარცის ფირფიტის, ან კიდევ ამიაკის მოლეკულის ვიბრაციები, რომელთა პერიოდის მუდმივობა იმდენად მაღალია, რომ მას წარმატებით იყენებენ დღეღამურ ხანგრძლივობათა ცვლილების კონტროლის მიზნით.

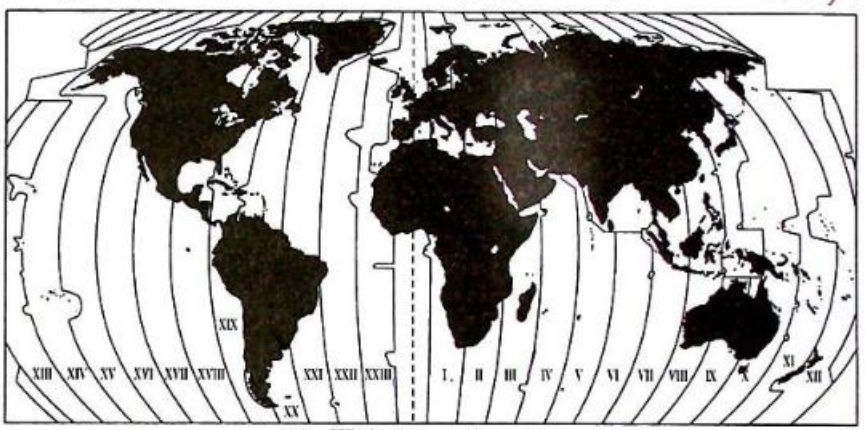
ადგილობრივი და ჭოლური დრო. დედამიწაზე მყოფი დამკვირვებელი ნათლად ამჩნევს მზისა და სხვა მნათობების ცაზე დღეღამურ მოძრაობას, რომლებიც პარალელურ წრეწირებს აღწერენ. მათ დღეღამური პარალელები ჰქვია. ამავე დროს, მნათობები თავის გზაზე გადაკვეთავენ აგრეთვე მერიდიანებსაც. ამ მომენტში მნათობი კულმინაციაში იმყოფება. თუმცა კულმინაციის მომენტი ცის მერიდიანზეა ასახული. იგი ადგილობრივ (გეოგრაფიული) მერიდიანს ემთხვევა. მაშასადამე, თუკი კულმინაციაზეა ლაპარაკი, იგულისხმება აგრეთვე გეოგრაფიული მერიდიანი. იმავე მნათობის კულმინაცია მეზობელ მერიდიანზე სხვა მომენტში უნდა მოხდეს. ამგვარად, დღე-ღამის რომელიმე მომენტი (შუადღე, შუაღამე, მზის ამოსვლა და ჩასვლა) ყველა მერიდიანზე ერთდროულად არ ხდება. როცა იმაზეა საუბარი, თუ რა დროა, იგულისხმება გარკვეული ადგილის დრო. მას ადგილობრივი დრო, ანუ ამ მერიდიანის შესაბამისი დრო ჰქვია.

დედამიწა მრგვალია და ბრუნავს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. ამიტომ, როცა რომელიმე ქალაქში (მაგ., თბილისში) მზე ამოდის, მის დასავლეთით მდებარე ქალაქებში (მაგ., სოხუმში) იგი ჯერ კიდევ არ ამოსულა, ხოლო აღმოსავლეთით მდებარე ქალაქებში (მაგ., ბაქოში) უკვე ჰორიზონტს მაღლა იმყოფება. ცხადია, რომ უფრო აღმოსავლეთით მდებარე ქალაქებში (მაგ., ტაშკენტში, ან კიდევ, ტოკიოში) მზე დიდი ხნის ამოსულია.

ყოველ ქალაქსა თუ დასახლებულ პუნქტში თავისი ადგილობრივი დროით სარგებლობა სამოქალაქო ცხოვრების საკმაო უხერხულობას გამოიწვევდა. ამიტომ უკვე შუა საუკუნეებში გაჩნდა აზრი მსოფლიოში, ერთიანი დროის შემოღების შესახებ. დედამიწის ბრუნვის გამო, ყოველ მოცემულ მერიდიანზე, ერთსა და იმავე მომენტში, საკუთარი დრო ფიქსირდება. აქედან გამომდინარე, დედამიწის ყოველ მოცემულ ადგილს თავისი საკუთარი ადგილობრივი დრო შეესაბამება. ამასთანავე, მისგან აღმოსავლეთით მდებარე მერიდიანზე დრო ყოველთვის მეტია, ხოლო დასავლეთით გავრცელებულ პუნქტებში, პირიქით — დრო შედარებით ნაკლებია. ცხადია, რომ დასახლებული პუნქტების გეოგრაფიული გრძედები არა მარტო გრადუსებით, არამედ დროითი განზომილებებითაც შეიძლება გამოისახოს, რადგან დედამიწის პარალელის სიგრძესა და დღე-ღამის ხანგრძლივობას შორის დამოკიდებულება $360^0 : 24$ სთ = 15^0-ის მნიშვნელობით გამოიხატება და იგი 1 სთ-ის სიდიდეს შეესაბამება, შეიძლება ითქვას, რომ ყოველ 15^0-იან მერიდიანებს შორის მოქცეული სივრცე ანუ ზოლი ერთი საერთო საშუალო დროით ხასიათდება. ასე წამოიჭრა საკითხი ე. წ. ზოლური დროის (ნახ.III.11) შემოღების შესახებ.

ზოლური დრო ემყარება დედამიწის სფეროსებურობისა და ღერძის გარშემო ბრუნვის პრინციპებს. ამ მხრივ, დედამიწის ზედაპირი დაყოფილია 24 სასაათო ზოლად. თითოეული მათგანი პირობით შემოსაზღვრულია მერიდიანებით ყოველი 15^0-ის, ანუ 1 საათის შემდეგ. პოლუსებზე მათ საერთო წერტილი აქვთ. სასაათო

ზოლები დანომრილია 0-დან 23-მდე. თითოეული ზოლის სიგანე 15°-ია. საწყის, ნულოვან ზოლად მიღებულია ის, რომელიც შემოსაზღვრულია მერიდიანებით 352°30' და 7°30'. ამ ზოლის შუა მერიდიანი – გრინვიჩის*, ანუ ნულოვანი მერიდიანია. მის აღმოსავლეთით მდებარე მეზობელი ზოლი პირველ ზოლს წარმოადგენს, კიდევ უფრო აღმოსავლეთით კი მეორე ზოლი მდებარეობს, შემდეგ – მესამე და ა.შ. ყოველი, მოცემული ზოლის ფარგლებში დრო იმდენი საათით მეტია მსოფლიო დროზე (ნულოვანი მერიდიანის დრო), რამდენიცაა ამ ზოლის ნომრის რიცხვი.



ნახ. III.11. ზოლური დრო

თითოეული ზოლის შიგნით ერთი საერთო დრო იხმარება. იგი შეესაბამება ამ ზოლის საშუალო მერიდიანის ადგილობრივ დროს. მოცემულ ზოლში ყველა ქალაქის საათი საშუალო მერიდიანის დროს უჩვენებს. ასე, მაგალითად, თბილისი მესამე ზოლშია, რომლის შუა მერიდიანის გრძედი 45°-ის ტოლია. როცა შუა მერიდიანის დროით 12 საათია, თბილისში (λ=44°48') შუადღე, ჯერ კიდევ არ დამდგარა. ზოლის ფარგლებში ადგილობრივ და ზოლურ დროთა შორის განსხვავება 30 წუთზე მეტი არსად არ არის. პრაქტიკულად ეს განსხვავება სამოქალაქო ცხოვრებაში შეუმჩნეველია.

სასაათო ზოლები ზოგიერთ დიდ სახელმწიფოებს რამდენიმე ადგილობრივი დროის შესაბამის ფრაგმენტებად ყოფს. ხშირად კი, პატარა ქვეყნები ერთი სასაათო ზოლის ფარგლებშია მოქცეული. ასევე, ერთ ზოლშია მოქცეული არა მარტო ერთი სახელმწიფო – საქართველო, არამედ ამერიკა-კავკასიის კიდევ ორი ქვეყანა – აზერბაიჯანი და სომხეთი. დიდი ფართობის სახელმწიფოებზე (რუსეთი, კანადა, ბრაზილია) რამდენიმე სასაათო ზოლი გადის. მაგალითად, რუსეთი თერთმეტ ასეთ ზოლს, კანადა – ხუთს, ხოლო ბრაზილია სამ სასაათო ზოლს მოიცავს. ყოველ მეზობელ ზოლში გადასვლისას საათის შესწორება ერთ საათს შეადგენს. თანაც, თუ მგზავრი აღმოსავლეთის მიმართულებით გადაჰკვეთს სასაათო ზოლებს, მან საათის ისარი თითო საათით წინ უნდა გადასწიოს, დასავლეთის მიმართულებით მგზავრობისას კი – უკან.

---

* გრინვიჩში (ინგლისი) არსებობს 1678 წელს დაფუძნებული ასტრონომიული ობსერვატორია. ნულოვანი (საწყისი) მერიდიანი სწორედ ამ ობსერვატორიაზე გადის.

სასაათო ზოლების საზღვრები ყოველთვის მერიდიანებს არ მიუყვება. ხშირად ისინი გავლებულია ბუნებრივ მიჯნებზე (მდინარეზე, ქედებზე), ან კიდევ სახელმწიფო-ადმინისტრაციულ საზღვრებზე, ნაკლებად კი გადახრილია დასახლებული პუნქტების ფარგლებში. დროის აღრიცხვის ეს წესი მოსახერხებელია საყოფაცხოვრებო ნიშნების გათვალისწინებით. ასე, მაგალითად, მიუღებელია ქალაქის ორ ნაწილში სხვადასხვა ადგილობრივი დროის ხმარება. ხშირად, სახელმწიფოს სპეციალური დადგენილებით, საათის ისარი, ადგილობრივისაგან განსხვავებით, წინ ან უკანაა გადაწეული. ჩვენს ქვეყანაში ასეთი ღონისძიება ზაფხულის ან ზამთრის დადგომასთანაა დაკავშირებული. ზაფხულის თვეებში ადრე თენდება. მოსახლეობა უფრო მეტად დილის მზის სინათლეს იყენებს, ნაკლებად ხარჯავს ელექტროენერგიას. ამიტომ დრო ერთი საათითაა წინ წაწეული. ზამთრის პერიოდში კი საათის ისარი ერთი საათით უკანაა გადაწეული. ზოგიერთ ქვეყნებში სასაათო ზოლისაგან განსხვავებული დროა შემოღებული, რაც ადგილობრივი პირობებითაა შეპირობებული. ასე, მაგალითად, სამხრეთი აზიის ზოგიერთ ქვეყანასა და ცენტრალურ ავსტრალიაში დრო ნახევარი საათითაა წინ გადაწეული, ხოლო ატლანტის ოკეანის ზოგიერთი კუნძულის ადგილობრივი დრო ერთი საათით უკანაა გადაწეული. რაც შეეხება კუნძულ გრენლანდიას — იგი მთლიანად ერთ სასაათო ზოლშია მოქცეული, თუმცა იგი 4 ასეთი ზოლის ფარგლებშია წარმოდგენილი. ზოლური დროისაგან განსხვავებული ადგილობრივი დროა შემოღებული აგრეთვე წყნარი ოკეანის მთელ რიგ კუნძულებზეც.

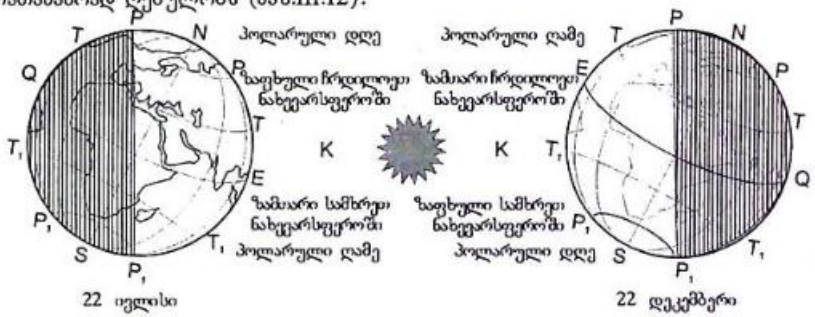
დედამიწის გარშემოვლა მზის ირგვლივ. გეოგრაფიული გარსის უმთავრესი კომპონენტების (ჰიდროსფერო, ატმოსფერო, ლითოსფერო და ბიოსფერო) ცალკეული ელემენტები პლანეტარული მოვლენების მუდმივი დატვირთვების ქვეშ იმყოფებიან, რის გამოც მათი ქცევები სივრცე-დროითი ცვლილებებით კონტროლდება. სპეციალური განათლების არმქონე დამკვირვებლისთვისაც კი ბუნდოვანი სრულებით არაა დღისა და ღამის მორიგეობა, ან კიდევ მათი ხანგრძლივობათა ცვლა, რომელიმე დასახლებულ პუნქტში. უფრო მეტი ცოდნაა საჭირო იმისათვის, რომ გაეკრკვეთ დედამიწაზე სარტყლების არსებობის შესახებ, ან კიდევ სხვადასხვა სარტყელში დღისა და ღამის ხანგრძლივობათა ცვლილებებისა და მათი გამომწვევი მიზეზების შესახებ.

სკოლის პროგრამიდან ცნობილია, რომ წელიწადის განმავლობაში მზის დახრილობის ცვლას აქვს ადგილი და მისი სიდიდე +23,5^0-სა და -23,5^0-ს შორისაა მოქცეული. საწყის გეოგრაფიულ ცოდნას კი, თერმული ანუ კლიმატური სარტყლების არსებობას, ჯერ კიდევ ანტიკურ ეპოქაში ფლობდნენ. საყურადღებოა, რომ ამ სარტყლებს შორის საზღვრებად დედამიწის ის პარალელებია გამოყენებული, რომელთა განედები როგორც ჩრდილოეთ, ისე სამხრეთ ნახევარსფეროებში 23,5^0 და 66,5^0 -ია. ამ მოვლენების სუფთა გეომეტრიული მიზეზები სასკოლო ასტრონომიული კურსიდანაა ცნობილი. ამჯერად, შევეხებით ამ მოვლენების პლანეტარულ შედეგებს, რომლებსაც გეოგრაფიული მნიშვნელობები გააჩნიათ.

მართლაც, საინტერესოა თუ რა კავშირებია მზის მაქსიმალურ დახრილობასა და აღნიშნულ მაჩვენებლებს შორის, ან კიდევ რა საერთო ფიზიკური საფუძველი უდევს ამ მოვლენებს, ან კიდევ რა გეოგრაფიული შედეგებით ხასიათდება ისინი? ამ კითხვებზე პასუხის გაცემა მოითხოვს შემდეგ ორ მოვლენაში დარწმუნებას: 1. დედამიწა მოძრაობს (სრბოლავს) მზის გარშემო; 2. მისი ბრუნვის ღერძი დახრილია ეკლიპტიკის სიბრტყისადმი (ორბიტის სიბრტყისადმი) და ეს დახრა, საკმაოდ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში, უცვლელია.

დედამიწის გარშემოვლა მზის გარშემო თითქმის წრიულ გზაზე სრულდება ერთი წელიწადის, ანუ 365 დღე-ღამის, 5 საათის, 48 წუთისა და 46 წამის განმავლობაში. მისი საშუალო სიჩქარე 29,5 კმ წმ$^{-1}$ შეადგენს. ამ გზაზე დედამიწა არათანაბარი სიჩქარით მოძრაობს. ჩვენი პლანეტა მზიდან საშუალოდ 149,6 მლნ. კმ-თაა დაშორებული. ეს მანძილი წლის განმავლობაში პერიოდულად იცვლება. ცხადია, რომ დედამიწის ორბიტა ერთგვარად გაწელილია, სინამდვილეში – ელიფსურია. მზე კი ამ ელიფსის ერთ-ერთ ფოკუსში იმყოფება. მაშინ, როცა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ზამთარია, დედამიწა მზესთან ყველაზე ახლო (იანვარი) მდგომარეობას (პერიჰელიუმი) იკავებს და მისგან 147,1 მლნ. კმ-თაა დაშორებული. ნახევარი წლის შემდეგ – ივლისში, დედამიწა ორბიტაზე მზიდან მაქსიმალურადაა (აფელიუმი) დაშორებული. ამ მანძილთა შორის სხვაობა 5 მლნ. კმ-ია. ცხადია, რომ დედამიწის სრბოლის ელიფსი დიდად გაწელილი არ არის, ანუ მისი ექსცენტრისიტეტი საკმაოდ მცირეა. ამის გამო, ეს სხვაობა საშუალო მანძილთან შედარებით იმდენად მცირეა (3,3%), რომ სითბოს შიდაწლიურ ცვლილებებთან მისი კავშირი მხედველობაში არ მიიღება.

ᲓᲔᲓᲐᲛᲘᲬᲘᲡ ᲓᲠᲝᲜᲘ – ᲡᲔᲖᲝᲜᲔᲑᲘ. დედამიწის მიერ მზის გარშემოვლა განაპირობებს წლის დროთა ცვლას, ანუ სეზონურ მორიგეობას, რომელსაც გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს გეოგრაფიული გარსის თვისებრივი ხასიათის ჩამოყალიბებაში. ამ მოვლენას განაპირობებს დედამიწის ბრუნვის ღერძის გადახრის (66^0 33') მუდმივობა ეკლიპტიკის (ორბიტის) სიბრტყის მიმართ. ამის გამო, დედამიწის მიერ მზის გარშემოვლისას, წლის სხვადასხვა დროს, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროები მზის ენერგიას არათანაბრად ღებულობს (ნახ.III.12).



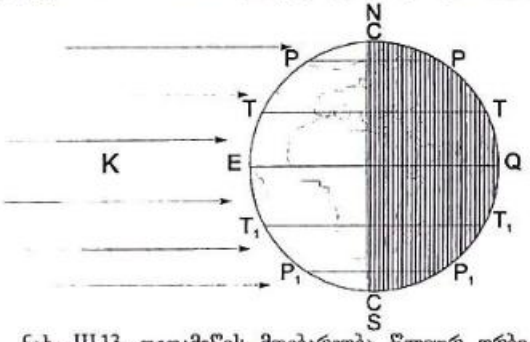
ნახ. III.12. დედამიწის ორი მდებარეობა წლიურ ორბიტაზე

იმ დროს, როცა დედამიწის ბრუნვის ღერძი მართობულ მდგომარეობას იკავებს მზის სხივებისადმი, მაშინ ორივე ნახევარსფერო თანაბრადაა (ნახ.III.13) განათებული, ხოლო მნათობიდან შემოსული რადიაციის ინტენსივობა ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ თანდათანობით კლებულობს.

ნახაზის აღნიშვნები შემდეგი მნიშვნელობისაა: K– ეკლიპტიკის სიბრტყეა, CC – სინათლის გამყოფი ხაზია, NS – დედამიწის ღერძია, EQ – დედამიწის ეკვატორია, TT და T_1T_1 – ჩრდილოეთი და სამხრეთი ტროპიკებია, PP და P_1P_1 – ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლარული წრეებია.

დედამიწის ბრუნვის ღერძის მზის სხივებისადმი მართობული მდგომარეობისას, დღისა და ღამის ხანგრძლივობა ყველგან თანაბარი, ანუ 12-12 საათის ტოლი იქნებოდა. სინამდვილეში, კი დღისა და ღამის ხანგრძლივობა მთელი წლის განმავლობაში მუდმივ ცვალებადობაშია. ასე, მაგალითად, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში 22 ივნისს

დღე ყველაზე ხანგრძლივია, ღამე კი ხანმოკლეა. წელიწადის ამ მომენტს ზაფხულის მზებუდობას უწოდებენ. 22 დეკემბერს – ზამთრის მზებუდობის დღეს, პირიქით – ყველაზე მოკლე დღე და გრძელი ღამეა. თბილისში, ამ დროს ღამის ხანგრძლივობა 14 საათი და 51 წუთია, ხოლო დღე მხოლოდ 9 საათსა და 09 წუთს გრძელდება. ზაფხულის მზებუდობის დღეს, დედამიწის ჩრდილოეთი ნახევარსფერო გადახრილია მზისაკენ, ხოლო სხივები შუადღისას მართობულად ეცემა პარალელს, რომლის განედია 23°27'. მას ჩრდილოეთ ტროპიკს უწოდებენ.



ნახ. III.13. დედამიწის მდებარეობა წლიურ ორბიტაზე 21 მარტსა და 23 სექტემბერს

ზამთარში, 22 დეკემბერს (ზამთრის მზებუდობის დღე) ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ღამე ყველაზე გრძელია, ხოლო დღე, პირიქით, მოკლეა. ამ დღეს დედამიწის სამხრეთი ნახევარსფერო გადახრილია მზისაკენ და სხივები შეუღლად სამხრეთ ტროპიკზე ეცემა, რომლის განედია 23°27'. ამავე დროს, დედამიწის ზედაპირის იმ სეგმენტში, რომელიც მოქცეულია პოლუსებსა და პოლარულ წრეებს (φ=66°33') შორის, ხანგამოშვებით, პოლარული დღეები და ღამეები მეფობს.

პოლარული დღის ან ღამის ხანგრძლივობა პოლარული წრეებიდან პოლუსების მიმართულებით თანდათან იზრდება, ხოლო თვით პოლუსებზე ექვს-ექვს თვეს შეადგენს. ამავე დროს, როცა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს პოლარულ სეგმენტში ღამეა, სამხრეთ ნახევარსფეროს ანალოგიურ არეალში პირიქით – დღეა. ცნობილია, რომ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში წელიწადის თბილი ნახევარი თითქმის ორი კვირით მეტია, ვიდრე ცივი პერიოდი. ეს სხვაობა შეპირობებულია ორბიტაზე დედამიწის არათანაბარი სიჩქარით. კერძოდ, მაშინ როცა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ზამთარია, დედამიწა ე.წ. პერიჰელიუმშია და უფრო სწრაფად მოძრაობს, ვიდრე ამას ექვსი თვის შემდეგ, ანუ აფელიუმის მომენტში, აქვს ადგილი.

ზაფხულისა და ზამთრის მზებუდობის დღეების გარდა, 21 მარტსა (გაზაფხულის დღეღამტოლობა) და 23 სექტემბერს (შემოდგომის დღეღამტოლობა) დედამიწის ბრუნვის ღერძი მზის სხივებისადმი მართობულ მდგომარეობაშია. ამ დღეებში მზის სხივები შეუღლად მხოლოდ ეკვატორზე ეცემა, ხოლო განედის ზრდასთან ერთად, ეს კუთხე თანდათანობით კლებულობს.

სახელმძღვანელოში წარმოდგენილი დედამიწის ორი მდებარეობა წლიურ ორბიტაზე (ნახ.III.12) გვიჩვენებს, რომ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში (ჩვენთან) ამ დროს ზაფხულია (ნახაზის მარცხენა ნაწილი, 22 ივლისი), ხოლო სამხრეთში – ზამთარი. საპირისპირო მდგომარეობას აქვს ადგილი 22 დეკემბერს. ამ დროს, დედამიწის განათებული და გაუნათებელი ნახევარსფეროების საზღვარი ისე მდებარეობს, რომ ბრუნვის ღერძის ჩრდილო დაბოლოება გაუნათებელი ნახევარსფეროს მხარეზეა, ანუ ჩრდილოეთი პოლუსი მზის საწინააღმდეგო მხარეზე 23,5°-ითაა გადახრილი, სამხრეთისა კი იმავე სიდიდით – მზისკენაა მიქცეული. ამის გამო, ჩრდილოეთ

პოლარულ სარტყელში მზე სრულიად არ ამოდის ჰორიზონტს ზემოთ, იგი საერთოდ არ ჩანს, ანუ პოლარული ღამეა გამეფებული.

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ზომიერ სარტყელში, ამ დროს, მზე შუადღისას საკმაოდ დაბლაა და ცივა კიდევაც; დღე მოკლეა და ღამე გრძელი. სამხრეთ ნახევარსფეროში, პირიქით – პოლარული სარტყელი და პოლუსი განათებულია. ამიტომ, იქ მზე არ ჩადის ჰორიზონტზე დაბლა და, მაშასადამე – დღეა. ეს სურათი შეესაბამება იმ დროს, როცა ჩვენთან (ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში) ზამთარია.

აღწერილი ორი სეზონი – ზაფხული და ზამთარი ნახევარი წლითაა ერთმანეთისაგან დაშორებული. მათ ელიფსის დიდ ღერძზე ერთიმეორის მოპირდაპირე მდებარეობა შეესაბამება. ამავე დროს, დედამიწის მზესთან ახლო მდებარეობის მომენტში, ჩვენთან ცივი სეზონი – ზამთარი მეფობს. რატომ ხდება ასე? ცხადია, რომ ის სითბო, რომელიც დედამიწაზე იქმნება, არ არის დამოკიდებული მზე-დედამიწას შორის მანძილის (5 მლნ.კმ) ცვლილებაზე. აქ მთავარია თუ როგორ იცვლება მზის სიმაღლე ჰორიზონტიდან. ზამთრის სეზონში ამ სიდიდის დაბალ მნიშვნელობას განაპირობებს ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს გადახრა მზის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამ დროს მზის სხივები ჩვენ ზომიერ სარტყელს არათუ შვეულთან მიახლოებული კუთხით ეფინება, არამედ მასთან ახლოსაც კი არაა, ანუ შესამჩნევად დახრილია და, შესაბამისად, გათბობაც უმნიშვნელოა, ცივა და ზამთარია.

ამ სახელმძღვანელოს III. 5 და III. 6 ნახაზების მიხედვით ჩანს დედამიწაზე სითბური სარტყლების წარმოშობის მთავარი მიზეზი – დედამიწის მრგვალი ფორმით შეპირობებული მზის სხივების დედამიწის ზედაპირზე დაცემის არათანაბარი დახრილობა. ამჯერად, ვნახოთ თუ როგორ იცვლება ეს კუთხე დროის ცვლასთან ერთად. მართლაც, როცა „მზე მაღალია“ ($h = 72^0$) და მისი სხივთა კონა დედამიწაზე ერთი კილომეტრის განივზე ვრცელდება, იგი ერთი კვადრატული კილომეტრის ფართობს ეფინება, ანუ მისი სითბო სწორედ ამ ფართობზე იყრის თავს. თუმცა, როცა „მზე დაბალია“ ($h = 25^0$), იმავე განივის სხივთა კონა დაახლოებით 5 კვადრატული კილომეტრის ფართობზე ვრცელდება და მისი სითბოც ხუთჯერ მეტ ფართობზე ვრცელდება. მაშასადამე, ფართობის ერთეულზე ნაკლები სითბო მოდის. ამ მაგალითზე სხივთა კონის დახრის კუთხეები (92^0 და 25^0) შეესაბამება საქართველოს ტერიტორიაზე მზის უდიდესსა (22 ივნისი) და უმცირეს (22 დეკემბერი) საშუადღეო სიმაღლეებს.

დანარჩენი ორი მდებარეობა დედამიწაზე 23 სექტემბერსა და 21 მარტს (ნახ.III.13) შეესაბამება. პირველ შემთხვევაში, მზე ეკვატორის მცხოვრებთათვის შუადღეზე ზენიტში იმყოფება. დედამიწის განათებულ და გაუნათებელ ნახევარსფეროებს შორის საზღვარი ორივე პოლუსზე გადის. ამ დროს თითქმის მთელ დედამიწაზე დღისა და ღამის ხანგრძლივობა ერთმანეთის ტოლია. ეს დრო შეესაბამება შემოდგომის დასწყისს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში და გაზაფხულის დასწყისს – მოპირდაპირე მხარეს. 21 მარტს დედამიწა 23 სექტემბრის ანალოგიურ მდგომარეობაში იმყოფება. ამჯერადაც, მზე კვლავ ეკვატორზეა და შუადღეზე ზენიტში იმყოფება. კვლავ თანატოლია დღე და ღამე მთელ დედამიწაზე. ეს გაზაფხულის დღეღამტოლობაა. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გაზაფხულის დასწყისია, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს – შემოდგომა იწყება.

დედამიწაზე ოთხი სეზონი ყველგან როდია გამოვლენილი. ჩრდილოეთ და სამხრეთ ტროპიკებს შორის, ცხელ სარტყელში ფაქტობრივად მხოლოდ ერთი სეზონია

ფორმირებული. აქ უმთავრესად „საზაფხულო“ პირობები იქმნება, სადაც მზის ყველაზე მინიმალური ანუ „დაბალი“ მდგომარეობა 90^0-$23{,}5^0$=$66{,}5^0$ შეადგენს, ხოლო ტროპიკულ პარალელებზე 90^0-სა და 43^0-ს შორის მერყეობს. მხოლოდ ტროპიკების მიმდებარე ვიწრო ზოლში თუ შეინიშნება ოდნავ შესამჩნევი სეზონური ცვლილებები. რაც შეეხება მაღალ (პოლარულ) განედებს, აქ მკვეთრად გამოსახული ორ-ორი სეზონი ვითარდება. „მაღალი“ მზე პოლუსებზე მხოლოდ 90^0-$66{,}5^0$=$23{,}5^0$ აღწევს, ხოლო პოლარულ წრეებზე 43^0-მდე იზრდება. პოლარული განედები ცნობილია როგორც პოლარული დღეებისა (ზაფხულის) და ღამეების (ზამთარი) გამეფების სარტყლები, მათ შორის გარდამავალი სეზონების – ეფემერული გაზაფხულისა და შემოდგომის არსებობაც შეინიშნება. მათი ხანგრძლივობა ორი-სამი კვირით თუ განისაზღვრება.

ყველაზე უფრო მკაფიოდ სეზონები ზომიერ სარტყელშია (შუა განედები $23{,}5^0$ – $66{,}5^0$ შორის) გამოსახული. თითოეული სეზონი სამ-სამი თვე გრძელდება და ბუნებრივი მოვლენების (ჰავის, მეცნიერული თუ ცხოველთა სახეობების) მკვეთრად გამოხატული თავისებურებების, ქცევის ნორმებისა და სხვა ასპექტების მორიგეობით ხასიათდება.

წელიწადის სეზონების არსებობისა და მორიგეობის გეოგრაფიული მნიშვნელობა ძალზე დიდია. მისი უმნიშვნელოვანესი შედეგია, წელიწადის განმავლობაში, მზის რადიაციისა და, მასთან დაკავშირებული თერმული მდგომარეობის ცვლილება. ამასთანავე, სეზონური მორიგეობა დედამიწის სხვადასხვა სარტყელში არაერთგვაროვნადაა გამოვლინებული. ამის დასამტკიცებლად მოვიტანთ შემდეგ ფაქტს: ორ ტროპიკს შორის მოქცეულ ცხელ სარტყელში მზის სხივები შემოდიან რა შვეული კუთხესთან მიახლოებული სიდიდეების ფარგლებში, დედამიწის ზედაპირის საკმაო გათბობასა და გადამეტბურებას იწვევენ. ამავე დროს, სითბოს შემოსვლა მთელი წლის განმავლობაში უცვლელია, ხოლო მისი რყევა – თითქმის შეუმჩნეველი. ასევე საკმაოდ მცირეა დღესა და ღამეს შორის ხანგრძლივობათა სხვაობაც.

დედამიწის იმ სეგმენტზე, რომელიც მოქცეულია პოლუსებსა და პოლარულ წრეებს შორის – წლის ციე პერიოდში, მზე ჰორიზონტზე არც კი ჩანს, ხოლო „თბილ“ პერიოდში მზე ჰორიზონტზე ოდნავ მაღლა იმყოფება. პოლარული დღისა და ღამის ხანგრძლივობა საკმაოდ (ცხრილი III. 3) ცვალებადია. იგი ერთი დღე-

ცხრილი III.3.

მზით განათებულობის წლიური მსვლელობა პოლარულ სეგმენტში

განედი	გაზაფხული. დღისა და ღამის მორიგეობათა რიცხვი	ზაფხული. პოლარული დღის ხანგრძლივობა	შემოდგომა. დღისა და ღამის მორიგეობათა რიცხვი	ზამთარი. პოლარული ღამის ხანგრძლივობა
$66^0 33'$	180	1 დღე-ღამე	183	1 დღე-ღამე
70^0	119	64 „	121	64 „
75^0	82	102 „	83	98 „
80^0	52	133 „	53	127 „
85^0	25	160 „	26	154 „
90^0		189 „		176 „

ღამიდან 6 თვემდე მერყეობს. ზაფხულში კი პირიქით – ჰაერი თბება, თუმცა შესამჩნევ სიდიდეს, ზამთრის პერიოდში ზედმეტი გადამეტცივებისა და ზაფხულის სითბოს თოვლის დნობაზე ხარჯვის გამო, ივლის-აგვისტოს „დაბალი“ მზის პირობებში

– მაინც ვერ აღწევს. აქედან გამომდინარე, ზამთრისა და ზაფხულის ჰაერის ტემპერატურათა სხვაობა მაინც ხდება შესამჩნევი და ორ ურთიერთგანსხვავებულ სეზონად იყოფა.

რაც შეეხება ზომიერ სარტყლებში ოთხი მკვეთრად გამოხატული სეზონების არსებობას, იგი შეპირობებულია მზის მაღალი (ზაფხული) და დაბალი (ზამთარი) მდებარეობათა მორიგეობით, რაც ჰაერის ტემპერატურის საკმაოდ მაღალი წლიური ამპლიტუდის არსებობას განაპირობებს. ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირზე ეს სიდიდე 10-15^0-ია, ხოლო ხმელეთზე 40-50^0-ს აღწევს. ამავე დროს, თუკი ტროპიკებში ჰაერის ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა 2-დან 7-13^0-მდე მერყეობს, პოლარულ მხარეში იგი 35-36^0-ს აღწევს.

ჰაერის ტემპერატურის წლიური მსვლელობა, გამოწვეულია რა მზის რადიაციის სეზონური ცვლილებებით, მრავალი მოვლენის თან ახლებას იწვევს. ამგვარი, ინდუცირებული რიტმების ხასიათი თვით ტემპერატურული ცვლილების რიტმების პარალელურ მდგომარეობას იკავებს. ასე, მაგალითად, ზამთარში ატმოსფერული ნალექები მყარი ხასიათისაა, იყინება მდინარეები, მცენარეებს სცვივა ფოთლები, ცხოველთა ნაწილი ზამთრის ძილს ეძლევა, ნაწილი – საკვების ძებნის მიზნით გრძელ გზას გაუყვება (მიგრაცია) ხოლმე, ზოგიერთი ცხოველი იცვლის ფერს ან აგროვებს ქონის სქელ ფენას, ცხოველთა ნაწილი ხშირ ბეწვს იჩენს. ბუნებრივი მოვლენების სეზონურობა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობაშიცაა (ნადირობა, თევზჭერა და ა.შ.) გამოვლენილი. სეზონურობა ჩანს, აგრეთვე ბუნების პეიზაჟების ელფერის ცვლილებებშიც: ზამთარში თოვლის თეთრი საბურველისაგან გათავისუფლებული ტყე, გაზაფხულზე ნაზი და მწვანე ყლორტებით შეიმოსება, ზაფხულის მწვანე სამოსელი შემოდგომით მოყვითალო-ნაცრისფერი ხდება.

დედამიწის ბრუნვის ღერძის ორბიტის სიბრტყისადმი დახრილობის მუდმივობა მხოლოდ მოკლე დროისათვისაა სამართლიანი. საუკუნეებისა და ათასწლეულობის განმავლობაში ღერძი ნელა, მაგრამ განუწყვეტლივ იცვლის მიმართულებას. ეს ცვლა გამოწვეულია მზისა და მთვარის გრავიტაციული ზეგავლენით სფეროიდურ დედამიწაზე. პლანეტის ღერძის დახრილობის ამ ცვლილებას პრეცესიული მოძრაობა, ხოლო თვით მოვლენას პრეცესია ჰქვია. ამის გამო, 40 ათასი წლის განმავლობაში, ეკლიპტიკის დახრილობა იცვლება 2^{0}38'-ის ფარგლებში, რაც გულისხმობს მის 21^{0}58'-დან 24^{0}36'-მდე მერყეობას. ამჟამად ეს დახრილობა 23^{0}27'-ს შეადგენს. ეკლიპტიკის დახრილობის კუთხის ეს უმნიშვნელო ცვლილებაც კი ტროპიკებისა და პოლარული წრეების საკმაოდ დიდ სივრცობრივ გადაადგილებებს იწვევენ.

ფენოლოგიური ცხრილი და კალენდარი. ადამიანთა საზოგადოების ფორმირების საწყის ეტაპზე დროის აღრიცხვა და მისი დაყოფა არ წარმოებდა. ადამიანი შეიგრძნობდა მხოლოდ განსხვავებას დღესა და ღამეს შორის, აგრეთვე წვიმიანი პერიოდის დადგომას, ნაყოფის დამწიფებას, ფრინველთა მოფრენისა თუ გაფრენის დროს, მდინარეთა წყალდიდობის დაწყებასა და დამთავრებას, წლის დროთა ცვლასა და ა.შ. საზოგადოებას დროის აღრიცხვის აუცილებლობა განვითარების შედარებით მაღალ საფეხურზე გაუჩნდა. იგი ნაკარნახევი იყო მიწათმოქმედების, მდინარეებსა და ზღვებზე ნაოსნობის, ან კიდევ, ნადირობის და სხვა სამეურნეო საქმიანობის სწორი წარმართვის აუცილებლობით.

ცნობილია, რომ მთელი რიგი პერიოდულად ცვლადი ბუნებრივი მოვლენების აღრიცხვა დროის მიხედვით ხდება. ამ მხრივ, აღსანიშნავია დედამიწის მოძრაობა

თავისი ღერძის ან მზის გარშემო, მთვარის მოძრაობა დედამიწის ირგვლივ და სხვ. თუკი პირველი მათგანი დღე-ღამის ხანგრძლივობაში გამოისახება, მეორე – წელიწადზე მიუთითებს, ხოლო მესამე – მთვარის თვეებს გამოხატავს. ამასთან, დღე-ღამის ნაწილების გასაზომად გამოიყენება საათები, წუთები და წამები. უფრო ხანგრძლივი დროის აღრიცხვა დღეებით, კვირებითა და თვეებით ხდება. მრავალწლიანი პერიოდები საუკუნეებსა და ათასწლეულებს მოიცავს.

დროის აღრიცხვის თვისება – მისი შეუქცევადობა და ერთი მიმართულების (წარსულიდან მომავლისაკენ) არსებობაა. ამის გამო, დროს მხოლოდ ერთი განზომილება გააჩნია. დროის შეუქცევადობის გამო, შეუძლებელია გარდასული მოვლენების გადალაგება. ამის გამო, წარსული მოვლენების აღრიცხვა მხოლოდ ქრონოლოგიურად (თანმიმდევრულად) არის შესაძლებელი.

დროის ხანგრძლივი შუალედების აღრიცხვის სისტემას წელთაღრიცხვა ანუ კალენდარი ეწოდება. კალენდარი (ლათ. Calendae) ძვ. რომაელებში ნიშნავდა თვის პირველ დღეს. დროის აღრიცხვა უძველეს წარსულში იღებს სათავეს. ამისათვის ყოველთვის წელიწადს (365,25 დღე-ღამე) იყენებდნენ. როგორც ჩანს, წელიწადი არა მთელი, არამედ წილადი რიცხვისგან შედგება, რაც მეტად მოუხერხებელი და მოულებელია სამოქალაქო ცხოვრებაში. ამ უხერხულობის დაძლევის მიზნით გამოიყენება წელიწადის საშუალო ხანგრძლივობის მქონე ე. წ. სამოქალაქო კალენდარი. ამასთან, ზუსტი წელთაღრიცხვის შექმნის მთავარ ამოცანად მუდმივად იდგა მთვარის ფაზებისა და ასტრონომიული (დღეღამტოლობის) წლის დასაწყისის შეუთანხმებლობით გამოწვეული შეუსაბამობა. ამ ამოცანის გადაწყვეტას ცდილობდნენ ძველბაბილონური (ძვ. წ. III ათასწლეული), ძველებრაული – იუდეველთა ერა (ძვ. წ. 3761 წლის 7 ოქტომბერი), ძველბერძნული კალენდრების შემუშავების ავტორები.

როგორც აღვნიშნეთ, წელთაღრიცხვის (კალენდრის) შექმნის საფუძველს ბუნების მოვლენების პერიოდულობა იძლევა. ამიტომ უძველეს დროში შექმნილი კალენდრების ცალკეული ნაწილები მოსახლეობის სამეურნეო ყაიდის პირობებს ასახავდა. ერთ-ერთი უძველესი კალენდარული სისტემა არსებობდა ჩინეთში, იაპონიასა და კორეაში. მოგვიანებით (XVI-XVII სს.) იგი მანჯურიასა და მონღოლეთში გავრცელდა. ჩინური კალენდრის „ციკლი“ 60 წელიწადს მოიცავდა და ხუთ (ხე, ცეცხლი, მიწა, ლითონი, წყალი) ელემენტად იყოფოდა, ხოლო ცალკეული წლები საკუთარი სახელწოდებებით (თაგვი, ვეფხვი, კურდღელი, ურჩხული და ა.შ.) მოიხსენიებოდა. კალენდრის მიხედვით წელთაღრიცხვა პირობითად ძვ. წ. 2397 წელს იწყებოდა. ამჟამად ჩინეთში საერთო ევროპული კალენდარია მიღებული.

უძველესია აგრეთვე ძველეგვიპტური წელთაღრიცხვა. იგი, ჯერ კიდევ, ძვ. წ. აღ-ით მე-4 ათასწლეულს შეიქმნა. მაშინდელი წელიწადი 365 დღე-ღამეს მოიცავდა, რომელიც სამი სეზონისაგან (წყალდიდობა, ხვნა-თესვა და მკა) შედგებოდა. თითოეული მათგანი ოთხ თვეს, ხოლო თვეები 30 დღე-ღამეს მოიცავდა. წლის დასაწყისი (შუა ივნისი) მდ. ნილოსის წყალდიდობას ემთხვეოდა, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ეგვიპტის სამიწათმოქმედო საქმეში. ამ დღის გამოთვლა კი უკავშირდებოდა სირიუსის პირველ ხილულ ამოსვლას ცისკარზე. მოგვიანებით, ეს კალენდარი სომხეთსა და შუა აზიაში გავრცელდა.

სომხური კალენდრის საწყისად ითვლება ახ. წ. აღ-ით 552 წლის 10 ივლისი. ასევე საკმაოდ სრულყოფილი კალენდარი შექმნა ტაჯიკმა პოეტმა და მეცნიერმა ომარ ხაიამმა. მის მიერ (XII ს.) გამოთვლილი წელიწადის ხანგრძლივობა 365,24242

დღე-ღამეს შეადგენდა, რაც ამჟამად მიღებულ დროსთან შედარებით მხოლოდ 19 წმ-ით განსხვავდება. ამ კალენდარის მიხედვით წელთაღრიცხვა 1079 წლის 15 მარტს იწყებოდა.

ძველი და ახალი წელთაღრიცხვის მიჯნაზე, რომის იმპერატორის – ავგუსტის მმართველობის დროს, ე.წ. ეგვიპტური წლის დასაწყისად 29 აგვისტო იყო მიღებული. მოგვიანებით კი შემოიღეს ე.წ. ალექსანდრიული აღრიცხვა, რომლის ხანგრძლივობა 365,25 დღე-ღამეს შეადგენდა, ხოლო მის საწყისად ახ. წ. აღ-ით 284 წლის 29 აგვისტო ითვლებოდა.

მუსლიმანური მთვარის კალენდარი, ე.წ. ჰიჯრა – ერთადერთია, რომელიც მხოლოდ მთვარის ფაზების ცვლას უკავშირდება. ახალი კალენდრით ყოველი ახალი თვის დასწყისი ახალმთვარეობას ემთხვეოდა. რადგან მთვარის საშუალო სინოდური თვის ხანგრძლივობა 29,53 დღე-ღამეს შეადგენს, მთვარის კალენდრით სარგებლობისას საჭირო იყო 29 და 30-დღიანი თვეების მორიგეობის შემოღება. ცხადია, რომ 12 ასეთი თვე 354 დღე-ღამეს ანუ წელიწადს ქმნის. ამ კალენდრით სარგებლობს თურქეთისა და პაკისტანის მოსახლეობა. ჰიჯრის აღრიცხვის საწყისად ითვლება ახ. წ. აღ-ით 622 წლის 16 ივლისი (იულიუსის კალენდრით), რაც ემთხვევა მუჰამედის გაქცევას მექადან მედინაში.

ხშირად წელთაღრიცხვის დასაწყისი რაიმე მნიშვნელოვან თარიღს უკავშირდებოდა. მაგალითად, ძველბერძნული ქრონოლოგიის საფუძვლად ისტორიკოსმა თიმეოსმა (ძვ. წ. აღ-ით IV-III სს.) სახალხო დღესასწაულის – ოლიმპიადების ჩატარების (ყოველ 4 წელიწადში ერთხელ) თარიღები დაუდო. ცნობილია, რომ პირველი ოლიმპიადა ჩატარდა ძვ. წ. აღ-ით 776 წელს. მომდევნო წლების აღრიცხვისათვის საჭირო იყო ოლიმპიადისა და წლის ნომრების ჩაწერა.

ძველრომაული კალენდრით, წლის დასაწყისად მინდვრის სამუშაოთა დაწყება (მარტი) ითვლებოდა. თავდაპირველად, იგი 10 თვეს მოიცავდა. მოგვიანებით (ძვ. წ. აღ-ით 700 წელს), ის უკვე 12 თვით შეიცვალა. ძვ. წ. აღ-ით 46 წელს, ეგვიპტელი სწავლულის სოზიგენის რჩევით, რომის იმპერატორის იულიუს კეისარის (ცეზარის) მიერ ჩატარებული რეფორმით ოთხწლედის ხანგრძლივობა 1461 დღით განისაზღვრა. წლის დასაწყისად 1 იანვარი იყო მიჩნეული. ოთხწლედი შედგებოდა სამი (365-დღიანი) და ერთი (366-დღიანი) წლებისაგან. ერთი დღის ჩამატება თებერვლის თვეს ერგო. იულიუსის კალენდრით სარგებლობა მხოლოდ ახ.წ. აღ-ით 7 წელს დაიწყო, რომლის მიხედვით წლის საშუალო ხანგრძლივობა 365 დღე-ღამესა და 6 საათს შეადგენდა, რაც ნამდვილისაგან 11 წუთითა და 14 წამით განსხვავდებოდა. ამის გამო, ყოველ 128 წელიწადში ასტრონომიულ დროსა და იულიუსის წელთაღრიცხვას შორის ერთდღიანი სხვაობა გროვდებოდა. ამგვარი უხერხულობის აღკვეთა ვერც გამოჩენილმა მეცნიერმა ნიკოლაი კოპერნიკმა შეძლო.

კალენდრის საბოლოო რეფორმა მხოლოდ XVI საუკუნის ბოლოს გახდა შესაძლებელი. პაპი გრიგორიუს მეცამეტეს დაწესებით 1582 წლის 4 ოქტომბრის (ხუთშაბათი) მეორე დღე (პარასკევი) 15 ოქტომბრად უნდა ყოფილიყო ჩათვლილი. ამით შესაძლებელი გახდა გაზაფხულის დღეღამტოლობის 1583 წლის 11-დან 21 მარტში დაბრუნება. ამდენად, განხორციელდა ძველიდან ახალ სტილზე გადასვლა. რადგან იულიუსის კალენდარით ნამდვილი დრო ყოველ 400 წელიწადში სამი დღე-ღამით ჩამორჩებოდა, გადაწყდა იულიუსის კალენდრის თანმიმდევრული კორექტირება. ამით მიღწეულ იქნა გრიგორიუსის კალენდრისა და ტროპიკული

წელიწადის ხანგრძლივობათა სხვაობის 26 წამამდე შემცირება, რაც 24-საათიან დროს მხოლოდ 3300 წლის განმავლობაში აღწევს. ამიტომ გრიგორიუსის უნივერსალური კალენდარი დაუყოვნებლივ მიიღეს საფრანგეთში, იტალიაში, ესპანეთსა და პორტუგალიაში.

რუსული კალენდარი სათავეს იღებს ძველსლავური წელთაღრიცხვიდან. რუსული ერა იწყება ე. წ. „სამყაროს შექმნიდან“ ანუ 5509 წლის 21 მარტიდან. თავდაპირველად, წლის დასაწყისად 1 მარტი, ხოლო XV საუკუნიდან (1492 წ) 1 სექტემბერი იყო. 1700 წელს კი პეტრე პირველის ბრძანებით „სამყაროს შექმნიდან“ 7208 წლის 31 დეკემბრის მეორე დღეს ახ. წ. აღ-ით 1700 წელი (1 იანვარი) ეწოდა. ამდენად, რუსეთი გრიგორიუსის წელთაღრიცხვას XVIII საუკუნის დასაწყისში შეუერთდა, თუმცა კალენდარში ძველი სტილი ფიგურირებდა. ახალი სტილი მხოლოდ 1918 წლის თებერვალში იქნა შემოღებული.

საქართველოს სამიათასხუთასწლოვანი ისტორია, ცხადია, საკუთარი წელთაღრიცხვის გარეშე ვერ იარსებდა. ჯერ კიდევ წარმართულ საქართველოში სარგებლობდნენ კალენდრით. ქრისტიანულ ეპოქაში კი სხვა კალენდარი გაჩნდა და თვეებსაც ხალხური სახელწოდებები (ცხრილი III.4) გაუჩნდა. ასე, მაგალითად, იანვარს – აპნისი (წარმართული სახელი), ხოლო თებერვალს – სარწყუნისი ერქვა; მაისს – ვარდობისთვეს ეძახდნენ, ივლისის ხალხურ სახელწოდებას, კვირიაკობისთვეს კოლხეთში კვირიკვე, ხოლო სექტემბერს ეკენია ერქვა.

ცხრილი III. 4

ქართული კალენდრის თვეები

ტრადიციული	ხალხური	წარმართული	კოლხური
იანვარი	–	აპნისი	იანარი
თებერვალი	სარწყუნისი	–	ფრეკვალი
მარტი	–	მირკანი, მიპრაკანი	მარტი
აპრილი	იგრიკა	–	აპრილი
მაისი	ვარდობისთვე	–	მესი
ივნისი	თიბათვე, ივანობისთვე	მარიალისი	ივანობა
ივლისი	მკათათვე, კვირიკობისთვე	თიბისა	კვირიკვე
აგვისტო	არგუსო	ქველთაობისა	არგუსო
სექტემბერი	ენკენისთვე	–	ეკენია*
ოქტომბერი	ღვინობისთვე	რთველისთვე	გიმათუთა
ნოემბერი	გიორგობისთვე, ჭინკობისთვე	–	გერგობათუთა
დეკემბერი	ქრისტეშობისთვე	ტორისდენი	ქირსეთუთა

* ეკენია, ბერძნულად განახლების ნიშნავს.

საქართველოში რომაული კალენდარი ოფიციალურად VI-VII საუკუნეების მიჯნაზე შემოიღეს. თვეების სახელწოდებებიც რომაული იყო, რომლებიც ან ღმერთების სახელს ატარებდა, ან კიდევ, უბრალოდ რიგით ნომრებს აღნიშნავდა. ქართულმა ეკლესიამ კი გაავრცელა წელთაღრიცხვის ის სისტემა, რომელიც დამყარებულია ცის მნათობთა ციკლურ ბრუნვაზე. ქართული ქრონიკონის (ბერძნ: დრო, ჟამი, წელთაღრიცხვა) ციკლი ან მოქცევა (ინდიქტიონი) შეიცავს 532 წელს, რომელიც მთვარისა (19 წელი) და მზის მოქცევების (28 წელი) ნამრავლისაგანაა მიღებული. ყოველი ამ ციკლის გასვლის შემდეგ ცის მნათობები საწყის მდგომარეობაში ბრუნდებიან.

როგორც ჩანს, პირველი ინდიქტიონი დამთავრებულა დასაბამიდან 532 წელს, ხოლო მეორე დაწყებულა 533-ე წლის იანვარში, რომელიც თავის მხრივ, გაგრძელებულა 1064 წლამდე. ამგვარად, მეათე ინდიქტიონის დასაწყისი ემთხვევა 4789-ე წელს,

მეთერთმეტე კი 5321-ს, ხოლო მეთორმეტე – 5853-ე წელს. მაშინდელი წარმოდგენით, თითქოს ქვეყნის დასაბამიდან 780 წლამდე სწორედ 12 მოქცევა შესრულდა. მეთორმეტე ინდიქტიონის დასასრული (6384 წელი დასაბამიდან) ახ. წ. აღ-ით 780 წელს ემთხვევა. ცხადია, რომ მეცამეტე მოქცევა 1313 წლამდე, ხოლო მომდევნო (მე-14) 1846 წლამდე გაგრძელდა. 2002 წელს მე-15 ინდიქტიონის 158-ე ქორონიკონი, ანუ დასაბამიდან 7606-ე წელი მიმდინარეობდა. წელთაღრიცხვის ეს სისტემა მყარი დასაყრდენი გახდა საქრისტიანო დღესასწაულების დასადგენად.

ძველ ქართულ ხელნაწერებში გამოყენებულია წელთაღრიცხვა, რომელიც პირობითად 249 წელს იწყება, რომლის მიხედვით პირველი მოქცევა მე-12 ინდიქტიონის დასაწყისს ემთხვევა. ამასობაში, ცხადია, რომ ძველ და ახალ წელთაღრიცხვათა შორის გამყოფი თარიღი სწორედ ერთ-ერთი ინდიქტიონის ქორონიკონს ემთხვევა. მართლაც, თუკი ახ. წ. აღ-ით 780 წელს (დასაბამიდან 6384 წელი) 12 მოქცევა შესრულდა, მაშინ მე-11 ინდიქტიონის დასაწყისს შეესაბამება ქართული კალენდარის 248 წელი. აქედან ცხადია, რომ ძველი წელთაღრიცხვა დამთავრებულა XI მოქცევის 5604 წელს, ხოლო ახალი წელთაღრიცხვის პირველი წელიწადი შეესაბამება დასაბამიდან 5605-ე წელს. ამდენად, პირველი ათასწლეული დადგა 6605-ე წელს, ხოლო მეორე 7605-ე წელს შემოვიდა. ამჟამად ასტრონომიაში მიღებული ათვლის (ე.წ. სკალიგერის ერა) წერტილიდან – ძვ. წ. აღ-ით 4713 წლის 1 იანვრიდან, 2002 წლის 1 იანვარი იყო იულიუსის პერიოდის 2 მლნ. 452 ათას 277-ე დღე.

თანამედროვე კალენდრების ნაკლოვანება თვეების, კვარტლებისა და წლების არათანაბრობაში მდგომარეობს. არსებობს რეფორმების მრავალი პროექტი. მათ შორის ერთ-ერთი პროექტის მიხედვით წელიწადი მოიცავს 13 თვეს. მეორე რეფორმა ითვალისწინებს წელიწადის 4 კვარტლითა და 13 კვირით დაყოფას. ცხადია, რომ ვერც ერთი პროექტი არსებულ ნაკლოვანებას ვერ ფარავს. უდავოა, რომ ყოველი ახალი ჟამთაღრიცხვა უნდა ემყარებოდეს უნივერსალურ აღრიცხვას, პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობასა და საყოველთაო აღიარებას.

გეოგრაფიული სივრცე. დედამიწა, როგორც კოსმოსური სხეული, ციური ობიექტების მუდმივ ურთიერთმოქმედების სივრცეშია მოქცეული. კერძოდ, მიზიდულობის ძალებით იგი მზის ირგვლივ ორბიტაზეა „მიჯაჭვული“; მზისა და მთვარის გავლენითაა გამოწვეული პლანეტის სხეულში მოქცევითი ხახუნის არსებობა; დედამიწა მოქცეულია „მზის ქარის“ მიერ შექმნილი დამუხტული ნაწილაკების გავრცელების ველში, რომელიც კორპუსკულარულ დენებთან ერთად რენტგენული და ულტრაიისფერი სხივების, აგრეთვე რადიოტალღებისა და ხილული სხივური ენერგიის „მოქმედების“ არეალიცაა; დედამიწაზე შემოდის აგრეთვე მეტეორული მტვერი, რომლის წლიური მასა 10 მლნ. ტონას აღწევს; ჰაერის მასების ცირკულაციის ხასიათი მჭიდროდაა დაკავშირებული მზეზე ლაქების ფორმირების ინტენსიურობასთან. კოსმოსური ზემოქმედებები მრავალ მოვლენებს იწვევენ, რომლებიც გეოგრაფიული თვალსაზრისითაც საინტერესოა. მათ შორისაა პოლარული ციალი, მაგნიტური ქარიშხალი, ჰაერის იონიზაცია და ა.შ.

დედამიწის ინდივიდუალური თავისებურებანი, თავის მხრივ, ზემოქმედებენ ახლო კოსმოსურ სივრცეზე და მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეაქვთ მის თვისებებში: მკვრივი ბირთვის გამო ფორმირებული მაგნიტური ველი განსაზღვრავს რადიაციული სარტყლის არსებობას; დედამიწის გრავიტაციული ველის სფერული ასიმეტრიულობით შეპირობებულია მეტეორიტული ნივთიერების სივრცობრივი გადანაწილება, რაც

ართულებს მზის სისტემის პლანეტებთან ურთიერთმოქმედებასა და იწვევს დედამიწის ფორმის, მისი ფიგურის დეფორმაციას.

ამგვარად, დედამიწასა და კოსმოსურ ფაქტორებს შორის ურთიერთმოქმედებათა დამყარება საკმაოდ ვრცელ არეალშია გამოვლენილი. აღნიშნულ ფაქტორებს შორის ურთიერთმოქმედება მყარდება როგორც უშუალოდ დედამიწის ზედაპირზე, ისე ნაწილობრივ მის ფარგლებს გარეთ. ამავე დროს, დედამიწის გარეთ მიმდინარე პროცესები განსაზღვრავენ გეოგრაფიული მოვლენების მსვლელობის ხასიათს, ხოლო უშუალოდ დედამიწის ფიზიკურ ზედაპირზე მიმდინარე პროცესები განაპირობებენ ამ მოვლენების განაწილებას გეოგრაფიულ გარსში. სწორედ, იმ ბუნებრივ, მჭიდროდ ურთიერთდაკავშირებულ სისტემას, გავრცელებულს დედამიწის მაგნიტური ველის ზედა საზღვრიდან მოხოროვიჩიჩის ზედაპირამდე მოქცეულ არეალში, გეოგრაფიულ სივრცეს უწოდებენ. იგი ოთხ ძირითად ნაწილად იყოფა:

1. ახლო კოსმოსი ხასიათდება კოსმოსური ფაქტორების გამოვლინებით, დედამიწის მაგნიტური და გრავიტაციული ველების ურთიერთმოქმედებით, რადიაციული სარტყლის არსებობით;

2. მაღალ ატმოსფეროში მიმდინარეობს თერმოსფეროს გათბობა, წყალბადისა და ჰელიუმის გაბნევა, ოზონის ეკრანის ფორმირება;

3. გეოგრაფიული გარსი წარმოადგენს დედამიწის გეოსფეროების ურთიერთმოქმედებისა და ურთიერთგამოვლინების არეალს, რომელშიც ხანგრძლივი ევოლუციის ერთ-ერთ ეტაპზე წარმოიშვა სიცოცხლე და ამჟამად მიაღწია განვითარების უმაღლეს დონეს;

4. დედამიწის ქერქი „ტივტივებს" რა მანტიაზე – ენდოგენური პროცესების გამოვლინების არენაა, სადაც წარმოდგენილია მისი ოკეანური და კონტინენტური ტიპები, რომელთა შორის გარდამავალი ზოლია ფორმირებული.

გეოგრაფიული სივრცის კონცეფცია განსაზღვრავს გეოგრაფიულ გარსში მიმდინარე ორი ურთიერთდაპირისპირებული, მაგრამ მუდამ ერთიან – მთლიანობაში მყოფი ენდოგენური და კოსმოსური პროცესების თანაარსებობას, მისგან გამომდინარე ყველა გეოგრაფიული შედეგებით. ამ ერთიან თანაარსებობას მხატვრული გამოთქმა შეიძლება მიესადაგოს: ენდოგენური ძალები „გრდემლის", ხოლო კოსმოსური ზემოქმედება „უროს" ფუნქციებს ასრულებენ, რომელთა ურთიერთმოქმედება მოქნილ და მტკიცე „ფოლადს" (გეოგრაფიულ გარსს) აყალიბებს.

დასკვნები

1. დედამიწის ფორმა – გეოიდი არის სხეული, შემოსაზღვრული ზღვებისა და ოკეანეების ზედაპირის შესაბამისი დონებრივი ზედაპირით. გეოიდის, როგორც პლანეტარული სხეულის, სფეროსაგან უმნიშვნელო განსხვავების გამო, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, დედამიწის ფორმა სფეროსებურ ფიგურადაა მიჩნეული;

2. დედამიწის ეკვატორული გამობნექილობის შედეგად მისი ბრუნვის ელიფსოიდური ფიგურა გამომუშავდა, ხოლო ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების პოლარულ შეკუმშულობათა არათანაბრობა დედამიწას კარდიოიდული ელიფსოიდის ფიგურასთან აახლოებს;

3. დედამიწის მრგვალი ფორმის მთავარი გეოგრაფიული შედეგი – მზის სითბოს არათანაბარი, მაგრამ კანონზომიერი, გადანაწილება – ბუნებრივი მოვლენების ზონალურობაშია გამოვლენილი;

4. დედამიწის სიდიდე და ზომები, დაკავშირებულია რა მის სიმკვრივესთან, განაპირობებენ პლანეტის მასასა და, აქედან გამომდინარე, მისი მიზიდულობის ძალას, რომლის შედეგია გეოგრაფიული გარსის სივრცობრივი სტრუქტურის ჩამოყალიბება;

5. დედამიწის გრავიტაციული დიფერენციაციის გამო პლანეტის კონცენტრული გარსები – ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ლითოსფერო, მანტია და ბირთვი განლაგებულნი არიან კუთრი წონის ზრდის მიხედვით;

6. დედამიწის ინდივიდუალური ფიზიკური ნიშნები – მაგნიტური და გრავიტაციული ველები ახდენენ გარემომცველი ახლო კოსმოსური სივრცის გარდაქმნას, ისევე როგორც კოსმოსური ზემოქმედებანი იწვევენ დედამიწის ზედაპირის მუდმივ ცვლას;

7. დედამიწის ბრუნვა ღერძის გარშემო განაპირობებს დღისა და ღამის მორიგეობას, რაც დღეღამური რიტმიკის გამოვლინების წინაპირობაა; დღე და ღამე – დროის აღრიცხვის უნიკალური საშუალებაცაა;

8. დედამიწის დღეღამური ბრუნვა განიცდის რა მოქცევითი ხახუნის შემაფერხებელ მოქმედებას – განაპირობებს ბრუნვის სიჩქარის საუკუნეობრივ შენელებას, რაც პლანეტის ფორმას, ელიფსოიდურიდან სფერულში თანდათანობითი გადასვლის ტენდენციას უნარჩუნებს;

9. დედამიწის ბრუნვასთან დაკავშირებული მოძრავი სხეულების გადახრა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში – მარჯვნივ და სამხრეთ ნახევარსფეროში –მარცხნივ, მკვეთრად აისახება გაბატონებული ქარებისა და ოკეანური დინებების მიმართულებათა გადახვევაში, მდინარეთა უპირატესად მარჯვენა ნაპირების (ეკვატორის ჩრდილოეთით) გარეცხვასა და სხვა მრავალ ბუნებრივ მოვლენებში;

10. პლანეტის ბრუნვის ღერძის დედამიწის ზედაპირთან გადაკვეთის წერტილებს შეესაბამება ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსები – გეოგრაფიული კოორდინატების აგების საყრდენი წერტილები;

11. დედამიწის მოძრაობა მზის გარშემო განაპირობებს დროის უფრო „გრძელი“ პერიოდის – წელიწადის ფორმირებას, ხოლო ორბიტის სიბრტყისადმი ბრუნვის ღერძის დახრილობის მუდმივობა ტროპიკებისა და პოლარული წრეების ფიქსირებასა და სითბური სარტყლების ფორმირებასთან ერთად სეზონური რიტმების გამოვლინებას განაპირობებს;

12. დედამიწის გეოსფეროების ურთიერთშეხების, ურთიერთმოქმედებისა და ურთიერთშეღწევადობის პირობებში ადგილი აქვს სამყაროს უნიკალური წარმონაქმნის – გეოგრაფიული გარსის ფორმირებას, განვითარებასა და თანამედროვე იერსახის ჩამოყალიბებას, რომელიც თავისი თვისებრივი და ხარისხობრივი ასპექტებით მკვეთრად განსხვავდება სხვა გარსებისაგან, განუმეორებელია სამყაროს სივრცეში და სისტემური ნიშნების მატარებელია;

13. დედამიწის გეოგრაფიული გარსი, მიმდებარე ახლო კოსმოსურ სივრცესა და ლითოსფეროსთან ერთად რთულ ბუნებრივ სისტემას – გეოგრაფიულ სივრცეს ქმნის.

თავი IV. დედამიწის შინაგანი აგებულება

ზოგადი ცნობები. წიაღის სითბური მდგომარეობა. აგებულება და შედგენილობა. ბაქნები და გეოსინკლინები. ლითოსფერული ფილების გლობალური ტექტონიკა. ჯულკანიზმი და მიწისძვრები. გეოქრონოლოგია. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. ოდითგანვე კაცობრიობის ყურადღება მიწის წიაღისაკენ იყო მიმართული, მაგრამ დედამიწის შინაგანი აგებულების შესახებ ცნობების მოპოვება საკმაოდ ძნელი აღმოჩნდა. ღრმა ფენების შესახებ ინფორმაციას ჭაბურღილების მეშვეობით ადგენენ. უხსოვარი დროიდან კი გეოლოგების სანატრელი კვლევის ობიექტი – გაშიშვლებული ქანების გავრცელების ადგილი იყო, რომელთა მიხედვით შესაძლებელი ხდებოდა რეგიონის შინაგანი აღნაგობა-აგებულების ზოგადი სურათის წარმოდგენა.

ქანები, როგორც წესი, შრეებად არიან განლაგებული. მათ ჰორიზონტალური ან დახრილი გავრცელება აქვთ. შრეების ხილული ნაწილის გავრცელების მიხედვით, გეოლოგები აზრობრივად (ლოგიკურად) წარმოადგენენ ხოლმე მათ გავრცელებას მიწის წიაღის სივრცეში. ამგვარი მიდგომით შესაძლებელია მიწის ქერქის მხოლოდ ზედა ნაწილის აგებულების მიახლოებითი სურათის დადგენა. უფრო ღრმად შეღწევა კი მხოლოდ ჭაბურღილების მეშვეობით თუ შეიძლება. თუმცა მათი სიღრმეც რამდენიმე კილომეტრს აღწევს. შედარებით ღრმა ფენების შესახებ ინფორმაციას კი გეოფიზიკური (მეცნიერება მიწის ქერქის ფიზიკური თვისებებისა და მდგომარეობის შესახებ) მეთოდებით ახერხებენ.

ჩვენს დროში მიწის წიაღის შესახებ ყველაზე მეტ ინფორმაციას სეისმოლოგია (მეცნიერება მიწისძვრის შესახებ) იძლევა. არცთუ ისე ღრმა ფენების (ათეული კილომეტრები) დასადგენად სეისმური ზონდირების მეთოდს იყენებენ: აქ მიწისძვრების ნაცვლად მცირე სიმძლავრის ხელოვნურ· აფეთქებას გამოიყენებენ. ქანების სიმკვრივისა და მასთან დაკავშირებული გრავიტაციული ანომალიის შესწავლის მიზნით ახდენენ სიმძიმის ძალის უზუსტეს გაზომვებს. გრავიტაციული გაზომვებითა და ასტრონომიული დაკვირვებებით, ასევე ხელოვნური თანამგზავრების გამოყენებით, დედამიწის მასას, მის ინერციის მომენტსა და ზუსტ ფორმას გამოითვლიან. ინერციის მომენტის მიხედვით გეოფიზიკოსები მსჯელობენ სხეულის სწორხაზოვანი მოძრაობის სიჩქარიდან გადახრის შესაძლებლობების შესახებ. დედამიწის ინერციის მომენტი მისი წიაღის სიმკვრივის განაწილებაზეა დამოკიდებული: რაც ნაკლებია გარე ფენების სიმკვრივე და მეტია იგი მიწის ცენტრალურ ბირთვში, მით ნაკლებია ინერციის მომენტი.

დედამიწის გეოგრაფიულ გარსზე ძლიერ მოქმედ ძალებს შორისაა მაგნიტური ველი და ელექტრული დენები. მათი სიდიდეების გაზომვებს მაგნიტომეტრიული და ელექტრომეტრიული მეთოდებით ახორციელებენ. მაგნიტური ველისა და ელექტრული დენების სივრცე-დროითი არამდგრადობის მიხედვით ახდენენ რიგი პრაქტიკული ამოცანების (წიაღისეულის ძებნა-ძიება) გადაწყვეტას. დიდი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს წიაღის თერმული რეჟიმის შესწავლას. ღრმა

ფენების ტემპერატურის გაზომვას ახდენენ ჭაბურღილებში სპეციალური თერმომეტრების გამოყენებით. მიწისქვეშეთის მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციას იძლევა, აგრეთვე, ვულკანური ლავებისა და ცხელი წყაროების ტემპერატურის გაზომვა.

ᲓᲘᲐᲚᲘᲡ ᲡᲘᲗᲑᲣᲠᲘ ᲛᲓᲒᲝᲛᲐᲠᲔᲝᲑᲐ. დედამიწის ქერქის მუდმივი რყევითი მოძრაობა, ვულკანების ამოფრქვევა და მიწისძვრები წიაღის დაძაბულ და მჭიდარე სიცოცხლეზე მიუთითებენ. ამავე დროს, პლანეტის შინაგანი ფაქტორების დინამიკურობა უშუალო ზემოქმედებას ახდენს გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურაზე. ცხადია, რომ ამ ურთიერთობათა ხასიათის წარმოდგენა შეუძლებელია მიწის შინაგანი აგებულებისა და მდგომარეობის განხილვის გარეშე.

დედამიწის შინაგანი ფენების მოძრაობათა გამომწვევი ენერგიის წყაროს მისი შინაგანი სითბო წარმოადგენს. მის მაღალ მაჩვენებელზე მიუთითებს ვულკანური სხეულების ამოფრქვევები და ცხელი წყაროები. ცნობილია, რომ მოქმედი ვულკანების კრატერში ლავის ტემპერატურა 1100-დან 1200-მდე გრადუსს (ვეზუვი, სტრომბოლი) შეადგენს, ხოლო ვულკან კილაუეას ლავაში (ჰავაის კ-ბი) ტემპერატურა 1300^0-საც კი აღწევს. ისიც ცნობილია, რომ 1050^0-ზე დაბლა ლავის დენა პრაქტიკულად უკვე შეჩერებულია. აქედან გამომდინარე, დედამიწის შინაგანი ფენების ტემპერატურა 1100^0-ზე დაბალი არ უნდა იყოს.

დედამიწის ხმელეთის ზედაპირის სითბური რეჟიმი ძირითადად დაკავშირებულია მზის სხივებით გათბობასთან. ამიტომ ზედაპირულ ფენაში (20 მ-ის სიღრმემდე) აღინიშნება ტემპერატურის როგორც დღეღამური, ისე სეზონური ცვლილება. ამასთანავე, ჰაერის ტემპერატურის რყევასთან შედარებით ისინი რამდენადმე შენელებული და შესუსტებულია დროსა და სივრცეში. ამავე დროს, აღნიშნულ სიღრმეზე მთელი წლის განმავლობაში მუდმივი ტემპერატურაა, რომელიც მოცემული ადგილის ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ტოლია. მუდმივი ტემპერატურის სიღრმე ტროპიკებში უფრო ნაკლებია, ხოლო პოლარულ მხარეებში – რამდენადმე მეტია. ასევე სხვადასხვაა მისი მნიშვნელობა ვულკანურ და ბაქნურ არეალებში. მუდმივი ტემპერატურული სიდიდეების მქონე ფენას მუდმივი ტემპერატურის დონე უწოდეს. იგი გეიჩვენებს მზის სითბოს უშუალო გავლენის ფენის სიმძლავრეს. მუდმივი ტემპერატურის მქონე ფენის ქვეშ ტემპერატურა სიღრმის ზრდასთან ერთად მატულობს.

აღნიშნული ნაზარდის რაოდენობრივი თვალსაზრისით წარმოდგენის მიზნით ორი ურთიერთდაკავშირებული ცნებებით სარგებლობენ. სიღრმეში ყოველ 100 მ-ზე ტემპერატურის ნაზარდის მნიშვნელობას გეოთერმული გრადიენტი ეწოდება, ხოლო სიღრმეში გადანაცვლების იმ სიდიდეს, რაც საჭიროა 1^0-ით ტემპერატურის მოსამატებლად, გეოთერმული საფეხური ჰქვია.

გეოთერმული საფეხურის სიდიდე დამოკიდებულია ქანების როგორც ფიზიკურ თვისებებზე, ისე ვულკანური კერებიდან დაშორებასა და სხვა მიზეზებთან. ამიტომ იგი საკმაოდ ფართო დიაპაზონში მერყეობს. ასე, მაგალითად, პიატიგორსკის მიდამოებში გეოთერმული საფეხურის მაჩვენებელი 1,4 მ-ია, ორეგონის ფარგლებში – 7 მ, კალიფორნიაში – 20 მ, კენტიშთაუნში – 31 მ, დონეცკის აუზში – 32 მ, მონჩეტუნდრაში – 153 მ, კარნარვონშირში (დიდი ბრიტანეთი) – 172 მ. გეოთერმული საფეხურის საშუალო სიდიდედ 33 მ-ია მიღებული, ხოლო გეოთერმული გრადიენტის, ასევე, საშუალო მაჩვენებელი 3^0-ს შეადგენს. თუმცა ამ მაჩვენებელთა სიდიდეები

დანალექი ქანების გავრცელების არეალებში ჩატარებულ გაზომვებს შეესაბამებოდა. ამავე დროს, სამხრეთ აფრიკისა და კანადის, აგრეთვე კოლის ნახევარკუნძულის ამგებელ კრისტალურ ქანებში, აღნიშნული საფეხური 120-200 მ-ის ფარგლებში მერყეობს. ამდენად, ვარაუდობენ, რომ ნორმალური გეოთერმული გრადიენტი 1-1,2^0-ის დიაპაზონში განიცდის ცვლილებას.

მიწის ღრმა ფენებში თანაბარი ტემპერატურის მქონე წერტილების შეერთება გეოიზოთერმულ ზედაპირს იძლევა. დედამიწის არაერთგვაროვანი აგებულების გამო, გეოიზოთერმები არათუ კონცენტრულ, არამედ უსწორმასწორო ხაზებს წარმოადგენენ. ისინი, ძირითადად, ადგილის ზედაპირის უსწორმასწორობას იმეორებენ, თუმცა რელიეფის საკმაოდ მკვეთრი მოყვანილობის იერსახისაგან განსხვავებით, შედარებით ნაზ მოყვანილობას ამჟღავნებენ.

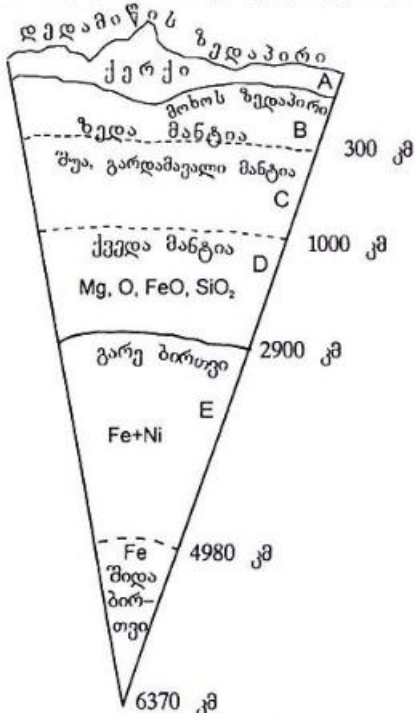
გეოთერმული გრადიენტის მნიშვნელობიდან გამომდინარე შეიძლება ვიფიქროთ, რომ პლანეტის ბირთვში ტემპერატურა წარმოუდგენლად დიდი (100 ათასი გრადუსი) უნდა იყოს. თუმცა გამოირკვა, რომ წიაღის სიღრმეში ტემპერატურის ზრდა თანდათანობით შენელებულია, ხოლო უფრო ღრმად მისი მატება არც კი შეინიშნება, რაც, თავის მხრივ, იზოთერმული პირობის გაბატონებას იწვევს. ამჟამად მიღებულია, რომ პლანეტის ცენტრში (ბირთვში) ტემპერატურა დაახლოებით 5 ათას გრადუსს შეადგენს.

დედამიწის შინაგანი სითბოს გამომწვევი მიზეზებიდან ერთ-ერთ ძირითად წყაროს რადიაქტიური ელემენტების (უმთავრესად, ურანისა და თორიუმის) დაშლა წარმოადგენს. ამ ელემენტების შემცველობა ზოგიერთ მინერალებს (ურანინიტი) ახასიათებს, ხოლო მათი რადიაქტიურობა – ატომების მუდმივი და თვითნებური დაშლა, სითბოს გამოყოფასთანაა დაკავშირებული. ამ გზით მიღებული სითბოს ნაკადის წლიური სიდიდე $0,274 \times 10^{21}$ კალორიით განისაზღვრება. სითბური ნაკადი კი დედამიწის სხვადასხვა უბნებში ერთმანეთისაგან განსხვავებული ($0,9–1,2 \times 10^{-6}$ კალ სმ$^{-2}$) სიდიდეებითაა გამოხატული, რაც მიწის ქერქის ტექტონიკურ სტრუქტურასთანაა დაკავშირებული. ასე, მაგალითად, დედამიწის ბაქნური, შედარებით მშვიდი სტრუქტურის ფარგლებში სითბური ნაკადის მნიშვნელობა $0,6-1,0 \times 10^{-6}$ კალ სმ$^{-2}$ წმ$^{-1}$-ის ფარგლებში მერყეობს; მთიანეთებში (კარპატები, კავკასია და ა.შ.) სიღრმისეული ნაკადი სწრაფად იზრდება და ხშირად $2-4 \times 10^{-6}$ კალ სმ$^{-2}$ წმ$^{-1}$-ს შეადგენს. კიდევ უფრო დიდია ($6-8 \times 10^{-6}$ კალ სმ$^{-2}$ წმ$^{-1}$) მიწის წიაღიდან მოდენილი სითბო შუალედურ-ოკეანური ქედების რიფტულ ზოლებში. ასევე მაღალია ($1,4-1,5 \times 10^{-6}$ კალ სმ$^{-2}$ წმ$^{-1}$) სითბური აღმავალი ნაკადი წითელი ზღვის შიდა რიფტულ ზოლში. ამავე დროს, რადიაქტიური ელემენტების უდიდესი ნაწილი მხოლოდ მიწის ქერქშია (50-60 კმ-ის სიღრმემდე) წარმოდგენილი. აქედან გამომდინარე, ცხადი ხდება დედამიწის სიღრმეში ტემპერატურული გრადიენტის შემცირებისა და იზოთერმული პირობების ჩამოყალიბების უტყუარი მიზეზ-შედეგობრივი კავშირები.

დედამიწის შინაგანი სითბო მიღებულია აგრეთვე გრავიტაციული დიფერენციაციის ხარჯზე. მას ტექტონიკური მოძრაობის ასახსნელად საკმარისად მიიჩნევენ. სითბოს გამოყოფას ადგილი აქვს ასევე დედამიწის რადიუსის სიგრძის შემცირების გამო. ვიცით რა ჩვენი პლანეტის რადიუსის დამოკლების (0,4-0,5 მმ წწ$^{-1}$) სიდიდე, ამ გზით მიღებული წლიური ენერგია $1,5 \times 10^{29}$ ერგის ტოლი უნდა გამოდგეს. ცნობილია აგრეთვე, რომ დედამიწის ბრუნვის გამო ადგილი აქვს წიაღისეული ენერგიის ზედაპირისაკენ შემოსვლას. მასვე ემატება მოქცევითი ხახუნის ენერგია, რომელიც

მზის რადიაციული სითბოს თანაზომიერ (65%) სიდიდეს იძლევა. საკმაოდ დიდია, აგრეთვე მინერალების ატომთაშორისი კავშირების ენერგია, რომელიც ტექტონიკური მოძრაობის მიზეზად შეიძლება გამოდგეს.

აგებულება და შედგენილობა. დედამიწის სფერო შინაგანი აგებულების მეტად არაერთგვაროვნებით ხასიათდება. იგი კონცენტრული ფენებისაგან შედგება, რომლებსაც ფრიად განსხვავებული სიმძლავრე, სიმკვრივე და ქიმიური შედგენილობა (ნახ. IV.1) შეესაბამებათ. ამ მხრივ, „მყარი" დედამიწა რამდენიმე გეოსფეროდ იყოფა: გარე, თხელ ფენას მიწის ქერქი შეადგენს, მის ქვემოთ ბლანტი მანტიაა გავრცელებული, ხოლო ცენტრში მიწის ბირთვია წარმოდგენილი. თუკი მიწის ქერქი მეტად უმნიშვნელო ზომისაა, მაშინ მანტია შედარებით დიდი (მიწის მოცულობის 83%) და მძიმე (მიწის მასის 67%) სხეულია. მიწის ქერქისა და მანტიას შორის, 10-დან 65-70-მდე კილომეტრის სიღრმეზე წარმოდგენილია გამყოფი – მოხოროვიჩიჩის (მოხოს) ზედაპირი*, ანუ საზღვარი. დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს სილიციუმისა (კაჟბადი) და ალუმინის შენაერთებია გაბატონებული. ამიტომ ამ ფენას „სიალის" ფენას (Si და Al) უწოდებენ. ქვედა მანტიას კი, უფრო მძიმე ელემენტების გავრცელების გამო, „სიმას" სახელწოდება (Si და Mg) აქვს. რაც შეეხება მიწის ბირთვს, აქ ყველაზე მძიმე ნიკელი და რკინა ჭარბობს. ამიტომაც მას „ნიფეს" (Ni და Fe) უწოდებენ.



ნახ. IV.1. დედამიწის შინაგანი აგებულება

როგორც აღვნიშნეთ, წიაღის აღნაგობის შესახებ ცნობები უშუალო დაკვირვებებით არ მოიპოვება. ამ მხრივ, მეშვეობითი მეთოდებია (სეისმოლოგიური) გამოყენებული. სეისმური ტალღების მიერ ჩვენი პლანეტა რამდენადმე „გაშუქებული" გამოჩნდა: გამოირკვა მისი აღნაგობა და შინაგანი მდგომარეობა. მიწისძვრები – დედამიწის ნივთიერებათა შინაგანი დაძაბულობის შედეგია, რომელსაც წიაღისეული მასები მოძრაობაში მოჰყავს. ამავე დროს, სივრცობრივი გადაადგილება შეიძლება უმნიშვნელოც კი იყოს, თუმცა მის მიერ წარმოქმნილი დრეკადი ტალღები შორს ვრცელდება. სეისმური კერის სიმძიმის ცენტრს ჰიპოცენტრი ეწოდება, ხოლო დედამიწის ზედაპირის იმ უბანს, რომელიც აღნიშნულ კერასთან ყველაზე ახლოსაა, ეპიცენტრი ჰქვია.

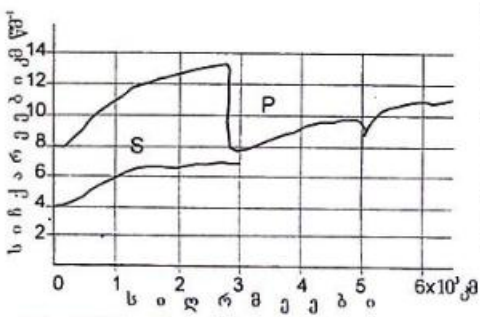
დედამიწის მყარი ნივთიერების (ქერქის) რყევითი მოძრაობის შედეგად მიღებული სეისმური მოძრაობა – სეისმური ტალღები (ნახ. IV.2) სამი ტიპისაა. გრძივი (P)

* ტერმინი მიღებულია იუგოსლავიელი მეცნიერის ა. მოხოროვიჩიჩის პატივსაცემად, რომელმაც 1890 წელს აღმოაჩინა მიწის ქერქის ქვეშ სეისმური ტალღების სიჩქარეთა მკვეთრი გარდატეხა.

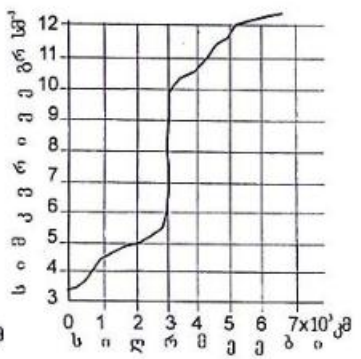
ტალღები ყველაზე სწრაფია, გარდიგარდმო (S) კი უფრო ნელა ვრცელდება და დიდ ძვრებს იძლევა. რაც შეეხება ზედაპირულ (L) ტალღებს, ისინი წარმოიქმნებიან მხოლოდ დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილში, ხოლო სიღრმეში გადასვლასთან ერთად სწრაფად ქრებიან. სწორედ ზედაპირული ტალღები იწვევენ ძლიერ ძვრებსა და დიდ ნგრევას.

ნახ. IV.2. სეისმოგრამა

სეისმური ტალღების სიჩქარეთა და ტრაექტორიის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მათ მიერ გავლილი გზა (ნახ. IV.3), თავისი აგებულებისა და შემადგენლობის მიხედვით, მკვეთრად არაერთგვაროვანია. ასე, მაგალითად, 60კმ-ის სიღრმეზე გრძივი (P) ტალღების სიჩქარე მკვეთრად (5-დან 8-მდე კმ წმ$^{-1}$) მატულობს, ხოლო უფრო ღრმად – იზრდება და 2900 კმ-ის სიღრმეზე 13 კმ წმ$^{-1}$ აღწევს. აქ გრძივი ტალღების სიჩქარე მკვეთრად ეცემა და მხოლოდ 8 კმ წმ$^{-1}$ შეადგენს. ამის შემდეგ, სიღრმის ზრდასთან ერთად, დედამიწის ბირთვისაკენ ტალღის სიჩქარე თანდათან მატულობს და 11 კმ წმ$^{-1}$ აღწევს. ამავე დროს, ნათლად ჩანს, რომ გარდიგარდმო (S) ტალღები 2900 კმ-ზე უფრო ღრმად, როგორც წესი, არ ვრცელდებიან ხოლმე.



ნახ. IV.3. გრძივი (P) და გარდიგარდმო (S) ტალღების სიჩქარეები



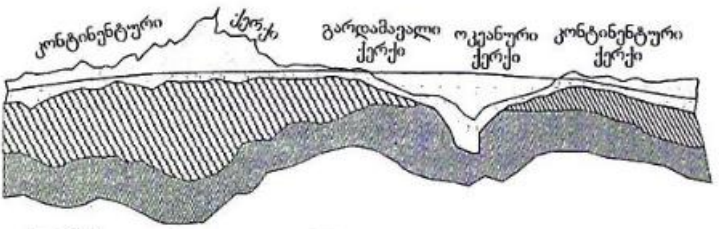
ნახ. IV.4. სიმკვრივეთა გავრცელება დედამიწის წიაღში

სეისმური ტალღების სიჩქარეთა მკვეთრი გარდატეხა, 60-2900 კმ-ის სიღრმეთა დიაპაზონში, მიუთითებს მიწის წიაღის ნივთიერებათა სიმკვრივის ნახტომისებრ (ნახ. IV.4) ზრდაზე. მის საფუძველზე გამოყოფენ სამ ერთმანეთისაგან განსხვავებულ გარსს, ანუ გეოსფეროს: დედამიწის ქერქს, მანტიასა და ბირთვს. მათ შორის, პირველი მათგანი ჩვენ მიერ უკვე აღნიშნულ სიალის ფენას შეესაბამება, მანტიას სიმას თვისებები გააჩნია, ხოლო დედამიწის ბირთვი კი ნიფეს საბელწოდებისაა.

მსუბუქი ელემენტების შემცველობა მიწის ქერქის კუთრი წონის დაბალ (2,7-2,8 გრ. სმ$^{-3}$) მაჩვენებელს განაპირობებს. მიწის ქერქის საშუალო სიმძლავრე 30-35 კმ-ს შეადგენს, თუმცა იგი საკმაოდ არათანაბრადაა წარმოდგენილი. დასავლეთ ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში მიწის ქერქი 26-28 კმ-ის, კავკასიაში 50 კმ-ის,

ხოლო ტიან-შანის ფარგლებში 84 კმ-ის სიღრმემდე ვრცელდება. ამავე დროს, ოკეანეთა ფსკერზე ქერქის სიმძლავრე უმნიშვნელოდ მცირეა.

როგორც ჩანს, მთიანეთების ქვეშ მიწის ქერქი მანტიაში ღრმადაა „ჩაძირული“. ოკეანეთა ფსკერზე კი პირიქით — იგი მცირე სისქისაა. ცხადია, რომ აღნიშნული უთანაბრობა (ნახ. IV.5) იზოსტაზიური* მოვლენითაა შეპირობებული. ცხადია, რომ ზღვის დონიდან დიდ სიმაღლეზე ამოწეული ზედაპირის ხანგრძლივი გადარეცხვისა და მისი მასალის ოკეანეში გადაადგილების შედეგად, აღნიშნული წონასწორობის დარღვევას ექნება ადგილი. კონტინენტური ბლოკის მანტიაში „ჩაძირული“ სხეული, წონასწორობის აღდგენის მიზნით, რამდენადმე მაღლა ამოიწევა. ამავე დროს, მასალის მუდმივი შემოსვლა და, შესაბამისად, ზოგადი ბალანსის დარღვევა ოკეანის ფსკერის მანტიაში „ჩაძირვას“ გამოიწვევს.



ნახ. IV.5. დედამიწის ქერქის ტიპები

მიწის ქერქი ორ — კონტინენტურ და ოკეანურ ტიპებად იყოფა. პირველი მათგანი 30-40 კმ-ის სიმძლავრისაა, თუმცა მთიანეთებში იგი 70-80 კმ-ის სიღრმეს აღწევს. ამ ტიპში სამ (დანალექი, გრანიტული და ბაზალტური) ფენას გამოყოფენ. დანალექი ფენა შედარებით მცირე სისქისაა და როგორც ზღვიური, ისე კონტინენტური გენეზისის დანალექი მასალისაგან შედგება. მათი წარმოშობა დაკავშირებულია ხმელეთის ზედაპირის გადარეცხვისა, ან კიდევ, ორგანიზმების ცხოველქმედების პროდუქტების დალექვასთან. დანალექი ქანები ყოველთვის შეიცავენ პლანეტის ბუნების წარსული სურათის — ზღვისა და ხმელეთის ფართობის ცვლის, აგრეთვე, ჰავის, მცენარეულობისა და ცხოველთა სამყაროს ცვლილებების აღდგენის საშუალებას.

დანალექი ქანების ქვეშ გრანიტის ფენაა წარმოდგენილი. იგი შედარებით მკვრივია და გრანიტის ტიპის მასალითაა აგებული. ამ ფენის სიმძლავრე 20-30 კმ-ს აღწევს. ახალგაზრდა მთიანი ქვეყნების არეალებში კი იგი 40 კმ-ის სიღრმემდეც კი იძირება. კონტინენტების პერიფერიულ ნაწილებში გრანიტის ფენის სიმძლავრე საგრძნობლად მცირეა, ხოლო ოკეანეების ქვეშ, საერთოდ არ არის წარმოდგენილი.

გრანიტის ფენის ქვეშ, უშუალოდ მანტიის ზედაპირზე, უფრო მკვრივი (3,2—3,3 გრ. სმ$^{-3}$) ბაზალტური ფენა „ტივტივებს“. იგი უმთავრესად ბაზალტური და პორფირიტული ქანებისაგან შედგება. სიალის შემადგენელ ელემენტებთან ერთად,

* ტერმინი ნიშნავს მიწის ქერქის მისწრაფებას, დაიკავოს ჰიდროსტატიკური წონასწორობა უფრო დაბალი სიმკვრივის მქონე ფენის (მანტია) მიმართ, რომელზედაც მიწის ქერქი, ასე ვთქვათ, ტივტივებს.

ბაზალტურ ფენაში, მნიშვნელოვან როლს მაგნიუმიც ასრულებს. ამ ფენის სიმძლავრე 15-დან 35-მდე კილომეტრის ფარგლებში მერყეობს და უწყვეტია არა მარტო ხმელეთის, არამედ როგორც ოკეანური საგების, ისე ღრმაწყლიანი ღარების ქვეშ.

დედამიწის ქერქის ოკეანური ტიპი, თავისი კონტინენტური ანალოგისაგან არა მარტო სიმძლავრით, არამედ შემადგენლობითაც კი განსხვავებული ნიშან-თვისებისაა. ოკეანური ქერქის სიმძლავრე 5-დან 15-მდე კილომეტრის ფარგლებში მერყეობს და ორი – ზედა, დანალექი (2-5 კმ) და ქვედა, ბაზალტური (5-10 კმ) ფენებისაგან შედგება. ამასთან ერთად, ღრმაწყლიანი აუზების ფსკერზე მიწის ქერქის ბაზალტური ფენის ზედაპირზე, როგორც წესი, მძლავრი (10-20 კმ) დანალექი ფენაა წარმოდგენილი.

დედამიწის მანტია სამ ნაწილად (ნახ. IV.1) იყოფა: ზედა (B), შუა (C) და ქვედა (D) ნაწილები ერთმანეთისაგან თავიანთი შემადგენლობით გამოირჩევიან. ზედა მანტიაში უფრო დუნიტებია გავრცელებული, რომლებიც მაგნიუმითა და რკინის სიმდიდრით გამოირჩევა. ზედა მანტია, ანუ ასტენოსფერო მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს არა მარტო მის ზემოთ გავრცელებულ მიწის ქერქზე, არამედ დედამიწის ზედაპირზეც. სწორედ, ასტენოსფერო წარმოადგენს იმ ზონას, სადაც შინაგანი სითბოს გავლენით მიმდინარეობს ნივთიერებათა გალღვობა, ხოლო მაღალი წნევის წყალობით მას მოძრაობის უნარი ენიჭება. ამ მიზეზით, მანტიის ზედა ნაწილისაკენ თხიერი ნივთიერების შემოდინებას აქვს ადგილი. აქეა გავრცელებული ვულკანების უმრავლესობათა კერები, სადაც მიმდინარეობს სეისმური განმუხტვები.

შუა მანტია (C) აღსანიშნავია იმით, რომ იგი ნივთიერებათა ფიზიკო-ქიმიური გარდაქმნებით ხასიათდება. მაღალი წნევის გაბატონების გამო აქ ქიმიური ელემენტების აღნაგობის რღვევა მიმდინარეობს. ამასთან ერთად, ელემენტების ატომების შემჭიდროება ნივთიერებათა ქიმიური შემადგენლობის შეცვლასაც განაპირობებს. რაც შეეხება ქვედა მანტიას (D), კოლოსალური ($7,8x10^{11}$ დინი) წნევის გამო ნივთიერებათა ატომების ელექტრონები იმდენად არიან დაახლოებულნი, რომ ლითონურ თვისებებს იძენენ.

დედამიწის ცენტრალურ ნაწილს ბირთვი ეწოდება. მისი რადიუსი დაახლოებით 3500 კმ-ს შეადგენს. ბირთვის ზედა საზღვარი მდებარეობს რა 2900 კმ-ის სიღრმეზე, წნევა 1,370 მლნ. ატმოსფეროს აღწევს. ამ უზარმაზარი წნევის პირობებში ატომების ელექტრონული გარსები ირღვევა და მათი ბირთვები ელექტრონების საერთო მასაში არიან გაერთიანებული. ამის გამო, ნივთიერება გადასულია ზემკვრივ მდგომარეობაში და გააჩნია მაგნიტური თვისებები, რაც დედამიწის მუდმივი მაგნიტური ველის არსებობას განსაზღვრავს.

ამრიგად, დედამიწის წიაღის განსხვავებული გარსების ჩამოყალიბება კანონზომიერ მოვლენად უნდა მივიჩნიოთ. ამავე დროს, ბუნებრივია იბადება ლოგიკური კითხვა: რით შეიძლება აიხსნას დედამიწის გარსებად დანაწილება? ან კიდევ, რომელ გეოგრაფიულ შედეგებზე მიუთითებენ ამ გარსების არსებობა? ამ კითხვებზე პასუხის გასაცემად მოვიშველიებთ წინამდებარე სახელმძღვანელოს XIV თავში გადმოცემული მასალის მოკლე შინაარსს, რომლის მიხედვით და ამჟამად მიღებული ჰიპოთეზის თანახმად, დედამიწა კოსმოსური ცივი მტვროვანი მატერიისაგან წარმოიშვა და თავდაპირველად, თავისი შემადგენლობის მიხედვით, არაერთგვაროვანი კუთრი წონის ნაწილაკების ქაოსურად მიმობნეულ ნარევს წარმოადგენდა. პლანეტარული თვისებების შექმნას ნივთიერებათა ვერტიკალური დიფერენციაცია,

ანუ მძიმე ელემენტების „ჩაძირვა“ და მსუბუქის „ამოტივტივება“ უნდა გამოეწვია. წიაღის ღრმა ფენებში ამ პროცესის სიჩქარე შედარებით მცირე, ხოლო ზედა ფენებში უფრო ინტენსიური უნდა ყოფილიყო. აქედან გამომდინარე სავარაუდოა, რომ დედამიწის ბირთვისა და ქერქის წარმოშობა სხვადასხვა მიზეზებთანაა დაკავშირებული.

დედამიწის ბირთვის წარმოშობა დაკავშირებულია ნივთიერებათა სიმკვრივის ნახტომისებური ზრდის პირობებთან, როცა პლანეტის განუწყვეტელი ზრდის შემთხვევაში, ცენტრის წნევამ კრიტიკული მნიშვნელობის გადალახვა შეძლო. ბირთვის წარმოშობის პარალელურად, პლანეტის ცენტრალური ნაწილის მოცულობის შემცირებას დედამიწის ზედაპირის დაწევა უნდა გამოეწვია.

რაც შეეხება დედამიწის ზედაპირულ ფენებს, ნივთიერებათა ერთგვაროვანი მასის დიფერენციაცია სრულიად სხვაგვარად უნდა წარმართულიყო. აქ მსუბუქი და მჟავე შემადგენლობის ნივთიერებათა გამოყოფა და მათი ზედაპირისაკენ ამოტივტივებას უნდა ჰქონოდა ადგილი. ამავე დროს, დედამიწის ბირთვის წარმოშობას, ზედაპირულ ფენებში მასალის დიფერენციაციის არეალი რამდენადმე უნდა შეევიწროებინა. ცხადია, რომ ბირთვის მაღალი წნევა ამცირებდა ნივთიერებათა ზედაპირზე „ამოსვლის“ პროცესს. ამიტომ ვარაუდობენ, რომ ბირთვი უფრო ნაკლებადაა დიფერენცირებული, ვიდრე ზედაპირული ფენები. ამავე დროს, დიდ სიღრმეებზე, მაღალი ტემპერატურის გამო, შესაძლებელია ნივთიერებათა გალღვობა, თუმცა კოლოსალური წნევა მათ მყარ მდგომარეობას უნარჩუნებს. საკმარისია წნევის მცირედი შესუსტებაც კი, რომ გადამეტხურებული ნივთიერება უეცრად თხევად მდგომარეობაში გადავა და დედამიწის ზედაპირისაკენ აღმასვლას დაიწყებს. ამგვარად, გრავიტაციული დიფერენციაციის მიმდინარეობისას აღმავალი მოძრაობა ანუ ნივთიერებათა გადატანა, შედარებით ნაკლები წნევის არეალების მიმართულებით, საკმაოდ ფართო მასშტაბისაა.

ბაქნები და გეოსინკლინები კონტინენტებისა და მარჩხი ზღვების, აგრეთვე არქიპელაგების სტრუქტურულ ერთეულებს წარმოადგენენ. მიწის ქერქის ეს ელემენტები თავიანთი განვითარების შესაბამისად საკმაოდ ძლიერ ცვლილებებს განიცდიან.

გეოსინკლინები დედამიწის ქერქის იმ უბნებს წარმოადგენენ, რომლებიც მნიშვნელოვანი დინამიკურობითა და დანალექი ქანების დიდი სიმძლავრით ხასიათდება. გეოსინკლინებისათვის ვერტიკალური ტექტონიკური მოძრაობების დიდი სიჩქარეები და მათი მაღალი ამპლიტუდებია დამახასიათებელი, რომელსაც თან ახლავს ცალკეულ ბლოკებად დანაწევრება; ამ საკმაოდ დინამიკურ არეალებს ასევე ახასიათებთ დანაოჭებისა და ვულკანიზმის ფართო გამოვლინება, აგრეთვე გავრცელების საკმაოდ გრძელი ხაზობრივი გადაჭიმულობა. ამდენად, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, გეოსინკლინები რთული რელიეფის არეალების წარმოშობისა და გავრცელების წინაპირობაა.

ბაქნები მიწის ქერქის ყველაზე მდგრადი არეალებია. მათ ნელი ვერტიკალური მოძრაობა ახასიათებთ. ამიტომ ბაქნურ უბნებს ნაზი და მოსწორებული რელიეფი შეესაბამება. ბაქნების ამგებელი დანალექი ქანების სიმძლავრე დიდი არ არის, ხოლო ვულკანიზმის განვითარება კი საკმაოდ უმნიშვნელოა. როგორც წესი, ბაქნები ხმელეთის ყველაზე ძველ უბნებს წარმოადგენენ. ამიტომ მათ საფუძველში ძველი ნაოჭა სტრუქტურები უდევთ. არცთუ იშვიათად უძველესი ასაკის ქანები

მოკლებულნი არიან რა დანალექი ქანების ზედა საფარს – უშუალოდ შიშვლდებიან დედამიწის ზედაპირზე. ასეთ უბნებს ფარები ეწოდება.

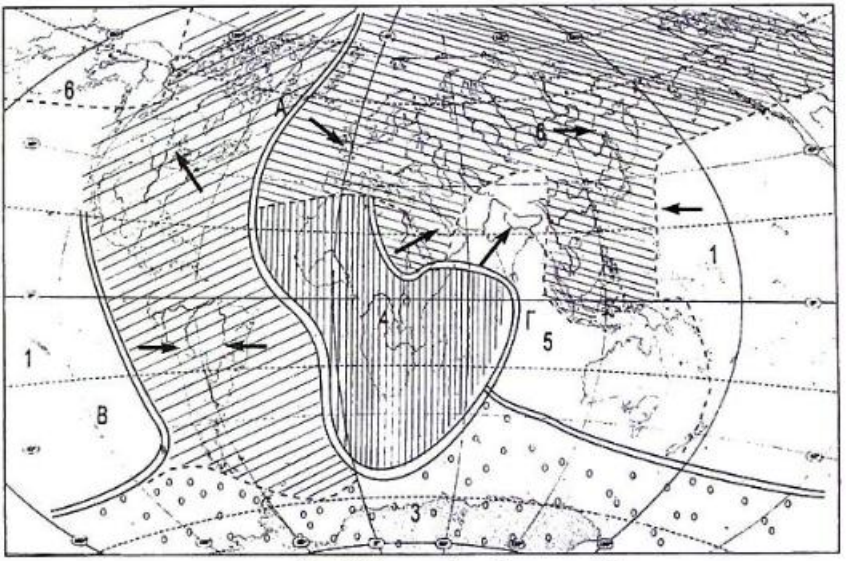
როგორც ჩანს, გეოსინკლინები და ბაქნები, ტექტონიკური და სტრუქტურული თვალსაზრისით, ერთმანეთისაგან დიამეტრალურად განსხვავებულ ერთეულებს წარმოადგენენ. ამავე დროს, ისინი განსაზღვრულნი არიან სივრცობრივადაც და გავრცელების ლოკალური არეალები შეესაბამებათ. ასე, მაგალითად, გეოსინკლინურ ნაოჭა მთიანეთებს მიეკუთვნება ურალის, საიანების, ბაიკალის, სტანავოის ქედები, კამჩატკისა და სახალინის მთები, წყნაროკეანური სარტყლის მთიანი სისტემა, პირენეები, აპენინები, ბალკანები, ალპები, კარპატები, ყირიმის მთები, კავკასიონი, ტიან-შანი, ჰიმალაი, ანდები, კორდილიერები; მტკიცე საფუძვლისა და ბრტყელი ზედაპირების მატარებელ ბაქნებს კი შეესაბამება ჩრდილო ამერიკის, აღმოსავლეთ ევროპის, ჩინეთის, ციმბირის, აფრიკა-არაბეთის, ავსტრალიის, სამხრეთ ამერიკის, ანტარქტიდის ბაქნები. არაერთგვაროვანია მათი როგორც საფუძვლის სტრუქტურა და ზედაპირის იერსახე, ისე ფორმირების დრო და განვითარების ეტაპები. უძველესი დანაოჭება კალედონური (სილურული პერიოდი) ეპოქის სახელწოდებითაა ცნობილი; უფრო გვიან (დევონ-კარბონი) ჰერცინული დანაოჭების ფაზას ჰქონდა ადგილი, ხოლო ალპური დანაოჭების (ტრიასულ-ცარცული და მესამეული) გვიანდელი გამოძახილი, ჯერ კიდევ არ დამთავრებულა.

ლითოსფერული ფილების გლობალური ტექტონიკა. მიწის ქერქის ვერტიკალურ მოძრაობასთან ერთად განიხილავენ აგრეთვე ლითოსფერული ფილების ჰორიზონტალურ გადაადგილებას. თუმცა კი, მიწის ქერქის ვერტიკალური მოძრაობა გაცილებით ადრე იყო ცნობილი, ლითოსფერული ფილების ჰორიზონტალური გადაადგილების შესახებ ლაპარაკი მხოლოდ XIX საუკუნის ბოლოს დაიწყო. გასული საუკუნის დასაწყისში (1911 წ.) გერმანელი გეოფიზიკოსის ალ. ვეგენერის მიერ წამოყენებული ჰიპოთეზა კონტინენტების დრეიფის შესახებ ერთხანს, დავიწყებას მიეცა. კონტინენტების გადაადგილებაზე კი მრავალი ფაქტი მეტყველებდა: ატლანტის ოკეანის ორივე მხარის კონტინენტების სანაპიროთა კონფიგურაციის, ხმელეთის გეოლოგიური აგებულების, ფაუნისა და ფლორის სახეობათა თანხვედრის ფაქტები ერთიანი მატერიკის ჰორიზონტალურ დანაწევრებაზე მიუთითებდნენ; ამასვე ადასტურებდა, აგრეთვე, სამხრეთ აფრიკის, მადაგასკარის, ინდოსტანის, დასავლეთ ავსტრალიისა და სამხრეთ ამერიკის აღმოსავლეთი ნაწილის კარბონულ-პერმული გამყინვარების მსგავსი ნიშნების არსებობის ფაქტები.

აღნიშნული ფაქტების ახსნა ადვილია შორეულ წარსულში ერთიანი სუპერკონტინენტის (პანგეა) არსებობით, რომელიც მოგვიანებით ცალკეულ ნაწილებად დაიყო. კონტინენტების ჰორიზონტალური მოძრაობის სასარგებლოდ ლაპარაკობს, აგრეთვე, ახლახანს ნაპოვნი ისეთი ფაქტები, როგორიცაა ოკეანის ფსკერის აგებულების ნიშნები და პალეომაგნიტური მონაცემები.

დედამიწის ქერქის ბლოკების დრეიფი (ნახ. IV.6) ამჟამად საყოველთაოდ აღიარებული ფაქტია. თუმცა არ არსებობს ერთიანი აზრი მოძრაობათა კონკრეტული გამოვლინების ფორმებისა და მექანიზმის შესახებ. უფრო პოპულარულია ლითოსფერული ფილების ტექტონიკური თეორია, ანუ ახალი გლობალური ტექტონიკა, რომლის თანახმად ლითოსფერო ექვსი ძირითადი ფილისაგან შედგება, რომელთა დეფორმაცია მხოლოდ თავიანთი საზღვრების შიგნით მიმდინარეობს, ხოლო მოძრაობა სხვადასხვა მიმართულებით სრულდება.

წყნაროკეანური ფილა მოიცავს წყნარი ოკეანის დიდ ნაწილსა და, ნაწილობრივ, ჩრდილოეთ ამერიკის დასავლური სანაპიროს შედარებით ვიწრო ფრაგმენტს. იგი დასავლეთი მიმართულებით მოძრაობს. ამერიკის ფილაზე ჩრდილოეთი და სამხრეთი ამერიკის კონტინენტებია წარმოდგენილი. ის მოიცავს აგრეთვე ანტარქტიკის დასავლეთ ნაწილს. ამ ფილას, მოძრაობის სხვადასხვა მიმართულება ახასიათებს: მისი ჩრდილო (ჩრდილოეთი ამერიკა) ნაწილი დასავლეთისაკენ მოძრაობს, ხოლო მოპირდაპირე მხარეზე — სამხრეთ ამერიკის აღმოსავლური და დასავლური ნაწილების გადაადგილება ერთმანეთის საწინააღმდეგოდაა მიმართული.



ნახ. IV.6. ლითოსფერული ფილები

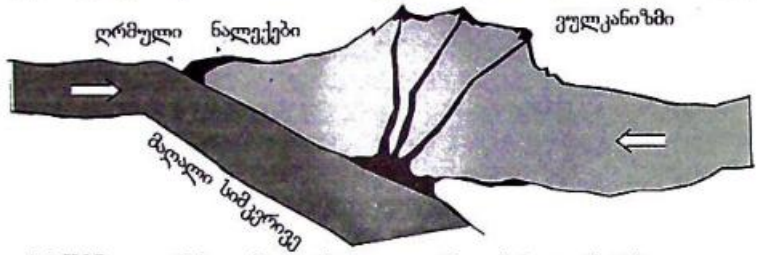
1. წყნაროკეანური, 2. ამერიკის, 3. ანტარქტიდული, 4. აფრიკის, 5. ინდოეთის, 6. ევრაზიული ისრები უჩვენებს მოძრაობის მიმართულებას. А, Б, Г – წყალქვეშა ქედებია.

ევრაზიის ფილა თითქმის მთლიანად კონტინენტური ბუნებისაა. იგი ინდონეზიასა და ფილიპინებთან ერთად მთელ ევროპასა და აზიას მოიცავს. ეს უზარმაზარი ფილა აღმოსავლეთის მიმართულებით მოძრაობს. ინდოეთის ფილა გავრცელებულია არაბეთის ნახევარკუნძულიდან ახალ ზელანდიამდე. იგი მოიცავს აგრეთვე ინდოეთის ოკეანის აღმოსაველეთ ნაწილს, ახალ გვინეასა და ავსტრალიას. მისი აღმოსავლეთი ნაწილი უძრავია, ხოლო დასავლეთი პერიფერია (ტიან-შანი, ჰიმალაი) ჩრდილოეთით (ციმბირის ბაქანისაკენ) გადაადგილდება.

აფრიკის ფილა შედგება საკუთრივ აფრიკის, მადაგასკარის, სამხრეთ ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანის დასავლური პერიფერიული ნაწილისაგან. ეს ბლოკი უძრავადაა მიჩნეული. ანტარქტიკული ფილა საკუთრივ ანტარქტიდასა და სამხრეთის ოკეანეს მოიცავს. მის შემადგენლობაშია, აგრეთვე, წყნარი ოკეანის სამხრეთი პერიფერიაც.

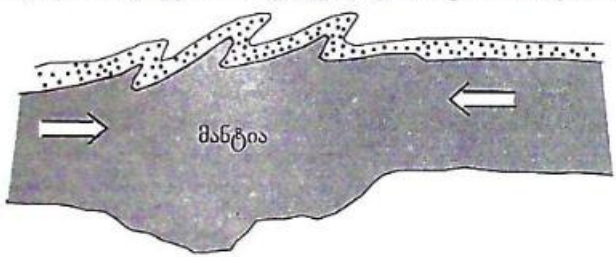
ყველა ფილა სუბსტრატის ნივთიერებაზე (ასტენოსფერო) იზოსტაზიურად გაწონასწორებულია და მანტიის სითბური კონვექციის წყალობით ჰორიზონტალური

მიმართულებით გადადგილდება. ამავე დროს, საფიქრებელია, რომ ფილების მოძრაობისას ადგილი ექნება ან მათ ურთიერთდაჯახებას, ან კიდევ გაწევას (დივერგენციას), ან ერთმანეთის გასწვრივ გადაადგილებათა სხვადასხვა ვარიანტებს. ფილების შეჯახებისას (კონვერგენცია) ერთ-ერთ ფილას მეორეს ქვეშ ჩაძირვა (სუბდუქცია), ღრმა ღარებისა (ნახ. IV.7) და კუნძულთა რკალების (კურილია-კამჩატკის, ფილიპინების, მარიანის, ალეუტის) ფორმირებას იწვევს. ბლოკების



ნახ.IV.7. ფილების კონვერგენცია და ღრმულების ფორმირება
⟹ ფილების მოძრაობის მიმართულება

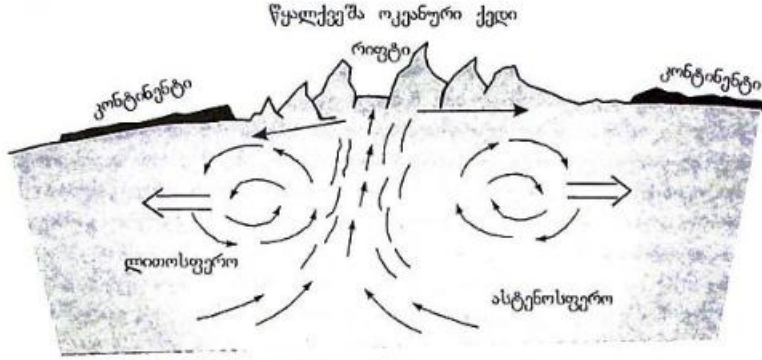
კონვერგენციითაა გამოწვეული თითოეული მათგანის საკმაოდ მძლავრი (ნახ. IV.8) დეფორმაციაც. ამჟამად მიღებულია, რომ ბლოკების ამგვარი შეჯახების შედეგად (ინდოეთისა და ევრაზიის ფილები) წარმოიქმნა ჰიმალაის მთები.



ნახ. IV.8. ფილების კონვერგენცია და მთათაწარმოშობა
⟹ ფილების მოძრაობის მიმართულება

ფილების გაწევისას ადგილი აქვს წყალქვეშა შუალედურ – ოკეანური ქედების (ნახ. IV.9) ფორმირებას. ამ ქედების შუა, თხემურ ნაწილში ყოველთვის მკვეთრად გამოსახული ღარის არსებობა შეინიშნება, რომელსაც საკმაოდ ციცაბო ფერდობი გააჩნია. ასეთი გრაბენული იერსახის რელიეფის ფორმას რიფტს უწოდებენ, რომელიც ლითოსფეროს გაწევისა და გახლეჩვის ზოლს წარმოადგენს. წყალქვეშა ქედების ზოლში ფილების გაწევის დამამტკიცებელ ფაქტად შეიძლება მოვიყვანოთ ოკეანის ფსკერის დანალექი ქანების ასაკის ზრდა რიფტიდან ოკეანეთა განაპირა მხარის (კონტინენტების) მიმართულებით. ასე, მაგალითად, ატლანტის ოკეანის წყალქვეშა ქედის თხემის (რიფტის) ზოლში წარმოდგენილია პალეოგენურ-მეოთხეული ასაკის (2-40 მლნ. წელი) ნალექები; მისგან კონტინენტის მიმართულებით ჯერ გავრცელებულია პალეოგენური (70-40 მლნ. წელი), ხოლო შემდეგ ცარცული (140-80 მლნ. წელი) და ტრიასულ-იურული (240-150 მლნ. წელი) ნალექები; აფრიკის ჩრდილო-დასავლეთი პერიფერიასა და ჩრდილოეთ

ამერიკის აღმოსავლეთი სანაპიროს გასწვრივ კი გავრცელებულია ყველაზე ძველი – პერმული ასაკის (300-250 მლნ. წელი) დანალექი ქანები.



ნახ. IV.9. ფილების გაწევისა და ოკეანური ქედების ფორმირების მექანიზმი

ამგვარად, მოტანილი მასალიდან აშკარად ჩანს, რომ მოძრავი ფილების მიერ კონტინენტების განაპირა ზოლებისაკენ ტრანსპორტირებულია უფრო ძველი ასაკის მასალა, რაც მათი ფორმების თანმიმდევრულობაზე მიუთითებს. ამასთან ერთად, ოკეანის ფსკერზე ნალექების ასაკობრივი სხვაობა ლაპარაკობს იმ დროზე, რომლის განმავლობაში ფილა მოძრაობდა წყალქვეშა ქედიდან (რიფტიდან) კონტინენტის მიმართულებით.

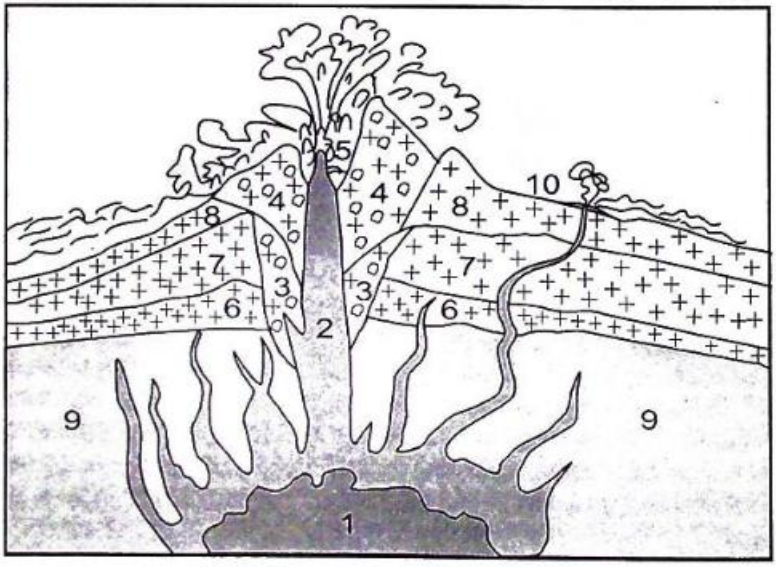
ვულკანიზმი და მიწისძვრები ფრიად გავრცელებული მოვლენებია. დედამიწის წიაღის გეოთერმული ასპექტებიდან გამომდინარე, ვიცით, რომ მიწის წიაღის ფართო არეალები ცომისებრი და თხიერი (ბლანტი) მასის შემცველია, რომელსაც მაგმას უწოდებენ. ამ გალმღვარი მასის წარმოსაქმნელად საჭირო მაღალი ტემპერატურა დედამიწის წიაღში მუდმივად არსებობს. მაღალი წნევის პირობებში, მაგმის შემცველი გაზები ამ გავარვარებულ ბლანტ სხეულს მიწის ზედაპირისაკენ წარიტაცებს. მაგმის სადინარებად კი ტექტონიკური ნაპრალები გამოიყენება, რომელთა ნაწილი დედამიწის ლითოსფეროს ღრმა ფენებამდეა გავრცელებული. სწორედ ამ სადინარებით ხორციელდება მაგმის ამონთხევა დედამიწის ზედაპირზე. მაშინ იგი კარგავს რა სითბოს, თანდათანობით ცივდება და ქვავდება. ამ დროს, მაგმა გაცივებასთან ერთად, მისი შემცველი გაზებისგანაც თავისუფლდება. ასეთ სხეულს ლავას უწოდებენ. მათ მიერ ფორმირებული მაგმური ქანები ე.წ. ეფუზივებს ქმნიან. არცთუ იშვიათად მაგმა დედამიწის სიღრმეში, ზედაპირზე ამოუსვლელად გაცივდება და ე.წ. ინტრუზივებს წარმოშობს.

უხსოვარი დროიდან შემჩნეული იყო თუ როგორ ამოინთხეოდა ტირენის ზღვის ერთ-ერთი კუნძულის (კ.ვულკანო) მწვერვალიდან ცეცხლი და შავი კვამლისაგან შემდგარი ღრუბელი, როგორ აღწევდა ის დიდ სიმაღლესა და ინტენსიურად გადმოიყრებოდა ხოლმე გავარვარებული ქვები, რომლის შედეგად ეს კუნძული

თვალსა და ხელს შუა სწრაფად იზრდებოდა. სწორედ, რომაული მითოლოგიის მიხედვით, ცეცხლისა და მჭედლობის ღმერთის – ვულკანის სახელწოდებით მოიხსენიება ყველა ცეცხლისმფრქვეველი მთა. მაგმის წარმოშობის, მოძრაობისა და ამონთხევის პროცესთა ერთობლიობა ვულკანიზმის სახელწოდებითაა ცნობილი.

ვულკანის ამონთხევა რამდენიმე დღიდან, თვეობითა და წლობით გრძელდება. ძლიერი და ხანგრძლივი მოქმედების შემდეგ ვულკანი ისევ მშვიდი ხდება. ვულკანი რამდენიმე წლიდან ათწლეულობითაც კი „მიიძინებს“ ხოლმე წყნარად. თუმცა იგი ისევ ხდება დაუცხრომელი – იწყებს მძვინვარებას, შფოთსა და ბობოქრობას. ასეთ ვულკანებს მოქმედი ვულკანები ჰქვია. ამავე დროს, ვულკანების ნაწილი ჩამქრალიცაა. მათ მიეკუთვნება ვულკანები, რომელთა აქტიური გამოვლინების შესახებ კაცობრიობას რაიმე დამადასტურებელი საბუთი არ გააჩნია. ამჟამად დედამიწაზე 500-ზე მეტი მოქმედი ვულკანია. მათ შორის 70 წყალქვეშა ამონთხევით ხასიათდება. ჩამქრალი ვულკანების რაოდენობა კი მოქმედ ვულკანების რიცხვს რამდენჯერმე ჭარბობს.

ძველ ვულკანურ არეალებში ხშირია უკვე ძლიერ გადარეცხილი და დანგრეული ვულკანური სხეულები. ზოგიერთ მათგანს შენარჩუნებული აქვს მკვეთრად გამოსახული კონუსის იერსახე, რომლის ფერდობის დახრილობა მწვერვალის სიახლოვეს საკმაოდ ციცაბოა (ნახ. IV.10), თუმცა მიმდებარე ზედაპირი



ნახ.IV.10. ვულკანის ჭრილი

1 – მაგმის კერა; 2 – სადინარი; 3 – ძველი კონუსი; 4 – ახალი კონუსი; 5 – კრატერი; 6,7,8 – ლავური ნაკადის ფენები; 9 – ძირითადი ქანები; 10 – პარაზიტული ვულკანი

თანდათანობით დამრეცი ხდება. ვულკანის მწვერვალი ღრმა და მრგვალი, გიგანტური ჯამის ფორმის, ციცაბო ფერდობიან ღრმულს – კრატერს წარმოადგენს. მისი ფსკერი ყოველთვის დაფარულია ლოდებითა და უფრო წვრილი ნგრეული მასალით,

ხოლო ნაპრალებიდან მუდამ ამოდის გაზისა და ორთქლის ჭავლები. კრატერიდან ამოფრქვეული თხევადი მაგმა გადაედინება რა კონუსის კიდეზე – ფერდობის გასწვრივ, რადიალური მიმართულებით ძირს ეშვება. თუ ლავა ბლანტი თვისებისაა, მოძრაობის სიჩქარეს კარგავს და გუმბათისებურ ბორცვებს ქმნის. თხიერი ლავა კი ვრცელ და ოდნავ დახრილ ვულკანური ფერდობების ფორმირებას უწყობს ხელს.

თავისი მოქმედების ხასიათისა და ამოფრქვეული მასალის შედგენილობის მიხედვით ვულკანები ფრიად განსხვავებულია. ამ მხრივ, განასხვავებენ ნაპრალოვან და ცენტრალურ ვულკანებს. პირველი მათგანი ხასიათდება ფართო და საფარისებური გავრცელებით. ასე, მაგალითად, ირლანდიაში 1783 წელს ვულკან ლაკის ამოფრქვევის შედეგად ლავის მიერ დაკავებული ფართობი 600 კმ^2-ს შეადგენდა, ხოლო ამონთხეულო მასალის მოცულობამ 12 კმ^3-ს გადააჭარბა.

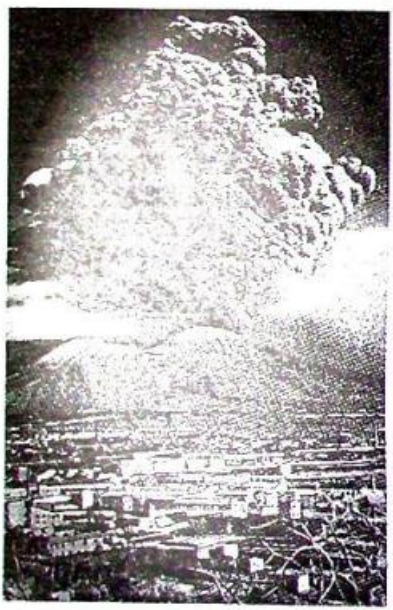
აღსანიშნავია, რომ ისტორიულ დროს გავრცელებული ვულკანების სიდიდეები შეუდარებლად მცირეა ძველი გეოლოგიური ეპოქების ამოფრქვევებთან შედარებით. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ციმბირის უძველესი ვულკანური ამონთხევა, რომელიც 1,5 მლნ. კმ^2-ის ტოლ ფართობზეა გავრცელებული; კოლუმბიის ბაზალტური პლატოს ფართობი 500 ათას კმ^2-ს, ხოლო ლავის ნაკადების სიმძლავრე 1 კმ-ს აღწევდა; ინდოსტანისა და პარანას (სამხრეთი ამერიკა) ბაზალტური წარმონაქმნების საერთო ფართობი 1,4 მლნ. კმ^2-ის, ხოლო ლავური ნაკადების სისქე 30-100 მ-ის ტოლი იყო; ზოგან კი – ბომბეის მიდამოებში გავრცელებული ნაკადის სიმძლავრეს 10-ჯერ უფრო მეტი მნიშვნელობა უნდა ჰქონოდა; მხოლოდ პარანას ვულკანური მასის მოცულობამ 200 ათასი კმ^3 შეადგინა.

ამჟამად დედამიწაზე მოქმედი ვულკანები არა ნაპრალოვან, არამედ ცენტრალურ ტიპს მიეკუთვნება, რომელთა მაგმის ამონთხევა ნაპრალის ერთ პუნქტთანაა ლოკალიზებული. მათ უმთავრესად ვულკანური კონუსების ფორმირება ახასიათებთ, რომელთაც რადიალური დახრილობის (10^0-მდე) ფერდობები და ციცაბო კრატერები შეესაბამებათ. ასეთი ვულკანები გავრცელებულია ისლანდიასა და ჰავაის კუნძულებზე. თანამედროვე ვულკანიზმისათვის ნგრეული მასალის გაბატონებაა დამახასიათებელი. ამის გამო, ვულკანური ამოფრქვევის ცენტრის გარშემო დიდი კონუსის ფორმირებას აქვს ადგილი, რომლის აგებულებაში შეინიშნება ლავისა და ნგრეული მასალის პროდუქტებისაგან შემდგარი ფენების მორიგეობა.

ვულკანური ლავების მიერ შექმნილი ნაკადების ხასიათი მათივე შემადგენლობაზეა დამოკიდებული. თუკი ლავა მდიდარია კაჟმიწების შემცველობით, მაშინ ამგვარი მჟავე ლავები მაღალი სიბლანტით გამოირჩევა და ნელა (5 კმ სთ$^{-1}$) მოძრაობს; ფუძე ლავები (კაჟმიწის შემცველობა 50%-ს აღწევს) საკმაოდ თხიერი და დენადია. ამიტომ დიდი სიჩქარითაც (20-30 კმ სთ$^{-1}$) მოძრაობენ. ცხადია, რომ ფუძე ლავიდან გაზების გამოყოფა უფრო ადვილად მიმდინარეობს, რასაც ვერ ვამჩნევთ მჟავე ლავებში. ამ უკანასკნელიდან გაზების არა განუწყვეტელ გამოყოფას, არამედ ჯერ აირების დაგროვებას, ხოლო შემდეგ ერთდროულად დიდი ძალის აფეთქებასა და გაზებისაგან დაცლას აქვს ადგილი. ამ დროს, ლავის უკვე გაცივებული და მკვრივი სხეული ნაფლეთებად იქცევა, ხოლო მის ადგილზე ლავის ახალი „ქერქი“ ილექება. ხანგრძლივი მყუდროების შემდეგ ახალი დიდი აფეთქების ჟამი დგება. სწორედ, ასეთი მოქმედებისაა უკვე მითითებული კ. სიცილიის ჩრდილო-დასავლეთით მდებარე – ვულკანო. მის ჩრდილოეთით – ვულკ. სტრომბოლის

ამოფრქვევა დროის უფრო მოკლე, თუმცა ერთმანეთის ტოლი, ხანგრძლივობითაა შემოსაზღვრული. კიდევ უფრო ბლანტი ვულკანის შემთხვევაში, ვულკანური ღრუბელი (მტვერი, ფერფლი) და გავარვარებული მძიმე ლოდები ფერდობზე ძირს (ვულკ. მონ-პელე) ეშვება.

ხშირად, ვულკანური ამოფრქვევა, გაზების წვრილი და თეთრი ან რუხი მასალის (ფერფლი) საკმაოდ დიდ სიმაღლეზე გავრცელებით ხასიათდება, რის შედეგად ვულკანის თავზე, მაღალი „ბოძი" წარმოიქმნება. ასე, მაგალითად, 1872 წელს ვულკან ვეზუვის თავზე 5 კმ-ის, კრაკატაუზე კი (1883 წ.) 30 კმ-ის სიმაღლის ვულკანური ფერფლი აისვეტა. მოგვიანებით (1944 წ.) ვულკან ვეზუვმა ისევ შეგვახსენა თავი. ამჯერად, ნეაპოლის სიახლოვეზე (ნახ. IV.11) მდებარე რამდენიმე სოფელი მთლიანად დაინგრა. აღნიშნული ვულკანების ფერფლის მეორე ნაწილი რამდენიმე ათასი კილომეტრის მანძილზე იყო გადატანილი, თუმცა მნიშვნელოვანი მასა ვულკანის უშუალო სიახლოვეს დაილექა. ფერფლი ჰაერში დიდხანს არ ჩერდება. ატმოსფერული ნალექები მას მიწის ზედაპირზე აბრუნებს, რაც ფერდობებზე ტალახოვან ნაკადებს ქმნის. მათი ცემენტაცია და ხანგრძლივი შემკვრივება – ვულკანური ტუფის წარმოშობას განაპირობებს.



ნახ.IV.11. ვულკანი ვეზუვის ამოფრქვევა (1944 წ.). ნეაპოლის გარეუბანი

ვულკანების ამოფრქვევა მუდმივი არ არის. ხანგრძლივი ვულკანიზმის შემდეგ მათი მოქმედება თანდათანობით ქრება. ლავის ამონთხევა გაზების ამოფრქვევით იცვლება. დეგაზაციას ფუმაროლებს უწოდებენ, რომელთა ტემპერატურა 100-დან 600-650°-მდე მერყეობს. ხშირად წყლის ორთქლი კონდენსაციას განიცდის და ცხელი წყაროების წარმოშობას განაპირობებს, რომელიც არაიშვიათად წყლის ჭავლისებური ამონთხევით მთავრდება. მათი ნაწილი მუდმივი შემოდინებით ხასიათდება, დანარჩენი – პერიოდული თვისებისაა. ამ უკანასკნელთ – ჰეიზერებს უწოდებენ. ხშირად მათი ამონთხევის პერიოდულობა საკმაოდ ზუსტია. ამა თუ იმ ჰეიზერის ამონთხევის ინტერვალი 10 წუთიდან 5,5 საათამდე მერყეობს. მათი წყლის ტემპერატურა კი 90 – 100°-ს აღწევს. წყლების მაღალი მინერალიზაციის გამო, ჰეიზერების ირგვლივ ტუფის დალექვას აქვს ადგილი. ჰეიზერები გავრცელებულია ისლანდიაში, ახალ ზელანდიაში, კამჩატკაზე, იელოუსტონის ეროვნულ პარკში (აშშ) და სხვ.

პოსტვულკანური არეალების დამახასიათებელი მოვლენაა აგრეთვე ტალახის ვულკანები. მათი კონუსები ჩვეულებრივად 1-2 მ-ის სიმაღლისაა, ზოგჯერ კი 10-12 მ-ს აღწევენ, თუმცა აღნიშნულია 350-400 მ-ის სიმაღლის კონუსებიც. ტალახის

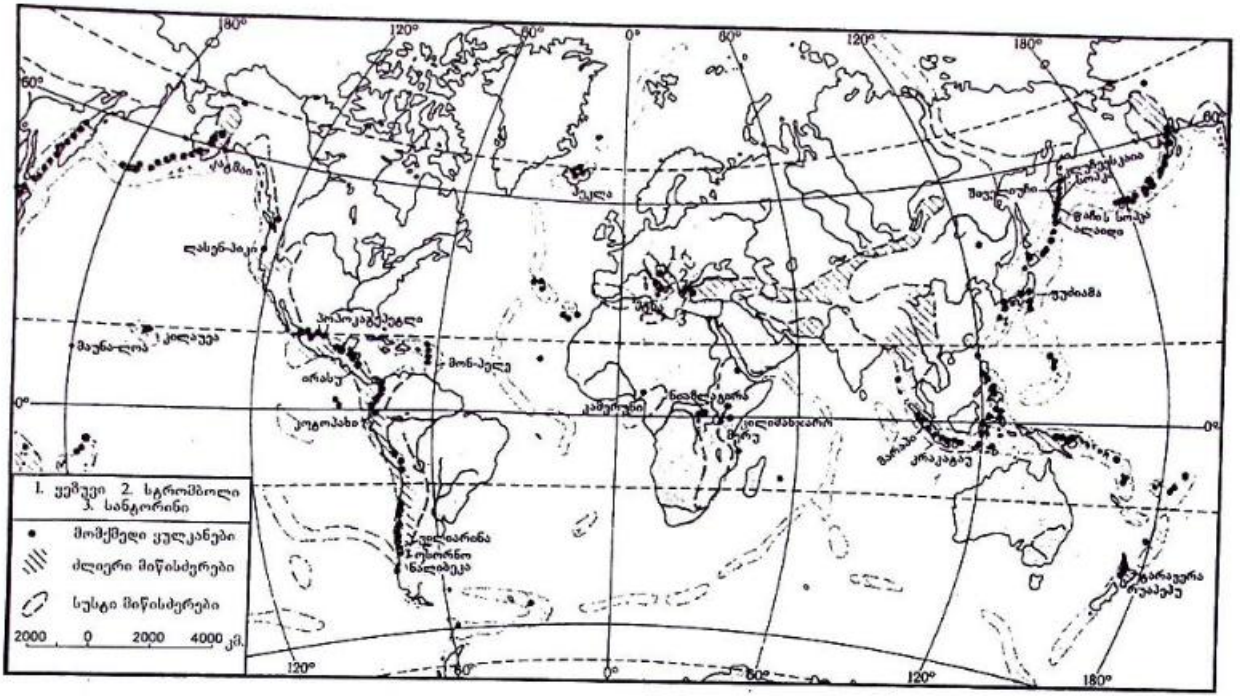
ვულკანების კრატერის სიგანე რამდენიმე მეტრით განისაზღვრება, ხოლო ტემპერატურა 90^0-ს აღწევს. ისინი ნახშირწყალბადების გაზების არსებობასთანაც არიან დაკავშირებული. ტალახის ვულკანები საქართველოშიც (ახტალა, ქ. გურჯაანთან) გვხვდება.

მიწისძვრები – მიწის ქერქის უეცარი შერყევაა, რომელიც შენარჩუნებულია მისი გამომწვევი მიზეზის შეწყვეტის შემდეგ, თუმცა რყევითი მოძრაობა მილევადი ხასიათისაა. ყოველი მიწისძვრა, თითქმის ყოველთვის, ერთმანეთის მიყოლებით სხვადასხვა ძალის ბიძგებს იწვევს. ბიძგის ხანგრძლივობა მხოლოდ რამდენიმე წამით განისაზღვრება. დიდი ძალის მიწისძვრების შემდგომი დრო მრავალრიცხოვანი განმეორებებით ანუ „გამოძახილით" (აფტერშოკები) ხასიათდება, რომელთა ძალა, უფრო მეტ შემთხვევაში (96%), ნაკლებია პირველი მიწისძვრის სიძლიერესთან შედარებით. ასე, მაგალითად, ალმა-ათის ცნობილი მიწისძვრა (1887 წ.) ფაქტობრივად სამი წელიწადი გრძელდებოდა; ხანგრძლივი „გამოძახილი" ჰქონდა ტაშკენტის, სპიტაკის, მექსიკის მიწისძვრებს; რაჭა-იმერეთის მიწისძვრაც (1991 წ.) თითქმის 2 წელი გრძელდებოდა.

მიწისძვრის კერის (ჰიპოცენტრის) სიღრმე ჩვეულებრივად 50-60 კმ-ის ფარგლებს არ სცილდება. უფრო ხშირად კი 15-20 კმ-ის სიღრმეზე მდებარეობს. თუმცა ზოგჯერ (წყნარი ოკეანის აუზის განაპირა ზოლში) მიწისძვრათა ჰიპოცენტრები რამდენიმე ასეული კილომეტრის სიღრმეზეა „ჩაძირული".

დედამიწაზე ყოველწლიურად ერთ მილიონამდე მიწისძვრას აქვს ადგილი. მათი დიდი ნაწილი ადამიანისათვის შეუმჩნეველია და მხოლოდ ხელსაწყოებით (სეისმოგრაფებით) აღირიცხება. მიწისქვეშა ბიძგების მცირე ხანგრძლივობის მიუხედავად, მათი ენერგია ($2x10^{19}-5x10^{25}$ ერგი) საკმაოდ დიდია. ამ ენერგიის გამომუშავებისათვის ენგურის ჰიდროელექტროსადგურს 30 წლის უწყვეტი მუშაობა დასჭირდებოდა.

მიწისძვრებს, კოლოსალურ ენერგიასთან ერთად, გრანდიოზული სივრცობრივი განვრცობა ახასიათებთ. ასე, მაგალითად, იაპონიისა (1891 წ.) და სან-ფრანცისკოს (1906 წ.) მიწისძვრა 1 მლნ. $კმ^2$-ის ფართობზე იგრძნობოდა. მათ საკმაოდ დიდი შედეგები გააჩნია. მართლაც, მიწისძვრების შედეგად ადგილი აქვს ზედაპირის მსხვილ დეფორმაციებს, წარმოიქმნება დიდი ნაპრალები და სხლეტვები, მეწყერები და კლდეზვავები, ქვაცვენილები, ბორცვები და ტბები, მდინარეთა შეგუბება, დიდი ზომის ოკეანური ტალღები (ცუნამი). მათი წარმოშობისა და პარამეტრების შესახებ მოვიტანთ ფაქტებს: ჯერ კიდევ, XIX საუკუნეში ბირმის მიწისძვრამ ერთ-ერთი კუნძული ზღვის ფსკერზე ჩაიტანა; XX საუკუნის დასაწყისში (1927 წ.) ყირიმის მიწისძვრამ მთლიანად ჩამოანგრია აი-პეტრის მთის დასავლური ნაწილი; უფრო ადრე (1862 წ.), მიწისძვრამ მდ. სელენგის შესართავთან, ბაიკალის ტბის ნაპირზე, 8 მ-ის სიღრმის უბე გააჩინა; პამირის მიწისძვრის (1911 წ.) შედეგად, მდ. მურგაბის კლდეზვავით გადაკეტვამ, სარეზის ტბის გაჩენა გამოიწვია. ანალოგიური გზითაა წარმოქმნილი საქართველოს ზოგიერთი (რიწა, ამტყელი, ქვედი) ტბაც. ისინი ამ ერთი საუკუნის წინ (ამტყელის ტბა – 1891 წ., ხოლო ქვედის ტბა – 1896 წ.) გაჩნდნენ. ასევე დიდი ენერგიის მატარებელია და კოლოსალური დამანგრეველი ძალა გააჩნია სეისმურ ტალღებს: ასეთი ცუნამის (1755 წ.) მიერ, 30 მ-ის სიმაღლის ტალღებმა, თითქმის მთლიანად დაანგრიეს ქ. ლისაბონი; ალეუტიის კუნძულების სანაპიროსთან წარმოქმნილი ცუნამის სიჩქარე 200 მ $წმ^{-1}$



ნახ.IV.12. მიწისძვრებისა და ვულკანების გავრცელება

აღემატებოდა. მან 5,2 საათის განმავლობაში, გაიარა რა 3700 კმ, ჰავაის კუნძულებამდე მიაღწია და დიდძალი ნგრევა გამოიწვია; ჩილეს მიწისძვრით (1960 წ.) გამოწვეული ცუნამი რეაქტიული სიჩქარით გავრცელდა და იაპონიის კუნძულებს (მანძილი 15 ათასი კმ) ერთი დღე-ღამის განმავლობაში მიაღწია. აქ ცუნამის ტალღის სიმაღლემ 10 მ-ს გადააჭარბა და სანაპირო ზოლი მთლიანად ზღვის ქვეშ მოექცა. არცთუ იშვიათია მიწისძვრების მიერ ჰიდროგრაფიული ქსელისა და ეროზიის ხასიათის შეცვლა, ან კიდევ მყინვარების მოძრაობათა გააქტიურება და სხვ.

მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება არაერთგვაროვან სურათს იძლევა. მიწისძვრებს ადგილი არა აქვს ძველი ბაქნების (კანადის, ბრაზილიის, რუსეთის), აგრეთვე აფრიკის დიდი ნაწილის, ინდოეთის, ავსტრალიის, ანტარქტიდის ფარგლებში, რაც ამ არეალების ატექტონიკურობაზე მიუთითებს. ამავე დროს, მოქმედი ვულკანების გავრცელება (ნახ. IV.12) აქტიურ სეისმურ რაიონებს ემთხვევა. მათი კონცენტრაცია მაღალ მთიანეთებთან, ან კიდევ ღრმა ოკეანურ ღარებთანაა დაკავშირებული. პირველი მათგანი – წყნაროკეანური, ამავე სახელწოდების ოკეანის განაპირა არშიას ქმნის; მეორე – ხმელთაშუატრანსაზიური, გავრცელებულია ატლანტის ოკეანის შუა ნაწილიდან დაწყებული ხმელთაშუა ზღვის, ჰიმალაის, აღმოსავლეთ აზიის გავლით – წყნარ ოკეანემდე; ატლანტიკური სარტყელი მოიცავს ატლანტის წყალქვეშა ქედს, ისლანდიას, კ. იან-მაიენსა და ლომონოსოვის წყალქვეშა ქედის დიდ ნაწილს. მიწისძვრებს ადგილი აქვს აგრეთვე აფრიკისა და აზიის ღრმულების ფარგლებში. მათ მიეკუთვნება წითელი ზღვის, ტანგანიკის, ნიასას, ისიქ-ჭოლისა და ბაიკალის ტბები.

ამ ზონებიდან ყველაზე აქტიური წყნაროკეანური სარტყელია. მის ფარგლებში მიწისძვრების 80% გამოათავისუფლებს ხოლმე მის წიაღში დაგროვილ ენერგიას. შედარებით ნაკლები სეისმურობით ხასიათდება მეორე – ხმელთაშუატრანსაზიური სარტყელი. სხვა სარტყლებში კიდევ უფრო ნაკლები ინტენსიურობა შეიმჩნევა.

ამგვარად, ვულკანიზმისა და მიწისძვრების გავრცელება მიწის ქერქის მთლიანი დისლოკაციასთან დაკავშირებული ვრცელი და ღრმა ნაპრალების არსებობითაა შეპირობებული და, მათთან ერთად, მთათაწარმოშობა – ლითოსფეროს დინამიკის ერთიანი პროცესის ურთიერთდაკავშირებული და ურთიერთგამომდინარე სხვადასხვა ასპექტებია.

გეოქრონოლოგია. ბუნებრივი და ხელოვნური გაშიშვლებები ნათლად გვიჩვენებს სხვადასხვა სისქისა და ფიზიკური თვისებების მქონე შრეების მორიგეობას. თითოეულ მათგანს თავისი წარმოშობის დრო შეესაბამება. ამ დროის გარკვევას დათარიღება ჰქვია. ცხადია, რომ დათარიღება, ამავე დროს, შრეების დალექვის პირობების გარკვევასაც ნიშნავს. ამ მიზნით, დიდი მნიშვნელობა აქვს შრეებში განამარხებული ორგანიზმების, ანუ ნამარხების შესწავლას. ამ ორგანიზმების ყოველმხრივი შესწავლით შესაძლებელია ძველი გარემო პირობების აღდგენაც.

დედამიწის ამგებელი ნალექების საერთო სიმძლავრე საკმაოდ დიდია. შესაბამისად, დიდია მათი დალექვის ხანგრძლივობა, ანუ გეოლოგიური წარსული, რომლის დასადგენად აუცილებელია იმ შრეების დანაწილება. ასე გამოყვეს უძველესად მიჩნეული ნალექები, რომელთაც პირველეული ფორმაცია უწოდეს. მას ადევს მეორეული, მესამეული და მეოთხეული (ყველაზე ახალგაზრდა) ქანები. მოგვიანებით, პირველეულს – პალეოზოური, მეორეულს – მეზოზოური, მესამეულ-მეოთხეულს

– კაინოზოური ეწოდათ. ამავე დროს გამოირკვა, რომ პირველეული (პალეოზოური) ნალექები უძველესი სრულიად არ ყოფილა. მათ ქვეშ აღმოჩენილი ქანები ორ ჯგუფად დაყვეს: პირველი მათგანს – პროტეროზოული, ხოლო მეორეს, ყველაზე უძველესს – არქეული უწოდეს.

ამდენად, დიდ სტრატიგრაფიულ ერთეულებს (ცხრილი IV.1) ჯგუფები შეადგენენ. თითოეულ მათგანში ნალექები იგულისხმება, ხოლო მისი შესაბამისი დროის მონაკვეთს ერას უწოდებენ. ჯგუფები დაყოფილია სისტემებად, რომელთა შესაბამის დროს პერიოდები ჰქვია. სისტემები, თავის მხრივ, სექციებად (ნალექებად) იყოფა, ხოლო პერიოდები – ეპოქეებად. დანაწილება ამით არ მთავრდება: სექციებს ყოფენ სართულებად, რომლის შესაბამის დროს საუკუნეს (ათეული მილიონი წელი) უწოდებენ. თავის მხრივ, სართულებს ზონებად ჰყოფენ.

ცხრილი IV.1.

გეოქრონოლოგიური სკალა

ჯგუფი, ერა	სისტემა, პერიოდი	ასაკი მლნ. წელი	ხანგრძლივობა მლნ. წელი
ნეოზოური (კაინოზოური)	მეოთხეული	2	2
	მესამეული { ნეოგენი	26	24
	მესამეული { პალეოგენი	67	41
მეზოზოური	ცარცული	137	70
	იურული	195	58
	ტრიასული	240	45
პალეოზოური	პერმული	285	45
	კარბონული	350	65
	დევონური	410	60
	სილურული	440	30
	ორდოვიცული	500	60
	კამბრული	600	100
პროტეროზოული არქეული		>3500	>3000

აღნიშნულ დროის მონაკვეთებს დედამიწის ესა თუ ის ფიზიკური პირობები შეესაბამება, რომლის დროსაც იცვლება ზღვისა და ხმელეთის ადგილმდებარეობა, მცენარეულობა და ცხოველთა სამყარო, ჰავა და რელიეფი; ადგილი აქვს მადნეული ნივთიერებების კონცენტრაციას, ცოცხალი ბუნების ევოლუციას, ინგრევა და ვითარდება მთიანეთები. ამ მოვლენების ქრონოლოგიურ შესწავლას უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. მათ შესწავლას გეოგრაფიული მეცნიერების დარგი – პალეოგეოგრაფია ახდენს.

ამგვარად, დედამიწის შინაგანი აგებულების, მისი სითბური რეჟიმის, სივრცობრივი დიფერენციაციისა და მოძრაობათა სხვადასხვაობის, აგრეთვე ფიზიკო-ქიმიური თავისებურებების ერთიანი ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ აღნიშნული ასპექტების ერთობლივი გამოვლინებანი გეოგრაფიული გარსის წარმოშობის, განვითარებისა და თანამედროვე მდგომარეობის – მისი სტრუქტურული და რაოდენობრივ-თვისებრივი განსხვავებულობათა ჩამოყალიბების წინაპირობა, წანამძღვარი და მამოძრავებელი ძალაა.

1. დედამიწის ხმელეთის ზედაპირულ ფენაში (20 მ-ის სიღრმემდე) მზის სხივების მოქმედებით გამოწვეული დღეღამური და სეზონური თერმული ცვლილებები აისახება, მაშინ, როცა უფრო ღრმად, მიწის შინაგანი, საკუთარი სითბოს გავლენით ტემპერატურის მუდმივი ზრდის საშუალო მაჩვენებლები (გეოთერმული გრადიენტი – 3^0, გეოთერმული საფეხური – 33 მ) მაგმატიზმისა და სეისმური მოვლენების უთანაბრო განაწილებასთან დაკავშირებით, კანონზომიერ ცვლას (გეოთერმული დისიმეტრიის კანონი) განიცდის.

2. დედამიწის წიაღში, სითბოს ზრდასთან ერთად, გეოთერმული გრადიენტის თანდათანობითი შემცირების გამო, წიაღის მნიშვნელოვან ნაწილში იზოთერმული პირობაა გაბატონებული (ტემპერატურის ვერტიკალური დისიმეტრია). დედამიწის ქერქის კონტინენტური და ოკეანური ტიპების არაერთგვაროვანი აგებულება ოკეანის ფსკერზე გრანიტის ფენის გამოსოლვითაა გამოვლენილი, მაშინ, როცა დანალექი და ბაზალტის ფენები ერთგვაროვან სიმძლავრეს ინარჩუნებენ (დედამიწის ქერქის დისიმეტრიის კანონი).

3. დედამიწის ქერქის ქვედა საზღვარი-გასაყარის (ზედაპირის) არათანაბარი მდებარეობა, ანუ თვით ქერქის სიმძლავრის სხვადასხვაობა გამოწვეულია რა ლითოსფეროს ფრაგმენტების მასების უთანაბრობით, იზოსტაზიური წონასწორობის შენარჩუნებას (იზოსტაზიური წონასწორობის კანონი) განსაზღვრავს.

4. მანტიისა (ასტენოსფეროს) და ბირთვის ფიზიკო-ქიმიური თვისებები განსაზღვრავენ როგორც დედამიწის ზედაპირის რელიეფის იერსახეს, ისე პლანეტის მაგნიტური ველის არსებობას (მიწის წიაღისა და ეკზოსფერული კავშირების კანონი).

5. მძიმე ელემენტების ჭარბი შემცველობის გამო, დედამიწა – კოსმოსური სივრცის ე.წ. „საშუალო" სხეული კი არა, თავისებური გეოქიმიური ანომალიაა მის გარემომცველ კოსმოსურ სივრცეში.

6. დედამიწის წიაღის გარსები ერთმანეთისაგან უპირველესად სიმკვრივის ნახტომისებური ზრდით გამოირჩევიან, ხოლო ბირთვის მაღალი სიმკვრივე მისი სუსტი გრავიტაციული დიფერენციაციითაა განსაზღვრული (დიფერენციაციის დისიმეტრიულობის კანონი).

7. დედამიწის ქერქის ერთმანეთისაგან დიამეტრალურად განსხვავებული სტრუქტურული ერთეულების – გეოსინკლინებისა და ბაქნების მიერ ფორმირებული სივრცობრივად ლოკალური არეალები ინარჩუნებენ რა როგორც ვერტიკალურ, ისე ჰორიზონტალურ მოძრაობათა ინტენსიურობას, მათი შესაბამისი ზედაპირების იერსახის არაერთგვაროვანი გამოვლინებებით ხასიათდებიან (მიწის ქერქის სტრუქტურულ-დინამიკური დისიმეტრიის კანონი).

8. მიწის ქერქის ცალკეულ ბლოკებად (ფილებად) დაყოფა და მათი ასტენოსფეროზე განსხვავებული სიჩქარითა და მიმართულებით დრეიფის გამო, კონვერგენციის ანუ სუბდუქციისა და გაწევის – გახლეჩვის (დივერგენციის) ვარიანტებს თან სდევს ხმელეთისა და ოკეანის ფსკერის პირველადი იერსახის ჩამოყალიბება. თანაც ლითოსფეროს გახლეჩვის ზონები ანუ ოკეანური ქედების თხემურ-გრაბენული რიფტები, მანტიის მასალის დამახასიათებელი მოძრაობით,

კონტინენტების დრეიფის მამოძრავებელ წყაროებს წარმოადგენენ (ფილების გლობალური ტექტონიკის კანონი).

9. მიწის ზედაპირის მკვეთრი ცვლილებების გამომწვევი წიაღის მრისხანე მოვლენები – ვულკანები და მიწისძვრები, განსაზღვრულია რა დროსა და სივრცეში, მიწის ქერქის მოძრაობის ერთიანი პროცესის ურთიერთდაკავშირებულ და ურთიერთგამომდინარე ასპექტებს წარმოადგენენ (ქერქისა და ზედაპირის მორფოდინამიკური ერთიანობის კანონი).

10. დედამიწის ამგებელი ქანები, დიდი სიმძლავრის მიუხედავად – წარმოშობის, განვითარების, ასაკისა და ფიზიკო-ქიმიური თვისებების მიხედვით იყოფა რა ნალექების შედგენილობისა და ასაკის შესაბამის (ჯგუფი – ერა, სისტემა – პერიოდი, სექცია – ეპოქა, სართული – საუკუნე) სტრატიგრაფიულ ერთეულებად, ფაციესურ (დალექვის პირობები) და სტრუქტურულ (აღნაგობა) თავისთავადობას იჩენენ (სტრატიგრაფიული ჰეტეროქტულობის კანონი).

თავი V. დედამიწის ზედაპირის ძირითადი ნიშნები

ხმელეთისა და წყლის განაწილება. მსოფლიო ოკეანე. კონტინენტები. პიფსოგრაფიული მრუდი. დასკვნები

დედამიწის ფორმის – მისი მათემატიკური ზედაპირის შესახებ მიღწეული წარმოდგენა (თავი III) ფრიად საყურადღებო და მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული დასკვნების გამოტანის საფუძველი გახდა. თუმცა ეს საკმარისი სრულიადაც არ არის. ფიზიკურ გეოგრაფიას უფრო მეტად დედამიწის არა მათემატიკურ, არამედ ფიზიკურ ზედაპირთან აქვს საქმე. ამჯერად დედამიწის ზედაპირის სწორედ ფიზიკური იერსახის დეტალურ განხილვას შევეცდებით.

ხმელეთისა და წყლის განაწილება დედამიწაზე საკმაოდ არათანაბარია. პლანეტის ზედაპირის (510 მლნ. კმ^2) დიდი (71%) ნაწილი, ანუ 361 მლნ. კმ^2 მსოფლიო ოკეანეს უკავია, ხოლო 29%, ანუ 149 მლნ. კმ^2 ხმელეთზე მოდის. ამდენად, ოკეანისა და ხმელეთის ფართობები ისე შეეფარდება ერთმანეთს, როგორც 2,5:1. ერთი შეხედვით, პლანეტის სახელწოდება – დედამიწა (მიწა) არათუ საყოველთაო მნიშვნელობისაა, არამედ რამდენადმე დაქვემდებარებულ როლშია აღმოჩენილი. რადგან მიწაზე უფრო წყალია გავრცელებული, მას სახელწოდება (ოკეანე) უფრო მოუხდებოდა. თუმცა, ცხადია, ამას საფუძველი არ გააჩნია. წყლის ზედაპირის ფართობის აშკარა გადაჭარბება ხმელეთთან შედარებით სრულებით არ ჩრდილავს იმ ფაქტს, რომლის მიხედვით დედამიწის მყარ ნაწილთან (რადიუსთან) შედარებით მსოფლიო ოკეანის სისქე მხოლოდ უმნიშვნელოდ თხელი აპკის სახეს მიიღებდა, რომელთა ფარდობას 1:1600 უნდა შეედგინა. ასევე საკმაოდ დიდია (1:800) ოკეანეების წყლისა (1,37x10^9 კმ^3) და პლანეტის (1,083x10^{12} კმ^3) მოცულობათა შეფარდებაც.

როგორც ჩანს, ხმელეთისა და წყლის მოცულობითი მაჩვენებლების მიხედვით პირველი მათგანი მნიშვნელოვნად უსწრებს თავის „პარტნიორს", მაშინ, როცა მათი სივრცობრივი მახასიათებლების შედარება (ცხრილი V.1) აშკარად ოკეანის

ცხრილი V.1.

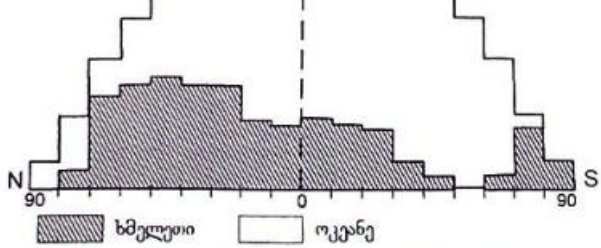
ხმელეთისა და წყლის განაწილება განედების მიხედვით (მლნ. კმ^2)

განედები	ჩრდილოეთ ნახევარსფერო			სამხრეთ ნახევარსფერო		
	საერთო ფართობი	ხმელეთი	წყალი	საერთო ფართობი	ხმელეთი	წყალი
90-80	3,9	0,4	3,5	3,9	12,1	3,4
80-70	11,6	3,4	8,2	11,6		
70-60	18,9	13,5	5,4	18,9	1,9	17,0
60-50	25,6	14,6	11,0	25,6	0,2	25,4
50-40	31,5	16,5	15,0	31,5	1,0	30,5
40-30	36,4	15,6	20,8	36,4	4,2	32,2
30-20	40,2	15,1	25,1	40,2	9,3	30,9
20-10	42,8	11,3	31,5	42,8	9,4	33,2
10-0	44,1	10,1	34,0	44,1	10,4	33,7

სასარგებლოდ ლაპარაკობს. ამავე დროს, ხმელეთი ძირითადად ჩრდილოეთ ნახევარსფეროშია (39%) მოქცეული, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს მხოლოდ 19%-ია გავრცელებული. ცხადია, რომ ოკეანის ზედაპირს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში 61%, ხოლო სამხრეთში 81% უკავია. წყლისა და ხმელეთის გადანაწილების აღნიშნულ თანაფარდობას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ორივე ნახევარსფეროს ჰავის ჩამოყალიბებაში.

ხმელეთისა და ოკეანის განაწილების ხასიათი განსაზღვრავს ჰავის კონტრასტულ თუ ჰარმონიულ გავრცელებას. ოკეანიდან დაშორებული ვრცელი კონტინენტის შიდა არეალებში სინოტივის შეღწევა გაძნელებულია და სანაპირო, ფაროსო ზოლისაგან განსხვავებით, მკაცრი და მშრალი კლიმატით ხასიათდება. ცუნამულების შედარებით ვიწრო ზედაპირზე კი ოკეანური ტენი დაუბრკოლებლად გადადის და ყველგან ნოტიო ჰავა ყალიბდება. ამავე დროს, როგორც ეს V.1. ცხრილიდან ჩანს, ხმელეთისა და წყლის მერიდიანულ გავრცელებაში ერთგვარი უწყვეტობა შეიმჩნევა: განედების მიხედვით ხმელეთი, თუმცა არათანაბრად, მაგრამ, ერთიანია და გაბმულადაა გავრცელებული. გამონაკლისია მხოლოდ სამხრეთი ნახევარსფეროს 60-70^0-იან პარალელებს შორის მოქცეული აკვატორია, სადაც დედამიწის ირგვლივ, ანტარქტიკის ოკეანეთა სამხრეთული ნაწილი, განაპირა წყლებს უჭირავს. მაგრამ, თუ წარმოვიდგენთ, რომ მთელი ხმელეთი მხოლოდ ტროპიკებს შორის იქნებოდა გავრცელებული, ხოლო ირგვლივ ვრცელი ოკეანით შემოისაზღვრებოდა, მაშინ დედამიწაზე ძირითადად თბილი ჰავა გამეფდებოდა. თუმცა, პირიქით, განსაკუთრებით ცივი ჰავის ჩამოყალიბებას ექნებოდა ადგილი, თუკი ხმელეთი ჩრდილოეთი და სამხრეთი პოლუსების ირგვლივ გვექნებოდა გარშემორტყმული, ხოლო მათ მიღმა — ზომიერი და დაბალი განედების ფარგლებში, ოკეანური სივრცე გამეფდებოდა. ანუ ისე, როგორც ეს გვაქვს სამხრეთ ნახევარსფეროში — ანტარქტიდის კონტინენტის სახით.

დედამიწის ზედაპირზე ხმელეთისა და წყლის არათანაბარი განაწილების დიაგრამა (ნახ. V.1) გვიჩვენებს არა მარტო ამ ორი კომპონენტის უბრალო განაწილებას განედური სარტყლებისა და ნახევარსფეროების მიხედვით, არამედ წარმოდგენას იძლევა დედამიწის კონტინენტების გაბატონებული ფორმის შესახებ. როგორც წესი, კონტინენტის ჩრდილოეთით მოქცეული ნაწილი ფართო არეალს იკავებს, ხოლო სამხრული დაბოლოება, პირიქით, შევიწროებულია.



ნახ.V.1. ხმელეთისა და ოკეანის განაწილების გრაფიკი განედების მიხედვით

მსოფლიო ოკეანე — დედამიწის ცალკეული ოკეანეებისა და მასთან კავშირში მყოფი ზღვების, აგრეთვე მათი ნაწილების აკვატორიათა გაერთიანებაა. იგი ჰიდროსფეროს ის ნაწილია, რომელიც მისი მასების უწყვეტობითა და გეოიდის ზედაპირთან თანხვდენით ხასიათდება. როგორც ჩანს, ოკეანე არაიზოლირებული სისტემაა.

ცხრილი V.2.

მსოფლიო ოკეანის ნაწილები და სიდიდეები

ოკეანე	ფართობი, მლნ.კმ²	საშუალო სიღრმე (მ-ში)	მაქსიმალური სიღრმე (მ-ში)
ჩრდილოეთის ყინულოვანი	13,10	1205	5220
ატლანტის	93,10	3656	9218
ინდოეთის	74,92	3897	7450
წყნარი	179,68	4028	11035

მსოფლიო ოკეანეს ოთხ ნაწილად ყოფენ. მათი სიდიდეები V.2. ცხრილშია მოტანილი. ოკეანეთა ნაწილების ბუნებრივ საზღვრებს მათი მოსაზღვრე კონტინენტებისა და კუნძულების სანაპიროები წარმოადგენენ. პირობითი საზღვრები კი შეთანხმებითაა დადგენილი და ხან ჩრდილოეთ პოლარულ წრეზე გადის, ან სამხრეთის კონცხის (კ. ტასმანია) მერიდიანზეა გატარებული, ან კიდევ ჰორნისა (სამხრეთ ამერიკა) და ნემსას (აფრიკის სამხრეთი სანაპირო) კონცხების მერიდიანებით შემოისაზღვრება. ოკეანეთა პერიფერიული განაპირა ნაწილები ხშირად კონტინენტის სიღრმეში იჭრება და მეტ-ნაკლებად განცალკევებულ აკვატორიას ქმნის. ოკეანეების ამგვარ ნაწილებს ზღვებს უწოდებენ. ზღვებისაგან გამოყოფილი და ხმელეთში ღრმად შეჭრილი ნაწილები კი უბეებია. არცთუ იშვიათად, ეს ტერმინები მკაცრ მოთხოვნებს ვერ უძლებენ. პრაქტიკულად, ისტორიული ვითარების გამო, ჩამოყალიბებული ტრადიციის მიხედვით, დიდ ტბებს ზღვების (კასპიის, არალის, მკვდარი) სახელწოდება აქვთ მინიჭებული, ხოლო ზოგიერთი ზღვები უბეებად (ბენგალის, ჰუდსონის) მოიხსენიება. იშვიათად, ზღვის სახელწოდებას ატარებს ოკეანის შუა (სარგასის ზღვა) ნაწილიც კი, რომელსაც ხმელეთთან შეხება სრულებით არ გააჩნია.

ოკეანიდან გამოცალკევების ხასიათისა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის მიხედვით გამოყოფენ შიდა, ღია, ნახევრადჩაკეტილ და კუნძულშორის ზღვებს. შიდა ზღვებს მიეკუთვნება თეთრი, ბალტიის, აზოვის, შავი, მარმარილოს, წითელი, ხმელთაშუა ზღვები; ღიაა — ბარენცის, კარის, ლაპტევების, აღმოსავლეთ ციმბირის, ჩუკოტკის, როსის, უედელის, მარჯნის, არაბეთის ზღვები; ნახევრადჩაკეტილი ზღვებია: ბერინგის, ჩრდილოეთის, ოხოტის, ყვითელი, აღმოსავლეთ ჩინეთის, სამხრეთ ჩინეთის, ანდამანის, იაპონიის, კარიბის ზღვები, მექსიკის უბე; კუნძულთშორის მოქცეულ აკვატორიას შეადგენენ იავის, ცელებესის, სულუს, ბანდას, სულავესის ზღვები.

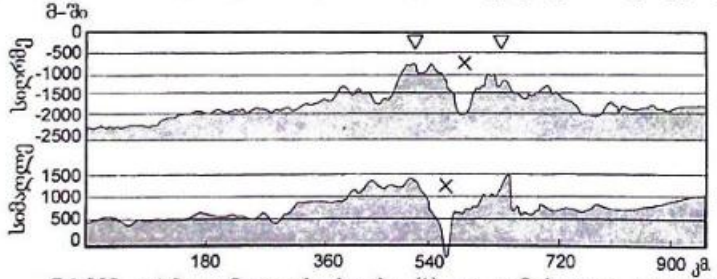
ზღვების აუზების მოხაზულობისა და რელიეფის თავისებურებების ტექტონიკურ პროცესებთან დაკავშირების მიხედვით, ახდენენ ზღვების გენეტურ კლასიფიკაციას. ამ მხრივ, გამოყოფენ ეპიკონტინენტურ (ხმელეთის დატბორილი ნაწილი) და გეოსინკლინურ (ლითოსფეროს ტექტონიკურად მოძრავი ნაწილი) ზღვებს. ამავე დროს, მარჩხწყლიანი შიდა და ღია ზღვები გენეტურად ეპიკონტინენტურს, ხოლო ღრმაწყლიანი შიდა, აგრეთვე ნახევრადჩაკეტილი და კუნძულთშორისი ზღვები — გეოსინკლინურ ტიპებს მიეკუთვნება.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის შესახებ ინფორმაციას უხსოვარი დროიდან მხოლოდ სიღრმეთა გაზომვით ღებულობდნენ. უკვე დიდი ხანია, რაც ოკეანეთა სიღრმეებს ექოლოტით ზომავენ. მისი მუშაობის პრინციპი ემყარება ბგერითი ტალღების წყლის სფეროში გავრცელებას. ექოლოტის ერთი ვიბრატორი აგზავნის ბგერით იმპულსებს, ხოლო მეორე აპარატი ღებულობს ფსკერიდან არეკვლილ ტალღებს. ამ დროს, ხელსაწყოს მიერ ფიქსირდება დრო, რომლის განმავლობაში ბგერა ასრულებს მოძრაობას წინ — მისი გამომცემი ვიბრატორიდან მყარ (ფსკერი) ზედაპირამდე და უკან — ექოლოტის მიმღებ მოწყობილობამდე.

ოკეანის წყალში ბგერის სიჩქარე საშუალოდ 1,5 კმ წმ$^{-1}$ შეადგენს. 0,5 კმ-ის სიღრმის დაფიქსირებისას ბგერა 1 კმ-ის მანძილს (ფსკერამდე და უკან) გადის. ცხადია, რომ ფსკერიდან არეკვლილი ექო მიმღებ აპარატურას 0,67 წმ-ის ინტერვალში დაუბრუნდება. სწორედ ამ დროის გათვალისწინებით, ექოლოტის დეტექტორისა (გარდამქმნელი) და რეგისტრატორის მეშვეობით, ელექტრონული კალამის მიერ სპეციალურ მოძრავ ქაღალდზე ოკეანის ფსკერამდე სიღრმე აღიბეჭდება. ბგერის სიჩქარე საკმაოდ ცვალებადია წყლის წნევის, ტემპერატურისა და მარილიანობის მიხედვით. მათი გათვალისწინებითა და გემის ადგილმდებარეობის განსაზღვრის მიხედვით, აგრეთვე ტარირების შესწორების საფუძველზე, მიიღება მოცემული წერტილის ზუსტი სიღრმე.

ოკეანეთა ფსკერის ტოპოგრაფიის შესახებ უწყვეტი ჩანაწერების (ექოგრამების) მიღებამ უდავოდ გააადვილა წყალქვეშა რელიეფის შესწავლა. ამჟამად ოკეანის ფსკერის დეტალურ სურათებს კოსმოსიდან აფიქსირებენ. ფართოდ გამოიყენება, აგრეთვე, წყალქვეშა (ღრმაწყლიანი) ფოტოგრაფირება, უწყვეტი სეისმო-აკუსტიკური პროფილირება და ფსკერის აგეგმვის კიდევ სხვა მეთოდები. ამ მხრივ, მიღებული სურათები გამოირჩევიან სინამდვილის ასახვის არა მხოლოდ მაღალი ხარისხითა და სიზუსტით, არამედ სიღრმეთა ფიქსირების მაღალი სიხშირეც ახასიათებთ. მათ შეუძლიათ გამოიკვლიონ ფსკერის ამგებელი ნალექების ხასიათი და ერთდროულად მოიცვან წყალქვეშა რელიეფის საკმაოდ დიდი არეალი.

სიღრმეთა გაზომვის აღნიშნული ხერხების გამოყენებით ოკეანის ფსკერის ტოპოგრაფიის შესახებ საკმაოდ უხვი ფაქტობრივი მასალა დაგროვდა. გამოირკვა, რომ ოკეანის ფსკერის რელიეფი არათუ მარტივი და ნაზი მოყვანილობისაა, არამედ თავისი სირთულითა და ვერტიკალური ამპლიტუდის სიდიდით (ნახ. V.2) ხმელეთის ზედაპირის შესაბამის ნიშნებს არაფრით ჩამოუვარდება, ხოლო ხშირად, ამ მაჩვენებლებით აღემატება კიდევაც.



ნახ.V.2. არაბეთ–ინდოეთის ქედისა (ა) და აღმოსავლეთ აფრიკის რიფტული ზონის (ბ) პროფილები. × × – რიფტული ხეობები; ▽ ▽ – რიფტული ქედები.

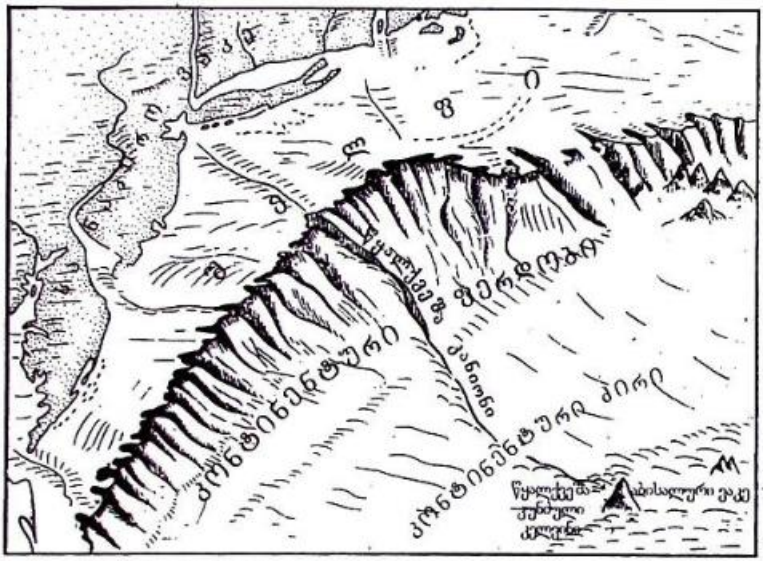
ოკეანის ფსკერის რელიეფის რთული სურათი მისი წარმოშობისა და განვითარების შედეგია. მან გაიარა აზევებისა და დაძირვის რთული და ხანგრძლივი ეტაპები, ნაოჭებისა და სხლეტვების ფორმირებანი, მიწისძვრებისა და ვულკანიზმის გამოვლინებები. ამ მხრივ, ოკეანეების ფსკერსა და ხმელეთს შორის უფრო ერთგვაროვნება შეინიშნება, ვიდრე განსხვავებულობა. ამდენად, მიწის ქერქის კონტინენტურ და ოკეანურ ნაწილებად დაყოფა ისტორიული ჩამოყალიბების შედეგია და მისი განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მიუთითებს.

ხმელეთისა და წყალქვეშა რელიეფის თავისებურებათა შორის არსებითი განსხვავებაა. პირველი მათგანის ფორმირება მიმდინარეობს არა მხოლოდ ტექტონიკური ძალებით, არამედ მზის სითბოს, ქარის, წყლების, მყინვარებისა და სხვათა გავლენით. ოკეანის ფსკერის რელიეფის ჩამოყალიბებაში კი უმთავრესი როლი ტექტონიკურ, ვულკანურ და სეისმურ პროცესებს ეკუთვნის. თუმცა, წყალქვეშა რელიეფის უსწორმასწორობას განაპირობებს, აგრეთვე, პლასტიკური ნალექების დამეწყვრა, სუსპენზიური ნაკადების მიერ წყალქვეშა კანიონების ფსკერის ეროზია, ან კიდევ, ამ კანიონების შესართავის ფარგლებში ვრცელი გამოზიდვის კონუსების ფორმირება. ოკეანური დინებების მიერ, არცთუ იშვიათად, ფსკერზე ადგილი აქვს გიგანტური აკუმულაციური რელიეფის ფორმების ჩამოყალიბებას. მათ შორისაა ეკვატორული დინების მიერ, მაღალი პროდუქტიულობის ზონაში, პლანქტონის ნარჩენების საკმაოდ დიდ სივრცეზე (800 ათასი კმ^2) დალექვა და, ამის შედეგად, აღმოსავლეთ წყნაროკეანური ზვინულის ფორმირება, რომლის სიმძლავრე 500-600 მ-ს აღწევს.

ზღვიური ორგანიზმების ჩონჩხის ნარჩენები უმთავრესად კირქვოვან და კაჟბადოვან ნალექებს წარმოშობს. ამავე დროს, ერთი მხრივ, მარჯნის რიფების კირქვებისაგან მასიური ქანების ფორმირებას აქვს ადგილი, ხოლო მეორე მხრივ – ფსკერის ქანების ნგრევასა და დაქუცმაცებას პატარა ზომის ორსაგდულიანი მოლუსკები (Folas, Barnea, Lytophagus) აწარმოებენ; თუკი ფსკერული გრუნტის გარდაქმნას შლამის ჭიები (Sipunculus) ასრულებენ, მაშინ წყალში ატივნარებული მინერალური ნივთიერების გაფილტვრასა და ფსკერზე დალექვას სხვა ორგანიზმები (მიდიები) ახდენენ. ბიოგენური დალექვის პროცესი ხანგრძლივ დროს მოიცავს. მის გავრცელებაზე მოწმობს ღრმაწყლიან აუზებში ჩატარებული ჭაბურღილების მონაცემები. მათ შორისაა კირქვული ორგანიზმების (ფორამინიფერების) ზღვის ფსკერული ნალექები. ამჟამად, ბიოგენური დანალექი მასალის ოკეანის ფსკერზე ჯამური შემოსვლის ყოველწლიური მაჩვენებელი (1,82 მლრდ. ტ) საკმაოდ დამაჯერებლად გამოიყურება.

ამდენად, ოკეანის ფსკერი ვრცელი აკუმულაციის არენას უნდა წარმოადგენდეს. მართლაც, ოკეანური საგების ფარგლებში (4-4,5 კმ-ის სიღრმეზე) რელიეფის არსებითი მოსწორება მიმდინარეობს ფსკერული ნალექების აკუმულაციის შედეგად. ოკეანეში ხომ ყოველწლიურად 30 მლრდ. ტ მასალა (ბიოგენური, ვულკანური, ატივნარებული მასალა, ქიმიური გარდაქმნები) ილექება. ამავე დროს, კონტინენტების განაპირა დაძირულ ზოლში (შელფი) აკუმულაციის პროცესი მეტად მოკრძალებულად გამოიყურება. კიდევ უფრო ნაკლებია მასალის დალექვა კონტინენტურ ფერდობზე, სადაც უმთავრესად ეროზიული (ნახ. V.3) პროცესებია გამეფებული. ოკეანური საგების მიღმა, 5-6 კმ-ის სიღრმიდან კი, ბორცვიან აბისალური რელიეფია გაფორმებული.

მოცემული მასალიდან ჩანს, რომ ფსკერული აკუმულაცია, რომელსაც რელიეფის ცვლილება მიჰყავს უსწორმასწორობათა განამარხებისაკენ, მნიშვნელოვან შემაჯამებელ გეომორფოლოგიურ პროცესს წარმოადგენს და, საბოლოო ჯამში, მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის მოსწორების განმსაზღვრელია.



ნახ.V.3. ატლანტის ოკეანის წყალქვეშა რელიეფი

ოკეანეების ფსკერის რელიეფის მორფოლოგიურ ელემენტებს შეადგენენ სანაპირო ზონა, კონტინენტური თავთხელი, კონტინენტური ფერდობი, ოკეანის ფსკერი (კალაპოტი) და ღრმაწყლიანი ღარები. სანაპირო ზონა – ხმელეთისა და ზღვის „საკამათო" ზოლია, რომელზეც შეიმჩნევა როგორც მოქცევა-მიქცევის, ისე ტალღური ზემოქმედების მორფოლოგიური ნიშნები. კონტინენტური თავთხელი, ანუ შელფი – ყოფილი ხმელეთის ზღვით დატბორილი ზოლია, რომელიც 200 მ-ის სიღრმემდე (ზოგჯერ 600 მ) ვრცელდება და რელიეფის რელიქტური ფორმების გავრცელებით ხასიათდება. კონტინენტური ფერდობი 2500 მ-ის სიღრმემდე ვრცელდება. მისი დახრილობის კუთხე 4-7^0-ია, თუმცა ზოგჯერ 13-14^0-ს, იშვიათად 40-45^0-საც აღწევს.

კონტინენტური ფერდობის ზედაპირი წყალქვეშა კანიონებითაა დასერილი. შეიმჩნევა ორგანული კავშირები წყალქვეშა კანიონების სათავეებისა და დედამიწის უმთავრესი მდინარეების (კონგო, ჰუდსონი, ინდი, მისისიპი) შესართავებს შორის. ამ უკანასკნელთა პირდაპირ, სწორედ წყალქვეშა კანიონები არიან გავრცელებული და თითქოს მათ „გაგრძელებას" ქმნიან. ამავე დროს, წყალქვეშა კანიონების დიდი ნაწილი ტექტონიკური რღვევის ხაზებთანაცაა დაკავშირებული.

კონტინენტური ფერდობის უფრო ღრმად (2500-6000 მ) გაგრძელებას ოკეანის უსწორმასწორო კალაპოტი (საგები) წარმოადგენს, რომელიც არცთუ იშვიათად ვიწრო და რკალური მოყვანილობის საკმაოდ გრძელი ღრმაწყლიანი ღრმულებით, ანუ თაღებითაა დასერილი. ოკეანის ფსკერის იმ ცნობილი 35 წყალქვეშა ღარიდან

28 მათგანი — წყნარ ოკეანეშია. ხუთი მათგანის სიღრმე 10 კმ-იან ზღვარს აღემატება. მათ შორის მარიანის ღარი 11 კმ-იან ზღურბლსაც კი (11035 მ) აჭარბებს.

კონტინენტები დედამიწის ხმელეთის დიდი მასივებია. მათ ერთმანეთისაგან ოკეანის შუა ნაწილში წარმოდგენილი ღრმა ღრმულები გამოყოფენ. თითოეული მათგანი ერთიანი სტრუქტურული აგებულებითა და მთლიანი „ხმელეთური" ნიშნებით (ცხრილი V.3) ხასიათდება. ამ მხრივ, განასხვავებენ კონტინენტებს — ევრაზია, აფრიკა, ჩრდილოეთი ამერიკა, სამხრეთი ამერიკა, ავსტრალია და ანტარქტიდა. ამავე დროს, დედამიწის ხმელეთის დიდი ნაწილები ერთმანეთისაგან განსხვავდება ისტორიული, კულტურული, რელიგიური, მორალურ-ზნეობრივი კატეგორიებით, აგრეთვე მეურნეობის წესის, ეკონომიკის დონის, ტრადიციებისა და სხვა კრიტერიუმებით. ამ თვალსაზრისით კი, ასევე ექვს ქვეყნის ნაწილს (ევროპა, აზია, აფრიკა, ამერიკა, ავსტრალია, ანტარქტიდა) გამოყოფენ.

ცხრილი V.3.

დედამიწის ხმელეთის დიდი მასივები

კონტინენტი	ფართობი X 10^6 კმ²	საშუალო სიმაღლე (მ)	მაქსიმალური სიმაღლე (მ)
ევროპა*	10,60	340	5633, მ. იალბუზი (მწვ.)
აზია*	43,00	960	8848, მ. ჯომოლუნგმა (მწვ.) (ევერესტი)
აფრიკა	29,84	750	5895, მ. კილიმანჯარო (ვულკ.) 5199, მ. კენია (მწვ.)
ჩრდილოეთი ამერიკა	24,25	720	6193, მ. მაკ-კინლი (მწვ.)
სამხრეთი ამერიკა	18,28	590	6960, მ. აკონკაგუა (მწვ.)
ავსტრალია (ოკეანეთი)	8,96	340	5029, მ. ჯაია (მწვ. კ. ახალი გვინეა) 2234, მ. კოსციუშკო (მწვ.)
ანტარქტიდა	14,00	2200	5140, მ. მინსონის მასივი (მწვ.)

* ევროპა და აზია — ერთიანი და მთლიანი კონტინენტია. მათი ქვეყნის ნაწილებად დაყოფა პირობითია

კონტინენტებს შორის საზღვარი ყოველთვის როდია მკაფიოდ გამოხატული. ამ მხრივ, ეჭვს მხოლოდ ავსტრალია და ანტარქტიდა არ იწვევს. პირობითი საზღვრები აფრიკასა და აზიას შორის სუეცის, ხოლო ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკას შორის პანამის არხებზეა გატარებული. განსაკუთრებით ძნელია საზღვრის გატარება ევროპასა და აზიას შორის, რომელიც არსებითად ერთიან კონტინენტს — ევრაზიას წარმოადგენს. ამჟამად, ევროპის აღმოსავლეთ საზღვარს ურალის ქედზე ატარებენ. საკამათოა საზღვრის გავლება კავკასიურ სივრცეში. მისი გატარება კუმა-მანიჩის ღრმულზე უფრო დამკვიდრებულად ითვლება. მეორე შეხედულებით, ეს საზღვარი კავკასიონის ქედის თხემზე გადის. უფრო ადრე ამ საზღვარს ამიერკავკასიის ბარზეც ატარებდნენ (ჰეროდოტე). თუმცა სხვა მოსაზრებით, იგი თურქეთის ჩრდილოეთ პერიფერიამდეც კი არის გადაწეული.

აზია ყველაზე დიდი და მაღალი კონტინენტია. ამ თვალსაზრისით, მომდევნო ადგილებზეა ჩრდილოეთი ამერიკა, სამხრეთი ამერიკა, ევროპა და ავსტრალია. რაც შეეხება ანტარქტიდას — მისი მაღალი ჰიფსომეტრიული მდებარეობა მძლავრი (4,2 კმ) მყინვარული საფარითაა განპირობებული.

კონტინენტების კონფიგურაციის არაერთგვაროვნების მიუხედავად, ძველთაგანვე ყურადღებას იქცევდა მათი მოხაზულობის, დაჯგუფებისა და ზედაპირული ნიშნების

მსგავსი თავისებურებები. ასე, მაგალითად, კონტინენტების სივრცობრივი განფენილობა, წყვილადი გავრცელების გამო, შემდეგნაირად ჯგუფდება: ჩრდილოეთი და სამხრეთი ამერიკა, ევროპა და აფრიკა, აზია და ავსტრალია. როგორც ჩანს, გამონაკლისი მხოლოდ ანტარქტიდაა. თითოეული კონტინენტური წყვილი ქმნის კონტინენტურ სხივს, რომლებიც ჩრდილოეთ პოლარულ სივრცეში იკრიბება.

კონტინენტების მოხაზულობაში შეინიშნება აგრეთვე სამკუთხედისებური კონფიგურაცია, რომელთა მახვილი წვეროები სამხრეთით არიან მიმართული. ამიტომ მათი ჩრდილოეთი მხარე ფართო და განიერია, სამხრეთ დაბოლოებას კი გამოსოლვა ახასიათებს. ანტარქტიდის ფორმა მსხლისებურია, ანუ ასევე სამკუთხედისებურია და თავისი ვიწრო ნაწილით სამხრეთ ამერიკისკენაა მიმართული.

კონტინენტების ზოგადი სურათი კიდევ მრავალი საერთო თავისებურებების გამოვლენის საშუალებას იძლევა. ასე, მაგალითად, ყოველი სამხრეთი კონტინენტის დასავლური ნაწილი შეზნექილი, ხოლო აღმოსავლეთით — გამოზნექილია; ან კიდევ, სამხრეთი კონტინენტების მხოლოდ დასავლეთ სანაპიროს კიდეებზე სანაპირო ხაზი შეზნექილი (სამხრეთ ამერიკაში — არიკის უბე, აფრიკაში — გვინეის უბე, ავსტრალიაში — ამავე სახელწოდების უბე), ხოლო აღმოსავლეთით — გამოზნექილი ფორმისაა. ზოგი კონტინენტის აღმოსავლეთ ნაწილში კუნძულთა გირლანდაა წარმოდგენილი, მაშინ, როცა დასავლეთ სანაპიროზე მათ გავრცელებას ადგილი არა აქვს. ამ გირლანდებს, როგორც წესი, რკალისებური მოყვანილობა აქვთ და თავიანთი გამოშვერილი ნაწილით ყოველთვის აღმოსავლეთ მხარესაა გამოზნექილი. მათ მაგალითებს წარმოადგენენ: ანტილიის კუნძულთა რკალი, აღმოსავლეთი აზიისა და ალეუტიის კუნძულები. ამჟამად ცნობილია, რომ განაპირა კუნძულთა რკალები მაღალი სეისმურ-ტექტონიკური აქტიურობით ხასიათდებიან და ხმელეთის ვრცელი არეალების ფორმირების საწყის სტადიას მიეკუთვნებიან.

ხმელეთის რელიეფის ზოგადი სურათიდან ნათლად ჩანს მთიანეთების გრანდიოზული გავრცელება. ისინი ორ ზოლს ქმნიან: ერთი — წყნარი ოკეანის კიდეზე მერედიანული მიმართულებითაა გადაჭიმული; მეორე — პარალელის მიმართულებით მთელ ევრაზიას გადაკვეთს. პირველი მათგანი მოიცავს ალეუტიის კუნძულებს, ალასკას, კლდოვან და სანაპირო ქედებს, სიერა-ნევადას. შემდეგ კი კალიფორნიის ნახევარკუნძულის გავლით ცენტრალური ამერიკისა და ანტილიის კუნძულებიდან მიმართულია სამხრეთ ამერიკისაკენ, სადაც ანდების მთაგრეხილია წარმოდგენილი, რომელიც საბოლოოდ ანტარქტიდაში გადადის.

ევრაზიის მეორე ახალგაზრდა მთიანი სარტყელი ორ შტოდ იყოფა. ჩრდილოეთი შტო მოიცავს: პირენეს, ალპებს, კარპატებს, ბალკანებს, ჩრდილოეთ ანატოლიის მთებს, კავკასიას, ქოფეთდაღს, პამირს, ჰიმალაის ჩრდილო ნაწილს, იუნანის ზეგანს, ინდოჩინეთის მთიანეთებს. სამხრეთი შტო იწყება ატლასის მთებით (აფრიკა), ევრაზიაში მოიცავს აპენინებს, დინარიდებს, თაერიზს, ირანის ზეგანს, ჰინდუქუშს, ყარაყორუმს, ჰიმალაებს (უმაღლესი მწვერვალით), ბირმასა და ზონდის კუნძულებს. მთიანი სარტყლის სამხრეთი შტო ორ ნაწილად იყოფა: ერთი — მიემართება ახალი გვინეისა და ახალი ზელანდიის მიმართულებით, ხოლო მეორე — ფილიპინებს, აღმოსავლეთ ჩინეთს, იაპონიასა და აზიის ჩრდილო-აღმოსავლეთ პერიფერიას მოიცავს.

ხმელეთის რელიეფის ძირითადი ელემენტების სივრცობრივი განფენილობის შეცნობა, მისი საერთო — ზოგადი ნიშნების დანახვის საშუალებას იძლევა. ამ თვალსაზრისით, კონტინენტებზე ადვილად შეინიშნება სამ-სამი რელიეფურად

(ჰიფსომეტრიულად) განსხვავებული არეალების გამოყოფა. მათ შორის ერთ-ერთი – დაბალი და ვრცელი შუა ნაწილი მთების განაპირა ორ-ორი კიდითაა შემოსაზღვრული. ასე, მაგალითად, ამერიკის კონტინენტის დასავლეთი კიდე კორდილიერებსა და ანდებს უჭირავს, აღმოსავლეთი – აპალაჩებსა და ბრაზილიის ზეგანს, შუა ნაწილი კი ლა-პლატის, ამაზონის, ორინოკოსა და მისისიპის დაბლობებს აქვთ დაკავებული. სხვა კონტინენტებსაც ანალოგიური ნიშნები ახასიათებთ. ხმელეთის რელიეფისა და ოკეანის ფსკერის ტოპოგრაფიის არაერთგვაროვნება არა მარტო ჰიფსომეტრიულ თავისებურებებშია გამოვლენილი, არამედ ძირითადი განსხვავება მის სტრუქტურულ ნიშნებშიც კარგად ჩანს, რომელიც პირველი მათგანის იერსახის ჩამოყალიბებას განსაზღვრავს კიდევაც. ამავე დროს, ხმელეთისა და ოკეანის ფსკერის რელიეფის ზოგადი ხასიათი სრულიად საწინააღმდეგო ნიშნებს ატარებს და ერთმანეთისაგან დიამეტრალურად განსხვავდება. თუკი ოკეანეთა ფსკერის რელიეფის შუა ნაწილი მაქსიმალური აზევებით ხასიათდება, ხოლო განაპირა კიდეები, პირიქით, სტაბილური და დაძირვის (შელფი) ტენდენციისაა, მაშინ ხმელეთის ზედაპირზე სრულიად სხვა სურათი შეინიშნება: მათი განაპირა კიდეების მაღალ მთებს შორის დაბალი ვაკეებია განვითარებული.

ჰიფსოგრაფიული მრუდი. დედამიწის ზედაპირის სიმაღლეებისა და სიღრმეების დიაპაზონთა თანაფარდობის სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე (ცხრილი V.4) შესაძლებელია ტერიტორიის განაწილების ჰიფსოგრაფიული მრუდის (ნახ. V.4) შედგენა. ამ მიზნით, ორდინატის ღერძზე გადაიზომება სიღრმეები და სიმაღლეები, ხოლო აბსცისაზე კი მათი შესაბამისი ფართობები*.

ცხრილი V.4.

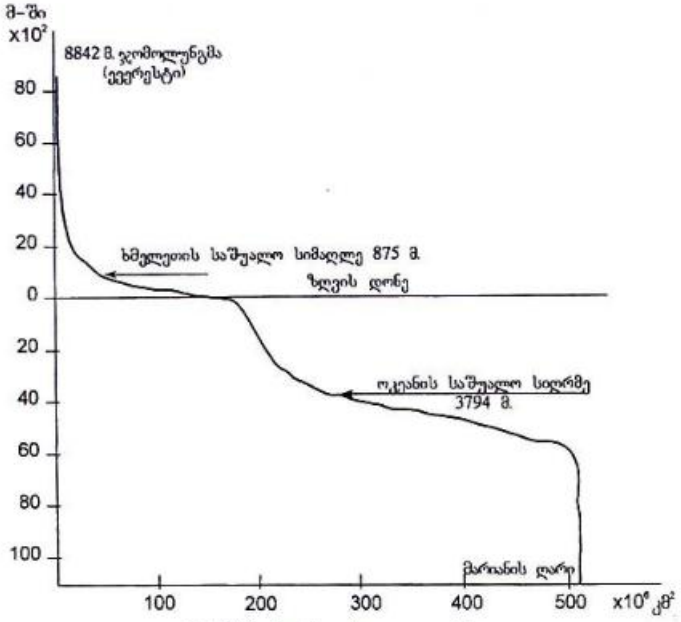
დედამიწის ზედაპირის სიმაღლითი და სიღრმითი საფეხურების თანაფარდობა

ხმელეთი სიმაღლე, მ-ში	სიმაღლეთა საფეხურების ფართობი		შსოფლიო ოკეანის სიღრმე (მ-ში)	სიღრმეთა საფეხურების ფართობი	
	X 10^6 კმ²	ფართობი (%)		X 10^6 კმ²	ფართობი (%)
3000-ზე მეტი	8,5	1,6	0-200	27,5	5,4
3000-2000	11,2	2,2	200-1000	15,3	3,0
2000-1000	22,6	4,5	1000-2000	14,8	2,9
1000-500	28,9	5,7	2000-3000	23,7	4,7
500-200	39,9	7,8	3000-4000	72,0	14,1
200-0	37,0	7,3	4000-5000	121,8	23,9
0-ზე დაბალი	0,8	0,1	5000-6000	81,7	16,0
			6000-ზე მეტი	4,3	0,8
	148,9	29,2		361,1	70,8

ჰიფსოგრაფიული მრუდის ღირსება არა მარტო რელიეფის თვალსაჩინოდ წარმოდგენაში, არამედ დედამიწის იდეალური პროფილის ზოგადი ხასიათის წარმოჩინებაშიც მდგომარეობს. მრუდზე მკვეთრადაა გამოყოფილი კონტინენტები და ოკეანეთა ღრმულები – დედამიწის ძირითადი პლანეტარული რელიეფის ფორმები. ხმელეთისა და ოკეანეების საშუალო ვერტიკალური სიდიდეები გვიჩვენებს, რომ მიწისზედა ნაწილში სიმაღლეები ძირითადად 1000 მ-მდე (მთელი ფართობის 75%) ვრცელდება.

* ჰიფსოგრაფიული მრუდის აგების პრინციპი პრაქტიკულ მეცადინეობაში განიხილება.

როგორც ჩანს, მთიანეთები ხმელეთის რელიეფის მეორეხარისხოვან დეტალებს წარმოადგენენ. ამავე დროს, მრუდი თვალნათლივ გვიჩვენებს, რომ ოკეანის



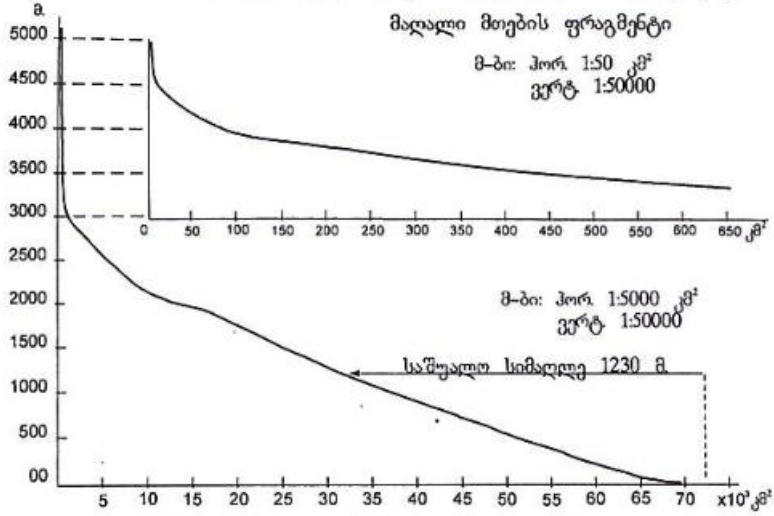
ნახ.V.4. ჰიფსოგრაფიული მრუდი

ფსკერის თავთხელი და კონტინენტური ფერდობი (0-2500 მ-ის ფარგლებში), თავისი მორფომეტრიული ნიშნებით (ზედაპირის დახრილობა, შეფარდებითი სიმაღლეები, დანაწევრების სიხშირე), მართლაც კონტინენტურ კუთვნილებას ამჟღავნებენ. ჰიფსოგრაფიული მრუდის მარჯვენა – ბათიგრაფიული ნაწილის მიხედვით ცხადი ხდება, რომ ოკეანეებში ყველაზე უფრო (75%-ზე მეტი) გავრცელებული სიღრმეები 3-6 კმ-ის დიაპაზონშია მოქცეული. ამდენად ცხადია, რომ როგორც კონტინენტებზე – მთიანეთები, ისე ოკეანეებში – ღრმაწყლიანი ღარები, დედამიწის რელიეფის მეორეხარისხოვანი დეტალის მატარებელ ფორმებს წარმოადგენენ.

ჰიფსოგრაფიული მრუდის მიხედვით შესაძლებელია არა მარტო დედამიწის მთლიანი ზედაპირის, არამედ მისი ცალკეული დიდი ფრაგმენტების (მორფომეტრიული საფეხურების) სივრცობრივი ნიშნების შედარებითი დახასიათება. ამ მიზნით, ქვემოთ განხილულია საქართველოს ჰიფსოგრაფიული მრუდი (ნახ. V.5), რომლის მიხედვით ტერიტორიის საშუალო სიმაღლე ზღვის დონიდან 1230 მ-ს შეადგენს, ხოლო ქვეყნის მთელი ფართობის 45%-ზე მეტი მოქცეულია 1000 მ-ის სიმაღლემდე და ბარისა და წინამთების მორფოლოგიურ საფეხურებს მოიცავს. მთების წილად (1000 მ-ზე მაღალი) კი ქვეყნის მთლიანი ფართობის 54%-ზე ოდნავ მეტი მოდის, თუმცა მაღალი მთების (3000 მ-ზე მაღლა) გავრცელების არეალი მხოლოდ 1500-მდე კმ²-ს, ანუ მთელი ტერიტორიის 2,1%-ს შეადგენს.

ამგვარად, დედამიწის ზედაპირის ძირითადი პლანეტარული ფორმები – კონტინენტების გრანდიოზული ბლოკები და ოკეანეთა ღრმაწყლიანი ღარები

აგებულების, განვითარებისა და თანამედროვე იერსახის მიხედვით, წარმოადგენენ რა ერთმანეთისაგან დიამეტრალურად განსხვავებულ მორფოლოგიურ და



ნახ.V.5. საქართველოს ჰიფსოგრაფიული მრუდი

მორფომეტრიულ ერთეულებს – მჭიდრო ურთიერთკავშირების შედეგად განსაზღვრული ურთიერთგანპირობებულობა, მიზეზშედეგობრივი თვალსაზრისით, მათ ერთიანი სისტემის ცალკეული კვანძების როლს ანიჭებს.

დასკვნები

1. დედამიწის ზედაპირზე ოკეანეებისა და ხმელეთის ფართობების არათანაბარ გადანაწილებაში წყლის აშკარა დომინირებისა და ტოლი წონით თანაფარდობასთან ერთად, მოცულობათა შედარება მიწის მყარი გეოსფეროს მკვეთრ პრევალირებას აჩვენებს.

2. კონტინენტური ბლოკების სივრცობრივი (ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში) არაერთგვაროვნება განსაზღვრავს რა დედამიწის სიმძიმის ცენტრის ჩრდილოეთ პოლუსისაკენ გადაწევას, პლანეტის ასიმეტრიული მდგომარეობის თანამედროვე სურათს განაპირობებს.

3. ოკეანეებისა და კონტინენტების განლაგება განაპირობებს რა მათ სივრცობრივ ანტიპოდურობას, „ხმელეთური სხივების" ჩრდილოეთ პოლარულ სივრცეში თავმოყრის შედეგად წარმოქმნილი „კონტინენტური ვარსკვლავი" მატერიკების დაწყვილების ორიგინალურ ეფექტს იძლევა, რომელშიც თითოეული წყვილის სამხრეთით მდებარე ხმელეთის ნაწილი, მის ჩრდილოეთურ ანალოგთან შედარებით – უფრო აღმოსავლური მდებარეობის პოზიციას ინარჩუნებს.

4. კონტინენტების ჩრდილოეთით ორიენტირებული ფართო და განიერი ნაწილების შენარჩუნებასთან ერთად საწინააღმდეგო (სამხრეთით) მხარეს, გამომუშავებული აქვს რა შეუწროებული მოხაზულობა – სამკუთხედისებური კონფიგურაციის ფორმას ინარჩუნებს.

5. ოკეანეების ფსკერის რელიეფის დანაწევრების სირთულე, სუბაერალური პროცესების არარსებობის მიუხედავად, ქიმიურ-ბიოგენური და ვულკანოგენური პროცესების შედეგად ხმელეთის ზედაპირზე ეგზოგენური ფაქტორებით შეპირობებული მუშაობის თანაზომადია, თუმცა ხმელეთის ზედაპირზე ეროზიის, ხოლო ოკეანის ფსკერზე აკუმულაციის გაბატონებასთან გვაქვს საქმე.

6. კონტინენტების დასავლური კიდეების რკალისებურ შეზნექვას, მათი აღმოსავლური პერიფერიები, პირიქით, გამოზნექვითა და სანაპირო პერიმეტრზე კუნძულთა რკალური მოყვანილობის გირლანდების გავრცელებით პასუხობენ.

7. კონტინენტების რელიეფის უმთავრესი შვერილები მთიანეთების ორი მსხვილი – წყნაროკეანური და ევრაზიური ზოლების სახითაა ფორმირებული.

8. კონტინენტებისა და ოკეანეთა ფსკერის რელიეფის ზოგადი სურათი დიამეტრალურ განსხვავებულობას ამჟღავნებს: პირველი მათგანის შუა ნაწილი დეპრესიულ ვაკეებს მოიცავს, ხოლო პერიფერიებზე მთიანეთებითაა შემოსაზღვრული; ოკეანეების ფსკერზე, პირიქით, შუაღელური სარტყელი წყალქვეშა ოკეანურ ქედებსა და რიფტულ ზოლებს შეესაბამება, განაპირა კიდეები კი ღრმაწყლიანი ღარების გავრცელებით ხასიათდება.

9. დედამიწის ზედაპირის (ხმელეთისა და ოკეანის ფსკერის) ჰიფსომეტრიულ სიდიდეთა დიაპაზონების თანაფარდობათა სტატისტიკური მაჩვენებლების მიხედვით აგებული ჰიფსოგრაფიული მრუდის ანალიზიდან ნათელია:

– დედამიწის ქერქის ზედაპირის იდეალური პროფილის ზოგადი სურათისა და ჰიფსოგრაფიული მრუდის სრული შესაბამისობა;

– კონტინენტების მთიანეთებისა და ოკეანური ღრმაწყლიანი ღარების შეზღუდული გავრცელება;

– კონტინენტებისა და ოკეანეთა ქვაბულების, როგორც დედამიწის რელიეფის ფორმების, გრანდიოზული – პლანეტარული გავრცელება;

– ოკეანის წყალქვეშა კომპონენტების – შელფისა და კონტინენტური ფერდობის მატერიკული კუთვნილება.

თავი VI. ჰიდროსფერო

ჰიდროსფერო და მისი ნაწილები (ზოგადი ცნობები). მსოფლიო ოკეანე. ოკეანის ცოცხალი სამყარო. ოკეანის წყლის მარილიანობა. ოკეანური წყლის მასები. მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსი. მსოფლიო ოკეანის ფსკერი. ზღვები. სანაპიროები და პლაჟის ზოლები. ჰიდროსფეროს გაბინძურება. დასკვნები.

ჰიდროსფერო და მისი ნაწილები (ზოგადი ცნობები). ჰიდროსფეროს სახელწოდების ქვეშ გულისხმობენ წყლის სფეროს დედამიწის გეოგრაფიულ გარსში, რომელიც მოქცეულია მიწის ქერქსა და ატმოსფეროს შორის, მოიცავს ოკეანეების, ზღვების, ზედაპირული წყლების, მყინვარებისა და თოვლის საფარის, აგრეთვე ატმოსფეროს (ცხრილი VI.1) წყლებს. ჰიდროსფეროს ცნება პირველად (XIX ს.) ე.ზიუსმა შემოიღო და მტკიცედ დაამკვიდრა მეცნიერებაში. ჰიდროსფერო ერთიანი წყლიანი სისტემაა, თუმცა ერთმანეთისაგან სივრცობრივად გამოყოფილია, მაგრამ მის ნაწილებს შორის ურთიერთმონაცვლეობა მუდმივად მიმდინარეობს.

ცხრილი VI.1

ბუნებრივი წყლების მსოფლიო მარაგი

წყლის სახეები	გავრცელების ფართობი მლნ.კმ²	მოცულობა ათას. კმ³	მსოფლიო მარაგის წილი %	
			საერთო მარაგიდან	მტკნარი წყლების მარაგიდან
მსოფლიო ოკეანე	361,3	1338000	96,5	–
მიწისქვეშა წყლები	134,8	23400	1,7	
მათ შორის:				
მტკნარი		10530	0,76	30,1
ნიადაგის ტენი	82,0	16,5	0,001	0,05
მყინვარები და მუდმივი თოვლი	16,2	24064	1,74	68,7
მიწისქვეშა ყინულები	21,0	300	0,022	0,86
ტბების წყლები:				
მტკნარი	1,24	91,0	0,007	0,26
მლაშე	0,82	85,4	0,006	–
ჭაობების წყლები	2,68	11,5	0,0008	0,03
მდინარეთა წყლები	148,8	2,1	0,0002	0,006
ატმოსფეროს წყალი	510,0	12,9	0,001	0,04
წყალი ორგანიზმებში		1,1	0,0001	0,003
წყლის საერთო მარაგი		1385984,6	100,0	
მტკნარი წყლის მარაგი		35029,2	2,53	100,0

წყალი ბუნებაში ერთ-ერთია იმ რამდენიმე ნივთიერებათა შორის, რომელსაც შეუძლია იმყოფებოდეს სამ სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში (მყარი, თხევადი და აეროვანი); ყველაზე უფრო მაღალი სიმკვრივე წყალს +4⁰-ის დროს აქვს, ხოლო ტემპერატურის შემცირებისას – სიმკვრივე თანდათანობით 10-11%-ით მატულობს.

ბუნებრივი წყლები ქიმიურად სუფთა არასდროს რჩება, რადგან იგი გამხსნელი უნარით ხასიათდება. ამიტომ დედამიწაზე უფრო მლაშე ოკეანური წყალია გაბატონებული. წყალში გახსნილია თითქმის ყველა ქიმიური ელემენტი. თუმცა უფრო მეტად 45 ელემენტი გვხვდება. წყალში გახსნილ ნივთიერებათა კონცენტრაციას მარილიანობას უწოდებენ, რომელიც პრომილეში (S‰) იზომება და პროცენტის მეათედ ნაწილს შეადგენს. მარილიანობის მიხედვით იცვლება ბუნებრივი წყლების ფიზიკური (ტემპერატურა, სიმკვრივე) თვისებები. ამჟამად უკვე დანამდვილებით ცნობილია, რომ ბუნებრივი წყლების წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის ნივთიერი შემადგენლობის გარდაქმნისას, წყლის ორთქლის თანდათანობით გამოყოფასთან. შესაძლებელია, რომ ეს პროცესი ამჟამადაც კი მიმდინარეობს.

ჰიდროსფეროს მთლიანი მოცულობა 1386,0 მლნ. კმ^3-ს აღწევს. ბუნებრივი წყლების დიდი უმეტესობა (96,5%) მსოფლიო ოკეანეშია მოქცეული. წყლის ობიექტებიდან აღსანიშნავია მიწისქვეშა წყლებისა და თოვლმყინვარული (2,5%-მდე) საფარის არსებობა ხმელეთზე. სწორედ ამ ობიექტებშია მოქცეული მტკნარი წყლის მსოფლიო მარაგის ძირითადი მასა, რომელიც კაცობრიობის წყლის რესურსების სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს.

ჰიდროსფეროს – დედამიწის წყლის გარსს, რამდენიმე ნაწილად ავკგუფებენ. მათ შორისაა მსოფლიო ოკეანე და ზღვების წყლები. ხმელეთის წყლები მოიცავს მდინარეებს, ტბებს, ჭაობებს, მყინვარებსა და მიწისქვეშა წყლებს. ბუნებრივ წყლებში გაერთიანებულია, აგრეთვე ატმოსფერული ორთქლი, თოვლის საფარი და მზრალი გრუნტის ყინულებში დაცული წყლები.

მსოფლიო ოკეანე ჰიდროსფეროს უმთავრესი ნაწილია. მას უკავია პლანეტის ზედაპირის დიდი (70,8%) ნაწილი და პრაქტიკულად ბუნებრივი წყლების უწყვეტ გარსს ქმნის. გეოგრაფიული პარადოქსია, მაგრამ ფაქტია, რომ დედამიწაზე, ანუ პლანეტაზე, რომელსაც მიწა ჰქვია, წყალი უფრო მეტია, ვიდრე საკუთრივ ხმელეთი (მიწა). ადამიანმა თავის საცხოვრისს დედამიწა ალბათ იმიტომ შეარქვა, რომ თვითონ ცხოვრობს მიწაზე (ხმელეთზე), აქვე არსებობს, საქმიანობს და ფაქტობრივად მისი შვილობილია. წყალი კი, ხატოვნად რომ ვთქვათ, „ზეციური ნაბოძებია“ ადამიანისადმი. ხმელეთზე (მიწაზე) კაცობრიობის არსებობა კი მთლიანად ოკეანეზეა (წყალზეა) დამოკიდებული.

ოკეანე ტენბრუნვის უმთავრესი კვანძია იმ სისტემაში, რომელიც ოკეანე – ატმოსფერო – კონტინენტების ურთიერთმოქმედებათა კავშირებს მოიცავს. იგი უდიდეს გავლენას ახდენს იმ ფაქტორებზე, რომლებიც დედამიწის ზედაპირის სითბური რეჟიმის ჩამოყალიბებას იწვევს. აღნიშნული ბუნებრივი სისტემა პლანეტარული გამათბობელისა და თერმორეგულიატორის ფუნქციებს ასრულებს. ამავე დროს, ოკეანე ბიოლოგიური და მინერალური რესურსების საგანძურია, საკონტინენტთაშორისო კავშირების საშუალებაა, ხვალინდელი დღის – კაცობრიობის მომავლის განმსაზღვრელი ფაქტორია.

ერთიანი მსოფლიო ოკეანე გეოგრაფიულ გარსში სითბოს მარაგის შენახვის როლს ასრულებს. მისი ზედაპირის საშუალო ტემპერატურა 17,4^0-ია, ანუ პლანეტის ჰაერის საშუალო ტემპერატურაზე 3^0-ით მეტია. ოკეანეში სითბოს დიდი მარაგი აიხსნება მისი წყლის მაღალი სითბოტევადობით. ამ მხრივ, ყველაზე თბილი (19,1^0) წყნარი ოკეანეა, ინდოეთის ოკეანის წყლის სითბოს საშუალო მაჩვენებელი

17^0-ია, ხოლო ატლანტის ოკეანისა კი ოდნავ ($16,9^0$) დაბალია. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ოკეანური წყლის ტემპერატურა რამდენადმე მეტია, მის მოპირდაპირე აკვატორიასთან შედარებით. ეს მოვლენა, წყლის სითბოტევადობის გავლენასთან ერთად, გამოწვეულია ხმელეთის არათანაბარი განაწილებით, სამხრეთ ნახევარსფეროში მძლავრი მყინვარის არსებობითა და მოპირდაპირე პოლარულ მხარეში ზღვების მეტ-ნაკლები იზოლირებით.

მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება შეუდარებლად ნაკლებია, ვიდრე კონტინენტების ჰაერის წლიური ტემპერატურის რყევა. ოკეანის უმცირესი ტემპერატურა -2^0-ს შეადგენს, ხოლო უდიდესი $+38^0$-ს აღწევს, ტემპერატურის დღეღამური რყევა კი 1^0-ზე მეტი არ არის. კონტინენტების ჰაერის ტემპერატურის სეზონური ცვლის აბსოლუტური მაჩვენებელი ოკეანურ ანალოგს 2,5-ჯერ აღემატება.

რაც შეეხება მსოფლიო ოკეანის ქიმიურ რეჟიმს, აღსანიშნავია, რომ მასში გახსნილია მყარი მინერალური ნივთიერებები, გაზები და ორგანული მატერიის დიდი ნაწილი. წყლის საერთო ქიმიურ კონცენტრაციაზე გავლენას ახდენენ მტკნარი წყლების შემოდინება, ზედაპირიდან აორთქლება, ატმოსფერული ნალექების მოსვლა, ყინულების წარმოშობა და დნობა. ამ მხრივ, დიდი როლის შესრულება უწევს, აგრეთვე ცოცხალ ორგანიზმებს. ფსკერული ნალექების წარმოშობა და დაშლა განაპირობებს ხსნარების მყარი ნივთიერებების შემადგენლობის ცვლას. ორგანიზმების სუნთქვა, ფოტოსინთეზი და ბაქტერიების მოქმედება განაპირობებს ზღვის წყლებში გახსნილი გაზების რაოდენობის ცვლას. აღნიშნული ცვლილებების მიუხედავად, ოკეანის წყლის მარილიანობა საკმაოდ მდგრადი თანაფარდობითა და მისი სიდიდის მუდმივობით გამოირჩევა. ოკეანის წყლის მარილიანობაში განუზომლად ჭარბობს ნატრიუმისა ($NaCl$) და მაგნიუმის ($MgCl$) ქლორიდები (88,7%), რაც წყლის 3 ‰-იან მარილიანობაში გამოვლინდება. რაც შეეხება სულფატებისა ($MgSO_4$, $CaSO_4$, K_2SO_4) და კარბონატების ($CaCO_3$) უმნიშვნელო რაოდენობას, მათი წილი 11,3%-მდე აღწევს, რაც მხოლოდ 4‰ შეადგენს. ამდენად, ოკეანის წყალში უმთავრესად ქლორიდები განსაზღვრავს მარილების როგორც საერთო კონცენტრაციას, ისე წყლის მწარე – მარილიან მლაშე გემოს.

ოკეანის ცოცხალი სამყარო. მსოფლიო ოკეანე – ცოცხალი ორგანიზმების გავრცელების სფეროა. ოკეანის წყლის მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობების გამო, აურაცხელი და მრავალგვარია მისი მცხოვრები ორგანიზმები: წყლის ცხოველებს აქვთ უნარი ისუნთქონ წყალში გახსნილი ჟანგბადით; მრავალი ორგანიზმი ჩონჩხის გარეშე არსებობს, ზოგი ფსკერზეა გართხმული, ნაწილი კი მთელი სიცოცხლე მხოლოდ მცურავ მდგომარეობაში იმყოფება.

ოკეანის ცოცხალი სამყარო მჭიდრო კავშირშია წყალში სინათლის არსებობასთან. ჯერ ერთი, სინათლე აუცილებელია მწვანე მცენარეულობის კვლავწარმოების (ფოტოსინთეზის) მიზნით, მეორეც – ამ მცენარეულობის მომხმარებლები, ანუ კონსუმენტები, თუმცა არა უშუალოდ, სინათლის წყალობით არსებობენ. ამავე დროს, ოკეანის სიღრმეში დღეთა ხანგრძლივობა მნიშვნელოვნად ჩამორჩება ღამისას, ვიდრე ამას ადგილი აქვს ხმელეთზე. ეს მოვლენა განპირობებულია ოკეანის წყალში სინათლის არეკვლის მაღალი მაჩვენებლით. ასე, მაგალითად, კუნძულ მადეირასთან წყლის 20 მ-ის სიღრმეზე ღამის ხანგრძლივობა 4 სთ-ით უფრო მოკლე აღმოჩნდა, ვიდრე თვით კუნძულზე, ხოლო 40 მ-ის სიღრმეზე დღემ

მხოლოდ 15 წთ შეადგინა. უფრო ღრმად ღამის წყვდიადია გამეფებული. ამდენად, ოკეანის მხოლოდ ზედაპირული (100 მ-მდე სიღრმის) ფენაა წყალმცენარეების გაფურჩქვნის სფერო. უფრო ღრმად, სიბნელეში, წყვდიადის გამძლე ფლორა ჭარბობს. სრულ სიბნელეში კი მხოლოდ ცხოველები ბინადრობენ. სინათლის რეჟიმთანაა დაკავშირებული წყალში მცხოვრები ორგანიზმების ფერი, რომელიც ხშირად გარემომცველი ბუნების დარად არის „შეფერადებული".

წყლის ფლორა და ფაუნა გარემოს სითბურ რეჟიმთანაც მჭიდროდაა დაკავშირებული. ოკეანის ბინადართა არსებობას, სწორედ, მისი ტემპერატურის თანაზომიერება განსაზღვრავს: ცხოველთა ნაწილი დაბალი ტემპერატურისაგან თავს ცხიმების სქელი ფენით იფარავს; ზომიერ სარტყელში წყლის ბინადართა გამრავლებისათვის ხელსაყრელი პირობები წლის მხოლოდ თბილ სეზონშია; სეზონების მიხედვით იცვლება აგრეთვე პლანქტონის შემადგენლობა და მისი რაოდენობა (პროდუქტიულობა).

ოკეანის წყლის მარილიანობა განსაზღვრავს მის გარემოში ბინადართა სახეობრივ შემადგენლობას. თუკი წყლის ბინადართა ერთი ნაწილი მხოლოდ მტკნარ წყალსატევებში ცხოვრობენ, მეორე ჯგუფი მაღალ მარილიანობასაა შეგუებული. ოკეანის ან ზღვის მარილიანობის შეცვლის შედეგად ფაუნისა და ფლორის გადაშენების ფაქტები მრავლად გვაქვს დედამიწის განვითარების ისტორიაში. ამ მოვლენას ხშირად იყენებენ პალეოგეოგრაფიული სურათის აღსადგენად. ამ მხრივ, საინტერესოა Cardium edule-ს მორფოლოგიური სხვადასხვაობა ზღვის მარილიანობის ცვლილებასთან დაკავშირებით. ასევე დადგენილია, რომ წყლის ორგანიზმების სიცოცხლის რეგულირება დაკავშირებულია არა მარტო მარილების კონცენტრაციასთან, არამედ მათ შემადგენლობასთანაც.

წყლის ორგანიზმების შინაგანი და გარემოს წნევათა ურთიერთობანი განსაზღვრავენ მათი ბინადრობის ადგილსა და სივრცეს ოკეანის სიღრმეში. ამავე დროს, ორგანიზმებს უჩნდებათ წყლის გარემოში გადაადგილების (ცურვის) სხვადასხვაგვარი უნარი. ამ უკანასკნელისა და ორგანიზმების საკუთარი ხვედრითი წონის ურთიერთშეფარდებით, ცხოველებს თავისი მორფოლოგიური (სფეროსებური, დისკოსებური, ჩხირისებური, ბაბთისებური, ძაფისებური) ნიშნები და განსაკუთრებული ფორმები (მჩხვლეტავები, საცეცები, გამონაზარდები, სხივები) უჩნდებათ. მჭიდრო კავშირია შემჩნეული ცხოველთა მორფოლოგიურ თავისებურებებსა და მათი გადაადგილების ფორმებს, აგრეთვე მოძრაობის სიჩქარეებს შორის. ოკეანის ბინადართა ნაწილს სანიჩბავი ბერკეტები (კუ, პინგვინი, ლომვეშაპი, სელაპი) აქვთ განვითარებული, ხოლო შედუზები რეაქტიული პრინციპით (წყლის ჭავლისებური გამოვლება) მოძრაობენ.

ამგვარად, მსოფლიო ოკეანის წყლის ფიზიკო-ქიმიურ თავისებურებათა მრავალფეროვნების გამო, მიზეზშედეგობრივი გამოვლინება საკმაოდ რთულია, თუმცა კანონზომიერებასაა დამორჩილებული ოკეანის ბინადართა მორფოლოგიური თავისებურებანი და ქცევის (მოძრაობა, ბინადრობის წესი, სიჩქარე, გავრცელების სიღრმე და სხვ.) ნორმები.

ისტორიულად მიღებულია ერთიანი მსოფლიო ოკეანის ცალკეულ ნაწილებად დაყოფა. ამ მხრივ, გამოყოფენ: ოკეანეებს, ზღვებს, უბეებს, სრუტეებს, ლიმანებს და ა.შ. ოკეანეთა მორფოლოგიური მაჩვენებლების (ცხრილი VI.2) მიხედვით შეიძლება ვიმსჯელოთ მათ გრანდიოზულობასა და სიღრმითი დანაწევრების

სირთულეზე. არსებობს არცთუ საღ აზრს მოკლებული შეხედულება წყნარი, ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანეების სამხრეთი პერიფერიის – ანტარქტიკული აკვატორიის ცალკე, სამხრეთ ოკეანედ გამოყოფის მიზანშეწონილობის შესახებ. იგი განსაკუთრებული დინამიკური და თერმული რეჟიმებითაა გამორჩეული. ამის მიუხედავად, ეს ჯერ კიდევ მიუღებელი შეხედულება, განხილვის საგანი მხოლოდ ერთხელ იყო გამხდარი.

ცხრილი VI.2.

ოკეანეების მორფომეტრიული მაჩვენებლები

ოკეანეთა დასახელება	სარკის ფართობი, მლნ.კმ²	სიღრმეები, მ-ში	
		საშუალო	უდიდესი
წყნარი	179,68	3984	11022
ატლანტის	93,36	3926	8742
ინდოეთის	74,92	3897	7130
ჩრდილოეთის ყინულოვანი	13,10	1205	5449

ოკეანეებისა და კონტინენტების არათანაბარი განაწილება განედებისა და ნახევარსფეროების მიხედვით, სპეციალური – არა მხოლოდ გეოგრაფიული გამოკვლევის ობიექტია. ამავე დროს, ბუნებრივი პროცესების ფორმირების გათვალისწინებით, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ობიექტების მასებს. ამ მხრივ, დიდი მნიშვნელობისაა საკუთრივ ჰიდროსფეროს მასისა (ცხრილი VI.3) და გეოგრაფიული გარსის გეოსფეროების შესაბამისი სიდიდეების ურთიერთშედარება.

ცხრილი VI.3.

გეოსფეროების, დედამიწისა და გეოგრაფიული გარსის მასები (კგ-ში)
(კ. მარკოვის მიხედვით, 1978 წ.)

დედამიწა	ლითოსფერო	გამოფიტვის ქერქი	ჰიდროსფერო	ატმოსფერო	ცოცხალი ნივთიერება	გეოგრაფიული გარსი
$5975x10^{24}$	$3x10^{22}$	$1,8x10^{21}$	$1,4x10^{21}$	$5,15x10^{18}$	$6,4x10^{15}$	$3,2x10^{21}$

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის მნიშვნელოვანი ნაწილი (43%) ჰიდროსფეროს უკავია, ხოლო ატმოსფეროსა და ბიოსფეროს ხვედრითი წილი შეუდარებლად უმნიშვნელოა. ცხადია, რომ ძირითადი მასა (56%) მოქცეულია გამოფიტვის ქერქში. აქვე მივუთითებთ, რომ გეოგრაფიული გარსის მასა, მისი საზღვრების გაურკვევლობის გამო, მიახლოებითაა გამოთვლილი. თუმცა გეოგრაფიული თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია მსოფლიო ოკეანის არა მარტო საერთო მასა, არამედ მისი ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური თავისებურებანი, რომლის მიხედვით ერთიანი ბუნებრივ-აკვალური კომპლექსი იქმნება. მას ოკეანური წყლის მასას უწოდებენ. მსოფლიო ოკეანის წყლის მასებს ხმელეთზე თავიანთი ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსები შეესაბამება. ამავე დროს, ოკეანეებში წყლების მასებს შორის საზღვრები, ხმელეთის კომპლექსებთან შედარებით, ნაკლები სიმკვეთრით ხასიათდება. ასევე განსხვავებულია ოკეანის წყლის მასებისა და ხმელეთის კომპლექსების ვერტიკალური სტრუქტურა. ამ მხრივ, ხმელეთისაგან განსხვავებით, ოკეანეების სიღრმეში ოთხი ძირითადი წყლის მასა ანუ სტრუქტურული (ზედაპირული, გარდამავალი, სიღრმითი და ფსკერული) ზონები გამოიყოფა.

ზედაპირული სტრუქტურული ზონა დაახლოებით 300 მ-ის სიღრმემდე ვრცელდება. ამ ზონის წყლები აქტიურად ურთიერთქმედებენ ატმოსფეროსთან. მას ზოგჯერ ოკეანურ ტროპოსფეროსაც კი უწოდებენ. წყლის ურთიერთშერევის გამო, ზედაპირული ფენა მდიდარია ჟანგბადითა და ნახშირბადის დიოქსიდით, რაც განსაზღვრავს მის საკმაოდ მრავალფეროვან ორგანულ სამყაროს. ამავე დროს, წყლის ზედაპირული მასა ფიზიკური თავისებურებებისა და მარილიანობის მკვეთრ ცვლილებებსაც განიცდის, რომლის მთავარი მიზეზი ატმოსფეროსთან ურთიერთობის მაღალი მაჩვენებელია. ზედაპირული წყლები განიცდიან დინების გავლენასაც, რომლებიც იწვევენ სპეციფიკური წრებრუნვის არსებობას.

გარდამავალი სტრუქტურული ზონა 300-დან 2000-მდე მეტრის სიღრმის დიაპაზონშია გავრცელებული. ამ ზონის პოლარული აკვატორია შედარებით მაღალი ტემპერატურით ხასიათდება. ეს გეოგრაფიული პარადოქსი წყლის ზედაპირის სქელი (100 მ) სიმძლავრის ყინულის ფენით გადაფარვასთანაა დაკავშირებული, რომელსაც დაბალი ტემპერატურა და მარილიანობა ახასიათებს. ქვემოთ წყლის ფენა „დაცულია" გაცივებისაგან.

სიღრმითი წყლის მასები ოკეანის უდიდეს მოცულობით ნაწილს იკავებენ. მათთვის დამახასიათებელი ტემპერატურა 2-3^0-ის ფარგლებში მერყეობს. ოკეანის ღრმა წყლის ტემპერატურასა და მარილიანობას სეზონური ცვლილებები არ ახასიათებს. ასევე მუდმივია ჟანგბადისა და სხვა ქიმიური ელემენტების შემადგენლობა, რომელთა შესამჩნევი ცვლილება უფრო ზედაპირული ფენისთვისაა დამახასიათებელი.

ფსკერული წყლის მასები ოკეანეების უმეტესად ყველაზე ღრმა ნაწილს მოიცავს. მათი ფიზიკო-ქიმიური შედგენილობა ზედაპირული პოლარული წყლის ცივი ფენების დაძირვასთანაა დაკავშირებული. ამიტომ ამ ფენის წყლის ტემპერატურა შედარებით დაბალია. თუმცა ზღვისპირა მეორე ფენაში წყლის ტემპერატურის ოდნავი ზრდა შეინიშნება, რასაც მიწის წიაღის სითბოს ოკეანეში შემოსვლას უკავშირებენ.

დასახელებული წყლის მასები ერთმანეთისაგან მკვეთრი საზღვრებით კი არ არიან გამოყოფილი, არამედ მათ შორის საკმაოდ სქელი გარდამავალი და საკონტაქტო ფენები, ანუ ოკეანური ფრონტებია ფორმირებული. წყლის სხვადასხვა მასებს შორის წარმოდგენილი კონტაქტის ზოლი კორიანტელისებური მოძრაობით ხასიათდება. ამ მხრივ, განასხვავებენ წყლის ციკლონურ და ანტიციკლონურ კორიანტელებს. ოკეანური ფრონტები მაღალ დინამიკურობასა და არამდგრადობას იჩენენ. აქვე შეინიშნება სიცოცხლის მეტი აქტიურობა და ცოცხალი ორგანიზმების მრავალფეროვნება.

განხილული წყლის მასებიდან, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, უფრო მნიშვნელოვანი ზედაპირული სტრუქტურული ზონაა. ატმოსფეროსთან უშუალო კონტაქტისა და იოლი ურთიერთმოქმედების მიმდინარეობა, მის ზედაპირზე, წყლის განედური მასების რთული სტრუქტურის ჩამოყალიბებას განსაზღვრავს. ამ მხრივ აღსანიშნავია:

1. ეკვატორული წყლის მასა ტემპერატურისა (26-28^0) და მარილიანობის (33-35‰) მაღალ მაჩვენებელთან ერთად, ჟანგბადის შედარებით დაბალი კონცენტრაციითა (3-4 გრ. მ$^{-3}$) და, შესაბამისად, ცოცხალი ორგანიზმების ფორმების მცირე გაჯერებულობით ხასიათდება;

2. ტროპიკული წყლის მასა ორ (ჩრდილოეთი და სამხრეთი ტროპიკული) ნაწილად იყოფა. ორივე მათგანის ზედაპირული წყლის ტემპერატურა 18-დან 27^0-

მდე მერყეობს, მარილიანობა ეკვატორულთან შედარებით ოდნავ მეტია (34,5-35,5‰), ხოლო ჟანგბადის შემცველობა თითქმის (2-4 გრ. მ$^{-3}$) უცვლელია.

3. ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების სუბტროპიკული წყლის მასების ტემპერატურა 15-დან 28^0-მდე განიცდის ცვლილებას, ხოლო მარილიანობა (35-37‰) და ჟანგბადის შემცველობა (4-5 გრ. მ$^{-3}$), დაბალი განედების შესაბამის მაჩვენებელთან შედარებით, კიდევ უფრო მაღალია.

4. სუბარქტიკული და სუბანტარქტიკული სუბპოლარული წყლის მასების ტემპერატურა შედარებით დაბალია (5-20^0), ხოლო ჟანგბადის კონცენტრაცია, დაბალი განედების წყლის მასებთან შედარებით, პირიქით, კიდევ უფრო (4-6 გრ. მ$^{-3}$) იზრდება, თუმცა მარილიანობის მაჩვენებელი (34-35‰) კლებულობს. აღნიშნული ბუნებრივი პირობების თანაფარდობა განსაზღვრავს ცოცხალი ფორმების საკმაო სიმდიდრეს. აქ წარმოდგენილია თევზების, ძუძუმწოვრების (ვეშაპი, სელაპი და სხვ.), ფრინველებისა და სხვა მრავალფეროვნება. სწორედ წყლების ამ მასებზე მდებარეობს ძირითადი სარეწაო რაიონები;

5. არქტიკული და ანტარქტიკული პოლარული წყლის მასები დაბალი (+5-დან -2^0-მდე) ტემპერატურით ხასიათდება. ასევე დაწეულია (32-34‰) წყლის მარილიანობა, თუმცა ჟანგბადის კონცენტრაცია (5-7 გრ. მ$^{-3}$) საკმაოდ მაღალია. ამავე დროს, თითქმის მთელი წლის განმავლობაში აკვატორია ყინულითაა დაფარული. თუმცა, ამის მიუხედავად, მაღალი განედების წყლის მასები ცოცხალი ორგანიზმების სიმდიდრითაა გამორჩეული. ცოცხალი ფორმების მრავალფეროვნება განსაკუთრებით კონტაქტურ (კლდოვანი ნაპირები, ყინულის პირი და სხვ.) ზონებში შეიმჩნევა.

აღსანიშნავია, რომ განედური მიმართულებით ოკეანური წყლის მასების სივრცობრივი სტრუქტურის ზემოაღნიშნული სურათი უცვლელი სრულებითაც არ არის. იგი მუდმივ ცვლას განიცდის როგორც სივრცობრივი მიმართულებით, ისე დროითი (სეზონური) ხასიათის მიხედვით. ამ ცვლილებების მთავარი განმაპირობებელი ფაქტორებია ატმოსფეროს ცირკულაციისა და ჰაერის ტემპერატურის, აგრეთვე ოკეანური დინებებისა და ვერტიკალური შერევის სივრცედროითი ცვლილებათა გამოვლინებები. ამდენად, წყლის მასების განაწილების მოცემული სქემა საშუალო, ზოგადი ხასიათის მატარებელია და ყოველ კონკრეტულ ფაქტორს ადვილად შეუძლია თავისი ცვლილების შეტანა.

მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსი. გეოგრაფიული თვალსაზრისით, დიდი ინტერესით განიხილავენ მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსის მსვლელობის ზოგად თავისებურებას. ნაწილობრივ მას სახელმძღვანელოს შესაბამის ნაწილში (თავი XI) შევეხებით. ამჯერად წარმოვადგენთ წყლის ბალანსის ელემენტების რაოდენობრივ (ცხრილი VI.4) მაჩვენებლებს, რომლის ზოგადი ანალიზის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მსოფლიო ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლებული წყლის ($505x10^{12}$ მ^3) მოცულობის დიდი ნაწილი (91%) ატმოსფერული ნალექების სახით ისევ ოკეანეს უბრუნდება, ხოლო დანარჩენი $47x10^{12}$ მ^3 წყლის (9%) მოცულობის კომპენსაციას ხმელეთის ზედაპირული ჩამონადენი ახდენს. ხმელეთზე მოსული ატმოსფერული ნალექების 60% აორთქლებას განიცდის, ხოლო დარჩენილი ორი მეხუთედი, ანუ $47x10^{12}$ მ^3 მდინარეული ჩამონადენის სახით ოკეანეს უბრუნდება.

როგორც ჩანს, დედამიწაზე წლის განმავლობაში 45-ჯერ უფრო მეტი ატმოსფერული ნალექი მოდის, ვიდრე იგი წყლის ორთქლის სახით ჰაერში

ერთდროულად იმყოფება. ცხადია, რომ იმავე დროის განმავლობაში ატმოსფერული წყლის განახლებას 45-ჯერ, ანუ დაახლოებით ყოველ 8 დღე-ღამის განმავლობაში

ცხრილი VI.4.

წყლის ბალანსი

ზედაპირი, რეგიონი	ფართობი კმ²	ნალექები		აორთქლება		ჩამონადენი ოკეანეში	
		მმ	მ³	მმ	მ³	მმ	მ³
მთლიანი დედამიწა	510x10⁶	1130	577x10¹²	1130	577x10¹²	–	–
მსოფლიო ოკეანე	361x10⁶	1270	458x10¹²	1400	505x10¹²	130	47x10¹²
ხმელეთი	149x10⁶	800	119x10¹²	485	72x10¹²	315	47x10¹²
მათ შორის:							
გარე ჩამონადენის არეალი	119x10⁶	924	110x10¹²	529	63x10¹²	395	47x10¹²
შიდა ჩამონადენის არეალი	30x10⁶	9	9x10¹²	300	300x10¹²	–	–

უნდა ჰქონდეს ადგილი. საგრძნობი გეოგრაფიული მნიშვნელობისაა მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსის განედური (ცხრილი VI.5) სტრუქტურა, რომლის ელემენტები – აორთქლებისა და ატმოსფერული ნალექების თანაშეფარდება, კონტინენტური ჩამონადენის სიდიდითაა კომპენსირებული. ოკეანის წყლის ბალანსის შემადგენელი სიდიდეების თანაფარდობა განსაზღვრავს წყლის მარილიანობის განედურ სხვადასხვაობას. კონტინენტური ჩამონადენის 10% ოკეანის კონტინენტურისპირა რაიონებშია დამახასიათებელი, მაშინ, როცა ღია ოკეანეში მას ნალექებისა და აორთქლების თანაფარდობა განსაზღვრავს. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში აორთქლება 119,9 სმ წწ⁻¹, ხოლო ნალექები 116,7 სმ წწ⁻¹ ტოლია; სამხრეთ ნახევარსფეროში ეს სიდიდეები შესაბამისად 113,0 სმ წწ⁻¹ და 91,6 სმ წწ⁻¹ უდრის. ზომიერი და პოლარული განედების წყლის ბალანსში მნიშვნელოვანია მტკნარი წყლის შემოსავლისა და გასავლის სიდიდეები, რომელსაც ადგილი აქვს ყინულების დნობისა და გაჩენის (ფორმირების) დროს.

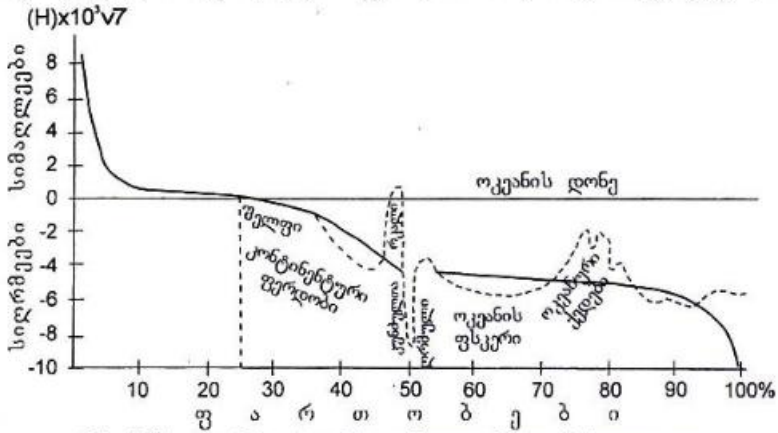
ცხრილი VI.5.

მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსი განედების მიხედვით

(გეოგრაფიული ენციკლოპედია, 1962 წ.)

განედი	აორთქლება	ნალექები	ჩამონადენი	განედი	აორთქლება	ნალექები	ჩამონადენი
ჩრდ. ნახ.სფერო				სამხრ.ნახ. სფერო			
60-50	105	57,4	47,6	60-50	91,5	62,2	29,3
50-40	114	86,3	27,7	50-40	105,6	95,1	10,5
40-30	96,2	121,2	25,0	40-30	87,5	128,8	40,9
30-20	81,5	141,1	59,6	30-20	83,5	144,2	60,7
20-10	124,7	127,0	24,1	20-10	98,6	162,1	63,5
10-0	193,0	134,0	66,0	10-0	119,3	134,0	14,9
ჩრდ. ნახევარსფერო 60° – სამხრ. ნახევარსფერო 60°	112,7	102,4	10,3		112,7	102,4	10,3

მსოფლიო ოკეანის ფსკერი. ხმელეთის რელიეფის შესწავლასთან ერთად, კაცობრიობის ყურადღება ოდითგანვე ოკეანის ფსკერისკენაც იყო მიპყრობილი. უხსოვარი დროიდან, მეზღვაურები ოკეანეებისა და ზღვების სიღრმეებს პრიმიტიული ლოტით ზომავდნენ. ცხადია, რომ ამ ხერხით განსაზღვრული სიღრმეები მიახლოებით სიზუსტესაც კი იყვნენ მოკლებულნი. მოგვიანებით, წყალში ბგერის გავრცელების პრინციპის მიხედვით ექოლოტის გამოყენებამ საკმაოდ გააფართოვა წარმოდგენა ოკეანის ფსკერის რელიეფის (ტოპოგრაფიის) შესახებ. გამოირკვა, რომ ოკეანის ფსკერის რელიეფი არათუ ჩამორჩება ხმელეთის ზედაპირის უსწორმასწორობას, არამედ ვერტიკალური დანაწევრების რთული მოზაიკით, ამ უკანასკნელს რამდენადმე აჭარბებს კიდევაც. ბათიგრაფიული მრუდის (ნახ. VI.1) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ



ნახ. VI.1. ოკეანის ფსკერის განზოგადებული პროფილი და ჰიფსოგრაფიული მრუდი

თუკი ხმელეთის უმაღლესი მწვერვალების სიმაღლეები მხოლოდ ცხრა კილომეტრამდეა აზიდული, ხოლო მათი უმეტესობათა პიკები 6-7 კმ-ის ნიშნულამდე ვრცელდება, ოკეანის ფსკერის ათეულობით ღრმაწყლიანი, რკალისებური და გრძელი (ათასეული კილომეტრებით) ღარები 8-9 კმ-ის სიღრმემდე ეშვებიან, ხოლო ზოგი მათგანი (იაპონიის, ფილიპინების, მარიანის) 10-11 კმ-ზე უფრო ღრმა ნიშნულებს აღწევენ.

ოკეანის ფსკერის რელიეფისა და ხმელეთის ზედაპირის შედარება გვიჩვენებს, რომ მათ არაერთგვაროვანი იერსახე აქვთ ჩამოყალიბებული. ამ განსხვავების გამომწვევი მიზეზები იმაში მდგომარეობს, რომ მიწის ზედაპირზე არა მხოლოდ ტექტონიკური ძალები, არამედ მზის ენერგიით გამოწვეული ფაქტორები (ქარი, წყლები, ყინული) მოქმედებენ. ამ ფაქტორებიდან არც ერთი მათგანი ოკეანის ფსკერზე გავრცელებული არ არის. მიწის ზედაპირულ გრავიტაციულ პროცესებს ოკეანის ფსკერზე ტექტონიკურ-ვულკანური ძალებით შეპირობებული წყალქვეშა მეწყრული მოვლენები თუ შეედრება. მინერალური და ორგანული ნივთიერების დალექვა, პირიქით, არსებული უსწორმასწორობის მონივლირებასა და მობრტყელება-მოგლუვებას იწვევს. ამის მიუხედავად, მსოფლიო ოკეანის მორფოლოგიური იერსახე ერთგვაროვანი სრულებით არ არის. მთელი რიგი ნიშნების მიხედვით ოკეანის ფსკერის ტოპოგრაფიაში უმსხვილესი გეომორფოლოგიური ელემენტები გამოიყოფა:

წყალქვეშა კონტინენტური კიდე, ოკეანური საგები, წყალქვეშა ოკეანური ქედები, ღრმაწყლიანი ღარები.

წყალქვეშა კონტინენტური კიდე, კონტინენტიდან ოკეანეში გარდამავალ ზონას განეკუთვნება და ორ ტიპად (ატლანტური და წყნაროკეანური) იყოფა. პირველ მათგანს მიეკუთვნება ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანე, ატლანტიკის ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნაწილები, ინდოეთის ოკეანე, წყნარი ოკეანის ანტარქტიკული განაპირა ზოლი. ამ ტიპის წყალქვეშა კიდეების მორფოლოგიური თავისებურება მის შედარებით სუსტ დანაწევრებაში მდგომარეობს. იგი რელიეფის შედარებით მარტივი ელემენტებისაგან (სანაპირო ზონა, შელფი, კონტინენტური კალთა, კონტინენტური ძირი) შედგება.

სანაპირო ზონა საზღვარია ოკეანესა და ხმელეთს შორის. ამ ზონაში მიმდინარეობს ოკეანის ტალღური მოქმედება და მათ მიერ შესაბამისი რელიეფის ფორმირება. თუმცა რუკებზე ეს ზონა კლაკნილი სანაპირო ხაზითაა გამოსახული, იგი მაინც უფრო ფართო ზოლია, რომლის ფარგლებში ხმელეთი და ზღვა მჭიდრო ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება. ამავე დროს, სანაპირო ზონის ფორმირებაში მონაწილეობას ღებულობს მოქცევა-მიქცევის მოვლენა, ზოგიერთი ორგანიზმების მოქმედება, მდინარეთა შესართავები და მიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობები, გეოლოგიური აღნაგობა და პირველადი რელიეფის აგებულება.

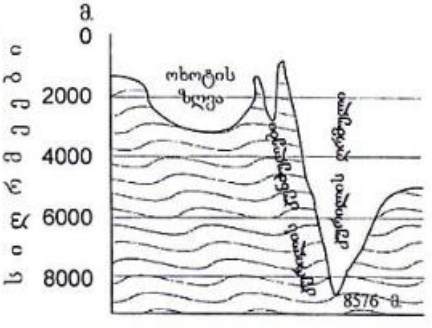
შელფი ოკეანის ყველაზე უფრო მარჩხი ზოლია. იგი ოკეანის მიმდებარე კონტინენტის განაპირა ვაკის დაძირულ ნაწილს წარმოადგენს. ამიტომ მისი ზედაპირი სუბაერალური წარმოშობის კონტინენტური რელიეფის ფორმების გავრცელებით ხასიათდება. მათ მიეკუთვნება დაძირული ზღვიური ტერასები და სანაპირო ხაზები, მყინვარული ბორცვები, აბრაზიული ვაკეები, დაძირული ხეობები. შელფის ოკეანისაკენ მდებარე გარე კიდე მკვეთრი გადაღუნვით (შელფის წარბი) კონტინენტურ ფერდობში გადადის. გადაღუნვის ხაზი უმთავრესად 200 მ-ის სიღრმეზე მდებარეობს, ხშირად კი 100-130 მ-დან 300-500 მ-ის სიღრმეზეა წარმოდგენილი, ზოგჯერ 800-1000 მ-ის სიღრმემდეც კი (ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანე) ვრცელდება.

კონტინენტური კალთა ოკეანის ფსკერის შედარებით ვიწრო ზოლია, რომელიც შელფის წარბის ხაზიდან 2000-2500 მ-ის სიღრმემდე (ზოგან 3000 მ-მდე) ვრცელდება. შელფის კიდედან ბექობისაკენ გადასვლა მკვეთრია, ხოლო დახრილობის მაჩვენებელი (ზოგან 12-15°) საკმაოდ მაღალი. ფერდობის ზედაპირი წყალქვეშა კანიონებითაა დასერილი, რომელთა მიერ ფორმირებული ციცაბო ფერდობიანი ღრმა (1000 მ და უფრო მეტი) ხეობები ბრტყელი და ვიწრო კალაპოტით ხასიათდება. წყალქვეშა კანიონები არცთუ იშვიათად შელფისა და კონტინენტური ძირის ზედაპირსაც სერავენ.

კონტინენტური ძირი დამრეცად დახრილი ან სუსტად ტალღობრივი ვაკეა, რომელიც მოქცეულია კონტინენტურ ფერდობსა და ოკეანის საგებს შორის. მისი სიგანე რამდენიმე ათეულ და ასეულ კილომეტრს აღწევს, ხოლო სიღრმე 2000-2500 მ-დან 3000-3500 მ-ის სიღრმეთა დიაპაზონშია მოქცეული. ზედაპირი გადაფარებულია 5,0-5,5 კმ-ის სიმძლავრის ნალექებით, რომელთა არსებობა დაკავშირებულია ნგრეული მასალის ტრანსპორტირებით სუსპენზიური ნაკადებისა და წყალქვეშა მეწყრების მიერ.

წყალქვეშა ოკეანური კიდის მეორე – წყნაროკეანური ტიპი გამოირჩევა თავისი

რელიეფის ტექტონიკური აქტივობითა და რელიეფის მკვეთრი დანაწევრებით, რაც გამოხატულია ინტენსიური ვულკანიზმით, მიწისძვრებითა და როგორც ამგებელი სუბსტრატის, ისე ზედაპირის მძლავრი დეფორმაციებით. ოკეანის ფსკერისაკენ გადასვლა აქ უფრო რთულია: განაპირა ზღვების ღრმულების გავლით კუნძულებრივი რკალები შემოსაზღვრულია ღრმა წყლის ღარებით. პირველი მათგანი ოვალური ფორმის დეპრესიას წარმოადგენს და 3-5 კმ-ის სიღრმეზე ვრცელდება. კუნძულთა რკალები წყლის ზედაპირზე ამოზიდული მთიანეთების მწვერვალები და თხემებია, რომლებიც ძირითადად წყნარ ოკეანეშია (ალეუტის, კურილიის, იაპონიის, მარიანის) გავრცელებული. მათ გვერდით, როგორც წესი, ღრმა და ვიწრო ღარებია (ნახ. VI.2) ფორმირებული, რომელთა გარდიგარდმო პროფილში ყოველთვის შეინიშნება ასიმეტრიული ფორმა. თანაც კუნძულთა რკალისაკენ მიმართული ფერდობი უფრო ციცაბოა (10-15^0), ხოლო საწინააღმდეგო მხარეზე შედარებით დამრეცი (2-3^0) კალთაა ფორმირებული.



ნახ. VI.2. კურილია–კამჩატკის ღრმულის გარდიგარდმო პროფილი (ო. ლეონტიევის მიხედვით)

ოკეანის საგები გიგანტური წარმონაქმნია. მას მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის ნახევარზე მეტი (200 მლნ. კმ^2) ფართობი უკავია და 3,5-4,0-დან 6,0-მდე კილომეტრის სიღრმის დიაპაზონშია გავრცელებული. მის ფარგლებში ოკეანური ტიპის მიწის ქერქია წარმოდგენილი და ვაკე ზედაპირის ფონზე გამოირჩევა დიდი მაღლობები (დარვინის მაღლობი, წყნარი ოკეანის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში), იზოლირებული მთები და გორაკ-ბორცვიანი რელიეფი, რომლებსაც ვულკანურ წარმონაქმნებად თვლიან. ოკეანურ საგებს კვეთავენ ვულკანური და ლოდა ქედები.

ატლანტის ოკეანეში წყალქვეშა საგები შუა ოკეანური ქედის ორივე მხარეზე, ერთმანეთის პარალელურად ვრცელდება. თვით ქედები კი ფართო ღრმულებითაა დასერილი. მათ გვერდით მთიანეთები და ვაკეებია გავრცელებული. რელიეფური თვალსაზრისით, გამოყოფენ ბრტყელ და ბორცვიან აბისალურ ვაკეებს. თუკი პირველი მათგანი გლუვი ტოპოგრაფიით ხასიათდება, ბორცვებს ვულკანური გენეზისი და უსწორმასწორო ზედაპირი შეესაბამებათ. მათი ნაწილი კუნძულთა სახითაა (ჰავაის, აზორის, ტრისტან-და-კუნიას) გამოვლენილი. აქვე ვხვდებით ბრტყელმწვერვალებიან წყალქვეშა მთებს – ჰაიოტებს, ვულკანური გენეზისის სხეულებს, რომელთა მწვერვალები ოკეანური აბრაზიითაა გადაჭრილი.

წყალქვეშა ქედები ოკეანეთა ფსკერზე ერთიან პლანეტარულ სისტემას ქმნის, რომლის ჯამური სიგრძე 60 ათას კილომეტრს აღემატება. მათი „თხემები“ ოკეანის საგებიდან (კალაპოტიდან) 5-6 კმ-ითაა ამოწეული, ხოლო სიგანე 1000-2000 კმ-ით განისაზღვრება. ამ ქედების თხემური ნაწილის (რიფტების) რღვევითი გენეზისის შესახებ მე-5 თავში (ნახ. V.2) უკვე ვისაუბრეთ.

ზღვები. ოკეანეთა ვრცელი აკვატორიის განაპირა ნაწილი ზღვების, უბეებისა და ყურეების სახელწოდებითაა ცნობილი. ზღვა, თავის მხრივ, ოკეანის ნაწილია, რომელიც ხმელეთში მეტ-ნაკლებადაა შეჭრილი. ხშირად იგი ოკეანისაგან წყალქვეშა

ფსკერის ზღურბლითაა გამოყოფილი და საკუთარი ჰიდროლოგიური რეჟიმი გააჩნია. ზღვების მდებარეობისა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის მიხედვით გამოყოფენ შიდა, ნახევრად ჩაკეტილ და ჩაკეტილ ზღვებს. ხშირად მხოლოდ მდებარეობის მიხედვით განასხვავებენ შიდა და განაპირა ზღვებს. ცხადია, რომ შიდა ზღვები ხმელეთში ღრმად შეჭრილია, ხოლო განაპირა ზღვები – კონტინენტების გასწვრივ მდებარეობენ და ღია ოკეანესთან უშუალო კავშირით ხასიათდებიან. შიდა ზღვების ჯგუფს მიეკუთვნება ხმელთაშუა, შავი, აზოვის, წითელი, ბალტიის ზღვები. კონტინენტში ღრმად შეჭრილი ზღვები ოკეანეებთან გაძნელებული (ვიწრო სრუტეები) კავშირითა და, ამიტომ საკუთარი ჰიდროლოგიური რეჟიმით (მარილიანობა, თერმიკა, ღელვა, დინებები) ხასიათდებიან. განაპირა ზღვები აზიის აღმოსავლეთ სანაპიროზეა (ბერინგის, ოხოტის, იაპონიის) გავრცელებული.

თავის მხრივ, შიდა ზღვები იყოფა კონტინენტთაშორის მოქცეულ და კონტინენტში შეჭრილ ზღვებად. პირველ მათგანში შემავალი ზღვები ხმელეთის უზარმაზარ ნაწილებს გამოყოფენ ერთმანეთისაგან. ასე, მაგალითად, ევროპისა და აფრიკის გამომყოფ აკვატორიას ხმელთაშუა ზღვა წარმოადგენს; წითელი ზღვა კი აზიისა და აფრიკის კონტინენტებს შორისაა მოქცეული. რაც შეეხება ხმელეთში ღრმად შეჭრილ (შავი, ბალტიის) ზღვებს, მათი თავისებურებები ოკეანეებთან შედარებით საკმაოდ განსხვავებულია. კერძოდ, შავი ზღვის მარილიანობა ოკეანესთან შედარებით თითქმის ორჯერ ნაკლებია, ხოლო ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანის აუზის ზღვების შესაბამისი მაჩვენებელი კიდევ უფრო მცირეა.

კუნძულთაშორის მოქცეული ზღვების დიდი ნაწილი (სულუ, სულავესი, ბანდა, იავანის, სავუ, სერამ) ღია ოკეანისაგან კუნძულთა ჯაჭვითაა შემოსაზღვრული. ამ ზღვებს, საკუთარ ჰიდროლოგიურ რეჟიმთან ერთად, უფრო ოკეანური ფიზიკო-ქიმიური თვისებები აქვთ შენარჩუნებული.

ზღვის ფსკერზე ადგილი აქვს დანალექი წარმონაქმნების დაგროვებას. მათი სახეებია: ტერიგენული მასალა – ქანების ნგრევის პროდუქტებისაგან მიღებული ნაყარი; ბიოგენური – ზღვიური ორგანიზმების ჩონჩხის ნარჩენები; ქემოგენური მასალის მიღება მიმდინარეობს ზღვის წყლისა და ფსკერის ქიმიური პროცესების შედეგად.

ზღვები ორგანული სამყაროს საცხოვრისიცაა. მათი ცხოვრების არეალების მიხედვით გამოიყოფა: ბენთოსი – ფსკერული ცხოველები; პლანქტონი – პასიურად მცურავნი; ნექტონი – აქტიურად მოძრავნი და ბაქტერიები – წყლის სფეროს განუსაზღვრელ არეალში მობინადრენი.

სანაპიროები და პლაჟის ზოლები. ოკეანეებისა და ზღვების, ასევე ტბებისა და დიდი წყალსატევების სანაპიროები – ხმელეთისა და აკვატორიის გამომყოფი ხაზითაა წარმოდგენილი. ეს უკანასკნელი წყლის კიდის (ზღვის დონის) საშუალო მრავალწლიურ მდგომარეობას გვიჩვენებს, სანაპიროს განვითარების ამა თუ იმ ტიპითაა განსაზღვრული და განვითარების ამა თუ იმ სტადიას ასახავს. სანაპირო ხაზის გასწვრივ ფორმირებული შედარებითი ვიწრო ზოლი, სანაპირო ზონის სახელწოდებითაა ცნობილი. იგი სამი გეომორფოლოგიური ელემენტისაგან (ნაპირი, სანაპირო წყალქვეშა ფერდობი და პლაჟი) შედგება.

ნაპირი ხმელეთის ზოლია, რომელზედაც ფორმირებული რელიეფის ფორმები და დაგროვილი ნაყარი მასალა შექმნილია ზღვის მიერ მისი თანამედროვე საშუალო მრავალწლიური დონის შესაბამისად. აბრაზიულ ნაპირებზე ნაპირის და, შესაბამისად,

სანაპირო ზონის ზედა (გარე) საზღვარი კლიფის (სანაპირო ფლატე) პირზე გადის. აკუმულაციურ ნაპირებზე კი აღნიშნული საზღვარი თანამედროვე წყალზედა ზღვიური ტერასის კიდეს მიუყვება.

წყალქვეშა სანაპირო ფერდობი – ნაპირზე დაბლა, ზღვის მარჩხ ფსკერზე მდებარეობს, თანამედროვე დონის პირობებში ფორმირებული ნაყარი მასალითაა აგებული და მეზორელიეფის ფორმების გავრცელების არც ისე ვიწრო ზოლს წარმოადგენს. ნაპირსა და წყალქვეშა სანაპირო ფერდობს შორის, ზღვიური შტორმების დროს, ზვირთცემის ნაკადის წარმოქმნას აქვს ადგილი. ზვირთცემის მთავარი შედეგი – ნაყარის ნაპირის გასწვრივი გადაადგილებაა.

თუკი ზვირთცემის ზოლში შემოსული მასალის რაოდენობა უფრო მეტია, ვიდრე მისი გასვლა ამ მონაკვეთიდან, მაშინ საკმაოდ ცვალებადი რელიეფის აკუმულაციური წარმონაქმნის – პლაჟის წარმოქმნას ექნება ადგილი. მისი ამგებელი მასალა, ძირითადად ხმელეთიდან მდინარეთა ეროზიული მოქმედების შედეგად, ზღვისპირეთებამდეა ტრანსპორტირებული. ამავე დროს, პლაჟის მასალის გენეზისი ზღვისპირა ფლატეებისა (კლიფი) და წყალქვეშა სანაპირო ფერდობების მკვრივი შრეების (კლიფი) აბრაზიულ მოქმედებებს, ან კიდევ, ბიოლოგიური გამოფიტვის პროცესებს უკავშირდება.

. ამჟამად ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროები საკმაოდ ათვისებულია: მსოფლიო მოსახლეობის ერთი მესამედი განსახლებულია ზღვისპირეთების 50 კმ-იან ზოლში. სანაპიროები ე.წ. „ინდუსტრიული ძვრების“ არენაცაა, რომლის წყალობით აქ გაჩაღებულია სანავსადგურო-სამრეწველო კომპლექსების, რეკრეაციული ინფრასტრუქტურის, სატრანსპორტო კომუნიკაციების გაცხოველებული ათვისება, ზრდა და განვითარება. სანაპირო ზონის მეტად მობილურ და მუდმივ ცვლად სისტემის უთავბოლო და არაგონივრული ათვისების პრაქტიკამ მისი ნეგატიური განვითარება გამოიწვია: შემცირდა პლაჟის ზოლები, ზღვამ ინტენსიურად შემოუტია ხმელეთს, საფრთხის წინაშე აღმოჩნდა სანაპირო ნაგებობანი. ნაპირგამაგრების მიზნით, ხშირად, არამიზანმიმართული ღონისძიებების რეალიზაციამ კიდევ უფრო გაამძაფრა მათი მდგომარეობა. სანაპიროების აბრაზიული და მეწყრული ნეგატიური მოვლენების 80%-ზე მეტი ადამიანის არაგონივრული მეურნეობრიობის (არასწორი მშენებლობის, ნაპირდაცვის არაგონივრული წარმართვა) შედეგია.

პლაჟის ზოლის დეგრადაცია არც საქართველოს შავი ზღვისპირეთისთვისაა (სიგრძე 320 კმ) გამონაკლისი. სანაპიროს დაცვის „ბეტონურმა“ პრაქტიკამ (კედლები, ტალღმკვეთები, ტეტრაპოდები, დიპოდები, ფასონური ბლოკები) ვერც ჩვენ ქვეყანაში გაამართლა. XX საუკუნის 80-იან წლებში საქართველოში შემუშავებული „ბუნებრივი“ მეთოდის (პლაჟის დეფიციტის ხელოვნური შევსება) დანერგვამ, სანაპირო პროცესების გონივრული რეგულირება-მართვის პრინციპის (იხ. თავი XV) დანერგვას დაუდო საფუძველი, რომელმაც მსოფლიო აღიარება მოიპოვა.

პიდროსფეროს დაბინძურება. უკანასკნელ ათწლეულებში ზღვის ეკოსისტემებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების გაძლიერება გამოიკვეთა. ოკეანეში გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერების გავრცელებამ არა მარტო ლოკალური, არამედ რეგიონალური და გლობალური მასშტაბებიც კი მიიღო. ამიტომ ოკეანეებისა და ზღვების, აგრეთვე მათი ბიოტის გაჭუჭყიანება მნიშვნელოვან საერთაშორისო პრობლემად იქცა. მსოფლიო ოკეანის ძირითად გამაჭუჭყიანებელ ნივთიერებებს წარმოადგენენ ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები, სინთეტიკური ნივთიერებანი, ნახშირბადის

ნაერთები, მძიმე ლითონები (ვერცხლი, ტყვია, კადმიუმი, თუთია, სპილენძი და სხვ.) და ტექნოგენური წარმოშობის რადიაქტიური ნივთიერებანი.

ნავთობი და ნავთობპროდუქტები მსოფლიო ოკეანის ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებებია. ისინი ბუნებრივ წყლებში ძირითადად ტრანსპორტირების დროს ხვდებიან და ზედაპირულ თხელ აპკს წარმოქმნიან.

ნავთობის გაბინძურების რაიონები ძირითადად ნავთობის ინტენსიური გადაზიდვის რეგიონებსა და შელფურ წყლებს შეესაბამება. ამ მხრივ, განსაკუთრებით აღსანიშნავია საზღვაო ტრასები ახლო აღმოსავლეთიდან იაპონიის მიმართულებით. გაბინძურების მაღალი დონით გამოირჩევა აგრეთვე იაპონიის, სამხრეთ ჩინეთის, წითელი ზღვებისა და სპარსეთის ყურეს აკვატორია. აქედან წყლის დინებების საშუალებით ნავთობი და ნავთობპროდუქტები გადაიტანება ნორვეგიისა და ბარენცის ზღვებში.

პესტიციდები ხელოვნურად შექმნილი ნივთიერებებია, რომლებიც გამოიყენებიან მავნებლებისა და მცენარეთა დაავადებების წინააღმდეგ საბრძოლველად. ამჟამად, მიწის ზედაპირსა და ოკეანურ ეკოსისტემებში მოხვედრილია 1,5 მლნ. ტონა მომწამვლელი ნივთიერება. ამ მხრივ, მსოფლიო ოკეანეში გამოიყოფა პესტიციდების გაზრდილი, შემცირებული და ნულოვანი კონცენტრაციის ზონები. გაზრდილი კონცენტრაციის ლოკალური უბნები აღინიშნება არა მხოლოდ გაბინძურების წყაროებთან განლაგებულ ზონებში, არამედ მათგან საკმაო მანძილზე დაშორებულ აკვატორიაშიც. პესტიციდები აღწევენ ოკეანის სიღრმეშიც. მათი შემადგენლობა ზედაპირიდან 100 მ-ის სიღრმემდე თითქმის შეუცვლელია, ხოლო 500 მ-ის სიღრმეზე უკვე თითქმის ორჯერ შემცირება შეინიშნება.

ოკეანეში ხვდება სინთეზური ნივთიერებანი, რომლებიც შეიცავენ ნატრიუმის პოლიფოსფატებს, სილიკატებსა და სხვა ტოქსიკური ნივთიერებებს. მათ განაწილებაში აღინიშნება გაბინძურების ველების ლოკალიზაცია ჩრდილოეთ ამერიკის, დასავლეთ ევროპისა და აფრიკის შელფურ ზონებში. ღია ოკეანეში მათი კონცენტრაცია მცირდება. სინთეზური ნივთიერებების უმეტესობა თავს იყრის წყლის ზედაპირულ ფენაში. ამავე დროს, ნივთიერებათა მნიშვნელოვანი ხსნადობა და წყლების ვერტიკალური მოძრაობები ხელს უწყობენ მათ ღრმა ფენებში შეღწევას.

ატმოსფეროდან ოკეანურ წყლებში ხვდება მძიმე ტოქსიკური მეტალები – ვერცხლი, ტყვია, კადმიუმი, თუთია, სპილენძი და სხვა, რომლებიც დიდ საშიშროებას უქმნიან ზღვის ბიოცენოზებს. ეს ლითონები ძირითადად გავრცელებულია მსოფლიო ოკეანის შელფურ რაიონებში და შიდა ზღვებში. ღია ოკეანეში მათი გავრცელება უმნიშვნელოა. ტყვიის მნიშვნელოვანი კონცენტრაცია აღინიშნება ბალტიის ზღვაში. იგი შედარებით ნაკლებია ჩრდილოეთის ზღვაში. თუთიის კონცენტრაცია განსაკუთრებით მაღალია წყნარი ოკეანის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილში, ხოლო დაბალია სამხრეთ ატლანტიკაში. 1945 წლიდან მიმდინარეობს ოკეანეში ტექნოგენური წარმოშობის რადიაქტიური ნივთიერებების დიდი რაოდენობით მოხვედრა. ეს დრო ემთხვევა ბირთვული იარაღის გამოცდის დასაწყისსა და ატომური ენერგეტიკის განვითარების თარიღს. მარტო 1948-1962 წლებში ჩატარდა 450 ატომური ბომბის აფეთქება, რის შედეგადაც ატმოსფეროში გავრცელდა აეროზოლების რადიაქტიური ღრუბელი. რადიაქტიური ნივთიერებები ოკეანეში ხვდება, აგრეთვე წყალქვეშა ხომალდებზე დამონტაჟებული ატომური ენერგეტიკული დანადგარებიდან და კატასტროფული ავარიების შედეგად.

როგორც ჩანს, ჰიდროსფეროს გლობალური გაბინძურება ამჟამად კრიტიკულ მაჩვენებლებამდეა მისული. ამიტომ ბუნებადაცვითი ღონისძიებების შემუშავება და დანერგვა საჭიროა არა მარტო ადამიანთა საზოგადოების უშუალო საცხოვრისის – ხმელეთის, არამედ ოკეანისა და ზღვების აკვატორიის ფარგლებში. ამავე დროს, ოკეანე დაკავშირებულია რა მიზნობრივად ხმელეთთან და ქმნის ერთიან ოკეანე-ატმოსფერო-ლითოსფერო-ბიოსფეროს სისტემას, ანუ მთლიან ბუნებრივ ორგანიზმს, მისი რაციონალური ათვისება, რესურსების გონივრული გამოყენება, გარემოს აღდგენისა და დაცვის ღონისძიებების შემუშავება და მონიტორინგის ფუნქციის შესრულება, გეოგრაფიული მეცნიერების ერთ-ერთი უმთავრესი ამოცანაა.

დასკვნები

1. ჰიდროსფეროს უმთავრესი ნაწილი – მსოფლიო ოკეანე წარმოადგენს რა პლანეტის ზედაპირის გაბატონებულ (ლანდშაფტური სისტემის 44%) და ბუნებრივი წყლების პრაქტიკულად უწყვეტ გარსს, ტენბრუნვის უმთავრესი კვანძია იმ სისტემაში, რომელიც ოკეანე-ატმოსფერო-კონტინენტების ურთიერთმოქმედებათა კავშირებს მოიცავს და რეალურ გავლენას ახდენს დედამიწის ზედაპირის სითბური რეჟიმის ჩამოყალიბების გამომწვევ ფაქტორებზე, რაც ხელს უწყობს ბუნებრივ სისტემაში პლანეტარული გამათბობელისა და თერმორეგულატორის როლის შესრულებას ბიოლოგიური და მინერალური რესურსების საგანძურის, ასევე საკონტინენტთაშორისი კავშირების ფუნქციების არსებობას.

2. მსოფლიო ოკეანის წყლის მრავალსფეროვანი ფიზიკო-ქიმიური და ბიოლოგიური ნიშან-თვისებების აღქმის საფუძველზე, როგორც შედეგობრივი გამოვლინება, სახეზეა საკმაოდ რთული, თუმცა გეოგრაფიულ (ბუნებრივ) კანონზომიერებას დამორჩილებული ოკეანის ბინადართა მორფოლოგიური ნიშნები, ფიზიოლოგიური თავისებურებანი და ქცევის (მოძრაობა, ბინადრობის წესი, გავრცელების სივრცე, გამრავლების ნიშნები და სხვ.) ნორმები.

3. ოკეანური წყლის ბუნებრივი თვისებების მრავალგვარობის მიხედვით, ხმელეთზე შექმნილი ბუნებრივ-ტერიტორიული კომპლექსების ანალოგიურად, ოკეანის სფეროს ერთიანი ბუნებრივ-აკვალური კომპლექსი წყლის მასებად (ზედაპირულ, გარდამავალ, სიღრმითი და ფსკერული) იყოფა, რომლებიც თავიანთი „ხმელეთური“ ანალოგისაგან სუსტი სიმკვეთრით გამოირჩევიან.

4. მსოფლიო ოკეანის ზედაპირული წყლის მასას, ატმოსფეროსთან უშუალო კონტაქტისა და იოლი ურთიერთმოქმედების შედეგად, წყლის განედური მიმართულებით რთული სტრუქტურის ჩამოყალიბება (ეკვატორული, ტროპიკული, სუბტროპიკული, სუბპოლარული და პოლარული წყლის მასები) ახასიათებს.

5. ბუნებაში რეალურად არსებული და გეოგრაფიული თვალსაზრისით მეტად საინტერესო სურათის – ოკეანის წყლის ბალანსის პარამეტრების ანალიზის საფუძველზე დადგენილი ატმოსფერული წყლის განახლების საკმაოდ მცირე პერიოდი (8 დღე-ღამე), ამ პროცესის გრანდიოზულობაზე მიუთითებს, რომლის განედური სტრუქტურა კონტინენტური ჩამონადენის პარამეტრებსა და წყლის მარილიანობის მაჩვენებელთა სივრცობრივ არათანაბრობას განსაზღვრავს.

6. მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის ვერტიკალური დანაწევრება, თავისი აბსოლუტური მაჩვენებლებით აღემატება რა ხმელეთის ანალოგიურ სიდიდეებს,

ოკეანის ფსკერის მინერალური და ორგანული ნივთიერების დალექვის გზით არსებული უსწორმასწორობათა ნიველირებისა და მობრტყელება-მოგლუვების ტენდენციას ართულებენ ფილების გლობალური ტექტონიკით შეპირობებული რიფტული ზონების წარმოშობასთან დაკავშირებული ძლიერი პროცესები, რომლებიც არა მარტო ოკეანეთა ფსკერის სირთულის ზრდას, არამედ თვით კონტინენტების რელიეფის ჩამოყალიბებაში ერთ-ერთ უმთავრეს ფუნქციას ასრულებენ.

7. ოკეანეებისა და ზღვების სანაპიროებზე – ხმელეთისა და წყლის „საკირითო ასპარეზი", ანუ პლაჟის ვიწრო ზოლი აშკარად ასახავს ამ ორი ერთმანეთის საწინააღმდეგოდ მიმართული პროცესების ურთიერთდამოკიდებულებასა და გამოვლენის თვისებრივ ხასიათს, თუმცა საზოგადოების მიერ შესამჩნევი დატვირთვების შედეგად სახეზეა „ინდუსტრიული ძვრების" რეაქცია, რომლის რეგულირება-მართვის მექანიზმის სადავეები, ამჟამად ადამიანს ხელში სანდოდ უკავია.

8. ოკეანური წყლების ეკოსისტემების სულ უფრო მზარდი ანთროპოგენური დატვირთვების შედეგად გამოწვეული გაბინძურების წყაროების – ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების, მძიმე ლითონების, ტექტონიკური გენეზისის რადიაქტიური ელემენტების ცოცხალ ორგანიზმებზე, მათ შორის ადამიანზე მავნე მოქმედებების კრიტიკულ მაჩვენებლამდე მიახლოების გამო, ერთიანი (ოკეანე-ატმოსფერო-ლითოსფერო-ბიოსფერო) სისტემის ანუ მთლიანი ბუნებრივი ორგანიზმის რაციონალური ათვისება და რესურსების გონივრული გამოყენება, აგრეთვე წყლოვანი გარემოს აღდგენისა და დაცვის ღონისძიებების შემუშავება, გეოგრაფიული მეცნიერების უმთავრესი ამოცანაა.

თავი VII. ატმოსფერო

ზოგადი ცნობები. ატმოსფეროს შედგენილობა. ჰაერის წნევა და წონა. ატმოსფეროს წარმოშობა და განვითარება. ატმოსფეროს აღნაგობა. ატმოსფეროს რადიაციული და სითბური რეჟიმი. რადიაციული ბალანსი. ტემპერატურის განაწილება. ატმოსფერული წნევა. ატმოსფერული ჰაერის ცირკულაცია. ატმოსფერული ტენი. მოღრუბლულობა და მისი როლი. ატმოსფერული ნალექები. ჰაერის მასები და ატმოსფერული ფრონტები. ციკლონები და ანტიციკლონები. ამინდი და პავა. ატმოსფეროს გაბინძურება და დაცვა. კლიმატის ცვლილებები. გლობალური დათბობა. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. დედამიწის გარშემო არსებული ჰაერის გარსი ატმოსფეროს (ბერძნ. Atmos – ორთქლი, Sphaira – სფერო, ბირთვი) სახელწოდებითაა ცნობილი. ამ ჰაეროვანი „ოკეანის ფსკერზე" მცხოვრები ადამიანი ყოველთვის გრძნობს ჰაერის გარსის გავლენას. ცხადია, რომ ადამიანისათვის სულ ერთი არ არის თუ როგორი ამინდი იქნება ხვალ, ან რამდენიმე დღის შემდეგ. ამასთან, ატმოსფერო უდიდეს როლს ასრულებს გეოგრაფიულ გარსში. იგი იცავს მცენარეულობასა და ცხოველთა სამყაროს საზიანო და ხშირად დამღუპველი ულტრაიისფერი გამოსხივებისაგან, განაპირობებს სითბოსა და სინოტივის გადანაწილებასა და მათ მაღალ ამპლიტუდათა პიკების ნიველირებას. ატმოსფეროს მიერ დედამიწა თითქოს თბილ საბანშია გახვეული, რითაც მზისგან მიღებულ სითბოს ინარჩუნებს.

მეცნიერება, რომელიც სწავლობს ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესებსა და მოვლენებს, მათი წარმოშობისა და განვითარების მიზეზებს, ატმოსფეროს ფიზიკას ანუ მეტეოროლოგიას უწოდებენ. იგი ცდილობს კაცობრიობისათვის უმნიშვნელოვანესი ამოცანების ამოხსნას, რომელთა შორისაა ამინდის პროგნოზი და ატმოსფეროზე ხელოვნური ზემოქმედება, რაც მიმართულია პროცესების რეგულირებისა და მართვის პრინციპების დანერგვისაკენ.

აღნიშნული მოვლენების გადაწყვეტა მეტად რთული და ერთობ ძნელი საქმეა, რადგან ამინდის ფორმირების ატმოსფერული პროცესები მიმდინარეობენ რა საკმაოდ არამდგრად და მუდმივ ცვალებად გარემოში, ხშირად, ხელსაწყოების გამოყენებით, გაზომვებსა და აღრიცხვას ძნელად თუ ექვემდებარებიან: არ იზომება ჰაერის ვერტიკალური მოძრაობა (კონვექცია) და მასთან მჭიდროდ დაკავშირებული – ღრუბლებისა და ატმოსფერული ნალექების წარმოშობა. ამ ნაკლოვანების აღმოფხვრის მიზნით, მხედველობაში ღებულობენ ჰაერის აღმავალი და დაღმავალი მოძრაობის თეორიული გამოთვლებით მიღებულ შედეგებს. ამჟამად ფართოდ გამოიყენება დედამიწის ხელოვნური (მეტეოროლოგიური) თანამგზავრებიდან მიღებული საკმაოდ ამომწურავი ინფორმაცია.

ატმოსფეროს შედგენილობა. დედამიწის ჰაერის გარსი აირების მექანიკური ნარევია (ცხრილი VII.1). დედამიწის ზედაპირის სიახლოვეს მშრალი ჰაერი სინოტივისა და მტვრის ნაწილაკების გარეშე, მოცულობითი შემცველობით შეიცავს აზოტს (78,08%), ჟანგბადს (20,95%), არგონსა (0,93%) და ნახშირბადის დიოქსიდს

(0,03%). ჰაერი შეიცავს აგრეთვე ჰელიუმის, წყალბადის, ოზონისა და სხვათა უმნიშვნელო რაოდენობას. ამასთან, ატმოსფერო ყოველთვის შეიცავს წყლის ორთქლის, მტვრისა და დედამიწისეული წარმოშობის აეროზოლის ნაწილაკებს. ასეთი შედგენილობისაა ატმოსფეროს ქვედა (20-25 კმ-ის სიმაღლემდე) ფენა.

ავტომატური ხელსაწყოებით ატმოსფეროს ჰაერის სხვადასხვა სიმაღლეზე აღებული სინჯების ანალიზით დადგენილია, რომ 100 კმ-ის სიმაღლემდე ატმოსფეროს შემადგენლობა თითქმის არ იცვლება. უფრო მაღლა კი, მზის ულტრაიისფერი რადიაციის გავლენით, ჟანგბადის მოლეკულა ატომებად იშლება (იყოფა) და 110-120 კმ-ის სიმაღლიდან იგი სრულებით ატომურია. სავარაუდოა, რომ 400-500 კმ-ის სიმაღლეზე მეორე ელემენტი — აზოტიც ატომურ მდგომარეობაში იმყოფება.

ცხრილი VII. 1.

ატმოსფეროს შედგენილობა

აირები	მოცულობითი შემცველობა %-ში	სიმკვრივე, ჰაერის მიმართ
აზოტი (N_2)	78,08	0,97
ჟანგბადი (O_2)	20,95	1,11
არგონი (Ar)	0,93	1,38
ნახშირორჟანგი (CO_2)	0,03	1,53
ნეონი (Ne)	$1,82 \times 10^{-3}$	0,70
ჰელიუმი (He)	$5,24 \times 10^{-4}$	0,14
კრიპტონი (Kr)	$1,14 \times 10^{-4}$	2,87
წყალბადი (H_2)	5×10^{-5}	0,07
ქსენონი (Xe)	$8,7 \times 10^{-6}$	4,52
ოზონი (O_3)	10^{-6}-10^{-5}	1,62

უფრო მნიშვნელოვანია ორი ძირითადი შემადგენელი ქიმიური ელემენტის — აზოტისა და ჟანგბადის თანაფარდობის მუდმივობა. ჟანგბადის წონა ატმოსფეროში 10^{15} ტონას შეადგენს. იგი დედამიწის ზედაპირზე (ნორმალური წნევისა და 0^0-ის ტემპერატურის შემთხვევაში) 1,7 კმ-ის სიმძლავრის ფენას შექმნიდა. ჟანგბადის მაღალი აქტიურობა მის როლს ბუნებაში ერთიორად ზრდის. მისი უშუალო მონაწილეობით მიმდინარეობს მცენარეებისა და ცხოველების სუნთქვა, ორგანული ნარჩენების ნელი დაჟანგვა (გახრწნა), წვის პროცესი, ლითონების დაჟანგვა და ა.შ. ატმოსფერული ჟანგბადი მწვანე მცენარეულობის ცხოველმოქმედების* შედეგია. აზოტის შემცველობა ატმოსფეროში (4×10^{15} ტონა) განაპირობებს მის მაღალ კონცენტრაციას ბუნებრივ შენაერთებში. იგი შედის ამონიუმების (NH_4Cl), ნიტრატების, ქვანახშირის (2,5%-მდე), ნავთობის (1,5%-მდე), მდინარეებისა და ზღვების (ოკეანეების) წყლების, აგრეთვე, ნიადაგისა (0,1%) და ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენლობაში.

უფრო ცვალებადია ნახშირბადის დიოქსიდის (CO_2) შემადგენლობა. ატმოსფეროში იგი შემოდის ვულკანებისა და მინერალური წყაროებისაგან, ნიადაგისა და ორგანიზმების, აგრეთვე, პროდუქტების გახრწნის შედეგად. ეს აირი შედარებით მძიმეა და ამიტომ 3-5 კმ-ის სიმაღლეზე, მიწის ზედაპირის სიახლოვესთან შედარებით, ნაკლებადაა წარმოდგენილი. ამავე დროს, მიწისპირა ფენის ჰაერი ნახშირორჟანგა

* ამ პროცესის (ფოტოსინთეზი) დეტალური არსის შესახებ მოცემულია სახელმძღვანელოს IX და X თავებში.

გაზის დაბალი კონცენტრაციით (მცენარეთა ფოტოქიმიური მოქმედება) ხასიათდება. ფოტოსინთეზური უნარის გარდა, CO_2-ის როლი ძალზე დიდია დედამიწის სათბურის ეფექტის ფორმირებაში. გავიხსენოთ, რომ იგი დედამიწისაკენ ადვილად უშვებს მზის მოკლეტალღიან რადიაციას, ამავე დროს, აკავებს დედამიწის გრძელტალღიან გამოსხივებას. გეოგრაფიულ გარსში ამ აირის როლის შესახებ ნათელი წარმოდგენა გვექნება თუ წარმოვიდგენთ ატმოსფეროს CO_2-ის გარეშე. ამ შემთხვევაში, ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 21^0-ით დაიკლებდა ანუ -7^0 გახდებოდა. თუკი პირიქით, CO_2-ის რაოდენობას ორჯერ გავზრდიდით, მაშინ ჰაერის ტემპერატურა 4^0-ით მოიმატებდა. ჰაერის ტემპერატურის აღნიშნული ცვლილება შპიცბერგენსა და კ. მადეირას შორის კლიმატური სურათების განსხვავებულობის ანალოგიურია.

დიდია ატმოსფერული ორთქლის მნიშვნელობა. იგი ჰაერში დედამიწის ზედაპირიდან აორთქლების გზით შემოდის. წყლის ორთქლი ატმოსფეროში ძალზე შესამჩნევად იცვლება, რაც სივრცესა და დროში 4-დან 0,1%-მდე (მოცულობითი შემადგენლობა) შეიძლება განისაზღვროს. მისი უდიდესი ნაწილი (90%) მოქცეულია ატმოსფეროს ყველაზე ქვედა 5-6 კმ-იან ფენაში. სიმაღლის ზრდასთან ერთად წყლის ორთქლის შემცველობა სწრაფად კლებულობს. საქმე იმაშია, რომ ატმოსფეროში წყლის ორთქლის რაოდენობა ჰაერის ტემპერატურაზეა დამოკიდებული: რაც უფრო დაბალია იგი, მით ნაკლებია ორთქლის შემცველობა. ასე, მაგალითად, ჰაერის $+30^0$ ტემპერატურის დროს, მას შეუძლია მაქსიმალურად შეაკავოს 30 გრ $მ^{-3}$ წყლის ორთქლი, ხოლო -30^0 ტემპერატურის დროს – მხოლოდ 0,3 გრ $მ^{-3}$-ია შესაძლებელი. აქედან გამომდინარე, ჰაერის ტემპერატურის დაწევისას, წყლის ორთქლის რაოდენობის შეუცვლელად, გაუჯერებელი ჰაერი შეიძლება გაჯერებულ მდგომარეობაში გადავიდეს. ამ დროს, წყლის ორთქლი მტვრის ნაწილაკების (კონდენსაციის ბირთვების) გარშემო შემოეკვრება და, ჰაერის შემდგომი გაცივებისას, წყლის წვეთებად გადაიქცევა, ანუ ორთქლის კონდენსაციას ექნება ადგილი. აღსანიშნავია, რომ წყლის ორთქლი 3-ჯერ მეტად აკავებს დედამიწის გრძელტალღიან გამოსხივებას, ვიდრე ნახშირბადის დიოქსიდი.

ატმოსფერო შეიცავს აგრეთვე მტვრის ნაწილაკებს. მათ განსაკუთრებული როლი ენიჭება. მტვერი ჰაერში ხვდება წვის, ვულკანური ამოფრქვევის, მიწის ზედაპირის მინერალური ნაწილაკების გადატანისა და სხვა ფაქტორების შედეგად. მათი დიამეტრი უმნიშვნელოდ მცირეა (10^{-5}-10^{-3} სმ) და ძირითადად ატმოსფეროს ქვედა ფენაშია წარმოდგენილი. წვიმის შემდგომაც კი 1 $სმ^3$ მოცულობის ჰაერში 30 ათასამდე მტვრის ნაწილაკი იმყოფება. მშრალ ამინდში, ცხადია, მტვრის რაოდენობა რამდენადმე იზრდება. მტვრის კონცენტრაცია მატულობს, აგრეთვე, უტყეო და მჭიდროდ დასახლებულ სამრეწველო ქალაქებში. ატმოსფერული მტვერი, ჯერ ერთი, ასუსტებს მზის რადიაციას, მეორეც – მის გარეშე შეუძლებელია ატმოსფერული ნალექების ფორმირება.

ატმოსფეროს შედგენილობა განსაზღვრავს ცის ფერს. მზის მოკლეტალღიანი სხივების სპექტრის ნაწილი იფანტება რა ატმოსფეროში, მას ცისფერ ფერს აძლევს. ჰაერში მტვრის უხვად არსებობისას, მზის სხივების თითქმის ყველა სიგრძის ტალღების გაბნევას აქვს ადგილი. ამიტომ ცა უფერული ან მოთეთრო ფერის ხდება. დიდ სიმაღლეზე ცა მუქი ან შავი ფერისაა.

ჰაერის წნევა და წონა. ჯერ კიდევ XVII საუკუნის შუა წლებამდე ჰაერი უხილავი და უწონო ეგონათ. მოგვიანებით, ცნობილი გახდა, რომ 0^0 ტემპერატურის დროს, ზღვის დონეზე 45^0-იან განედზე, 1 $მ^3$ მოცულობის ჰაერის წონა 1,293 კგ-ს (~1,3 კგ) შეადგენს. ამავე დროს დადგინდა, რომ 10,3 მ-ის სიმაღლის წყლის სვეტი გაწონასწორებულია მიწისპირა ფენის ატმოსფერული წნევით. რადგან ვერცხლისწყალი 13,6-ჯერ მძიმეა წყალზე, ამიტომ, 10,3 მ (1030 სმ):13,6=75,74 სმ, ანუ ~76 სმ შეადგენს და, შესაბამისად, ატმოსფერული წნევა ვერცხლისწყლის სვეტის 76 სმ-ის სიმაღლით წონასწორდება. ეს მოვლენა დაედო საფუძვლად ატმოსფერული წნევის გაზომვას. ამ მიზნით შემუშავებულ ხელსაწყოს ბარომეტრი (ბერძნ. Baros – სიმძიმე) უწოდეს. ამავე დროს დადგინდა, რომ სიმაღლის ზრდასთან ერთად ატმოსფერული წნევა კლებულობს.

მიუხედავად იმისა, რომ ატმოსფერო რამდენიმე ასული კილომეტრის სიმაღლეზე ვრცელდება, ჰაერის უმთავრესი მასა შედარებით მის თხელ ფენაშია გავრცელებული. ზღვის დონესა და 5-6 კმ-ის სიმაღლეს შორის სივრცეში ატმოსფეროს მასის ნახევარია მოქცეული. ატმოსფეროს მთლიანი მასა კი $5,27x10^{18}$ კგ-ს შეადგენს. მისი მოცულობის 75% კი 11 კმ-ის სიმაღლემდე ვრცელდება, ხოლო ჰაერის 95% მიწის ზედაპირიდან ორი ათეული კილომეტრითაა დაშორებული. აღსანიშნავია, რომ ატმოსფეროს მთლიანი მასა 250-ჯერ ნაკლებია წყლის გარსის მასასთან შედარებით, ხოლო დედამიწის მყარი გარსი მას ერთ მილიონჯერ აღემატება. ატმოსფერული წნევის გეოგრაფიული შედეგების დეტალური ანალიზი მოცემულია ქვემოთ, ამავე თავის შესაბამის ნაწილში.

ატმოსფეროს წარმოშობა და განვითარება. დედამიწის ატმოსფეროს სივრცე-დროითი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი უცვლელი როდი იყო. თანამედროვე ატმოსფერო მილიარდობით წლების განმავლობაში განვლილი ევოლუციის საბოლოო შედეგია. ჰაერის გარსის ფიზიკო-ქიმიური პარამეტრების გაზომვის ისტორია მხოლოდ ამ ბოლო 200 წელიწადს მოიცავს. ამიტომ ძნელია წარმოვიდგინოთ მისი წარმოშობისა და განვითარების ყველა დეტალი. მით უმეტეს, რომ წარსულის გეოლოგიური პერიოდების ატმოსფეროს თვისებებსა და შედგენილობას განუწყვეტელი ცვლილებები უნდა განეცადა. მათ შესახებ წარმოდგენის მიღება, მხოლოდ ბუნებრივი გარსის კომპონენტების მჭიდრო ურთიერთკავშირების საფუძველზე, გეოლოგიური წარსულის განამარხებული გლობალური მოვლენების ანაბეჭდებიდან მიღებული ინფორმაციის აღქმის შედეგადაა შესაძლებელი.

ამჟამად ცნობილია ატმოსფეროს წარმოშობისა და განვითარების რამდენიმე ჰიპოთეზა. ლ. პასტერის (XIX ს-ის მეორე ნახევარი) აზრით, პირველადი ატმოსფერო უჟანგბადო უნდა ყოფილიყო, ხოლო პლანეტის ცოცხალი ორგანიზმები ანაერობული (უჟანგბადო) ბაქტერიებს წარმოადგენენ. ასეთი ორგანიზმების მრავალი სახეობა დღესაც არსებობს. ინგლისელი ბიოლოგის ი. ჰელდენის მიხედვით, თავდაპირველი ატმოსფერო ნახშირორჟანგს, წყლის ორთქლსა და ამიაკს შეიცავდა. ისინი წარმოადგენს პირველი ორგანული შენაერთების წარმოქმნის საფუძველს. ამ ნივთიერებათა სინთეზისათვის საჭირო ენერგიას მზის ულტრაიისფერი სხივები იძლეოდა. სხვა შეხედულებით (ჯ. აბელსონი), თავიდან ატმოსფერო შეიცავდა აზოტს, წყალბადსა და ნახშირორჟანგს. ისინი ერთმანეთთან ულტრაიისფერი სხივების მეშვეობით მოქმედებდნენ, რამაც პირველადი ორგანული ნაერთების წარმოქმნა გამოიწვია. ამ, ჯერ უცნობი, პროცესის შედეგად წარმოიქმნა შედარებით რთული უჯრედები.

დედამიწის წარმოშობის ო. შმიდტისეული ჰიპოთეზით, ატმოსფეროს ჩამოყალიბება პლანეტის ფორმირებასთან ერთად მიმდინარეობდა, რასაც ხელს უწყობდა ვარდნილი მეტეორებისა და სხვა კოსმოსური სხეულებიდან გამოყოფილი აირები. ა. ოპარინის აზრით, თავდაპირველ ატმოსფეროში, როგორც კოსმოსური „გადმონაშთი და რელიქტი", შედიოდა წყალბადი, წყლის ორთქლი, ამიაკი და მეთანი. ამავე გზით, პირველადი ატმოსფეროს შემადგენლობაში წყალბადის, ნახშირორჟანგის, გოგირდწყალბადის, ინერტული გაზების — ამიაკისა და მეთანის არსებობაზე მიუთითებდა რუსი კ. კონდრატიევი. სიცოცხლის არსებობისათვის საჭირო ჟანგბადის წარმოშობა კი, სავარაუდოდ, შედარებით მოგვიანებით მოხდა, წყლის მოლეკულებისა და მზის რადიაციის ურთიერთმოქმედების შედეგად. ეს ურთიერთმოქმედება წყლის მოლეკულების გახლეჩვას იწვევდა, რის შედეგად ატმოსფეროში თავისუფალი ჟანგბადის დაგროვებას ჰქონდა ადგილი.

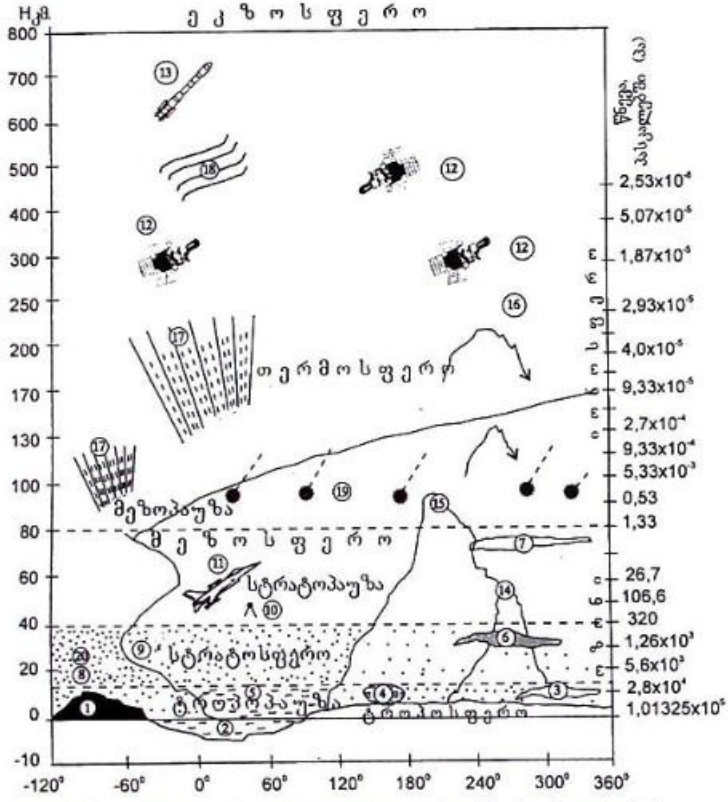
როგორც ჩანს, თავდაპირველი ატმოსფეროს შემადგენლობა მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდა მისი თანამედროვე მდგომარეობისაგან, რომელიც ხანგრძლივი გეოლოგიური ევოლუციის შედეგად იქნა ფორმირებული. ამჟამად მიღებულია ატმოსფეროს განვითარების შემდეგი მექანიზმი: თავიდან ატმოსფერო წყალბადისა და ჰელიუმისაგან შედგებოდა; დედამიწის გახურებას ამ ელემენტების დისიპაცია და დედამიწის დეგაზაცია უნდა მოჰყოლოდა; დედამიწამ დაკარგა წყალბად-ჰელიუმიანი ჰაერის გარსი და წიაღიდან გამოყოფილი გაზებისაგან თავისი საკუთარი, პირველადი ატმოსფერო შექმნა, რომელშიც ჟანგბადი არ არსებობდა, ანუ ატმოსფეროში აღდგენითი პროცესები ბატონობდა; ამ პერიოდს აბიოგენური ეტაპიც შეიძლება დაერქვას; მოგვიანებით დედამიწის ატმოსფეროში აზოტი, ნახშირორჟანგი და მეთანი გაჩნდა; წყლის დისოციაციამ ჟანგბადის უმნიშვნელო მარაგიც გააჩინა.

ატმოსფეროს განვითარების ბოლო ეტაპზე — სიცოცხლის წარმოშობას ხელი ფოტოსინთეზის მექანიზმის გაჩენამ შეუწყო. ამავე დროს, ატმოსფეროში თითქმის მთლიანად დაიკარგა ნახშირორჟანგი, რომელიც მოხმარდა ნახშირისა და კარბონატების ნამარხების წარმოქმნას. ასეთია წყალბად-ჰელიუმიანი ატმოსფეროს ხანგრძლივი და რთული ევოლუციის გზა, რომელმაც თანამედროვე აზოტ-ჟანგბადიანი ჰაერის ჩამოყალიბება გამოიწვია. ცხადია, რომ ამ გარდაქმნის ურთულესი პროცესი აქ მეტად მარტივადაა წარმოდგენილი, რაც სრულებით არ აკნინებს ატმოსფეროს განვითარების ევოლუციის სირთულესა და გრანდიოზულობას.

ატმოსფეროს აღნაგობა. დედამიწის ჰაერის გარსის ქვედა საზღვარი მკვეთრადაა გამოხატული. იგი პლანეტის ზედაპირს ემთხვევა. თუმცა სახეზეა ჰაერის შეღწევა ლითოსფეროს ნაპრალებისა და გრუნტის ფორების რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმემდე. რაც შეეხება ატმოსფეროს ზედა საზღვარს, იგი გამოკვეთილად არ არის გამოხატული და თანდათან გადადის კოსმოსურ სივრცეში. ამის მიუხედავად, ატმოსფეროს მეტეოროლოგიურ ზედა საზღვრად პირობითად 1000-1200 კმ-ია მიღებული. ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ გეოგრაფიული თვალსაზრისით (ატმოსფერული ნალექები, მეტეოროლოგიური ელემენტები, ეკოლოგიური პირობები) უმნიშვნელოვანესია ატმოსფეროს მხოლოდ ქვედა (ტროპოსფერო) და მისი მიმდებარე (30 კმ-ის სიმაღლემდე) ფენები.

ატმოსფეროს აღნაგობა ერთგვაროვანი სრულებით არ არის. ფიზიკური თვისებების, ძირითადად, თერმული რეჟიმის მიხედვით, ატმოსფეროს ვერტიკალური სტრუქტურა (ნახ. VII.1) იარუსიანი აღნაგობით ხასიათდება. მისი ქვედა ფენა, რომელიც

უშუალოდ ეკვრის დედამიწის ზედაპირს – ტროპოსფეროს სახელწოდებისაა. ამ ფენის საშუალო სიმძლავრე 11 კმ-ს (პოლარულ განედებში – 8 კმ, ეკვატორულში – 17 კმ) შეადგენს. სწორედ, ტროპოსფეროშია მოქცეული ატმოსფეროს მასის ძირითადი (80%) ნაწილი., ტროპოსფეროს ჰაერის ფიზიკური ნიშნები მჭიდროდაა დაკავშირებული დედამიწის ზედაპირის თავისებურებებთან. ამიტომ, ამ კავშირების განსაკუთრებული მნიშვნელობის გამო, მას ქვეფენილი ზედაპირის სახელწოდებით აღნიშნავენ.



ნახ.VII.1. ატმოსფეროს ვერტიკალური აღნაგობა (ხ. პოლოსიანისა და ზ. ტურნეტის მიხედვით; კ. მარკოვისა და სხვ. წიგნიდან, 1978 წ.)

1. მთების უდიდესი სიმაღლეები; 2. ოკეანეების უდიდესი სიღრმეები; ღრუბლები: 3. ქვედა; 4. კონვექციური; 5. ბუმბულისებრი; 6. სადაფისებრი; 7. ერცხლისფერი; 8. პიკარის სტრატოსტატი; 9. „ოსოავიაქიმის" სტრატოსტატი; 10. რადიოზონდები; 11. მეტეოროლოგიური რაკეტები; 12. გეოფიზიკური რაკეტები; 13. დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრები; 14. ბგერითი ტალღების არეკვლა; 15. საშუალო რადიოტალღების არეკვლა; 16. მოკლე რადიოტალღების არეკვლა; 17. ქვედა ატმოსფეროს პოლარული ციალი; 18. ზედა ატმოსფეროს პოლარული ციალი; 19. მეტეორები; 20. ოზონის კონცენტრაციის ფენა.

ტროპოსფეროს ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელი ნიშანი, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ტემპერატურის თანდათანობითი შემცირებაა. მისი მნიშვნელობა ყოველ 100 მ-ზე 0,5-0,6^0-ს შეადგენს. ამის გამო, ზომიერ განედებში, ტროპოსფეროს ზედა საზღვართან, ჰაერის ტემპერატურა -55^0-ს, ხოლო ეკვატორზე -80^0-საც კი აღწევს. სიმაღლეში ჰაერის ტემპერატურის შემცირება ძირითადად ორ ფაქტორზეა დამოკიდებული: 1. ჰაერის გაფართოება სიმაღლეში ატმოსფერული წნევის დაცემის გამო და 2. დედამიწის ზედაპირიდან სითბოს გადატანა. ცხადია, რომ ორივე ფაქტორი ჰაერის ტემპერატურის დაკარგვის მომასწავებელია.

თეორიული გეოგრაფიული ანალიზის თვალსაზრისით, ატმოსფეროს ფენებთან შედარებით, ტროპოსფეროს უდიდესი როლის შესრულება უწევს ბუნებრივ გარსში. ამ მხრივ, შეიძლება აღვნიშნოთ ცოცხალი ორგანიზმების არსებობა და ქანების გამოფიტვის პროცესის მიმდინარეობა, ნალექდაგროვება და ატმოსფერული ნალექების, აგრეთვე, სითბური და სხვა რეჟიმების ტროპოსფეროსთან დაკავშირება. აქვე შეინიშნება ჰაერის მასების წარმოშობა და მათი ინტენსიური მოძრაობა როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური მიმართულებით. ტროპოსფეროს ტენის სახეები — წყლის ორთქლი და წვეთები, ყინულის კრისტალები და ფიფქები განაპირობებენ ატმოსფერული ნალექების (ნისლი, წვიმა, ნამი, სეტყვა, ჭირხლი, თოვლი) მრავალგვარობას. ტროპოსფეროში იბადება და ვითარდება პასატები და ბრიზები, მუსონები და გრიგალი, კატასტროფული ქარიშხლის სახესახეობები (ტორნადო) და ა.შ.

ტროპოსფეროს ზედა საზღვართან გავრცელებულია საკმაოდ თხელი (1 კმ-ის სისქის) გარდამავალი ტროპაუზის ფენა, რომლის ზემოთ ჰაერის ვერტიკალური დენების აღმასვლას ადგილი არა აქვს. აქვე იწყება ატმოსფეროს მეორე — სტრატოსფეროს ფენა, თავდაპირველად, 20 კმ-ის სიმაღლემდე ჰაერის ტემპერატურა არ იცვლება. ქვედა სტრატოსფეროს იზოთერმულ ფენაში ჰაერის ტემპერატურა 60-70-ით ნულზე დაბლაა. უფრო მაღლა ტემპერატურის თანდათანობითი მატება ძირითადად დაკავშირებულია, მოკლეტალღიანი რადიაციის გავლენით, ოზონის გახურებასთან. ამ ფენას ზედა სტრატოსფეროს უწოდებენ. ოზონის მაღალი კონცენტრაციის გამო, სტრატოსფეროს სხვაგვარად — ოზონოსფეროსაც (მაქსიმუმი 25 კმ-ის სიმაღლეზე) ეძახიან.

დიდია განსხვავება ტროპოსფეროსა და სტრატოსფეროს შორის. თუკი ტროპოსფეროს მაღალ ფენაში (4 კმ-ზე ზემოთ) დასავლურ გადატანას აქვს ადგილი, სტრატოსფეროს ზედა ნაწილში აღმოსავლური გადატანა ჭარბობს, ხოლო ქვედა ფენაში, პირიქით, დასავლური ქარია გაბატონებული. მეორე განსხვავება სტრატოსფეროში სამი იზოთერმული ფენის არსებობაში მდგომარეობს. უფრო მძლავრი (ქვედა), დაბალი ტემპერატურის (-55^0) ფენას მოსდევს მცირე სიმძლავრის შუა (77^0 და -33^0) ფენა, ხოლო ყველაზე თხელი ფენა (+102^0) სტრატოსფეროს ზედა საზღვართან ფიქსირდება. იზოთერმული ფენები აქ ტემპერატურულ მიჯნებს ქმნიან.

მნიშვნელოვანია სტრატოსფეროს როლი ოზონის ეკრანის არსებობის გამო. მას 20 კმ-ის სისქის „ეკრანი" უკავია. ოზონის წარმოშობას ხელს უწყობს მზის ულტრაიისფერი რადიაციის ზემოქმედება ჟანგბადზე, რაც მის ატომებად დაშლას იწვევს. თავისუფალი ატომების მოლეკულებთან შეერთებით ($O_2+0=O_3$) სტრატოსფერული ოზონის ფორმირებას აქვს ადგილი. ოზონი მთლიანად შთანთქავს

რა მზის ულტრაიისფერ (ორგანიზმების მომაკვდინებელ) გამოსხივებას – „ეკრანის“ უნიერსალურ როლს ასრულებს.

სტრატოსფეროს ფენის მაღლა მეზოსფერო მდებარეობს. იგი თითქმის 80 კმ-ის სიმაღლემდე ვრცელდება. მეზოსფეროში ტემპერატურა, ტროპოსფეროს მსგავსად, კლებულობს და -90^0 აღწევს. უფრო მაღლა კი იონოსფეროა გავრცელებული. იგი 800-1000 კმ-ის სიმაღლემდეა წარმოდგენილი. ტემპერატურა აქ საკმაოდ (220^0-მდე) მაღალია, ხოლო 600 კმ-ის სიმაღლეზე 1500^0-საც კი აღწევს. ამიტომ ამ სფეროს თერმოსფეროსაც უწოდებენ. ჰაერის იონიზაციას ულტრაიისფერი სხივების მაღალი შეღწევადი უნარი განაპირობებს. იონიზაციის როლი დიდია პრაქტიკულ ცხოვრებაში. რადიოტალღების მრავალჯერადი არეკვლის გამო, ისინი დედამიწას გარს შემოუვლიან და აღწევენ ყველაზე დაშორებულ პუნქტებსაც კი. იონოსფეროს ამ თვისების გარეშე პირდაპირი რადიოკავშირის შესაძლებლობა მხოლოდ 50-100 კმ-ის მანძილზე იქნებოდა. იონოსფეროში მიმდინარეობს, აგრეთვე, პოლარული ციალის მოვლენა.

ატმოსფეროს გარე ფენა – ეკზოსფერო 800-1000 კმ-ით მაღლა მდებარეობს. მის ფარგლებში აირების, ატომებისა და მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე ძალზე მაღალია და მეორე კოსმოსურ სისწრაფეს (11,2 კმ წმ$^{-1}$) აღწევს. ამის გამო, ეს სხეულები გადალახავენ რა დედამიწის მიზიდულობის ძალას, კოსმოსურ სივრცეში იფანტებიან. ყველაზე უფრო ინტენსიურად წყალბადისა და ჰელიუმის ატომები იფანტება, ისინი ახლო კოსმოსურ სივრცეში (2-3 ათასი კმ) დედამიწის ატმოსფერულ გვირგვინს ქმნიან. ამგვარი ფენის არსებობა ატმოსფეროს „დასასრულზე“ მიუთითებს.

ატმოსფეროს რადიაციული და სითბური რეჟიმი. ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესების მამოძრავებელი ძალა მზის ენერგიასთანაა დაკავშირებული. მზე განუწყვეტლივ აწვდის დედამიწას სხივურ ენერგიას, ანუ მზის რადიაციას, რომლის ორი მემილიარდედი ნაწილი (0,00000005%) აღწევს დედამიწამდე. ატმოსფეროში შემოსული მზის სხივური ენერგია $1,76 \times 10^{24}$ ერგი წმ$^{-1}$ შეადგენს, რაც მთვარიდან მიღებულ ენერგიას 18 მლნ-ჯერ აღემატება. მზის ეს სხივური ენერგია 12 მლრდ. ტონა ქვანახშირის დაწვის შედეგად გამოყოფილი სითბოს ეკვივალენტურია. შედარებისათვის აღვნიშნავთ, რომ ატმოსფეროში შემოსული მზის ენერგიის ორი კვირის „დანაზარჯი“ დედამიწის ქვანახშირის მთლიანი მარაგის დაწვისას შექმნილი სითბოს ტოლფასია.

მზის რადიაციის დიდი ნაწილი ატმოსფეროში შემოდის პარალელურ სხივთა კონის სახით. მას მზის პირდაპირი რადიაცია ეწოდება. რადიაციის ნაწილი ატმოსფეროში გაიბნევა. ორივე მათგანი ჯამურ რადიაციას ქმნის. მისი დიდი ნაწილის დედამიწის მიერ შთანთქმას აქვს ადგილი. ეს შთანთქმული რადიაციაა. დანარჩენი კი აირეკლება (არეკლილი რადიაცია, ანუ ალბედო) როგორც ატმოსფეროს, ისე დედამიწის ზედაპირიდან. ამდენად, დედამიწა და ატმოსფერო შთანთქმული რადიაციის წყალობით, თვითონ ხდებიან გამოსხივების წყაროები. მზის პირდაპირი რადიაციის ნაკადზე დაკვირვებები წარმოებს სხივებისადმი მართობული ზედაპირის მქონე ხელსაწყოებით. პირდაპირი რადიაციის ნაკადის განსაზღვრა მზის სიმაღლის ცვლილებებით ხდება. იგი მაქსიმალურია მაშინ, როცა მზე ზენიტურ მდგომარეობაშია. რადიაციის სიდიდეზე გავლენას ახდენს მოღრუბლულობა, ჰაერის გამჭვირვალობა და სხვ. საქართველოში მზის პირდაპირი რადიაციის ჯამი 115-დან 140-მდე კკალ სმ$^{-2}$ წწ$^{-1}$ ფარგლებში მერყეობს. ამასთან,

ყაზბეგსა და ბაკურიანში, სუფთა ჰაერის პირობებში მტვრის მცირე რაოდენობის გამო, პირდაპირი რადიაცია შესაბამისად 1,72 და 1,62 კალ სმ$^{-2}$ წთ$^{-1}$ შეადგენს, მაშინ, როცა იმავე ინტენსივობის მაქსიმალური სიდიდე თბილისში 1,58 კალ სმ$^{-2}$ წთ$^{-1}$ არ აღემატება.

გაბნეული რადიაციის ნაკადზე განსაკუთრებით დიდ გავლენას ღრუბლიანობა ახდენს. სწორედ, ღრუბლები შეიცავენ რა გამბნევ ნაწილაკებს, მნიშვნელოვნად ზრდიან გაბნევის ხარისხს. ამავე დროს, გაბნევის ეფექტი დამოკიდებულია ღრუბელთა ტიპზე, მათ მიერ ცის თაღის დაფარვის ხარისხსა და მზის სიმაღლეზე. ამრიგად, ერთი და იმავე ტიპის ღრუბლიანობის დროს გაბნეული რადიაცია მზის პირდაპირი რადიაციის ნაკადის შესადარ მნიშვნელობას აღწევს ხოლმე.

ზღვის დონიდან, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, გაბნეული რადიაციის ნაკადის სიდიდე ატმოსფეროს გამჭვირვალობის უკუპროპორციულად იცვლება, რადგან ჰაერის გამბნევი ფენის სისქე ამ მიმართულებით კლებულობს.

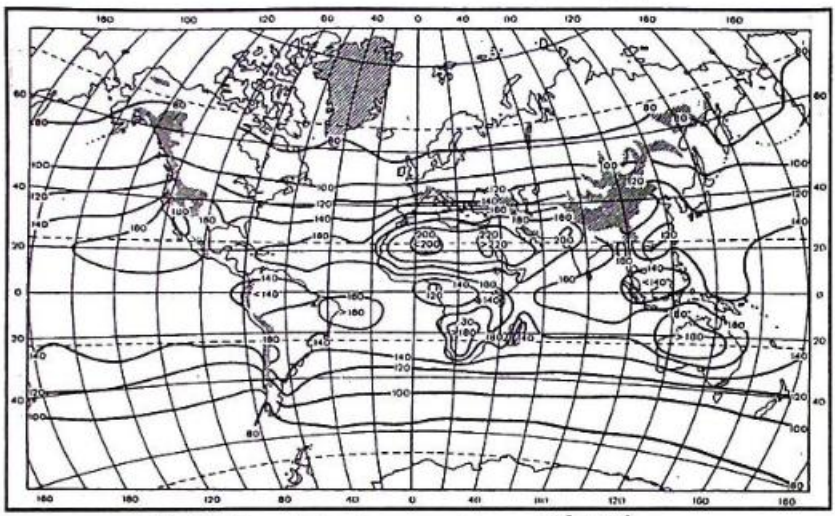
ღრუბლიანობისას კი გაბნეული რადიაციის ნაკადი ღრუბლებს ქვემოთ, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, მატულობს. დღის განმავლობაში გაბნეული რადიაციის შედეგად მოსული სითბო, პირდაპირ რადიაციასთან შედარებით, მხოლოდ რამდენიმე ათეულ პროცენტს შეადგენს. თუმცა მაღალ განედებში (არქტიკა) გაბნეული რადიაციით სითბოს მოდენა რამდენადმე აჭარბებს კიდეეაც პირდაპირი რადიაციის სითბოს. გაბნეული რადიაციის როლი განსაკუთრებით ზამთრობით იზრდება. ის ხშირად აღემატება კიდეეაც პირდაპირი რადიაციის მნიშვნელობას. ასე, მაგალითად, თბილისის ზამთრის (ნოემბერ-თებერვალი) სეზონში გაბნეული რადიაცია 110-125%-ით აღემატება პირდაპირი რადიაციის სიდიდეს.

ჯამური რადიაციის ნაკადის სიდიდე და მისი ცვლილებათა კანონზომიერებები განისაზღვრება პირდაპირი და გაბნეული რადიაციების ანალოგიური პარამეტრებით. ჯამური რადიაცია დამოკიდებულია მოღრუბლულობის ხარისხსა და მის სივრცე-დროით განაწილებაზე, გაბნეული და პირდაპირი რადიაციათა სიდიდეების ურთიერთ-კომპენსაციის მიუხედავად, ჯამური რადიაციის ნაკადი, ატმოსფეროს მდგომარეობის მიხედვით, ნაწილობრივ ცვლილებას განიცდის. დედამიწაზე ჯამური რადიაციის დღიური ჯამების მაქსიმუმები ზაფხულის თვეებზე მოდის, თუმცა ცის თაღის მთლიანი მოღრუბლულობის დროს, იგი გაზაფხულისა და შემოდგომის შესაბამის სიდიდეებთან შედარებით, შეიძლება ნაკლებიც კი აღმოჩნდეს.

ჯამური რადიაციის წლიური მსვლელობა დედამიწაზე არათანაბრად, მაგრამ კანონზომიერადაა (ნახ. VII.2) განაწილებული. ჯამური რადიაციის მაღალი მნიშვნელობები (200 კკალ სმ$^{-2}$ წწ$^{-1}$) ტროპიკულ უდაბნოებში აღინიშნება, ხოლო უმცირესი (80 კკალ სმ$^{-2}$ წწ$^{-1}$) – პოლარულ განედებშია. წლიური ჯამური რადიაციის მნიშვნელობა საქართველოში 115-155 კკალ სმ$^{-2}$ შეადგენს, მისი მაქსიმუმი ზაფხულის თვეებს ემთხვევა და 15-20 კკალ სმ$^{-2}$, ხოლო მინიმუმი (-3,6÷-5,6 კკალ სმ$^{-2}$) ზამთარშია დაფიქსირებული.

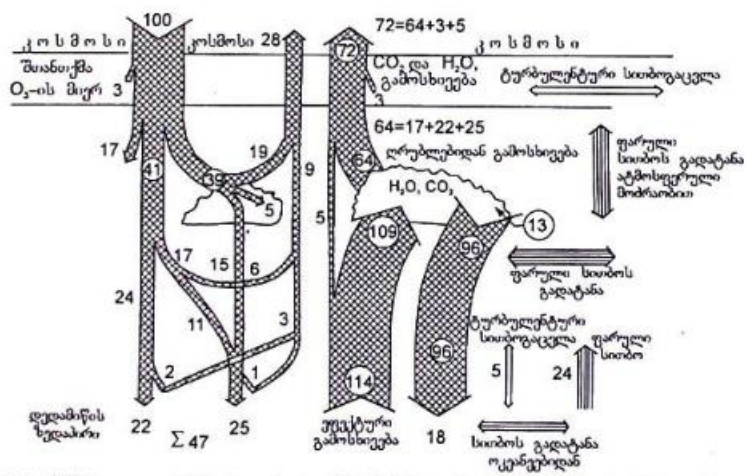
რადიაციული ბალანსი. გეოგრაფიულ გარსში შემოსული მზის ენერგია მრავალგვარ გარდაქმნას (ნახ. VII. 3) განიცდის. მზის ენერგიის ტრანსფორმაცია იწყება მისი ტრანსფორმაციით ატმოსფეროში. მეცნიერთა გამოთვლებით (კ. კონდრატიევი, 1980) რადიაციის ნაწილი (თითქმის 25%) ოზონის მიერ (20-30 კმ-ის სიმაღლეზე) შთაინთქმება. უფრო დაბლა რადიაციის შთანთქმას ახდენენ წყლის ორთქლი, ატმოსფერული მტვერი და ღრუბლები. რადიაციის ნაწილი ღრუბლების

ზედაპირიდან აირეკლება, ხოლო მისი 40%-ის ატმოსფეროში გაბნევას აქვს ადგილი. ამ უკანასკნელი სიდიდის თითქმის ნახევარი დედამიწის ზედაპირისაკენაა მიმართული, დანარჩენი კი ისევ კოსმოსურ სივრცეს უბრუნდება.



ნახ. VII.2. ჯამური რადიაცია (კკალ სმ$^{-2}$ წთ.$^{-1}$)

ამდენად, მზის რადიაციის თითქმის 50% დედამიწის ზედაპირს აღწევს. აქედან, რადიაციის მცირე (3%) ნაწილი აირეკლება და ჰაერის მტვრიდან, აგრეთვე,



ნახ. VII.3. დედამიწის სითბური (%–ში) ბალანსი. ენერგიის ტრანსფორმაცია (კ. კონდრატიევის მიხედვით, 1980)

ღრუბლებიდან არეკლილ რადიაციასთან ერთად 28% შეადგენს. დედამიწის მიერ სამყაროს სივრცეში არეკლილი რადიაციის შეფარდებას ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე შემოსულ მზის გამოსხივების სიდიდესთან, ალბედოს უწოდებენ. შემოსულ

და არეკვლილ რადიაციებს შორის სხვაობა შთანთქმული გამოსხივების სახელწოდებითაა ცნობილი. სწორედ მისი მეშვეობით მზის რადიაცია სითბოში გადადის და ათბობს დედამიწის ზედაპირს. გამთბარი ზედაპირი თვითონ ხდება გამოსხივების* წყარო. ამავე დროს, დედამიწის ზედაპირის შედარებით დაბალი ტემპერატურის (-90-დან +80°C-მდე) გამო, აღნიშნული გამოსხივების ტალღათა ინტერვალი 4-დან 120-მდე მიკრომეტრის (მკმ) ტოლია, ხოლო უმთავრესად 10-15 მკმ-მდე სიდიდეს აღწევს. ამდენად, დედამიწა უხილავი და საკუთარი ინფრაწითელი რადიაციის უნარის მქონე სხეულია.

დედამიწიდან გამოსხივებული რადიაციის 96% ატმოსფეროს მიერ შთაინთქმება. ამ სიდიდის ნაწილი, ატმოსფეროს გავლით კოსმოსურ სივრცეში გადადის, ხოლო ძირითადი ნაკადი ისევ დედამიწის ზედაპირისაკენ ბრუნდება. ამგვარი წრებრუნვა განუწყვეტელი ბუნებისაა: ატმოსფეროდან 8,5 – 11 მკმ სპექტრის სხივები ზემოთ მიიწევს, ხოლო ძირითადი ნაწილი ჰაერში რჩება, რაც მის საბოლოო გათბობას ხმარდება.

დედამიწის გამოსხივების უმთავრეს მშთანთქმელებს ატმოსფეროში არსებული წყლის ორთქლი და ნახშირბადის დიოქსიდი წარმოადგენს. იმის გამო, რომ ატმოსფეროში შთაინთქმება გრძელტალღიანი გამოსხივების უდიდესი (96%) ნაწილი, მიღწეულია ე.წ. სათბურის (ორანჟერული) ეფექტი, რასაც დედამიწის ზედაპირის დამატებით გათბობამდე მივყავართ. დამატებითი გათბობის სიდიდე 38°C შეადგენს. იგი დაკავშირებულია ენერგიის მრავალჯერად გადატანასთან მიწის ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის და, პირუკუ. ამ მოვლენის მრავალჯერადობის გამო, შეიძლება ადვილად აგვხსნათ ისეთი ბუნებრივი პარადოქსი, რომლის მიხედვით დედამიწის ზედაპირის გამოსხივება უფრო მეტი გამოდგება ხოლმე, ვიდრე ატმოსფეროს ზედა საზღვართან შემოსული მზის რადიაციის სიდიდე.

სათბურის ეფექტის განუხრელი ზრდა ატმოსფეროში წყლის ორთქლისა და ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მატებას უკავშირდება. აქედან გამომდინარე, სინოტივისა და ნახშირორჟანგის ატმოსფეროში შემცველობა რამდენადმე განსაზღვრავს ჰაერის ტემპერატურას დედამიწის ზედაპირზე. ამიტომ ხშირად მიმართავენ ამ კომპონენტების ადრინდელი შემცველობის განსაზღვრას პალეოგეოგრაფიული სურათის აღდგენის მიზნით. არანაკლები მნიშვნელობისაა მათი შემდგომი შესაძლებელი ცვლილების განსაზღვრა. ცნობილია, რომ ამჟამად ატმოსფერული ნახშირორჟანგი განუხრელ ზრდას განიცდის, რომლის ტენდენცია, ალბათ, მომავალში შენარჩუნდება კიდევაც. ამიტომ საკმაოდ საყურადღებოა დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის თანდათანობითი მატება.

ზოგადად, დედამიწის ზედაპირზე შემოდის მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაცია, აგრეთვე, ატმოსფეროს უკუ ანუ შემხვედრი გამოსხივება. რადიაციული ენერგიის დანაკარგი შედგება არეკვლილი და გამოსხივებული ნაკადებისაგან. ამ შემოსულ და გასულ (დაკარგული) ენერგიათა სხვაობა დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტის სახელწოდებისაა. მას ნარჩენ რადიაციასაც უწოდებენ. რაც შეეხება რადიაციათა ნაკადების ალგებრულ ჯამს, რომელიც შემოდის და გადის დედამიწის ზედაპირის სისტემიდან, მისი რადიაციული ბალანსი ჰქვია. ხშირად ამ ორ ცნებას (ბიუჯეტი და ბალანსი) აღნიშნავენ ერთი ტერმინით –

* კელვინის სკალის ნულზე მაღალი ტემპერატურის სხეულები სითბური გამოსხივების უნარისაა.

რადიაციული ბალანსი, რაც არათუ მოუხერხებელია, არამედ მოვლენის შესახებ არასწორ წარმოდგენას იძლევა.

რადიაციული ბალანსი გამოითვლება შთანთქმული რადიაციისა (B) და ეფექტური გამოსხივების (E) სხვაობით:

$$R = B - E,$$

რომლებიც თავის მხრივ შემდეგნაირად გამოითვლება:

$$B = (Q + q) - A \quad \text{და} \quad E = E_დ - E_ა,$$

სადაც Q – პირდაპირი რადიაციაა, q – გაბნეული რადიაცია, A – ალბედო, $E_დ$ – მიწის ზედაპირის გამოსხივება, ხოლო $E_ა$ – ატმოსფეროს შემხვედრი გამოსხივებაა. დედამიწის რადიაციული ბალანსის მთლიანი განტოლება შემდეგ სახეს ღებულობს:

$$R = (Q + q) - A - E_დ + E_ა.$$

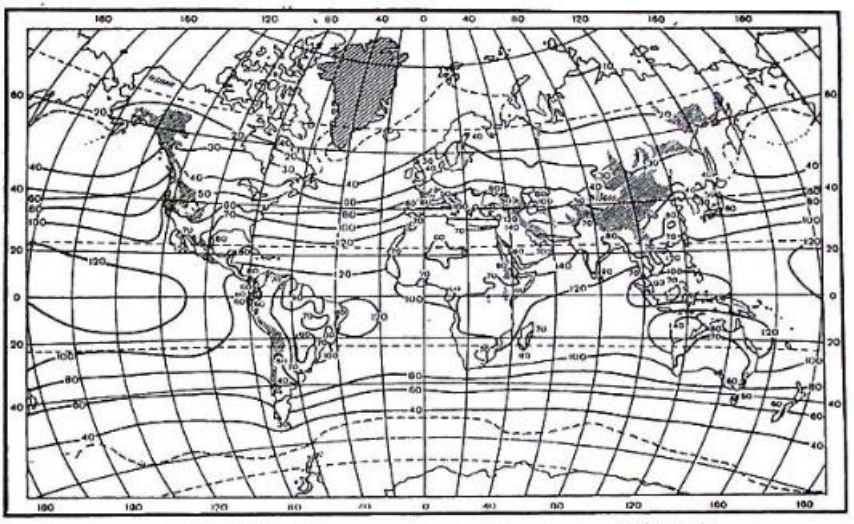
რადიაციული ბალანსი შეიძლება იყოს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი. დღისით იგი დადებითია, ხოლო ღამით უარყოფითი. დღისით, ბალანსის მნიშვნელობა პირდაპირი რადიაციის ცვალებადობის პარალელურად იცვლება. ღამით კი ბალანსის სიდიდე დამოკიდებულია ეფექტური გამოსხივების მსვლელობაზე. მოღრუბლულობა პირდაპირ აისახება რადიაციული ბალანსის აბსოლუტურ მნიშვნელობაში, კერძოდ, ღრუბლები ამცირებენ ბალანსის სიდიდეს. ამავე დროს, ზაფხულში დადებითი რადიაციული ბალანსის შემცირებას აქვს ადგილი, ზამთარში კი უარყოფითი რადიაციული ბალანსი მცირდება. სრულებით სხვაგვარია თოვლის საფარის რადიაციული ბალანსი. იგი მოწშენდილი ცის პირობებში, დღე-ღამის განმავლობაში, როგორც წესი, უარყოფითია. ეს აიხსნება თოვლის საფარის ალბედოსა და ეფექტური გამოსხივების მაღალი მნიშვნელობებით. აქედან ცხადია, რომ მიწების მორწყვას თან სდევს რადიაციული ბალანსის მნიშვნელოვანი (60%-მდე) ზრდა, ვინაიდან ამ დროს ზედაპირის ტემპერატურისა და ალბედოს შემცირებას აქვს ადგილი.

რადიაციული ბალანსის წლიური მსვლელობის ამპლიტუდა განედების მიმართულებით იცვლება: იგი ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ თანდათანობით იზრდება. მაღალ განედებში, ბალანსის უარყოფითი მნიშვნელობები წლის განმავლობაში უფრო ხშირად გამოვლინდება, ვიდრე ტროპიკებსა და ეკვატორულ ზოლში. რადიაციული ბალანსის წლიური ჯამები განედის გაზრდასთან ერთად კანონზომიერად მცირდება. მათ განაწილებას ოკეანეების ზედაპირზე ზონალური ხასიათი აქვს, ხოლო კონტინენტებზე რთული (ნახ. VII. 4) სურათისაა.

რადიაციული ბალანსის მაქსიმალური სიდიდე (120-140 კკალ $სმ^{-2}$ $წწ^{-1}$) ოკეანის, ეკვატორის გასწვრივ, საკმაოდ ფართო აკვატორიაშია წარმოდგენილი, ხოლო კონტინენტებზე მისი მაღალი მნიშვნელობა (80 კკალ $სმ^{-2}$ $წწ^{-1}$) ტროპიკული და ეკვატორულ ზოლშია გავრცელებული. საქართველოში რადიაციული ბალანსის წლიური მნიშვნელობა 25-54 კკალ $სმ^{-2}$-ის ფარგლებში იცვლება. ამასთან, დასავლეთ საქართველოს სანაპირო ზოლში რადიაციული ბალანსი მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს. სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ის მცირდება და, დაახლოებით 3650 მ-ის სიმაღლეზე ნიშანს იცვლის.

დედამიწის ზედაპირის წლიური რადიაციული ბალანსის სიდიდეების ანგარიში მისი ტრანსფორმაციის სტრუქტურისა და დინამიკის რაოდენობრივი მახასიათებლების თვალსაჩინო სურათის მაჩვენებელია. სქემიდან (ნახ. VII. 3) ჩანს, რომ დედამიწის ზედაპირზე მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაციიდან შთანთქმა 47% შეადგენს, ხოლო ეფექტური გამოსხივება 18%-ის ტოლია. ცხადია, რომ ბალანსი 29%-ს

შეადგენს. ამავე დროს, მზის რადიაციის მნიშვნელობა ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე, დედამიწის სფეროსებურობის გამო, მთლიანი გამოსხივების ერთ მეოთხედ ნაწილს შეადგენს, რაც აბსოლუტური მაჩვენებლით 345,5 ჯ მ$^{-2}$ წმ$^{-1}$-ის ტოლია. შესაბამისად, რადიაციული ბალანსი ამ სიდიდის 29%-ია, ანუ 100,2 ჯ მ$^{-2}$ წმ$^{-1}$-ს უტოლდება. მთელი წლის განმავლობაში დედამიწის ზედაპირის ჯამური ბალანსის საშუალო სიდიდე 3,16x10^{9}ჯ მ$^{-2}$ შეადგენს.



ნახ. VII.4. რადიაციული ბალანსი (კკალ სმ$^{-2}$ წთ$^{-1}$)

გეოგრაფიულ გარსში შემოსული მზის ენერგია ატმოსფერო-ჰიდროსფერო – მიწის ზედაპირს შორის გადასვლისას მრავალგვარ გარდაქმნას განიცდის. როგორც უკვე ვნახეთ, მზის ენერგიის ტრანსფორმაცია ატმოსფეროს ზედა ფენებში იწყება: მისი ნაწილი (25%) შთაინთქმება ატმოსფეროს (ოზონი, წყლის ორთქლი, ღრუბლები, მტვერი) მიერ. ასევე ადგილი აქვს რადიაციის ნაწილის არეკვლას ღრუბლების ზედაპირიდან. გაბნეული (40%) და პირდაპირი (22%) რადიაციის ჯამი მთელი გამოსხივების 3/5-ზე, ანუ 60% ოდნავ მეტია. ამდენად, დედამიწაზე შემოსული რადიაციის დიდი ნაწილი შთანთქმულ და გაბნეულ კომპონენტებს შეადგენენ. არეკვლის მაჩვენებლის ჯამი როგორც ღრუბლებიდან, ისე ჰაერის მოლეკულებიდან 28%-ზე მეტი არ არის.

ატმოსფეროს გათბობისა და მის მიერ შემხვედრი გამოსხივების შესახებ უკვე მივუთითეთ. ატმოსფეროს მიერ დედამიწისაკენ მიმართული რადიაციის ნაკადის ფორმირებაში მონაწილეობს ოკეანეებიდან (დინებებით) გადმოტანილი სითბო, რომელიც განუწყვეტელი წრებრუნვის სახით ეფექტური გამოსხივების შინაარსს იძენს. მთლიანი გამოსხივებიდან შთანთქმული რადიაციის ჯამი 64%-ს შეადგენს, ხოლო მთლიანი რადიაცია 72%-ს აღწევს. სითბოს 8%-ანი ნამატი მიღებულია ატმოსფეროდან „გაპარული“ (5%) და წყლის ორთქლიდან, აგრეთვე, ნახშირორჟანგიდან გამოსხივებული (3%) სიდიდეების ჯამიდან. ამდენად, გამოსხივებული (72%) და არეკლილი (28%) რადიაციების ჯამი შემოსული (100%) რადიაციის ტოლია.

დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტი წარმოადგენს რადიაციული ენერგიის იმ ნაწილს, რომელიც ხმარდება სხვადასხვა გეოგრაფიულ პროცესებს: აორთქლებას, ყინულის დნობას, წყლისა და ჰაერის გათბობას, ატმოსფეროში ჰაერის, ხოლო ჰიდროსფეროში წყლის მასების გადაადგილებებს, ქანების გამოფიტვას, ფოტოსინთეზს, ეროზიასა და მრავალ სხვას. დაბალი განედების რადიაციული ბიუჯეტის საშუალო მრავალწლიური მნიშვნელობები სუსტი გრადიენტებით ხასიათდება, თუმცა ზომიერ და პოლარულ განედებში სწრაფად მცირდება. ოკეანეების ზედაპირი კიდევ უფრო მაღალი მაჩვენებლისაა, რაც ხმელეთთან შედარებით ალბედოს შემცირებითაა განპირობებული. დედამიწის ზედაპირისაგან განსხვავებით, ატმოსფეროს რადიაციული ბიუჯეტი საკმაოდ უარყოფითია. ატმოსფეროს მიერ კოსმოსურ სივრცესა და დედამიწის ზედაპირის მიმართულებით გამოსხივებული ენერგია, მის მიერ შთანთქმულ რადიაციასთან შედარებით, განუზომლად დიდია. ატმოსფეროს ბიუჯეტის საშუალო მნიშვნელობა $3,16 \times 10^9$ ჯ $მ^{-2}$ $წმ^{-1}$ შეადგენს, ანუ აბსოლუტური სიდიდის მიხედვით, მიწის ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტის ტოლია.

დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ენერგიის ნამეტი ხელს უწყობს ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების წარმართვას. რადიაციული ენერგიის უკმარისობა ატმოსფეროში კომპენსირებულია იმ სითბური ნაკადის შემოსავლით, რომელიც დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტის გარდაქმნისას გამოიყოფა. მის განხორციელებას ადგილი აქვს წყლის ფაზური გადასვლებისა (აორთქლება-კონდენსაცია, რადიაციული ბიუჯეტის 83%) და ტურბულენტური სითბოგაცვლის (რადიაციული ბიუჯეტის 17%) შემთხვევებში. ამიტომ მიუთითებენ, რომ დედამიწა ხარჯავს იმდენივე ენერგიას, რამდენსაც ღებულობს. ამის გამო, მეცნიერები აღნიშნავენ დედამიწის რადიაციული წონასწორობის მდგომარეობაში არსებობას. თუმცა იგი აბსოლუტურ მდგრადობას სრულიადაც არ ნიშნავს. მზის ენერგიის მცირედი ნაწილი, ფოტოსინთეზის პროცესში, გადადის რა მიწის ქერქში განამარხებული ქიმიური კავშირების ენერგიაში, საკმაოდ დიდი ხნით, წრებრუნვებიდან ამოვარდნილად ითვლება. ამ ენერგიის ხელახალ აღდგენას, დედამიწის გეოგრაფიულ გარსში ხანგრძლივი გეოლოგიური ციკლის საფუძვლიანი შეცვლის შედეგად ექნება ადგილი.

ატმოსფეროსა და ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტები დედამიწის სითბური ბალანსის შემადგენელი ნაწილია. დედამიწის სითბური ბალანსი არის სხივური და თბური ენერგიის შემოსავლისა და გასავლის თანაფარდობა დედამიწის ზედაპირზე, ატმოსფეროსა და დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემაში. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის შემადგენელი კომპონენტების (გეოსფეროების) სითბური ბალანსის შესწავლის მიზნით, ცალ-ცალკე განიხილავენ დედამიწის ზედაპირის, ატმოსფეროს ვერტიკალური სვეტისა და ატმოსფერო-ლითოსფეროს, ატმოსფერო-ჰიდროსფეროს ზედა ფენაში გამავალი ვერტიკალური სვეტის სითბურ ბალანსებს.

დედამიწის ზედაპირის სითბური ბალანსი გამოისახება $R + P + F_0 + LE = O$ განტოლებით, რომელიც წარმოადგენს დედამიწის ზედაპირისა და გარემომცველ სივრცეს შორის არსებული ენერგიის ნაკადების ალგებრულ ჯამს. ამ განტოლებაში R — დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ბალანსია, P — სითბოს ტურბულენტური ნაკადი ქვეფენილ ზედაპირსა და ატმოსფეროს შორის. F_0 — სითბოს ნაკადი დედამიწის ზედაპირსა და ლითოსფეროს (ან ჰიდროსფეროს) ღრმა ფენებს შორის,

LE – წყლის აორთქლებისათვის დახარჯული სითბო (L – აორთქლების სითბოა, E – აორთქლებული წყლის მასა) დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის დანესტიანებაზე, მის ტემპერატურაზე, ჰაერის ტენიანობაზე, მიწისპირა ჰაერის ფენაში ტურბულენტური თბოგაცვლის ინტენსიურობაზე, რომელიც განსაზღვრავს დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში წყლის ორთქლის გადატანის სიჩქარეს.

ატმოსფეროს სითბური ბალანსი გამოისახება $R_ა + Lr + P + F_ა = \Delta W$ განტოლებით, სადაც $R_ა$ – ატმოსფეროს რადიაციული ბალანსია, Lr – ატმოსფეროს წყლის ფიზიკური გარდაქმნებისას გამოყოფილი ან შთანთქმული სითბოა (r – ატმოსფერული ნალექების ჯამი, L – ფაზური გარდაქმნის სითბო), P – სითბოს ტურბულენტური ცვლაა ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირს შორის, $F_ა$ – სითბოს ადვექციაა, ΔW – თბოშემცველობის ცვლილება ატმოსფეროს სვეტის შიგნით.

დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემის სითბური ბალანსის (ცხრილი VII.2) განტოლება შეესაბამება დედამიწის ზედაპირისა და ატმოსფეროს სითბური ბალანსის განტო-

ცხრილი VII.2.

დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემის სითბური* ბალანსი

სითბოს შემოსავალი**		სითბოს გასავალი	
ატმოსფეროს ზედა საზღვარი			
ატმოსფეროს (7), ღრუბლებისა (27) და დედამიწის ზედაპირის (3) მიერ არეკვლილი რადიაცია	37		
ატმოსფეროს გრძელტალღიანი გამოსხივება კოსმოსურ სივრცეში	55		
დედამიწის ზედაპირის გრძელტალღიანი გამოსხივება	8	მზის რადიაცია	100
ჯამი	100	ჯამი	100
ატმოსფერო			
მზის პირდაპირი და გაბნეული რადიაციის შთანთქმა	20	ატმოსფეროს გრძელტალღიანი გამოსხივება კოსმოსურ სივრცეში	55
დედამიწის გრძელტალღიანი გამოსხივების შთანთქმა	108	ატმოსფეროს გრძელტალღიანი გამოსხივება დედამიწის ზედაპირისაკენ	96
წყლის ორთქლის კონდენსაცია	19		
დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში ტურბულენტური თბოგადაცემა	14		
ჯამი	151	ჯამი	151
დედამიწის ზედაპირი			
პირდაპირი რადიაციის შთანთქმა	27	დედამიწის გრძელტალღიანი გამოსხივება	116
გაბნეული რადიაციის შთანთქმა	16	დედამიწის ზედაპირიდან წყლის აორთქლებაზე დახარჯული სითბო	19
ატმოსფეროს გრძელტალღიანი გამოსხივება	96	დედამიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში ტურბულენტური თბოგადაცემა	4
ჯამი	139	ჯამი	139

*ციფრები მოცემულია პროცენტებში ატმოსფეროს ზედა საზღვარზე შემოსული 225 კკალსმ$^{-2}$წთ$^{-1}$ მნიშვნელობიდან.

**სახელმძღვანელოში მითითებული სითბური ბალანსის სიდიდეთა მაჩვენებლები, მიღებულია რა სხვადასხვა ავტორების მიერ, ერთმანეთისაგან მცირედ განსხვავდებიან.

ლებათა წევრების ალგებრულ ჯამს. დედამიწის სითბური ბალანსი განედური ზონალობით ხასიათდება. სითბური ბალანსის შედგენილობის სიდიდე მიიღება უშუალოდ მეტეოროლოგიური დაკვირვების ან კლიმატოლოგიური გაანგარიშების გზით. სითბური ბალანსის შესახებ ინფორმაცია ფართოდ გამოიყენება ადამიანთა პრაქტიკულ საქმიანობაში.

მოცემული ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ატმოსფეროს ზედა საზღვართან შემოსული მზის რადიაციიდან (100%) არეკვლა (ალბედო) 37%-ს შეადგენს და მოიცავს ატმოსფერულ (7%), ღრუბლებისა (27%) და დედამიწის ქვეფენილი ზედაპირის (3%) მიერ კოსმოსურ სივრცეში დაბრუნებულ სხივთა კონას. ცხადია, რომ დედამიწის ალბედოს ნაკადი გეოგრაფიული გარსის სითბოენერგეტიკულ მუშაობაში მონაწილეობას არ ღებულობს. მზის ენერგიის მეორე სახე – შთანთქმული რადიაცია ხმარდება პირდაპირ და გაბნეულ რადიაციათა შთანთქმას ატმოსფეროსა (20%) და დედამიწის (43%) ზედაპირიდან. ამდენად, ატმოსფეროს ზედა ფენებში შემოსული რადიაცია (100%) გასული (ალბედო და გამოსხივება) რადიაციული სიდიდის ტოლია.

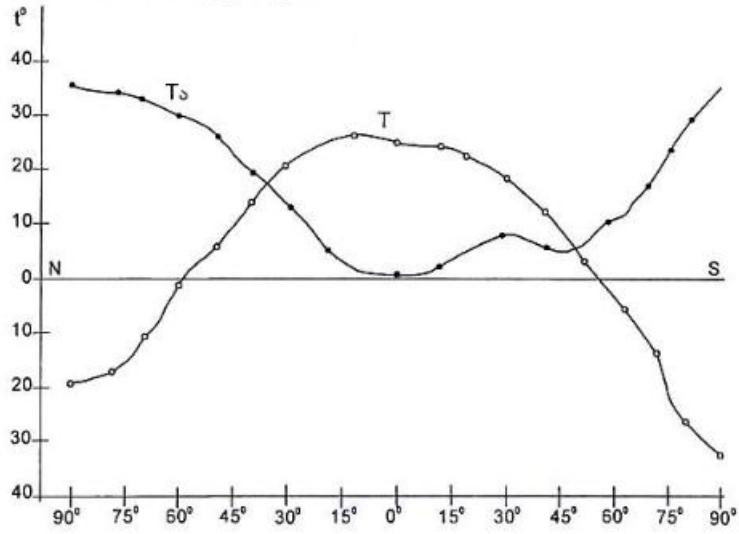
ამავე დროს, თუკი შევაჯამებთ დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემის სითბური ბალანსის ელემენტებს, მივიღებთ, რომ დედამიწის ზედაპირის მიერ საკუთარი გამოსხივებით (116%) გაცემული სითბო, ნაწილობრივ (96%) კომპენსირებულია ატმოსფეროს შემხვედრი საკუთარი გამოსხივებით, მათ შორის სხვაობა ეფექტური გამოსხივების (სითბოს ფაქტიური დანაკარგის) სახელწოდებითაა ცნობილი.

ასეთია დედამიწის ურთულესი სითბური ბალანსის ზოგადი სურათი. მისი კონკრეტული უბნების მიხედვით ბალანსის მაჩვენებლები ერთმანეთისაგან განსხვავებული სიდიდეებით ხასიათდება. ერთგან დედამიწა მეტს ღებულობს ან გასცემს, ხოლო მეორეგან – პირიქით. თუმცა ეს უბნები პროგრესულ გადაცივებას ან გადახურებას სრულებით არ განიცდიან. სითბური ბალანსი მიღწეულია ატმოსფერული ჰაერის მუდმივი გადაადგილებითა და ოკეანური დინებებით, რომლებიც მაღალ და დაბალ განედებს შორის სითბოს განუწყვეტელ გადანაწილებასა და, მათ შორის ტემპერატურული კონტრასტების შემსუბუქებას განაპირობებენ.

ტემპერატურის განაწილება. დედამიწის გათბობის მექანიზმი ორ მომენტს მოიცავს: 1. მზის სხივური ენერგიის შეშოსვლა დედამიწაზე და 2. დედამიწის მიერ ამ ენერგიის შთანთქმა და სითბურ ენერგიად გარდაქმნა. უნდა ვივარაუდოთ, რომ დედამიწის ერთგვაროვან ზედაპირსა და უძრავ ატმოსფეროში ჰაერის ტემპერატურა მზის რადიაციით უნდა იყოს განსაზღვრული. იგი დამოკიდებული იქნებოდა მხოლოდ ადგილის გეოგრაფიულ განედზე: მაღალი ტემპერატურა დაფიქსირდებოდა ეკვატორზე, ხოლო პოლუსებისაკენ მისი თანდათანობით შემცირებას ექნებოდა ადგილი. მაგრამ, ქვეფენილი ზედაპირის არაერთგვაროვნების, ატმოსფერული ჰაერის დინამიკური ბუნების, სეზონური მორიგეობისა და სხვა ფაქტორების მიზეზით, დედამიწის ტემპერატურის განაწილება საკმაოდ რთულია.

დედამიწის ჰაერის ტემპერატურის მინიმუმი აღნიშნულია ანტარქტიდასა (-83°) და იაკუტიაში (-71°), ხოლო მაქსიმუმები კალიფორნიასა და სამხრეთ ირანშია (~60°) დაფიქსირებული. ამდენად, ტემპერატურის ცვლილების დიაპაზონი 140°-ს აღწევს. ოკეანეებისა და კონტინენტების ზედაპირზე ჰაერის ტემპერატურის წლიური რეჟიმი ერთმანეთისაგან ფრიად განსხვავებული სიდიდეებით ხასიათდება. ამ განსხვავებას მათი სითბოტევადობის არაერთგვაროვნება განსაზღვრავს, რის გამო

კონტინენტებზე წლიური ამპლიტუდები შედარებით მეტია, ვიდრე ოკეანეებზე. ამავე დროს, კონტინენტებზე ტემპერატურის მაქსიმალური სიდიდეები შედარებით ადრე (ერთი თვით) გამოვლინდება.



ნახ.VII.5. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურისა (T) და წლიური ამპლიტუდების (Tა) მსვლელობა განედების მიხედვით

მზის რადიაციის დედამიწის ზედაპირზე განაწილების შესწავლამ კაცობრიობა ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში მიიყვანა სინამდვილის იმ აღქმამდე, რომლის მიხედვით გამოვლინდა ცხელი, ზომიერი და ცივი სარტყლების არსებობა. კონსტატირებული იყო აგრეთვე ტემპერატურის ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ თანდათანობითი შემცირება. ამჟამად კი, ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური განაწილებისა და მათი ამპლიტუდების მაჩვენებელთა განედური განაწილების (ნახ. VII.5) სურათიდან შესაძლებელია შემდეგი დასკვნების გამოტანა:

1. ორივე ნახევარსფეროში საშუალო წლიური ტემპერატურის მნიშვნელობები ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ კლებულობს. ეს კი, ამავე მიმართულებით, მზის რადიაციის შემცირებას შეესაბამება;

2. საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილება განედების ზრდასთან ერთად თანაბარი სიჩქარით როდი სრულდება: ეკვატორიდან ტროპიკებისაკენ ტემპერატურის შემცირება საკმაოდ ნელა მიმდინარეობს, საშუალო განედებში, პირიქით, ტემპერატურა სწრაფად კლებულობს, ხოლო პოლარულ მხარეში ტემპერატურის დაცემა რამდენადმე შენელებულია;

3. სამხრეთი განედის ყველა პარალელზე საშუალო წლიური ტემპერატურა, მისი ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს შესაბამის ანალოგებთან შედარებით, უფრო დაბალია: თუკი დედამიწის საშუალო წლიური ტემპერატურა $14,3^0$ შეადგენს, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში იგი რამდენადმე მაღალია ($15,2^0$), ხოლო სამხრეთ ანალოგზე ($13,3^0$), პირიქით – დაბალი. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს უფრო თბილი ხასიათიდან გამომდინარეობს უთბილესი პარალელის არა ეკვატორზე, არამედ

ჩრდილო განედის 10°-იან, ხოლო ზაფხულში 20°-იან პარალელზე დაფიქსირება. სამხრეთ ნახევარსფეროს გამაცივებელ ფაქტორად ანტარქტიდის ვრცელი მყინვარის გავრცელება გვევლინება;

4. ტემპერატურის წლიური (სეზონური) ამპლიტუდის განედური განაწილების სურათის ზონალური ხასიათი ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ თანდათანობითი ზრდითაა გამოვლინებული. ამავე დროს, თუკი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ტემპერატურული ამპლიტუდის შესამჩნევი მატება უკვე 20°-იანი პარალელიდან შეიმჩნევა, სამხრეთ ნახევარსფეროში ანალოგიური სურათი მხოლოდ 50°-იანი პარალელიდან იწყება. ამ უთანაბრობის მიზეზი ხმელეთისა და ზღვის განაწილების არაერთგვაროვნებაა: გავიხსენოთ, რომ ტემპერატურული კონტრასტები ხმელეთზე ყოველთვის მეტია, ვიდრე ოკეანეზე, ხოლო ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ოკეანის ფართობი განედის ზრდასთან ერთად მცირდება და, ამიტომ, კონტრასტებიც მაღალია. სამხრეთ ოკეანურ ნახევარსფეროში ჰაერის ტემპერატურის ამპლიტუდა შემსუბუქებულია და, შესაბამისად, კონტრასტები დაბალია. ამავე დროს, სამხრეთ ნახევარსფეროს პოლარულ მხარეში ჰაერის ტემპერატურის ამპლიტუდის მკვეთრი ზრდა როგორც მზის რადიაციის სეზონური ხასიათის, ისე ანტარქტიდის – ცივი კონტინენტის არსებობასთანაა დაკავშირებული.

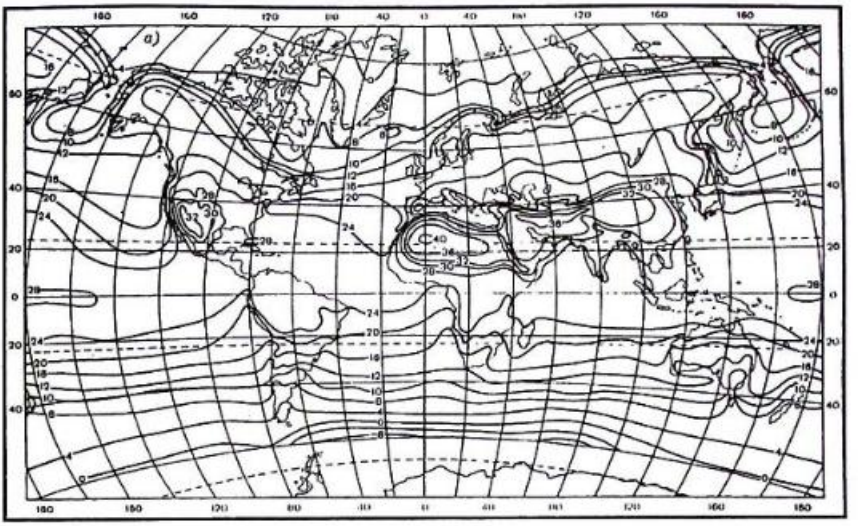
დედამიწის ზედაპირის ჰაერის ტემპერატურის განედური გადანაწილების დეტალურ სურათს იზოთერმების რუკები იძლევა. ქვეფენილი ზედაპირის არაერთგვაროვნების გამო, იზოთერმები არა ერთმანეთის პარალელური, არამედ უკიდურესად იკლიკანტური მოხაზულობისაა. რითაა ეს გამოწვეული? ძირითადად, ხმელეთისა და ოკეანის არათანაბარი გადანაწილებით, რელიეფითა და ცივი ან თბილი ჰაერის მუდმივი, გაბატონებული მასების, აგრეთვე ოკეანური დინებების არსებობით. ამის გამო, ერთგან საკმაოდ ცივი, მეორეგან კი თბილი რეგიონები წარმოიქმნება, ანუ ჰაერის დადებითი და უარყოფითი ტემპერატურული ანომალიების წარმოშობას აქვს ადგილი. ივლისისა (ზაფხული) და იანვრის (ზამთარი) იზოთერმების რუკების (ნახ. VII.6 და VII.7) განხილვა შემდეგი დასკვნების გამოტანის შესაძლებლობას იძლევა:

1. ორივე ნახევარსფეროს არატროპიკული არეალების იზოთერმები კონტინენტებზე ჩრდილოეთისაკენ შესამჩნევად იხრებიან, რაც ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთის უფრო მეტად გათბობას (ზღვასთან შედარებით), ხოლო მოპირდაპირე მხარეს – მის უფრო გაცივებას ნიშნავს. ამასთან ერთად, ოკეანეებზე ჰაერის ტემპერატურა +26°-ით უფრო დაბალია, ხმელეთზე კი ორჯერ მეტ მნიშვნელობას აღწევს;

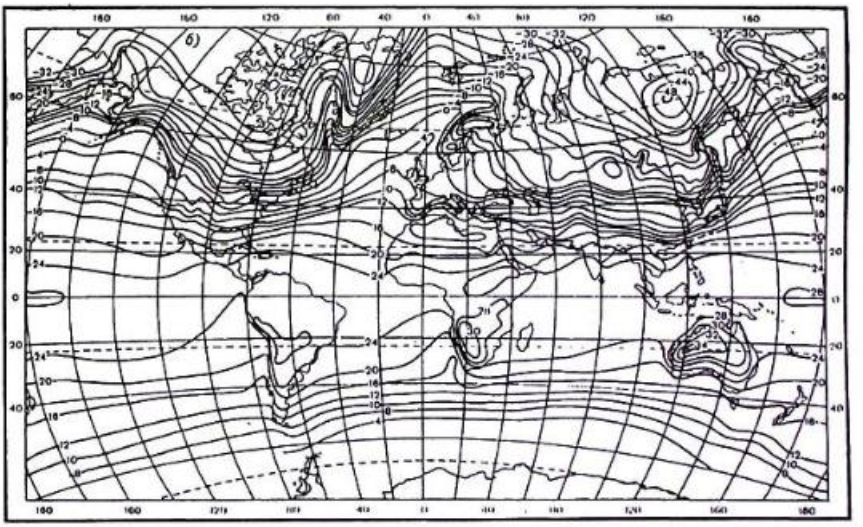
2. ივლისის ყველაზე მაღალი ტემპერატურა ეკვატორზე კი არაა წარმოდგენილი, არამედ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს უდაბნოს განედებზე (20°) ფიქსირდება. ამ დროს, ყველაზე ცხელი ადგილები კალიფორნიაში, საჰარაში, არაბეთსა და ირანშია. ამის მიზეზი ზაფხულში აქ მზის ზენიტური მდგომარეობა, უტყეო ქვეფენილი ზედაპირი და მცირე მოღრუბლულობაა. ასევე მაღალია ხმელეთზე ივლისის აბსოლუტური ტემპერატურაც: ალჟირში მდ. ევფრატის დინებაში თერმომეტრი 50°-ს (ჩრდილში) უჩვენებს; კალიფორნიაში (სიკვდილის ველი) დაფიქსირებულია ივლისის უმაღლესი (56,7°) ტემპერატურა;*

3. ბუნებრივია, რომ იზოთერმების რუკებზე ოკეანური დინებების გავლენა მკვეთრადაა გამოსახული. ზამთარში იგი შეპირობებულია თბილი, ხოლო ზაფხულში

* ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმი (+58°) ტრიპოლშია (1922 წლის 13 სექტემბერი) დაფიქსირებული.



ნახ.VII.6. იელისის იზოთერმების რუკა



ნახ.VII.7. იანვრის იზოთერმების რუკა

ცივი დინებებით. რადგან ეს დინებები მუდმივია, მათი გავლენა წლიურ სურათზეც აისახება. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, კალიფორნიისა და აფრიკის დასავლური სანაპიროების გასწვრივ, იზოთერმების ამოზნექილი მხარე სამხრეთისაკენაა მიქცეული, რაც კალიფორნიისა და კანარის ცივი დინებებითაა განპირობებული. სამხრეთი ნახევარსფეროების (სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის დასავლეთი სანაპიროები) იზოთერმების საწინააღმდეგო მიმართულებით გაღუნვა პერუსა და

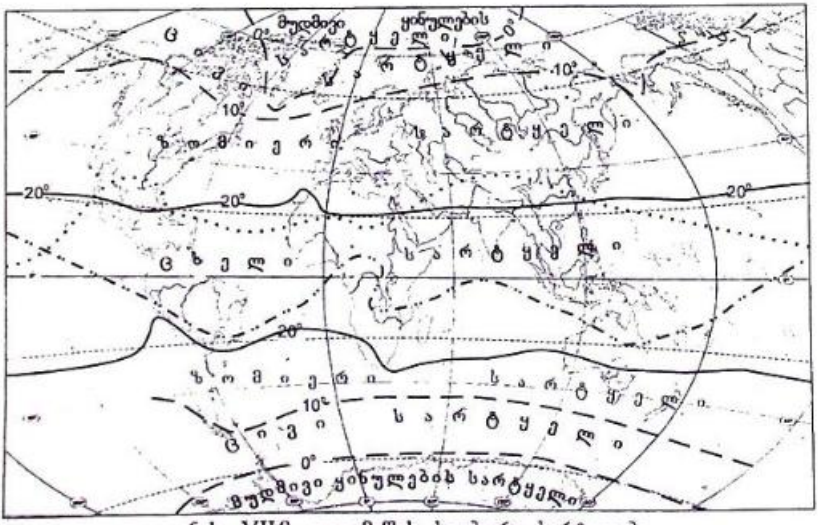
ბენგელის ცივი დინებების შედეგია. ყველა ეს დინებები ეკვატორისაკენ შორს იჭრებიან, ჰაერს აციებენ და ტემპერატურის უარყოფით ანომალიებს იძლევიან;

4. ზამთარში კალიფორნიისა და კანარის ცივი დინებების შესუსტება, ხოლო პერუსა და ბენგელის დინებების გაძლიერებული გამოვლინებაა (აქ ზაფხულია) გამოხატული. ამავე დროს, ატლანტისა და წყნარი ოკეანეების ჩრდილოეთ სექტორში იზოთერმების ჩრდილოეთ პოლუსისაკენ გამოშვერა გოლფსტრიმის, კუროსიოსა და ალეუტიის თბილი დინებების მიერაა განპირობებული;

5. ორივე ნახევარსფეროს ტროპიკულისგარე კონტინენტურ არეებში იზოთერმები სამხრეთითაა მიმართული. შესაბამისად, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთი უფრო ცივია, ვიდრე ოკეანე, ხოლო მოპირდაპირე სამხრეთ სივრცეში, უკუ-მოვლენას აქვს ადგილი. იანვარში განსაკუთრებით გაცივებას გრენლანდია და აზიის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ნაწილი განიცდის. ყველაზე დაბალი ტემპერატურა (-71°) სწორედ აქ, ოიმიაკონშია დაფიქსირებული. ოკეანეებზე ასეთი დაბალი ტემპერატურის ფორმირებას არსად არა აქვს ადგილი;

6. ხმელეთის ყველაზე მეტი გათბობა სამხრეთ ტროპიკზე (თხის რქის ტროპიკი) შეიმჩნევა, რომელიც მოიცავს ცენტრალურ ავსტრალიას, სამხრეთ აფრიკასა და სამხრეთ ამერიკას.

როგორც იზოთერმების რუკების ანალიზიდან ჩანს, დედამიწის სარტყლებად დაყოფა, რომელიც ასტრონომიული თვალსაზრისით არის დიფერენცირებული და ერთმანეთისაგან ტროპიკებითა და პოლარული წრეებით გამოიყოფა, სრულებით არ შეესაბამება ჰაერის ტემპერატურის ნამდვილ გადანაწილებას. არსებული განსხვავება დაკავშირებულია არა მარტო დედამიწის ფორმასთან, არამედ ისეთ დამატებით ფაქტორებთან, როგორიცაა ხმელეთისა და ზღვის განაწილება, რელიეფის ვერტიკალური დანაწევრება, ჰაერისა და წყლის მასების მოძრაობა. აქედან გამომდინარე, მართებულია დედამიწის ზედაპირის სითბურ სარტყლებად (ნახ.VII.8)



ნახ. VII.8. დედამიწის სითბური სარტყლები

—20°— წლიური იზოთერმები; ..... თერმული ეკვატორი ივლისში;
— 10° — უთბილესი თვის იზოთერმები; – . – . – თერმული ეკვატორი იანვარში

დაყოფა. მათ საზღვრებად მიღებულია წლიური იზოთერმები. ამ სარტყლებში ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდები მცირეა, ხოლო უთბილესი თვის იზოთერმებით შემოსაზღვრულ სარტყელში ტემპერატურის რყევა უფრო მკვეთრია. ამ პრინციპების გათვალისწინებით დედამიწაზე 7 სითბურ სარტყელს გამოყოფენ:

1. თბილი (ცხელი) სარტყელი შემოსაზღვრულია როგორც ჩრდილოეთ, ისე სამხრეთ ნახევარსფეროს წლიური $+20^0$-იანი იზოთერმით, რომელიც შესაბამისი განედების 30^0-იან პარალელებზე გადის;

2-3. ორი ზომიერი სარტყლის განაპირა საზღვრებად ითვლება უთბილესი თვის $+10^0$-იანი იზოთერმა;

4-5. ორი ცივი სარტყელი შემოსაზღვრულია უთბილესი თვის +10 და 0^0-იანი იზოთერმებით;

6-7. მუდმივი ყინულების ორი სარტყლის უთბილესი თვის საშუალო ტემპერატურა 0^0-ზე დაბალია. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში იგი მოიცავს გრენლანდიასა და პოლუსების ირგვლივ არეს, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში ეს სივრცე 60^0-იანი პარალელის სამხრეთით ვრცელდება.

აღნიშნულ სითბურ სარტყლებს ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმის ოთხი ტიპი შეესაბამება:

1. ეკვატორული ტიპი მზის რადიაციისა და წლიური ტემპერატურის მსვლელობის უმნიშვნელო ცვლილებებით ხასიათდება. აქ აღინიშნება ჰაერის ტემპერატურის ორი მაქსიმუმი და ორი მინიმუმი;

2. ტროპიკული ტიპისათვის დამახასიათებელია ჰაერის ტემპერატურის ერთი მაქსიმუმი და ერთი მინიმუმი. მისი წლიური ამპლიტუდა ოკეანეებზე 5^0-ს, ხოლო კონტინენტებზე $10\text{-}20^0$-ს აღწევს;

3. ზომიერი სარტყლის ტიპსაც ჰაერის ტემპერატურის მარტივი (ერთი მინიმუმი და ერთი მაქსიმუმი) ცვლა ახასიათებს. წლიური ამპლიტუდა თუ ოკეანეებზე 10^0-ით შემოიფარგლება, კონტინენტებზე 60^0-საც კი აღწევს;

4. პოლარული ტიპი ხანგრძლივი ცივი ზამთრითა და შედარებით თბილი, მაგრამ ხანმოკლე ზაფხულით ხასიათდება. ჰაერის ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდა მაღალია და ოკეანეებზე $25\text{-}40^0$-ს, ხოლო ყინულოვან ხმელეთზე 65^0-ს შეადგენს.

აღსანიშნავია, აგრეთვე, ჰაერის წლიური ტემპერატურის განსაკუთრებული სვლა მუსონური ცირკულაციის არეალებში: ზამთარს აქ – დაბალი, ხოლო გაზაფხულსა და შემოდგომას – მაღალი ტემპერატურა შეესაბამება. ჰაერის დღელამური ტემპერატურის უკიდურესი სიდიდეები შემდეგნაირად ფიქსირდება: მისი უმაღლესი მნიშვნელობა შუადღის შემდეგ აღინიშნება, ხოლო უმცირესი – მზის ამოსვლის წინ.

ტროპოსფეროში ვერტიკალური განაწილების მიზეზია მისი სიმაღლეში თანდათანობით შემცირება. ამ მხრივ, რადგან ატმოსფეროს გათბობა ძირითადად დედამიწის ზედაპირის გამოსხივებით ხორციელდება, სიმაღლის ზრდასთან ერთად ტემპერატურის დაცემას (ყოველ 100 მ-ზე $0,6^0$-ით)აქვს ადგილი. თუმცა ტემპერატურის ვერტიკალური მიმართულებით ცვლა ყველგან ერთგვაროვანი არ არის: მიწისპირა (2 მ-ის სიმაღლემდე) ფენაში ტემპერატურა სწრაფად კლებულობს. აქედან, 1,5 კმ-ის სიმაღლემდე ტემპერატურული გრადიენტი $0,3\text{-}0,4^0$-ია; უფრო მაღლა, 6 კმ-ის სიმაღლემდე ჰაერის ტემპერატურა ყოველ 100 მ-ზე $0,5^0\text{-}0,6^0$-ით

კლებულობს, ხოლო 10 კმ-მდე – 0,65°-0,75°-ით მცირდება, მაშინ, როცა კიდევ უფრო მაღლა – 12 კმ-მდე ჰაერის ვერტიკალური გრადიენტი 0,5°-0,2° შეადგენს.

ამავე დროს, ხშირად ამა თუ იმ სიმაღლეზე ჰაერის ისეთი ფენის ჩამოყალიბებას აქვს ადგილი, სადაც ტემპერატურის შემცირება სიმაღლის ზრდასთან ერთად ან საერთოდ წყდება (იზოთერმული ფენა), ან უკუმოვლენას (ტემპერატურის ზრდას) აქვს (ინვერსიული ფენა) ადგილი. ინვერსიის (ლათ. inversio – გადასმა), ანუ შებრუნებული მოვლენის ფენები დიდი მდგრადობით ხასიათდებიან და ამით ხელს უშლიან ატმოსფეროში აღმავალი დინებების განვითარებას, რასაც ჰაერის გასუფთავებაში დაბრკოლების გამოწვევის უნარი გააჩნია. ინვერსიული ფენის ქვედა საზღვარს – ინვერსიის სიმაღლე, ფენის სისქეს – სიმძლავრე, ხოლო ტემპერატურის ნაზარდს – ინვერსიის სიდიდე ჰქვია.

განარჩევენ მიწისპირა და თავისუფალ ატმოსფერულ ინვერსიებს. მიწისპირა ინვერსიას ძირითადად უდაბნოებსა და (რადიაციულ) და რელიეფის (ოროგრაფიული) ხელშეწყობით აქვს ადგილი. ინვერსიულ მოვლენას აქვს ადგილი თბილი ჰაერის, ცივ ქვეფენილ ზედაპირზე, გავრცელების (თბილი ჰაერის ინვერსია) შემთხვევაში. გაზაფხულზე, თოვლის დნობის გამო, სითბოს ხარჯვასთან დაკავშირებით, ჰაერის ინვერსიის წარმოშობას აქვს ადგილი. რაც შეეხება თავისუფალ ატმოსფერულ ინვერსიებს, განასხვავებენ ხახუნის, დინამიკურ (ქარის ფენაში), ანტიციკლონურ (შეკუმშვის) და ფრონტალურ მოვლენებთან დაკავშირებულ ტემპერატურის სიმაღლითი გავრცელების შებრუნებულ პროცესებს.

ატმოსფერული წნევა საყოველთაოდ აღიარებული ტორიჩელის ცდითაა დამტკიცებული. ცნობილია, რომ ჰაერს საკუთარი წონა გააჩნია. მაგალითად, 1 მ^3 მშრალი ჰაერი ზღვის დონეზე, 0°-ის დროს, 45°-იან პარალელზე 1,29305 კგ-ს იწონის. ამის გამო, ატმოსფერო დედამიწის ზედაპირს განსაკუთრებული სიდიდით აწვება და, შესაბამისად, წნევის ფორმირებას იწვევს. ჩვენ უკვე მივუთითებდით, რომ 1 მმ^2 განივკვეთის მქონე მილში (სვეტში) ვერცხლისწყალი 760 მმ-ის სიმაღლეზე აწონასწორებს ატმოსფეროს წნევას, რომელიც ადგილის სიმაღლის ზრდასთან ერთად თანდათანობით მცირდება. მას გეომეტრიული პროგრესიის შესაბამისი ცვლილების ხასიათი აქვს. ასე, მაგალითად, 5 კმ-ის სიმაღლეზე ატმოსფეროს წნევა 2-ჯერ ნაკლებია, ვიდრე ზღვის დონეზე. 10 კმ-ის სიმაღლეზე ასვლისას ატმოსფერული წნევა თითქმის 4-ჯერ ნაკლები მნიშვნელობისაა, 15 კმ-ის სიმაღლეზე – 8-ჯერ, ხოლო 20 კმ-ზე – 18-ჯერ ნაკლებია. ატმოსფეროში წნევა არა მარტო სიმაღლის მიხედვით იცვლება, არამედ ერთსა და იმავე ადგილზეც კი დროის მიხედვით მუდმივ ცვლილებას განიცდის. ამ მხრივ, დედამიწის ზედაპირზე მინიმალურ (686 მმ) და მაქსიმალურ (801 მმ) წნევებს შორის დიდი სხვაობაა (115 მმ) დაფიქსირებული.

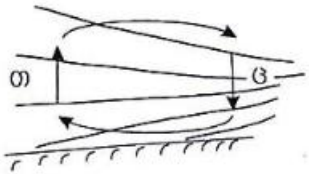
სიმაღლის მიხედვით ატმოსფერული წნევის ცვლილებას ახასიათებენ ე.წ. ბარომეტრული საფეხურის მეშვეობით. იგი წნევის 1 მილიბარით (1 მბ) შეცვლას შეესაბამება. კერძოდ, დედამიწის ზედაპირთან ბარომეტრული საფეხური 8 მ-ს შეადგენს. ამის მიხედვით, შესაძლებელია ადგილის სიმაღლის განსაზღვრა. ტოპოგრაფიაში მიღებული ადგილის აგეგმვის ერთ-ერთი საზ – ბარომეტრული ნიველობა, სწორედ ბარომეტრული საფეხურის საფუძველს ემყარება.

მეტეოროლოგიურ პრაქტიკაში ფართოდ დანერგილია ნორმალური ატმოსფერული წნევის ცნება. ეს ჰაერის ისეთი წნევაა, რომელიც 45°-იან პარალელზე, ნული

გრადუსის ტემპერატურის დროს, 1 სმ²-ის ფართობზე 1,033 კგ-ით ახდენს დაწოლას. სწორედ მას შეესაბამება ნორმალური ატმოსფერული წნევა, რომელიც ვერცხლისწყალს, 1 მმ²-ის განიკვეთის სვეტში, 760 მმ-ის სიმაღლეზე აწონასწორებს. იგი 1013 ჰექტოპასკალის (ჰპ) ტოლია. ჰაერის წნევას აღნიშნული სვეტის მილიმეტრებშიც გამოსახავენ. ამჟამად ჰაერის წნევის ერთეულად მილიბარებია მიღებული.

ატმოსფერული წნევის ძალად (1 მლნ.დნ.სმ⁻²) მიღებულია მისი სტანდარტული ერთეული, რომელსაც ვერცხლისწყლის სვეტის 750,1 მმ სიმაღლის წნევა შეესაბამება. მას ბარი უწოდება, ხოლო მილიბარი ამ სიდიდის მეათასედი ნაწილია. ძნელი არ არის იმის გამოთვლა, რომ ვერცხლისწყლის სვეტის 1 მმ-ის შესაბამისი წნევა 1,333 მბ-ის ტოლია, ანუ ნორმალური ატმოსფერული წნევა (760 მმ, 1013 ჰპ) 1033 მბ-ს შეესაბამება.

ატმოსფერული წნევის სივრცობრივი (ჰორიზონტალურ-სიმაღლებრივი მიმართულებებით) ცვლილების უმთავრესი მიზეზი დედამიწის ზედაპირის არათანაბარ გათბობასა და ამით გამოწვეული ჰაერის (ნახ. VII.9) მოძრაობაა. ამ მხრივ, თუ წარმოვიდგენთ რაიმე სიმაღლეზე ერთგვაროვანი ტემპერატურის მქონე სივრცეს, ატმოსფერული წნევაც ყველგან თანაბარი იქნება. სიმაღლის ზრდასთან ერთად წნევის შემცირება ტოლ მანძილზე უნდა განხორციელდეს. შესაბამისად, ტოლი წნევების შემაერთებელი ხაზები (იზობარული ზედაპირები) ერთმანეთის პარალელურად განლაგდებიან. მაგრამ, თუ მარცხენა მხარე უფრო მეტად გათბება, ვიდრე მარჯვენა, მაშინ პირველი მათგანი გაფართოების გამო, სიმაღლეში მოიმატებს, ანუ მაღლა აიწევს. ამასთან, თუკი ჰაერის ამ უბნებში ატმოსფერული წნევების შედარებისას გამოირკვა, რომ მარცხენა მხარეს იგი უფრო მეტი აღმოჩნდება, რომელიც სიმაღლის ზრდასთან ერთად კიდევ უფრო შესამჩნევი გახდება, მაშინ ჰაერის წნევის გაწონასწორების მიზნით, იგი ჯერ ქვევიდან ზევით (აღმავალი) აიწევს, ხოლო შემდეგ მარცხნიდან მარჯვნივ გადაადგილდება. ამდენად, სიმაღლეში ჰაერის წნევის ზრდით მიღწეული არათანაბრობის გაწონასწორების მიღწევა მისი დაღმავალი მოძრაობითაა გამოწვეული. ამასთან, ცივი ჰაერის გავრცელების არეალში, დედამიწის ზედაპირთან ახლოს, იქმნება რა მაღალი წნევის ფრაგმენტი, ჰაერი მარცხნივ იწყებს გადაადგილებას.



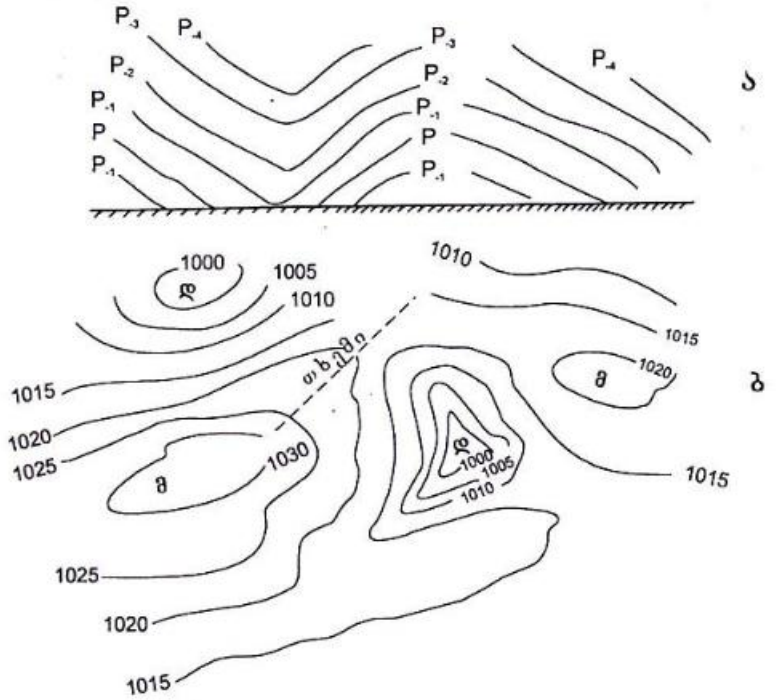
ნახ. VII.9. ჰაერის ცირკულაციის სქემა
თ–თბილი ჰაერი, ც–ცივი ჰაერი.

ამგვარად, ცივი და თბილი ჰაერის ატმოსფერულ ცირკულაციაში დინების ორი ტიპის არსებობა შეინიშნება: ჰორიზონტალური (ზედა და ქვედა) და ვერტიკალური (მარცხენა და მარჯვენა). ამავე დროს, ატმოსფერულ წნევასა და ჰაერის მოძრაობას შორის ორმხრივი კავშირი არსებობს: წნევათა სხვაობის გარეშე არ იქნებოდა ჰაერის მოძრაობა, მაგრამ ჰაერის მოძრაობის გარეშე არც წნევათა სხვაობა წარმოიქმნებოდა.

ჰაერის წნევის ყველაზე მკვეთრი რყევები წელიწადის დროთა სეზონებს შორის შეინიშნება. მაგალითად, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს კონტინენტურ არეალებზე, ზამთარში მაღალი წნევის არეები ყალიბდება, ხოლო ზაფხულში, პირიქით, ყველგან დაბალი წნევაა ფორმირებული. ამავე დროს, ხმელეთი და წყლის ვრცელი აკვატორიის არაერთგვაროვანი გათბობა-გაცივების გამო, მათ ზედაპირზე ჰაერის

მაღალი და დაბალი წნევის არეების მონაცვლეობას აქვს ადგილი. ჰაერის წნევა დღეღამურ ცვლილებებსაც განიცდის, რომელიც ტროპიკულ სარტყელში 3-4 მბ-ს, ხოლო პოლარულ მხარეებში ათეული მილიბარებით გამოისახება.

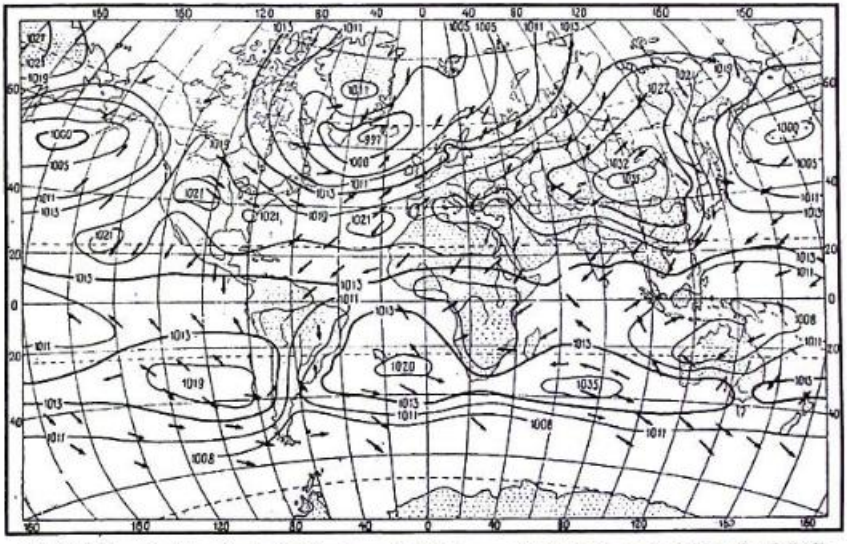
ტროპოსფერო მაღალი და დაბალი ატმოსფერული წნევის არეებისაგან შედგება. ერთგვაროვანი წნევის წერტილების შემაერთებელ ხაზებს იზობარულ ზედაპირებს, ანუ ატმოსფეროს ტოლი წნევების ზედაპირებს უწოდებენ. მაღალი ატმოსფერული წნევის არეში იზობარული ზედაპირები (ნახ. VII.10.ა) ამობურცულია, ხოლო დაბალი წნევის პირობებში, პირიქით – ჩაზნექილია.



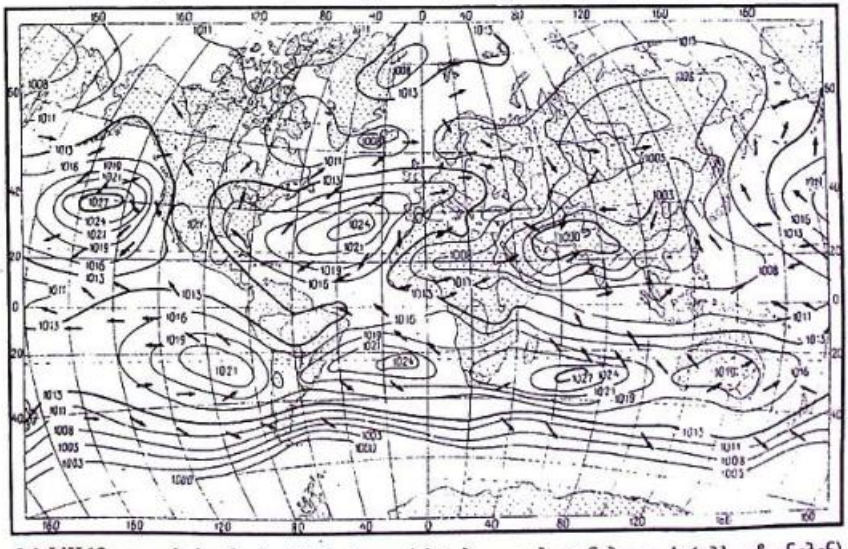
ნახ. VII.10. იზობარული ზედაპირები (ა) და ბარიული რელიეფი (ბ)

დედამიწის ზედაპირზე იზობარული ზედაპირები თანაბარი წნევების შემაერთებელ ხაზებს – იზობარებს (ნახ. VII.10.ბ) გამოსახავენ. იზობარები შეიძლება იყოს ჩაკეტილი და ღია (პარალელური). პირველ მათგანს ჰაერის წნევის ყველაზე დაბალი ან მაღალი წერტილები შეესაბამება, ხოლო პარალელური იზობარები მათ შორის განლაგდებიან. ჩაკეტილი იზობარებით გამოსახულ დაბალი წნევის არეს ბარიული მინიმუმი („დ“), ხოლო მაღალი წნევისას – ბარიული მაქსიმუმი („მ“) ჰქვია. იზობარების ჩაუკეტავი სისტემების მიერ შექმნილი გაწელილი ხაზები დაბალი (ბარიული ღარტაფი) და მაღალი წნევების (ბარიული თხემი) არეებს შეესაბამებათ. დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის წნევის განაწილების თავისებურებას

იზობარების რუკებით (ნახ. VII.11 და VII.12) გამოსახავენ. იანვრისა და ივლისის იზობარების რუკების შედარების საფუძველზე ჩანს, რომ ჰაერის წნევის წლიურ განაწილებას ნათლად გამოსახული ზონალური ხასიათი აქვს: თუკი ეკვატორულ ზოლში მუდმივი დაბალი წნევის არე ფიქსირდება, ერთდროულად სუბტროპიკებში მაღალი წნევაა ფორმირებული. ზომიერ განედებში მკაფიოდ ჩანს დაბალი წნევის დიდი ფრაგმენტები, ხოლო პოლუსების ირგვლივ მთელი წლის განმავლობაში ჰაერის მაღალი წნევაა შენარჩუნებული.

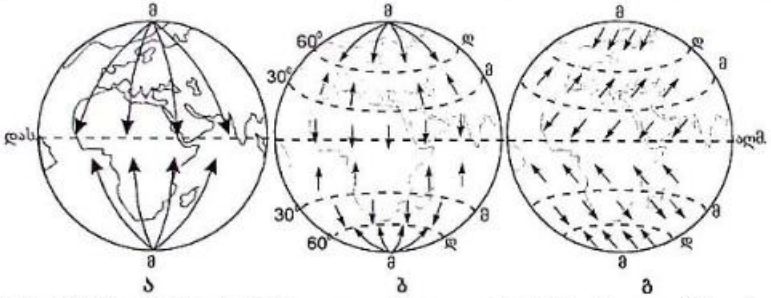


ნახ.VII.11. იანვრის იზობარების რუკა (ისრები – გაბატონებულ ქარებს უჩვენებენ)



ნახ.VII.12. ივლისის იზობარების რუკა (ისრები – გაბატონებულ ქარებს უჩვენებენ)

აღნიშნული სქემა დედამიწაზე ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის სურათის ფორმირებას განაპირობებს. ცხადია, რომ ეს სურათი დედამიწის რიგი (ნახ. VII.13) გეოგრაფიული ფაქტორების გავლენით მეტად რთული ხასიათისაა. სახელმძღვანელოს დანიშნულებისა და პროგრამის ხასიათის გათვალისწინებით, ამჯერად, ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის მარტივი სქემით* შემოვიფარგლებით.



ნახ. VII.13. ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის სქემა. მაღალი (მ) და დაბალი (დ) წნევის არეების განლაგება
ა – უმარტივესი სქემა; ბ – დედამიწის ბრუნვის გაუთვალისწინებლად; გ – დედამიწის ბრუნვის გათვალისწინებით

ეკვატორულ ზოლში აღმავალი ჰაერის ნაკადი სიმაღლეში ორ შტოდ (ნახ. XIII.2) იყოფა. ერთი ჩრდილოეთ პოლუსისაკენ მიემართება, ხოლო მეორე – სამხრეთით გადაადგილდება. გზაში ჰაერი თანდათან ცივდება და ძირს ეშვება, სადაც მაღალი წნევის არეები ყალიბდება. მათ ჩრდილოეთი და სამხრეთი განედების 30^0-იანი პარალელები შეესაბამებათ, სადაც მაღალი წნევის მუდმივი არეებია წარმოდგენილი.

პოლუსებიდან (მაღალი წნევის არე) ეკვატორისაკენ მოძრავი ჰაერი გზაში თბება და აღმავალ დენას იწყებს, რაც დაბალი წნევის არეების ჩამოყალიბებას იწვევს. მათ ზომიერი განედები შეესაბამებათ. ამდენად, დედამიწაზე ოთხი მაღალი (პოლუსებზე და ტროპიკებზე) და სამი დაბალი (ეკვატორზე და პოლარულ წრეებზე) წნევის არეები ყალიბდება. შესაბამისად, ჰაერის გადაადგილებას პოლარული განედებისაკენ ორი მხრიდან (პოლუსებიდან და ტროპიკებიდან) აქვს (ნახ. VII.13.ბ) ადგილი, ხოლო ეკვატორისაკენ ჰაერის შემოსვლა ასევე ორი მხრიდან – ჩრდილოეთი და სამხრეთი ტროპიკებიდან სრულდება. მოტანილი სურათი მეტად მარტივია, რომელიც სინამდვილეში მხოლოდ უძრავი დედამიწისათვისაა შესაძლებელი. მაგრამ მბრუნავ დედამიწაზე (ნახ. VII.13.გ) მოქმედებს რა გადამხრელი კორიოლისის (თავი III) ძალა – ჰაერის ნაკადი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გადაიხრება მარჯვნივ, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს – საწინააღმდეგო მიმართულებით.

ატმოსფერული წნევის მუდმივი არეების არსებობა დედამიწის ქვეფენილ ზედაპირზე ჰაერის გაბატონებულ მოძრაობებს, ანუ მუდმივი ქარების წარმოშობას განაპირობებს. მუდმივ ქარებს მიეკუთვნება პასატები და დასავლური ქარები. პასატები ქრიან ტროპიკებიდან ეკვატორისაკენ. ამავე დროს, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, დედამიწის ბრუნვის გამო, ისინი ჩრდილო-დასავლურ მიმართულებას იკავებენ, ანუ გადაიხრებიან (თავი III) მარჯვნივ. იგივე ქარები

* საკითხი დეტალურად მეტეოროლოგია-კლიმატოლოგიის კურსში განიხილება.

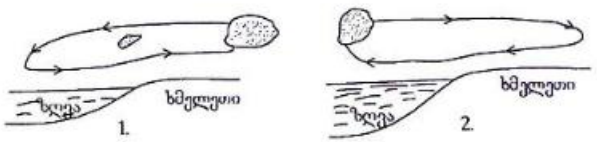
სამხრეთ ნახევარსფეროში, პირიქით, სამხრეთ-დასავლეთისაკენ, ანუ მარცხნივ გადაიხრებიან. დედამიწის ზომიერ განედებში ჰაერის დასავლური მუდმივი გადატანის სურათი ყალიბდება, ხოლო პოლარულ მხარეებში, პირიქით, აღმოსავლური მიმართულების ჰაერის დინებებს აქვს ადგილი.

დედამიწის განსაკუთრებულ არეალებში ჰაერის ცირკულაცია განსაზღვრულია რა ხმელეთისა და ზღვის არაერთგვაროვანი გათბობა-გაცივების სივრცე-დროითი რეჟიმით, ადგილი აქვს სეზონური ქარების – მუსონების ჩამოყალიბებას, რომლებიც წლის განმავლობაში ორჯერ იცვლიან მიმართულებას: ზაფხულში ქრიან ოკეანიდან ხმელეთისაკენ, ხოლო ზამთარში ხმელეთიდან ოკეანისაკენ. ამის მიზეზია ზაფხულობით ხმელეთის უფრო სწრაფი გათბობა (ოკეანესთან შედარებით) და აქ, დაბალი წნევის არეალის ფორმირება. ზამთარში კი, პირიქით, ხმელეთი სწრაფად ცივდება და მაღალი წნევის არე ჩნდება. მუსონები კარგადაა გამოხატული აზიის სამხრეთ და აღმოსავლეთ სანაპიროებზე.

ატმოსფერული ჰაერის ცირკულაციაზე დიდ გავლენას ახდენს ადგილობრივი ფაქტორები – ზღვები და ტბები, მყინვარები და ჭაობები, მთები და ვაკეები. ისინი აყალიბებენ ჰაერის ადგილობრივ ცირკულაციას, რაც ადგილობრივი წარმოშობის ქარების ფორმირებაში გამოიხატება.

სინოპტიკური პროცესების ძირითადი წილი ჰაერის დასავლურ შემოჭრებზე მოდის, თუმცა იგი რამდენადმე ირღვევა ქვეფენილი ზედაპირის მოქმედებით, რაც ქართა სისტემის საკმაოდ რთულ რეჟიმს განაპირობებს. ქვეფენილი ზედაპირის არაერთგვაროვნების გამო ადგილი აქვს ჰაერის მოძრაობის მეზომასშტაბური პროცესის ფორმირებას, რომლის ჰორიზონტალური მდგენელი ათეული მეტრიდან ასეულ კილომეტრამდე დიაპაზონში იცვლება. ამგვარი გზით წარმოქმნილი ცირკულაცია ადგილობრივი ქარების ფორმირებას იწვევს. მათი ორი ტიპია ცნობილი: თერმული (ბრიზი, მთა-ხეობური, მყინვარული) და მექანიკური (ფიონი, ბორა და სხვ.) ქარები.

თერმული ქარების წარმოშობა დაკავშირებულია ქვეფენილი ზედაპირის სხვადასხვა უბნების რადიაციული და სითბური თვისებების არაერთგვაროვნებასთან, რომლის შედეგად მათი ტემპერატურათა სხვადასხვაობა ბელს უწყობს ბარიული გრადიენტის ფორმირებასა და, შესაბამისად, ქართა სისტემის ჩამოყალიბებას. ქარების მეორე ტიპის ფორმირება ადგილობრივ პირობებთანაა (მთები, მაღლობები, ქედები, ტყეები) დაკავშირებული.

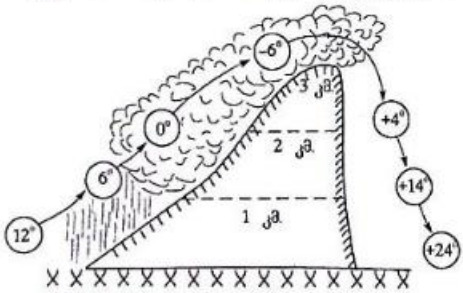


ნახ. VII.14. ბრიზული ცირკულაცია
1. დღე; 2. ღამე

ბრიზები ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროებზეა (ნახ. VII.14) გავრცელებული. ისინი დღე-ღამის განმავლობაში ორჯერ იცვლიან მიმართულებას, რაც წყლისა და ხმელეთის არათანაბარ გათბობა-გაცივებასთანაა დაკავშირებული. რადგან დილის საათებში ხმელეთი უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე ზღვის ან ოკეანის წყალი,

ხმელეთზე ატმოსფერული წნევა სწრაფად ეცემა. ზღვის ზედაპირზე კი საწინააღმდეგო სურათი იქმნება: წყლის ტემპერატურა უცვლელი რჩება და წნევაც შედარებით უფრო მეტ მნიშვნელობას აღწევს. ცხადია, რომ ჰაერის ქვედა ფენებში ბარიული გრადიენტი ზღვიდან ხმელეთისაკენაა მიმართული, ხოლო ზედა ფენაში, პირიქით — ხმელეთიდან ზღვისაკენ. ამდენად, მყარდება ჰაერის ჩაკეტილი ცირკულაცია, ანუ ბრიზი. ღამით ხმელეთი ზღვასთან შედარებით უფრო ცივდება. ამიტომ წნევაც მატულობს და საწინააღმდეგო ცირკულაციას აქვს ადგილი: ატმოსფეროს ქვედა ფენებში ქარი ხმელეთიდან ზღვისკენაა მიმართული, ზედა ფენებში კი პირიქით — ზღვიდან ხმელეთისაკენ. დღის განმავლობაში ბრიზი ხმელეთზე ღრმად ვრცელდება. ტროპიკულ არეალებში იგი 200-დან 400-მდე კმ-ის სიღრმეში შემოდის; საქართველოს შავი ზღვისპირა (აქ ბრიზების განმეორადობა 70-80% შეადგენს) კოლხეთის ვრცელ ვაკეზე ის 15-20 კმ-ს აღწევს, თუმცა ზოგჯერ ბრიზი ზესტაფონამდეც ვრცელდება. ბალტიის ზღვის პირას — ტალინის მახლობლად ბრიზი, მხოლოდ 20 კმ-ის სიღრმეში იჭრება. ბრიზის ხმელეთში შემოსვლა ცივი ფრონტის გავლას წააგავს, მისი გავლენით ტემპერატურის დაცემა ხშირად 5-8^0-ს აღწევს.

მთა-ხეობური ქარი ხეობის ფერდობსა და თავისუფალ ატმოსფეროს ერთსა და იმავე სიმაღლეზე ჰაერის არათანაბარი გათბობა-გაცივების შედეგია. დღისით მთის ფერდობი და მიმდებარე ჰაერის ფენები უფრო მეტად თბება, ვიდრე ხეობის ზემოთ, იმავე სიმაღლეზე თავისუფალი ატმოსფერული ფენები. ამიტომ ბარიული გრადიენტი ამ შემთხვევაში მიმართულია ხეობიდან ფერდობისაკენ. მაღლა კი ჰაერი საწინააღმდეგო მხარეს — ფერდობიდან ხეობისაკენ ქრის. ბრიზების მსგავსად ეს ქარები დღეღამური პერიოდულობით ხასიათდება. მთა-ხეობური ქარები საკმაოდ გავრცელებული მოვლენაა. იგი კარგადაა ცნობილი დედამიწის ყველა მთიანეთებში და, მათ შორის, კავკასიაშიც. საქართველოში მთა-ხეობური ქარი ქრის ყველგან, სადაც მთის ხეობები მიმდებარე ვაკეზე, ან ზღვისპირეთზე უეცრად გამოდიან.



ნახ. VII.15. ფიონური ცირკულაცია

მთიან ქვეყნებში, მყინვარულ ფრაგმენტებზე, ჰაერის წნევის ჰორიზონტალური გრადიენტი დღე-ღამის განმავლობაში მყინვარისაკენაა მიმართული. ქარიც იმავე მიმართულებისაა. მას მყინვარულ ქარს უწოდებენ. მექანიკური წარმოშობისაა (ნახ. VII.15) ქარი — ფიონი. იგი ჰაერის მასების მიერ მაღალი მთებისა და ქედების გადალახვის, ან მთიანეთების ანტიციკლონებიდან დაშვებული და ფერდობზე გაშლილი, დაღმავალი ჰაერის გაშლის შედეგია. ფიონები ხშირია დასავლეთ საქართველოში. ასე, მაგალითად, ქუთაისსა და წყალტუბოში მათი წლიური განმეორადობა 100-120 შემთხვევას შეადგენს. ფიონების სიჩქარე საკმაოდ მაღალია და 20 მ წმ$^{-1}$ აღწევს. ფიონი — ჰაერის ტენიანობის შემცირებას, სისუფთავისა და ხილვადობის ზრდას იწვევს. ზოგჯერ მექანიკური წარმოშობის ქარების გაძლიერებაში დიდ როლს ასრულებს სიმძიმის ძალა. ეს ეხება ადგილობრივ ქარს — ბორას, რომელიც ცივი და შტორმისებური ბუნებისაა.

ბორა უმთავრესად ზამთარში წარმოიქმნება, როდესაც ცივ ხმელეთზე განლაგებულია ანტიციკლონი, ხოლო შედარებით თბილი ოკეანის თავზე – ციკლონი. ტიპური ბორას ხშირი განმეორება კავკასიონის შავი ზღვისპირეთის ერთ-ერთ უბანზე ნოვოროსიისკის მიდამოებში აქვს ადგილი.

ცივ სეზონში ზღვის აკვატორიაზე დაბალი, ხოლო მიმდებარე ხმელეთზე, რომელსაც ზღვისაგან მაღალი ქედი გამოყოფს, საკმაოდ მაღალი ატმოსფერული წნევა ფიქსირდება. 500-600 მ-ის ქედის თხემიდან -25^0-ის ტემპერატურის მქონე ჰაერი ზღვისკენ მიქცეულ ქედის ფერდობზე ძირს სწრაფად ეშვება და მხოლოდ 5-6^0-ით თბება. ამდენად, ზღვის დონეზე ჰაერის ტემპერატურა -20^0-ის ფარგლებშია. ნოვოროსიისკის ბორას უზარმაზარი სიჩქარე (20-25-დან 40-მდე მ წმ$^{-1}$) ახასიათებს. იგი, როგორც წესი, ჩრდილო-აღმოსავლური მიმართულებისაა და როგორც ზღვის აკვატორიის, ისე მიმდებარე სანაპირო ზოლის ფართო ფრაგმენტს იკავებს. ცივი და ძლიერი ქარი, თავის დამანგრეველ მოქმედებასთან ერთად, იწვევს ზღვის წყლის შხეფებისა და მთელი აკვატორიის გაყინვას. ყინული ზოგჯერ 2-4 მ-ის სისქესაც კი აღწევს. იგი ამოქოლავს ხოლმე ქურების მილებს, საცხოვრისების კარ-ფანჯრებს. სქელი ყინული ედება გემების კორპუსებს. თავისი სიმძიმით ანგრევს სატელეფონო და ელექტროგადამცემ ბოძებს, ახდენს გადამცემი ხაზების დაზიანებას. ბორა 1-3 დღე-ღამეს გრძელდება.

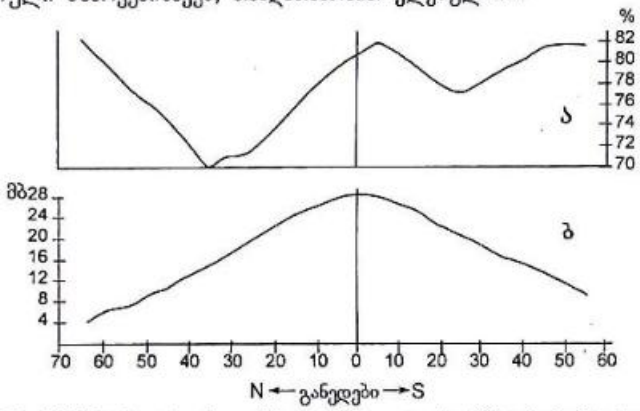
ატმოსფერული ტენი ერთ-ერთი მთავარი და მუდმივი შემადგენელი კომპონენტია. იგი ატმოსფეროში შემოდის დედამიწის ზედაპირიდან (ოკეანეები, ზღვები, ტბები, ჭაობები, მყინვარები, ნიადაგები, მცენარეულობა) აორთქლების გზით. წყალი ატმოსფეროში სამ – თხევად (წყლის წვეთები), მყარ (ყინულის კრისტალები) და აირად (წყლის ორთქლი) აგრეგატულ მდგომარეობაში იმყოფება. ატმოსფერული ჰაერი წყალს ორთქლის სახით შეიცავს. მისი მთავარი მასა ატმოსფეროს ქვედა ფენაში იმყოფება. ჰაერში წყლის ორთქლის შემცველობა დამოკიდებულია რა მის ტემპერატურაზე, 0,01-დან 4%-მდე მერყეობს. ატმოსფეროს ტენშემცველობის საშუალო სიდიდე 12 900 კმ^3 შეადგენს.

ატმოსფეროში ტენის შემცველობა გეოგრაფიული ზონალურობის ნიშნების მატარებელია. ჰაერის ტენიანობის ძირითადი მაჩვენებლებია აბსოლუტური და შეფარდებითი სინოტივე. გავიხსენოთ, რომ აბსოლუტური სინოტივე, ანუ ატმოსფერული ტენის ფაქტობრივი რაოდენობა, რომელიც მოცემულ მომენტში ჰაერში იმყოფება, გამოისახება წყლის ორთქლის წონის (გრამი) შეფარდებით ჰაერის მოცულობით (მ^3) ერთეულთან. მას გამოსახავენ წნევის ერთეულებში (ვერცხლისწყლის სვეტის მილიმეტრებში, ან მილიბარებში), რომლებიც მოცემული წყლის ორთქლის რაოდენობის დრეკადობას აწონასწორებს. რაც შეეხება შეფარდებით სინოტივეს, ანუ ჰაერის წყლის ორთქლით გაჯერების ხარისხს, იგი გამოისახება პროცენტებში და გამოხატავს მოცემულ ტემპერატურაზე ჰაერში ფაქტობრივად არსებული ორთქლისა და იმავე ტემპერატურის დროს, ჰაერის გაჯერებისათვის საჭირო ორთქლის დრეკადობის მაჩვენებლების შეფარდებას.

ჰაერის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად მისი გაჯერებისათვის უფრო მეტი წყლის ორთქლია საჭირო. ამავე დროს, ინტენსიური აორთქლების გამო, ორთქლის აბსოლუტური შემცველობაც განუხრელად იზრდება. ჰაერის ტემპერატურასა და ორთქლის შეფარდებით სინოტივეს შორის უკუდამოკიდებულება შეიმჩნევა: ტემპერატურის ზრდით შეფარდებითი სინოტივე კლებულობს და, პირიქით. ამის

გარდა, ჰაერის სინოტივის გეოგრაფიულ განაწილებაზე დიდ გავლენას მიწის ზედაპირის ხასიათი ახდენს. სწორედ, ქვეფენილი ზედაპირია ტენის გაჩენის წყარო, ის განსაზღვრავს ატმოსფეროს ცირკულაციის ნიშნებს, რომლებიც განაპირობებენ ტენის გადატანისა და ჰაერის გაჯერების ხარისხის ცვლილებებს.

დედამიწაზე ტემპერატურის განაწილების კანონზომიერებაზე დაყრდნობით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ აბსოლუტური სინოტივისა და ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური სიდიდეების მრუდები ერთმანეთის ანალოგიურად უნდა განლაგდნენ. როგორც ჩანს (ნახ. VII.16.ბ), აბსოლუტური სინოტივის უმაღლესი მნიშვნელობები ცხელ კლიმატურ სარტყელშია გავრცელებული და აქედან, პოლარული მხარეებისაკენ, თანდათანობით კლებულობს.



ნახ. VII.16. შეფარდებითი (ა) და აბსოლუტური (ბ) ტენიანობის საშუალო წლიური სიდიდეების განაწილება განედების მიხედვით

შეფარდებითი სინოტივის გავრცელება რამდენადმე რთული (ნახ. VII.16.ა) ხასიათისაა. პოლარულ არეალებში იგი მაღალია, რაც დაბალი ტემპერატურითაა შეპირობებული. ასევე ეკვატორიულისპირა ზოლში შეფარდებითი სინოტივის მაღალი მნიშვნელობა დიდი აბსოლუტური ტენიანობითაა განსაზღვრული. ყველაზე დაბალი შეფარდებითი სინოტივე სუბტროპიკულ განედებს შეესაბამება, რაც ამ განედებში მაღალი წნევისა და ჰაერის (პასატების) დაღმავალი მოძრაობის გაბატონებას უკავშირდება, რამდენადაც ჰაერის დაღმავალი მოძრაობა მის ადიაბატურ გათბობას იწვევს. ამავე დროს, პასატების გადაადგილებაც უფრო ცივი ადგილებიდან თბილისაკენაა მიმართული. შესაბამისად, ორივე შემთხვევაში თავდაპირველად გაჯერებული ჰაერი კარგავს თავის პირვანდელ მდგომარეობას და შეფარდებითი სინოტივეც ეცემა.

ჰაერის ტენიანობის დროითი რყევა ისეთივე კანონზომიერებას ექვემდებარება, როგორსაც მისი სივრცობრივი ცვლილება. აბსოლუტური სინოტივის წლიური მაქსიმუმები ყველაზე თბილ სეზონებს მიესადაგება, ხოლო მისი მინიმუმები ზამთრის თვეებშია დაფიქსირებული. რაც შეეხება შეფარდებითი სინოტივის წლიურ მსვლელობას, მას სრულიად საწინააღმდეგო სურათი შეესაბამება: მაქსიმუმი — ცივ სეზონში, ხოლო მინიმუმი — წლის თბილ თვეებშია დამახასიათებელი. ამ გარემოებიდან გამომდინარე, შეიძლება ხაზი გაესვას ატმოსფეროს მდგომარეობის როლს როგორც სითბოს, ისე სინოტივის შიდაწლიური განაწილების მხრივ.

მოღრუბლულობა და მისი როლი. წყლის ორთქლით ჰაერის გაჯერება ბუნებაში მხოლოდ ერთი გზით (ტემპერატურის დაწევით) მიმდინარეობს. ჰაერის ტემპერატურის დაწევასა და, შესაბამისად, წყლის ორთქლის კონდენსაციას (ან სუბლიმაციას) შეიძლება ადგილი ჰქონდეს მაშინ, როცა ჰაერი ცივ ზედაპირს შეეხება, ან გაცივდება გამოსხივების გამო, ან ერთმანეთში აირევა არათანაბარი ტემპერატურის ჰაერი, ან კიდევ ჰაერი გაფართოვდება (ადიაბატური პროცესი) მისი აღმავალი მოძრაობის მსვლელობაში. ამ უკანასკნელის დიდი ეფექტურობა გამოვლინდება ორთქლის კონდენსაციისა და სუბლიმაციის (კრისტალიზაციის) დროს ან, რაც იგივეა, ატმოსფერული ნალექების წარმოშობის მიმდინარეობაში. ცხადია, რომ ჰაერის აღმავალ მოძრაობას თან ახლავს ადიაბატური გაცივება, რასაც მივყავართ გაჯერების, ხოლო შემდეგ გადამეტნაჯერობის მდგომარეობამდე.

წყლის ორთქლის კონდენსაციის ან კრისტალიზაციის შედეგად ატმოსფეროში ადგილი აქვს ნისლის ან ღრუბლების ფორმირებას. ისინი შეიძლება გაჩნდეს როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი ტემპერატურის პირობებში. მათი შემადგენელი წყლის წვეთების დიამეტრი თავიდანვე 0,005-0,05 მმ-ის ტოლია, ხოლო ძლიერი განვითარების მომენტში 0,5-5,0 მმ-საც კი შეიძლება მიაღწიოს. ღრუბლიანობა ხასიათდება ღრუბელთა რაოდენობით, ფორმით, სიმაღლით დედამიწის ზედაპირიდან, მოძრაობის მიმართულებითა და სიჩქარით. ღრუბლიანობის შეფასება 10-ბალიანი სკალით ხდება, რომელსაც ცის თაღის დაფარულობის ხარისხის მიხედვით საზღვრავენ: უღრუბლო ცას ნული ბალი შეესაბამება, ხოლო სრულ მოღრუბლულობას 10-ანით აღნიშნავენ.

ყველაზე ღრუბლიანია ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს ატლანტისა და წყნარი ოკეანეების ჩრდილოეთი ნაწილები, სადაც საშუალო წლიური ღრუბლიანობა 8 ბალს აღემატება. საქართველოში საშუალო ღრუბლიანობა 6 ბალია. წლის თბილ სეზონში ვერტიკალური ღრუბლებია დამახასიათებელი, ხოლო ცივი პერიოდი – ფენა ღრუბლების გავრცელების დროა. თბილისში მოღრუბლულობის მაქსიმუმი (6-7 ბალი) მარტის თვეში, ხოლო მინიმუმი (4,4 ბალი) აგვისტოშია დაფიქსირებული.

ღრუბლები – ფორმის, გავრცელების, სისქისა და სიმაღლის მიხედვით საკმაოდ მრავალფეროვანია. მაგრამ მათ ორი უმთავრესი ნიშნის (ცხრილი VII.3) მიხედვით

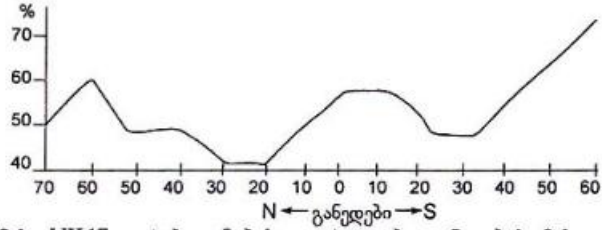
ცხრილი VII. 3.

ღრუბელთა საერთაშორისო კლასიფიკაცია

იარუსები	ზედა	საშუალო	ქვედა	ვერტიკალური
ფორმები	1. ფრთა 2. ფრთა-გროვა 3. ფრთა-ფენა	1. მაღალი-გროვა 2. მაღალი-ფენა	1. ფენა-გროვა 2. ფენა 3. ფენა-წვიმის	1. გროვა 2. გროვა-წვიმის

(სიმაღლე და ფორმა) აჯგუფებენ. სიმაღლის მიხედვით სამ იარუსს გამოყოფენ: ზედა იარუსის ღრუბლები 6 კმ-ზე უფრო მაღლაა გავრცელებული, საშუალო იარუსისა კი 2-6 კმ-ის სიმაღლის დიაპაზონში გვხვდება, ქვედა იარუსის ღრუბლები დედამიწის ზედაპირიდან 2 კმ-ის სიმაღლემდე ვრცელდება. ცალკე გამოყოფენ ვერტიკალური განვითარების ღრუბლებს, რომლებიც დიდი სიმძლავრით (სისქით) ხასიათდება. მათი ძირი (ფუძე) მოქცეულია ქვედა იარუსში, ხოლო მწვერვალი – ზედა იარუსის ფარგლებში ვრცელდება. ფორმის მიხედვით ღრუბელთა განაწილება იარუსების შესაბამისადაა წარმოდგენილი.

ღრუბელთა იარუსიანობა მათ შემადგენლობაში წყლის ორთქლის სხვადასხვა ფაზურ მდგომარეობას განაპირობებს. ზედა იარუსის ღრუბლები უფრო მეტად ყინულის კრისტალებს შეიცავს. შუა იარუსის ღრუბლები კი წყლის გადამეტცივებულ წვეთებისა და ყინულის კრისტალებისაგან შედგება. ქვედა იარუსში ღრუბლები წყლის წვეთებსა და ორთქლს შეიცავს. რაც შეეხება ვერტიკალური განვითარების ღრუბლებს, მათი შემადგენლობა ამა თუ იმ იარუსის თავისებურებებითაა განპირობებული.



ნახ. VII.17. ღრუბლიანობის გავრცელება განედების მიხედვით

მოღრუბლულობა მკვეთრად გამოხატული ზონალურობით ხასიათდება. როგორც ჩანს (ნახ. VII.17), ღრუბლიანობის მინიმუმი ჰაერის დაღმავალი დინებების (ტროპიკები), ან ცივიდან თბილი ადგილებისაკენ მქროლავი ქარების (პასატები) გავრცელების არეალებს შეესაბამება. ღრუბლიანობის მაღალი სიდიდეები კი ჰაერის აღმავალი მოძრაობისა (ეკვატორი) და თბილიდან ცივი ადგილებისაკენ მოძრავი ჰაერის მასების გავრცელების ფრაგმენტებს მოიცავს. ამდენად, დედამიწაზე შესაძლებელია ღრუბლიანობის „სარტყლების“ გამოყოფა.

1. ეკვატორული ღრუბლიანი (55-60%) სარტყელი;

2-3. დაბალი განედების (20-30^0) საშუალო ღრუბლიანობის (40-45%) ორი სარტყელი;

4-3. ზომიერი და ცივი განედების მაღალი ღრუბლიანობის (65-70%) ორი სარტყელი.

რაც შეეხება ღრუბელთა ფორმების გეოგრაფიულ განაწილებას, იგი შემდეგი უმარტივესი სქემის მიხედვით შეიძლება წარმოვიდგინოთ: ეკვატორულ ზოლში მძლავრი კონვექციის (აღმავალი ჰაერი) შედეგად ვერტიკალური განვითარების ღრუბლებია წარმოდგენილი; ზომიერ განედებში ზაფხულობით კონვექციური, ხოლო ცივ სეზონში – ფენა ღრუბლების ნაირსახეობების გავრცელებას აქვს ადგილი; მაღალ განედებში მხოლოდ ფენა ღრუბლების ფორმირება შეიმჩნევა.

მოცემული ფაქტებიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მოღრუბლულობის გეოგრაფიული განაწილება, ექვემდებარება რა ტემპერატურის გავრცელების გეოგრაფიულ (ზონალურ) კანონზომიერებას, ფიზიკური პროცესების (აორთქლების, კონდენსაციის, ჰაერის მასების გადაადგილების) კონტროლის ქვეშაა მოქცეული. ამავე დროს, თავის მხრივ, მოღრუბლულობა გავლენას ახდენს ადგილის ტემპერატურულ რეჟიმზე, ცვლის გეოგრაფიული გარსის საკუთარ იერსახეს. მაგალითად, საჰარის საშუალო წლიური ტემპერატურა რამდენადმე მაღალია ეკვატორთან შედარებით, რადგან უდაბნოს თავზე მოღრუბლულობის მაჩვენებელი მხოლოდ 24%-ს, ხოლო ეკვატორზე – 55%-ს აღწევს.

ღრუბლიანობა განაპირობებს დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაციის შემოსვლის ინტენსივობას. თუმცა, ამავე დროს, ღრუბელი ხელს უშლის სითბოს გასვლასაც.

დედამიწის მოღრუბლულობის საშუალო სიდიდე 54%-ია, რაც მის საშუალო ტემპერატურასთან (+15°) არის გაწონასწორებული. თუკი დედამიწის საშუალო მოღრუბლულობა 40%-ით იქნებოდა განსაზღვრული, მაშინ ჰაერის ტემპერატურა 9°-ით უფრო მეტ მნიშვნელობას მიიღებდა; ღრუბლიანობის 60%-მდე გაზრდის შემთხვევაში, ჰაერის ტემპერატურა 8°-ით დაიკლებდა და მხოლოდ 6° გახდებოდა. ამავე დროს, ჰაერის ტემპერატურას განაპირობებს არა მარტო მოღრუბლულობის საშუალო სიდიდე, არამედ მისი სტრუქტურული ასპექტები: ღრუბელთა სივრცობრივი განაწილება, მათი განედური კონცენტრაცია, ვერტიკალური არათანაბრობა და სხვ. აღმოჩნდა, რომ მაღალ განედებზე ღრუბელთა მეტი კონცენტრაცია დიდი სითბური ენერგიის მოზღვავებას განაპირობებს. ეს უბრალოდ აიხსნება: ატმოსფეროს ზედა ფენებში, ეკვატორის თავზე, მზის რადიაცია ორჯერ მეტი შემოდის, ვიდრე პოლარულ მხარეში. შესაბამისად, დაბალი განედების ღრუბლები ამავე სიდიდით მეტ სითბოს არეკლავენ ზომიერ განედებთან შედარებით.

აქედან გამომდინარე შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმის ჩამოყალიბებაზე, სხვა ბუნებრივ ფაქტორებთან ერთად, დიდ გავლენას ღრუბელთა სეზონური განაწილებაც ახდენს. ასე, მაგალითად, ზამთრის ღრუბლიანობის უფრო დიდი მაჩვენებლის არეალში, საშუალო წლიური ტემპერატურა შედარებით მაღალი სიდიდეებით ხასიათდება, ვიდრე იმ განედის ფრაგმენტებზე, სადაც სეზონური მოღრუბლულობის რეჟიმი საწინააღმდეგო ხასიათისაა.

ატმოსფერული ნალექები. ატმოსფერული ტენის კონდენსაციისა ან სუბლიმაციის შედეგად დედამიწის ზედაპირზე მოსული ტენი — წვიმის, თოვლის, სეტყვის, ნამის, თრთვილის, ჭირხლისა და სხვ. სახით ატმოსფერული ნალექების სახელწოდებითაა ცნობილი. ჰაერში წყლის ორთქლის კონდენსაციისა ან სუბლიმაციისათვის საკმარისი არ არის მისი მხოლოდ ორთქლით გაჯერება, რაც იგივეა — ტემპერატურის დაცემა, არამედ აუცილებელ პირობას კონდენსაციის ბირთვების ანუ აეროზოლის არსებობა წარმოადგენს. ამავე დროს, ნალექების მოსვლის ძირითადი მიზეზი ღრუბლის ნაწილაკების ზრდაა, რომელსაც ადგილი აქვს კონდენსაციის (სუბლიმაციის) პროცესებისა და ღრუბლის ნაწილაკების ურთიერთშერწყმის დროს. მსხვილი წყლის ან ყინულის მძიმე ნაწილაკები, გრავიტაციის გავლენით, გადალახავენ რა ჰაერის ხახუნის ძალასა და აღმავალი დენების წინააღმდეგობას — დედამიწის ზედაპირზე ატმოსფერული ნალექების სახით გვევლინებიან.

ატმოსფერული ნალექების კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს მათი გარეგნული სახე (მორფოლოგია), წარმოშობის ფიზიკური პირობები და მოსვლის ხასიათი. მორფოლოგიური თვალსაზრისით ნალექების სახეებია: წვიმა — თხევადი ნალექი, რომლის წვეთის დიამეტრი 0,25-4,0 მმ-ის დიაპაზონში მერყეობს; თოვლი — რთული აგებულების კრისტალია, რომელთა რადიუსი 4-5 მმ-ს აღწევს; ჟინჟღლი — თხევადი ნალექის, წვეთების დიამეტრი 0,5 მმ-ზე ნაკლებია; ხორხოშელა — მყარი და თეთრი, გაუმჭვირვალე ყინულის ბურთულები, რომელთა დიამეტრი 2-5 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს; სეტყვა — ყინულოვანი აგებულებისა და სფეროსებური ფორმის მყარი ბურთულებია, რომელთა დიამეტრი 10-50 მმ-ის, ზოგჯერ 70 მმ-ის სიდიდეს აღწევს. წარმოშობის მიხედვით ატმოსფერულ ნალექებს სამ ტიპად ყოფენ: ოროგრაფიული ნალექების წარმოშობა დაკავშირებულია მთის ფერდობებზე ჰაერის აღმავალ მოძრაობასთან; კონვექციური ნალექების ფორმირება, დედამიწის ზედაპირისა და

წყალსატევების გათბობის გამო, ჰაერის ინტენსიური აღმავალი დინების არსებობითაა შეპირობებული; ფრონტალური ნალექები წარმოიქმნება მაშინ, როცა თბილი ჰაერი დამრეცი კუთხით ცივი ჰაერის ზედაპირზე თანდათანობით აღმავალ მოძრაობას განიცდის.

ატმოსფერულ ნალექებს მოსვლის ხასიათის მიხედვით ყოფენ: გაბმული ნალექები ხანგრძლივი და ერთნაირი ინტენსივობისაა და, როგორც წესი, ძალიან დიდ არეალს მოიცავს; თავსხმა ნალექების ინტენსივობა საკმაოდ დიდია, მოსვლის ხანგრძლივობა კი — მცირე; ჟინჟღლა — ნალექების წვეთები მინიმალურად მცირეა. ნალექების უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელი სიდიდე — რაოდენობაა, რომელიც წარმოადგენს წყლის ფენის სისქეს (მმ-ში), მიღებულს წვიმისა და სხვა ნალექების შედეგად ჰორიზონტალურ ზედაპირზე აორთქლების, ჩაჟონვისა და გადინების გარეშე.

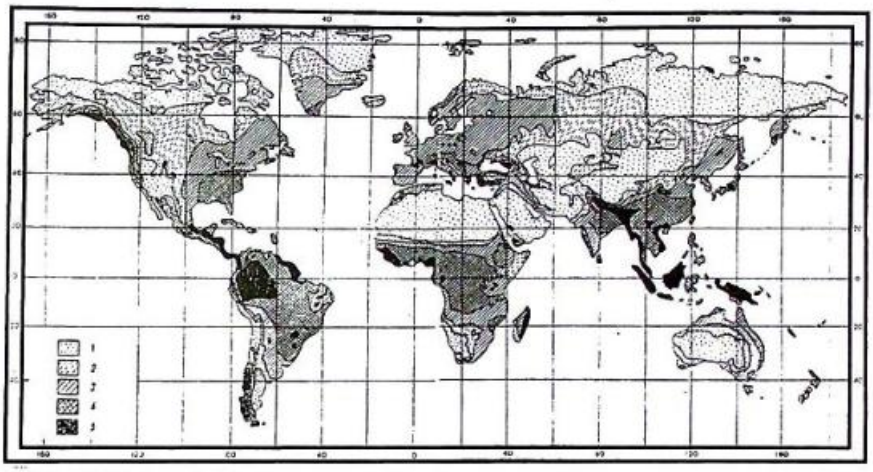
ჰაერის ტემპერატურისა და ტენის შემცველობის, მოღრუბლულობისა და სხვა ფაქტორების არაერთგვაროვანი განაწილების ასპექტზე დაყრდნობით შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ ატმოსფერული ნალექები კანონზომიერი (ზონალური) გავრცელებისაა. ამ მხრივ, შევეცადოთ კავშირების დამყარებას ატმოსფერულ ნალექებსა და გეოგრაფიული გარსის ელემენტებს შორის. ჰაერის ტემპერატურის როლის გათვალისწინებისას ცხადი ხდება, რომ მისი პოლუსებისაკენ შემცირება, იწვევს რა აორთქლების ინტენსივობის დაკლებას, ჰაერის ტენტევადობაც საკმაოდ მოკრძალებულია. ცივ ჰაერში ტენის რაოდენობა მაღალი ვერ იქნება და, შესაბამისად, მისგან გამოყოფილი ნალექი მცირე რაოდენობით განისაზღვრება. თბილ არეალებში კი ძლიერი აორთქლება და მაღალი ტენტევადობა, კონდენსაციის შემთხვევაში, უხვი ატმოსფერული ნალექების წარმოშობის საწინდარია.

ამგვარად, დედამიწაზე გარდუვალია იმ კანონზომიერების გამოვლენა, რომლის მიხედვით თბილ სარტყელში ნალექების სიუხვე, ხოლო ცივ განედებში მათი სიმცირე შეიმჩნევა. ამ კანონზომიერებას ნამდვილად აქვს ადგილი, თუმცა, როგორც ბუნების ყველა სხვა მოვლენა, ნალექების განაწილების სურათი გართულებულია ან წაშლილია ისეთი ზემოქმედებებით, როგორიცაა ატმოსფეროს ცირკულაცია, ხმელეთისა და ზღვების არათანაბარი განაწილება, რელიეფი, ადგილის ჰიფსომეტრიული გავრცელება და ოკეანური დინებები.

ატმოსფერული ცირკულაციის ნამდვილი სურათის მიხედვით შეიძლება ვივარაუდოთ ატმოსფერული ნალექების სივრცობრივი განაწილება. ამ უკანასკნელთან კი დაკავშირებულია ნალექების სივრცობრივი გაწონასწორება, თუმცა მათი გამომწვევი ტემპერატურული რეჟიმი მკვეთრი არაერთგაროვნებითაა გამოსახული.

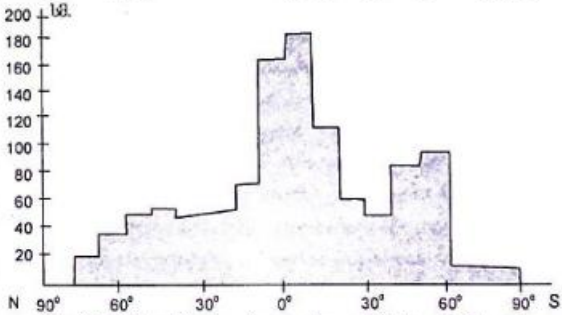
ხმელეთზე უხვი ატმოსფერული ნალექების გავრცელებას, როგორც წესი, ზღვის ვრცელი აკვატორიის სიახლოვესთან აკავშირებენ. სინამდვილეში, ხშირია საწინააღმდეგო მოვლენის დამამტკიცებელი ფაქტები: არცთუ იშვიათად ზღვისპირეთებზე გვაქვს მშრალი არეალები, ხოლო ხმელეთის სიღრმეში — ნოტიო ფრაგმენტებია გავრცელებული. ასე, მაგალითად, ანდების აღმოსავლურ ფერდობზე, მდ. ამაზონის ზემო დინებაში, უხვი ნალექების მოსვლა შეინიშნება; სამხრეთ-დასავლური მუსონების მიერ ნოტიო ჰაერი თარის უდაბნოს (ინდოეთი) გაივლის, თუმცა ვაკე რელიეფი არათუ მას დაუბრკოლებლად ატარებს, არამედ ცხელი უდაბნო აშრობს კიდევაც და ნალექებიც, შეიძლება ითქვას, არც მოდის. მაგრამ იგივე მუსონი — დასავლეთი გატების ქარპირა და ჰიმალაების სამხრულ ფერდობებზე, ტენის დიდ რაოდენობას ტოვებს.

მაღალ განედებში თბილი და ნოტიო ოკეანური დინების შემოჭრა, დაბალი ტენიანობის რაიონებში, უხვი ატმოსფერული ნალექების მოსვლას მოასწავებს. ამის მიზეზია თბილი დინებებისათვის დამახასიათებელი ციკლონური ცირკულაციის არსებობა. ამდენად ატმოსფერული ნალექების განაწილების ნათელი სურათის ფორმირებაში გეოგრაფიული გარსის მცირე დეტალებიც კი მონაწილეობს, თუმცა ამ პირობებიდან უმთავრესი მაინც ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაცია და რელიეფის თავისებურებაა.



ნახ. VII.18. ნალექების წლიური განაწილების ზონები. მშრალი: 1. <25 სმ; ზომიერი: 2. 25–50 სმ; 3. 50–100 სმ; ნოტიო: 4. 100–200 სმ; 5. >200 სმ

ატმოსფერული ნალექების განაწილების (ნახ. VII.18 და VII.19) სქემები გვიჩვენებს, რომ ნათლად გამოიყოფა ნოტიო ტროპიკული ზონა, რომელიც მდებარეობს ეკვატორიდან ორივე მხარეს 20°-ის დაშორებით. საკმარისად ბევრია (2000 მმ-ზე მეტი) ნალექები ცენტრალურ ამერიკაში, მდ. ამაზონის ზემო აუზში, ლიბერიასა და მალაის არქიპელაგის კუნძულებზე. განსაკუთრებით უხვი ნალექები რელიეფის ხელსაყრელი მდგომარეობითა და ნოტიო ჰაერის მოძრაობითაა განპირობებული. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ნიკარაგუას (სან-ხუან-დე-ლოს-მოროსი 6588 მმ), კოლუმბიის (ანორი, 7139 მმ), აფრიკის (კამერუნის მთების, 10470 მმ), ჰავაის კუნძულების (კუნძ. კაუაი, 12090 მმ), ჩერაპუნჯის* (ასამი, 12665 მმ) წლიური ატმოსფერული ნალექების ჯამური სიდიდეები.



ნახ. VII.19. ატმოსფერული ნალექების განაწილება განედების მიხედვით

* 1861 წელს აქ მოვიდა 20447 მმ ნალექი, ხოლო 1856 წელს 22987 მმ ნალექის მოსვლა დაფიქსირებულა. ამავე პუნქტში მიუთითებენ ნალექების რეკორდულ (26000 მმ) რაოდენობასაც.

დედამიწის ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების დაბალ განედებში (20-40^0) ორი მშრალი ზონაა გავრცელებული. მათი არსებობა ჰაერის დაღმავალი მოძრაობითაა შეპირობებული. ამ მხრივ, განსაკუთრებით ღარიბია კონტინენტების დასავლური სანაპიროები, რომლებსაც ცივი დინებები ეკვრის. მშრალი ზონის უდაბნოების ნაწილი (საჰარა, არაბეთის, მესოპოტამიის, კალაჰარის, ატაკამის უდაბნოები, სამხრეთი კალიფორნიისა და კოლორადოს არეალები) პასატების გავლენითაა ფორმირებული; თურქმენეთის, დასავლეთ ჩინეთის, ცენტრალური აზიის, ირანის, პატაგონიის, შიდა ავსტრალიის უდაბნოების წარმოშობას კი რელიეფის ბარიერულ მოქმედებას უნდა ვუმადლოდეთ.

ორივე ნახევარსფეროს ზომიერ განედებში (40-60^0) ნოტიო ზონები გამოიყოფა, რომელთა ფარგლებში ნალექების წლიური რაოდენობა 500 მმ-ს აჭარბებს. მათი არსებობა ციკლონების მოქმედებით, ჰაერის დასავლური (ჩრდილოეთი ნახევარსფერო) და აღმოსავლური (სამხრეთი ნახევარსფერო) გადატანითა და რელიეფის ბარიერული მოქმედებით აიხსნება. განსაკუთრებით ბევრია ნალექი ჩილეს (5000 მმ წწ$^{-1}$), კანადისა და ალასკის წყნაროკეანურ სანაპიროზე, ადრიატიკის ზღვისპირეთსა (4620 მმ წწ$^{-1}$) და ახალი ზელანდიის დასავლურ ოკეანისპირა ზოლში, შავი ზღვისპირა (მ. მტირალა, 4500 მმ-მდე) უბანზე და ა.შ.

დედამიწის პოლარული სექტორები ნალექების ორი მინიმალური სიდიდით გამოირჩევა, სადაც მათი წლიური ჯამი 250 მმ-ს არ აღემატება. ღარიბი ნალექიანობა დაბალი ტემპერატურითაა განპირობებული. პოლარული მხარეების მხოლოდ ციკლონების მოძრაობის გზაზე და მის მიმდებარე ფრაგმენტებზე (ისლანდია, სამხრეთი გრენლანდია) მოდის შედარებით მეტი ნალექები.

ჰაერის მასები და ატმოსფერული ფრონტები. გეოგრაფიული თვალსაზრისით, მეტად საინტერესოა ატმოსფეროს ქვედა ფენის – ტროპოსფეროს ჰორიზონტული სტრუქტურა. ამ მხრივ, ტროპოსფერო შედგება დიდი მოცულობისა და ერთგვაროვანი ფიზიკური (ტემპერატურა, სინოტივე) ბუნების ჰაერის მასებისაგან. ტროპოსფერო ერთდროულად რამდენიმე ათეულ ჰაერის მასას შეიცავს, რომლებიც მუდმივად გადაადგილდებიან, ცვლიან თავიანთ ფიზიკურ მახასიათებლებს, განიცდიან ტრანსფორმაციას და მოაქვთ მათთვის დამახასიათებელი (ცხელი, ცივი, მშრალი, წვიმიანი, თოვლიანი, ქარიანი) ამინდი.

ჰაერის მეზობელი მასების შეხების კონტაქტის ხაზები ატმოსფერულ ფრონტებს ქმნიან. ეს უკანასკნელნი, ამავე დროს, ამ ჰაერის მასებს ერთმანეთისაგან გამოყოფენ. მოსაზღვრე ზოლის სიგანე რამდენიმე ათეულ კილომეტრს აღწევს. ატმოსფერული ფრონტების ფარგლებში, ერთმანეთს ეჯახებიან რა განსხვავებული ფიზიკური თვისებების ჰაერის მასები, მიმდინარეობს ჰაერის ინტენსიური მოძრაობა. აქვე იქმნება ჰაერის კორიანტელისებრი (ციკლონები და ანტიციკლონები) ცირკულაცია. ფრონტალურ ზოლში ადგილი აქვს უხვი ატმოსფერული ნალექების მოსვლასა და ამინდის მკვეთრ ცვლილებას. ამდენად, ატმოსფერული ფრონტები ტროპოსფეროს ყველაზე დინამიკური ნაწილებია.

ჰაერის მასები საკმაოდ მრავალფეროვანია, თუმცა შესაძლებელია მათი გეოგრაფიულ ტიპებად დაყოფა, რომელთაც როგორც კონტინენტური, ისე ზღვური სახესხვაობები გააჩნიათ. ამ მხრივ გამოიყოფა: ეკვატორული, ტროპიკული, ზომიერი სარტყლებისა და არქტიკული (ანტარქტიკული) ჰაერის მასები. ეკვატორული ჰაერის მასა წარმოიქმნება ეკვატორულ ზონაში და ამიტომ მაღალი ტემპერატურითა და სინოტივით გამოირჩევა. ამ თვისებებით ეკვატორული ჰაერის მასა უცვლელად

ხასიათდება როგორც კონტინენტის, ისე ოკეანის ზედაპირზე. ამიტომ ეკვატორულ ჰაერის მასებს ზღვიურ და კონტინენტურ ჰაერის მასებად არ ყოფენ. ზაფხულობით ეკვატორული ჰაერი ადვილად გადადის სუბტროპიკულ სარტყელში და უხვი ატმოსფერული ნალექები მოაქვს.

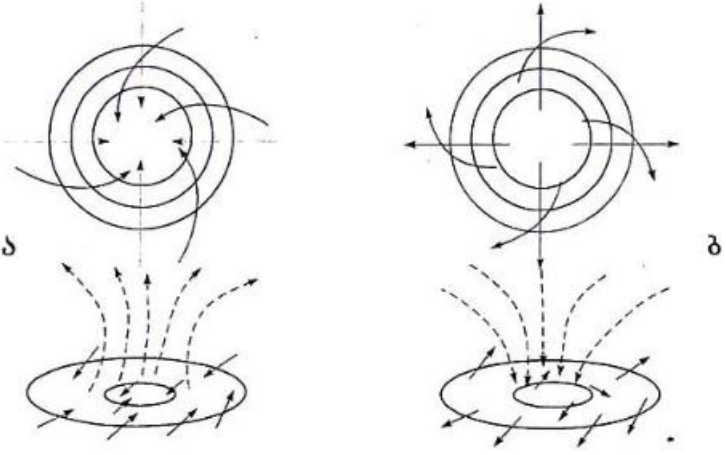
ტროპიკული ჰაერის მასების წარმოშობას ადგილი აქვს ტროპიკული და სუბტროპიკული სარტყლების როგორც ოკეანურ, ისე კონტინენტურ (საჰარის, არაბეთის ნახევარკუნძული, მექსიკა, ავსტრალიის უდაბნოები) ზედაპირულ არეალში. ზაფხულობით კი კონტინენტური ხასიათის ტროპიკული ჰაერის მასების წარმოშობას ადგილი აქვს ზომიერი სარტყლების არიდულ (შუა აზია, მონღოლეთი, ჩინეთისა და ამერიკის ჩრდილოეთი ნაწილები) რაიონებში. იგი მაღალი ტემპერატურითა და დაბალი სინოტივით ხასიათდება. ზღვიური ტროპიკული ჰაერი შედარებით გრილი და ნოტიოა. თუმცა, მაღალი ტემპერატურის გამო, ჰაერის შეფარდებითი სინოტივე უმნიშვნელოდ დაბალია და ნალექებიც მცირე მოდის. სამაგიეროდ, იმავე პირობების გამო, ტროპიკული სარტყლის ოკეანის ზედაპირიდან ძლიერ აორთქლებას აქვს ადგილი, ჰაერიც წყლის ორთქლითაა გაჟღენთილი.

საშუალო განედების ჰაერის ფორმირება ზომიერ სარტყელში ხდება და მნიშვნელოვანი სხვადასხვაობით ხასიათდება. კონტინენტური ჰაერის მასა მკვეთრად ცვალებადია სეზონების მიხედვით: ზაფხულობით ჰაერი ძლიერ ხურდება და ნოტიო ხდება, რითაც კონტინენტური ხასიათის ტროპიკული ჰაერის თვისებებს უახლოვდება. ზამთარში კი ძლიერ ცივდება და შედარებით მცირე აორთქლების გამო მშრალი ხდება. ზღვიური ჰაერი კი მაღალი სინოტივითა და ზომიერი ტემპერატურით ხასიათდება. ზამთარში მას დროებითი დათბობა და ნალექები მოაქვს, ზაფხულში კი გრილი, ღრუბლიანი და ნალექიანი ამინდები შეესაბამება. ზაფხულობით ზომიერი სარტყლის ჰაერის მიერ დაკავებული სივრცე ფართოვდება და ნაწილობრივ სუბარქტიკულ (სუბანტარქტიკულ) სარტყელს იკავებს.

არქტიკული (ანტარქტიკული) ჰაერის მასის ფორმირებას თოვლისა და მყინვარების საფარებზე აქვს ადგილი. ძლიერი გადამეტცივების გამო იგი დაბალი ტემპერატურითა და მცირე სინოტივით ხასიათდება. კონტინენტური არქტიკული ჰაერის ფორმირება ხდება ანტარქტიდის, გრენლანდიის, არქტიკული კუნძულებისა და ოკეანის ყინულოვანი (ზამთარში) ზედაპირებიდან. იგი ძალზე ცივი და საკმაოდ მშრალია. ზღვიური არქტიკული (ანტარქტიკული) ჰაერის ფორმირება მიმდინარეობს ჩრდილო ყინულოვანი და სამხრეთი ოკეანის გაუყინავი აკვატორიიდან. ის ნოტიო და თბილია. არქტიკული (ანტარქტიკული) ჰაერის მასების ზომიერ განედებში შემოჭრას ყოველთვის თან სდევს ზაფხულის აგრილება და ზამთრის სუსხი.

ციკლონები და ანტიციკლონები ჰაერის მასების მოძრაობის სისტემაში ერთ-ერთი საყურადღებო მოვლენაა. ისინი წარმოადგენენ ატმოსფერულ კორიანტელებს, რომლებსაც ჰაერის უზარმაზარი მასების აყოლება ძალუძთ. მათი წარმოშობის მიზეზი დედამიწის ზედაპირის მზის სხივებით არათანაბარი გათბობაა. ციკლონებისათვის დამახასიათებელია მიწისპირა ზედაპირზე, ჰაერის პერიფერიიდან ცენტრისაკენ (ნახ. VII.20.ა) გადაადგილება. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ციკლონური ქარების მიმართულება საათის ისრის საწინააღმდეგო გავრცელებისაა. ციკლონების ცენტრში დაბალი წნევის არეა მოქცეული. ანტიციკლონი იზობარების შეკრული სისტემაა, რომლის ცენტრში მაღალი წნევის არეა ფორმირებული, ხოლო შედარებით სუსტი ქარები საათის ისრის მიმართულებით – ცენტრიდან (ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში) პერიფერიებისაკენ (ნახ. VII.20.ბ) ვრცელდება.

ციკლონების ფორმირების მარტივი მექანიზმი შემდეგნაირია: დედამიწის ზედაპირის გადამეტხურების შედეგად რაიმე უბანზე დაბალი წნევის არე წარმოიქმნება, რაც პერიფერიიდან ჰაერის შემოდინებას შეუწყობს ხელს; ერთდროულად ამ ქარებზე



ნახ. VII.20. იზობარებისა და ჰაერის ნაკადების ციკლონური (ა) და ანტიციკლონური (ბ) სისტემები ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში

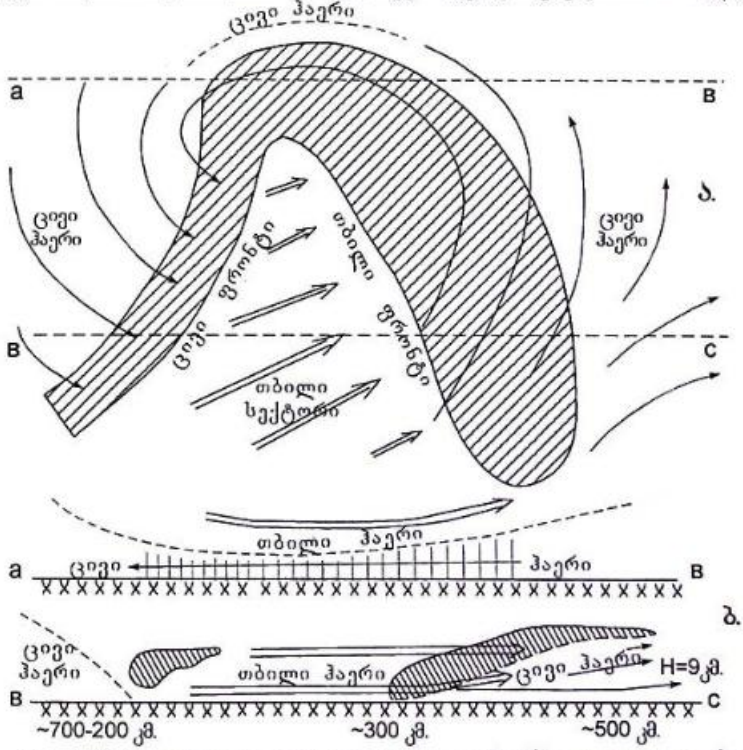
კორიოლისის ძალა იწყებს გავლენას, რაც ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, მათი თავდაპირველი მიმართულებიდან, მარჯვნივ გადახრას გამოიწვევს; ამასთან, ამავე ჰაერის მასაზე მოქმედებას იწყებს ცენტრიდანული ძალა, რომელიც პერიფერიისაკენ უბიძგებს; მოძრავ ჰაერზე მოქმედებს ხახუნის ძალა, რომელიც რამდენადმე ანელებს ქარის სიჩქარეს. როცა ყველა ეს ძალა გაწონასწორდება, ჰაერი სპირალისებური მოძრაობის ხასიათს ღებულობს და იზობარების მართობების მიმართ გადაიხრება.

დედამიწის ზედაპირის რაიმე ფრაგმენტის მოკლე ან ხანგრძლივი გადამეტცივების შედეგად, პირიქით, ანტიციკლონური იზობარების სისტემის ფორმირებას აქვს ადგილი. ანტიციკლონების ფორმირებას ხელს უწყობს ხმელეთის გადამეტცივების შედეგად წარმოქმნილი მაღალი წნევის არე, რაც ჰაერის ცენტრიდან პერიფერიისაკენ გადაადგილებას მოასწავებს. დედამიწის ბრუნვის გამო ქარების გადახრა ჰაერის კორიანტელისებური მოძრაობის საწინდარია. ცხადია, რომ ისინი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მარჯვნივ, ხოლო მოპირდაპირე მხარეს – მარცხნივ გადაიხრებიან. ამავე დროს, ანტიციკლონის ცენტრში მაღალი წნევა ჰაერის მასების შემკვრივებას (ჩამოწოლას) განაპირობებს და იგი უფრო მშრალი ხდება. ზაფხულობით ანტიციკლონს ცხელი, ხოლო ზამთრობით ყინვიანი ამინდი შეესაბამება. ამასთან, ზამთრის მშრალი და უღრუბლო ამინდის ფორმირება ჰაერის დაღმავალ დენებთანაა დაკავშირებული, რომელიც სითბოს ინტენსიური გამოსხივებითა და ყინვიანი ამინდებით ხასიათდება. ცხადია, რომ ზაფხულში ანტიციკლონური რეჟიმი იწვევს რა დედამიწის ზედაპირის გადამეტხურებას, ცხელი და მშრალი ამინდი დგება.

ციკლონებსა და ანტიციკლონებს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ გადაადგილების უნარი გააჩნიათ. ამავე დროს, ციკლონები გადაიხრებიან პოლუსებისაკენ, ხოლო ანტიციკლონები, პირიქით – ეკვატორისაკენ. ამდენად, ციკლონები ზომიერ

განედებში (დაახლოებით 65°-იან პარალელის გასწვრივ), ჰაერის მაღალი წნევის არეალის გავლენით, შეჩერდებიან ხოლმე და ხელს უწყობენ დაბალი წნევის ზონის ფორმირებას. ეკვატორის მიმართულებით მოძრავი ანტიციკლონები კი დაბალ განედებში (25-30°) გროვდებიან და მაღალი წნევის თითქმის უწყვეტი ზონის ფორმირებას იწვევენ. ასეთი ზონა განსაკუთრებით კარგად ჩანს ოკეანეთა ზედაპირზე, რასაც წნევის სუბტროპიკულ მაქსიმუმს უწოდებენ.

ციკლონები ჰაერის განსაკუთრებით მოძრავი სისტემებია. ისინი განიცდიან რა მუდმივ გადაადგილებას, ამინდის მკვეთრ ცვლილებას განაპირობებენ. ყოველ ციკლონს თბილი და ცივი ფრონტები შეესაბამება. ციკლონის წინა ნაწილი (თბილი ჰაერი მოძრაობს თბილი ჰაერის ზედაპირზე) თბილი ფრონტის ხასიათისაა, ხოლო მის უკანა ნაწილში (თბილი ჰაერი ჩამოედინება ცივი ჰაერის ზედაპირიდან) ცივი ფრონტების ფორმირებას (ნახ. VII. 21) აქვს ადგილი. ციკლონის მოახლოება



ნახ. VII.21. ციკლონის ჰაერის ნაკადები. გეგმა (ა) და ჭრილები (ბ)

მაღალი ღრუბლების გამოჩენით შეიმჩნევა. ამავე დროს, იზრდება ჰაერის ტემპერატურა და მკვეთრად ეცემა ატმოსფერული წნევა. თბილი ფრონტის გავლის შემდეგ ხანმოკლე, მაგრამ საკმაოდ თბილი და მოწმენდილი ამინდი დგება. იგი ციკლონის ცენტრის გავლას შეესაბამება. ცივი ფრონტის მოახლოებისას, ჰაერის ტემპერატურა ეცემა, ხოლო ატმოსფერული წნევა მატულობს. ცივი ფრონტის გავლას ყოველთვის მოაქვს უხვი ატმოსფერული ნალექები, ხოლო ძლიერი ქარები ხშირად იცვლიან მიმართულებებს.

ციკლონის დამამთავრებელ სტადიაში (ოკლუზია) ცივი ჰაერის მიერ ხდება თბილი ჰაერის გამოდევნა და სისტემა ერთგვაროვან ფორმას (ნახ. VII.21.ბ) უბრუნდება. ზომიერი განედების ციკლონები 2-3 ათას კილომეტრზე ვრცელდებიან და 30-45 კმ სთ$^{-1}$ სიჩქარით გადაადგილდებიან. დაბალ განედებზე (φ = 5-20^0) ადგილი აქვს საშინელი ტროპიკული ციკლონების, ანუ ტაიფუნების (აზიაში), ტორნადოს (ჩრდილოეთ ამერიკაში) ფორმირებას. ტროპიკული ციკლონებისათვის გრიგალისებური ქარებია დამახასიათებელი, რომელთა სიჩქარე 100-120 მ წმ$^{-1}$ აღემატება. განსაკუთრებით საშიშია კოლოსალური ენერგიის მქონე ტორნადო, რომელსაც ყოველწლიურად აურაცხელი მატერიალური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი მოაქვს.

ტროპიკული ციკლონის გავლას ბანგლადეშში (1970 წ. 12-13 ნოემბერი) 200 ათასი ადამიანის მსხვერპლი მოჰყვა, ხოლო ტაიფუნმა „აგნესამ" (აშშ-ში) 1972 წელს 3,1 მლრდ. ამერიკული დოლარის ზარალი მოუტანა ქვეყანას. ტროპიკული ციკლონები ხშირად იწვევს ოკეანური დიდი ზომის ტალღებს – ცუნამებს, რომელთა დამანგრეველი მოქმედება ხშირად თავს ატყდება სანაპიროზე განლაგებულ კომუნიკაციებსა და მოსახლეობას.

ზომიერი განედების ციკლონებს შედარებით ნაკლები განზომილებები და ენერგია აქვთ. ისინი ოკეანეთა ზედაპირზე წარმოიქმნებიან და ენერგიას ორთქლის წარმოშობის ფარული სითბოდან ღებულობენ. ამ ენერგიის წყალობით ადგილი აქვს აღმავალი დენების ზრდასა და ატმოსფერული წნევის ძლიერ დაცემას. საკმაოდ ხშირია ტორნადოს გაურცელება აშშ-ში, რომელსაც დიდი ნგრევა მოაქვს თან. ამ ქვეყნის მეტეოროლოგების ძალისხმევით, არცთუ იშვიათად, მოსახლეობა წინასწარ შეტყობინებას ღებულობს და მსხვერპლიც შედარებით ნაკლებია.

ზომიერ განედებისათვის ტორნადო (ჩვენთან: სმერჩი, ქარბორბალა) შედარებით იშვიათი მოვლენაა, თუმცა მისი გამოვლინებები ზოგჯერ ფიქსირდება კიდეც-

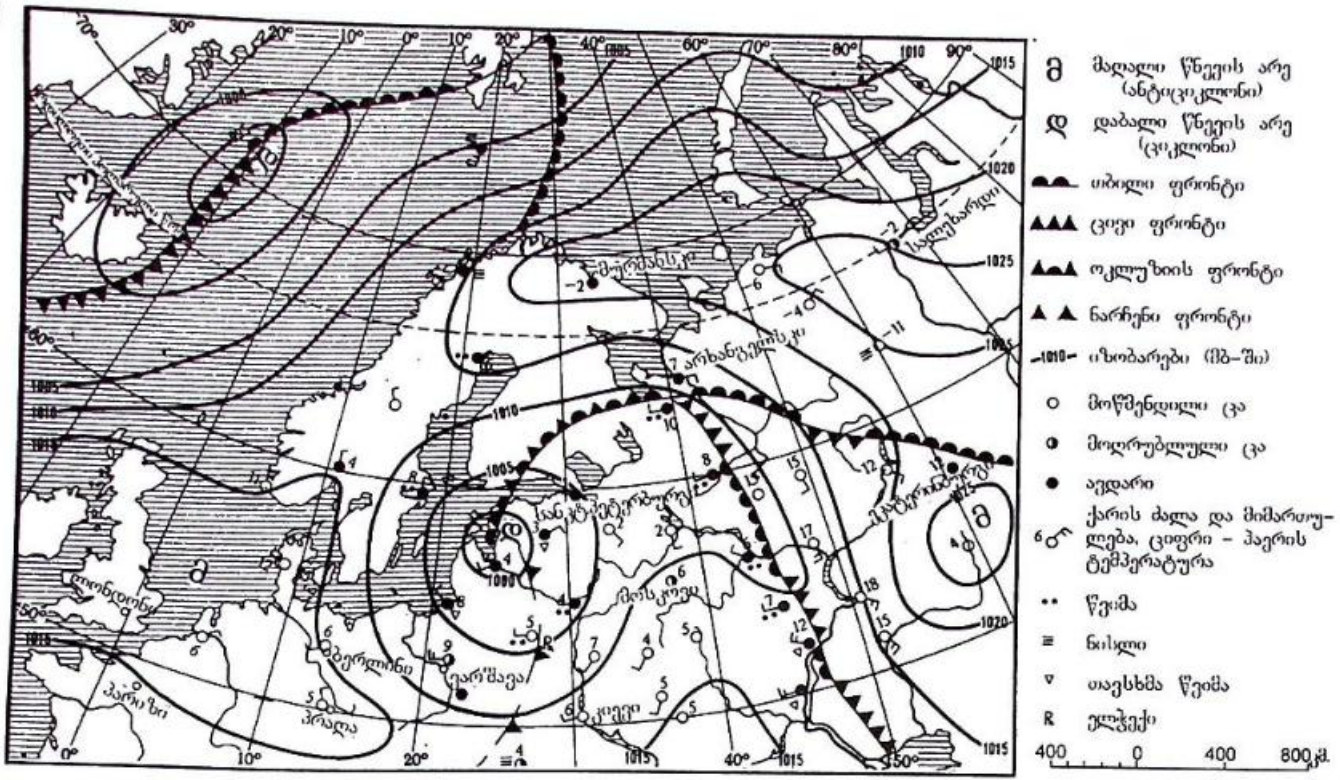
ნახ. VII.22. სოჭის შავი ზღვისპირა ხოლი. „სმერჩი", 1975 წ. 11 სექტემბერი. (ნ. ალექსეევის ფოტო)

ქარბორბალის ჩასახვის ერთ-ერთი რაიონი – კავკასიის შავი ზღვისპირეთიცაა. ამავე დროს, ქარბორბალა დაფიქსირებულია საქართველოს შიდა (კახეთი, ქართლი, იმერეთი და ა.შ.) რეგიონებშიც. მკვეთრად გამოხატული სმერჩი დაფიქსირდა ქ. სოჭის მიმდებარე (ნახ. VII.22) ზღვის აკვატორიაში. 1975 წლის 11 სექტემბერს გროვა-წვიმის ღრუბელმა უცრად გრძელი „ხორთუმი" ჩამოუშვა, რის მეშვეობით წყლის ნაკადი სწრაფად მაღლა ამოძრავდა. შავი ზღვისპირა (სოხუმის ყურეს აკვატორიაში, ყვარლის, გალისა და ზუგდიდის რაიონებში) ზოლში ავტორს (მ. ალფენიძე) რამდენიმე სუსტი სმერჩი – ქარბორბალა დაუფიქსირებია.

ამინდი და ჰავა. ატმოსფეროს ფიზიკური მდგომარეობა (ელემენტები), დროის კონკრეტულ მომენტში, ამინდის სახელწოდებითაა ცნობილი. ამინდის ელემენტებს მიეკუთვნება ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფეროს წნევა, სინოტივე, ღრუბლიანობა, ნალექები, ქარის მახასიათებლები (მიმართულება, სიჩქარე), ელჭექი, სეტყვა, ნისლი, გრიგალი და სხვა ატმოსფერული მოვლენები. ამინდზე დაკვირვება წარმოებს მეტეოროლოგიურ სადგურებსა და ობსერვატორიებში საერთაშორისო პროგრამის მიხედვით და ერთიანი პროგრამით. დაკვირვებათა მონაცემების მიხედვით დამუშავებული მასალის საფუძველზე წარმოებს ამინდის რუკების შედგენა. მათ სინოპტიკურ რუკებს (ნახ. VII.23) უწოდებენ, რომლებზეც მოცემულია ამინდის შესახებ ინფორმაცია: ატმოსფერული წნევა, ტემპერატურა, სინოტივე, მოღრუბლულობა, ქარი და ა.შ. სინოპტიკური რუკის ანალიზის საფუძველზე მეტეოროლოგიური სამსახური აქვეყნებს ინფორმაციას მოსალოდნელი ამინდის (პროგნოზი) შესახებ. ამჟამად მონაცემებს ამინდის ელემენტების შესახებ არა მარტო მეტეოსადგურებიდან, არამედ კოსმოსური აპარატებიდანაც ღებულობენ. კოსმოსური მეტეოროლოგიის თანამედროვე საშუალებებით შესაძლებელია ამინდის უეცარი ცვლის ოპერატიული სიჩქარითა და ზუსტი, უტყუარი დასაბუთებულობით მიღება, რაც მოსალოდნელი სტიქიური უბედურების შესახებ მოსახლეობის, საფრენი და სანაოსნო ხომალდების გაფრთხილების, სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების მართვის აუცილებელი მომენტია.

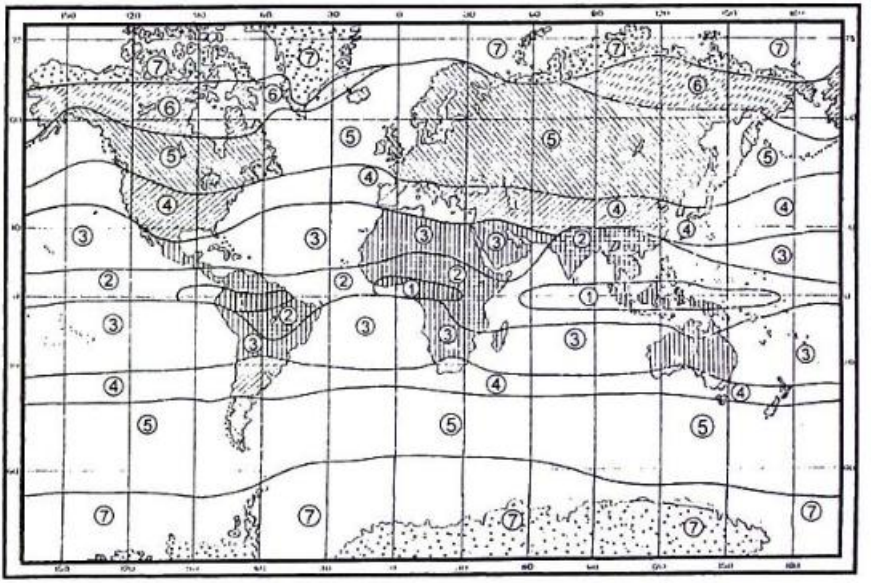
დედამიწის კონკრეტულ ადგილზე ამინდი მუდმივ ცვალებადობას განიცდის. მაგრამ, მისთვის დამახასიათებელია ამინდის მხოლოდ გარკვეული, წლიდან წლამდე ჩამოყალიბებული ტიპი. ამინდის მრავალწლიური რეჟიმი, ანუ ატმოსფეროს მდგომარეობა, რომელიც ტიპურია მოცემული ადგილისათვის და ხასიათდება ამინდის მრავალწლიური რეჟიმით, კლიმატის (ჰავის) სახელწოდებითაა ცნობილი. ჰავის ჩამოყალიბებაში ადგილის განედთან ერთად ძირითადად მონაწილეობს მზის რადიაცია, ატმოსფეროს ცირკულაცია, ქვეფენილი ზედაპირის ხასიათი და ოკეანის სიახლოვე. ზღვებისა და ოკეანის არსებობა განსაზღვრავს ჰავის ძირითადი ელემენტის – სინოტივის შემცველობას. ამ მხრივ, გამოყოფენ ნოტიო (ოკეანურ) და მშრალ (კონტინენტურ) კლიმატს. ზღვიური ჰავა ხასიათდება ჰაერის ტემპერატურის უმნიშვნელო დღეღამური და წლიური რყევებით. ჰაერის სინოტივე და ღრუბლიანობა უფრო მაღალია, ვიდრე მშრალი კლიმატის პირობებში. კონტინენტური ჰავისათვის დამახასიათებელია ტემპერატურის მკვეთრი რყევადობა და ატმოსფერული ნალექების შედარებით ნაკლები გამოვლინება. კონტინენტური ჰავა ცხელი ზაფხულითა და ცივი მკაცრი ზამთრით, ასევე მცირე ნალექიანობით ხასიათდება.

კლიმატწარმომქმნელი ფაქტორების დიდი მრავალგვაროვნების გამო, დედამიწაზე ჰავის საკმაო მრავალფეროვნებაა. კლიმატის კლასიფიკაციებიდან მივუთითებთ ბ. ალისოვის მიერ შემოთავაზებულ ჰავის სარტყლებს (ნახ. VII.24), რომლის



ნახ. VII.23. სინოპტიკური რუკა

საფუძვლად მიღებულია ჰაერის მასების დაჯგუფება, მათი წარმოშობის გეოგრაფიული პირობების შესაბამისად. ამ სქემის მიხედვით გამოყოფილია ძირითადი და გარდამავალი კლიმატური სარტყლები. პირველ მათგანს მიეკუთვნება ერთი ეკვატორული, ორი ტროპიკული, ორი ზომიერი, არქტიკული და ანტარქტიკული სარტყლები. გარდამავალი კლიმატური სარტყლებია: ორი სუბეკვატორული, ორი სუბტროპიკული და ერთი სუბარქტიკული სარტყელი. ამავე დროს, ყოველ სარტყელში, ხმელეთისა და ზღვის გადანაწილებასთან დამოკიდებულებით, გამოიყოფა კონტინენტური და ზღვიური ჰაერის ქვეტიპები.



ნახ. VII.24. დედამიწის ჰაერის სარტყლები (ბ. ალისოვის მიხედვით)
სარტყლები: 1. ეკვატორული; 2. ეკვატორული მუსონების; 3. ტროპიკული ჰაერის; 4. სუბტროპიკული; 5. ზომიერი განედების; 6. სუბარქტიკული; 7. არქტიკული (ანტარქტიკული) ჰაერის

ეკვატორული სარტყელი მაღალი საშუალო წლიური ტემპერატურით (25-25^0) ხასიათდება. მას დიდი სინოტივე და თავსხმა ნალექების მოსვლა შეესაბამება.

ტროპიკული სარტყელი უმთავრესად უდაბნოებსა და მშრალი სტეპების არეალებს მოიცავს. აქ განასხვავებენ ჰაერის კონტინენტურ (მშრალ) და ზღვიურ (ნოტიო) ქვეტიპებს.

ზომიერი განედების სარტყელი არქტიკული (ანტარქტიკული) და ტროპიკული ჰაერის მასების ხშირი შემოტევებით ხასიათდება. ჰაერის კონტინენტური ქვეტიპისათვის დამახასიათებელია მკვეთრი სეზონური ტემპერატურული განსხვავებანი, რაც მის მაღალ (50-60^0) ამპლიტუდას განაპირობებს. ნალექები უმთავრესად წლის თბილ პერიოდს შეესაბამება. ზღვიური ჰავა კი მაღალი ღრუბლიანობითა და სინოტივით, აგრეთვე ტემპერატურის უმნიშვნელო სეზონური რყევებით ხასიათდება. ნალექები წლის განმავლობაში თანაბრადაა განაწილებული.

არქტიკული და ანტარქტიკული სარტყლები დაბალი ტემპერატურითა (უთბილესი თვის საშუალო ტემპერატურა 0^0-ზე ნაკლებია) და უმნიშვნელო სინოტივით

ხასიათდება. არქტიკული ჰავა ზღვიური (გრენლანდიის გარდა) ტიპისაა, ხოლო ანტარქტიკისა – კონტინენტური.

ეკვატორული მუსონების სარტყელი ჰაერის მასების სეზონური მონაცვლეობით ხასიათდება. ზაფხულში ნოტიო მუსონი ეკვატორული ზონისათვის დამახასიათებელი ამინდის რეჟიმის ფორმირებას უწყობს ხელს. ზამთარში კი მშრალი მუსონის მიერ ტროპიკული (კონტინენტური) ჰაერის მშრალი ამინდის პირობებია განსაზღვრული.

სუბტროპიკულ სარტყელში ზამთარი გრილი, ხოლო ზაფხული ცხელია. ზამთრის ამინდები ზომიერი სარტყლის ჰაერის ცივი მასების შემოჭრითაა განსაზღვრული, ხოლო ზაფხულში ამინდს ტროპიკული ცხელი ჰაერის მასები განაპირობებენ.

სუბარქტიკული ჰავა საკმაოდ მკაცრია. ზაფხული ხანმოკლე, მაგრამ თბილია. ზამთარი – ხანგრძლივი და მკაცრია. ამ სარტყელშიც გამოყოფენ ჰავის კონტინენტურ და ზღვიურ ქვეტიპებს. პირველი მათგანი უფრო მკაცრი კლიმატური პირობებით ხასიათდება. ნალექების რაოდენობა სარტყელში უმნიშვნელოდ მცირეა.

მოცემული სქემა განედური ზონალურობის პრინციპითაა განსაზღვრული. ამავე დროს, ტროპოსფეროში სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ჰაერის ტემპერატურის შემცირების კანონზომიერებაზე დაყრდნობით, ჰავის სარტყლების ვერტიკალური სტრატიფიკაციის არსებობა შეიძლება ვივარაუდოთ. მართლაც, აღნიშნული მოვლენის გამო, მთებში ვერტიკალური კლიმატური სარტყლების ჩამოყალიბებას აქვს ადგილი. მათი მონაცვლეობა სიმაღლის მატებასთან ერთად წააგავს კლიმატური ზონების გავრცელების ცვლილებას განედური მიმართულებით. განსხვავება კი მხოლოდ იმაშია, რომ განედური მიმართულებით ზონები ათასეული კილომეტრის მანძილზე იცვლება, მაშინ, როცა მთებში იგივე ცვლილებები მხოლოდ რამდენიმე ასეული მეტრით განისაზღვრება.

ატმოსფეროს გაბინძურება და დაცვა. ადამიანთა საზოგადოების არაგონივრული სამეურნეო საქმიანობა ხშირად გარემოს გაბინძურებისაკენაა (თავი XV) მიმართული. ამ მხრივ ატმოსფერო გამონაკლისი როდია. ცნობილია მრავალი ანთროპოგენური წარმოშობის წყაროები, რომელთა მოქმედებით გამოყოფილი მავნე ნივთიერებები აბინძურებენ ატმოსფეროს და უარყოფითად მოქმედებენ ყოველ ცოცხალ ორგანიზმზე, მათ შორის ადამიანებზეც. ასე, მაგალითად, ნახშირბადის ოქსიდის (CO) მაღალი კონცენტრაცია ადამიანის ორგანიზმში ნეგატიურ ფიზიოლოგიურ ცვლილებებს იწვევს. ისინი ადვილად უერთდებიან ჰემოგლობინს და კარბოქსიჰემოგლობინის წარმოქმნას უწყობენ ხელს, რაც მხედველობის დაქვეითებას, გულისა და ფილტვების მოქმედებათა ნეგატიურ ცვლილებებს, სპაზმებსა და სხვა არასასურველ დაავადებებს იწვევს. ასევე მავნე გავლენისაა ატმოსფეროში ხელოვნურად შემოტანილი გოგირდის დიოქსიდი (SO_2), ანჰიდრიდი (SO_3) და რადიაქტიური ნივთიერებები.

გაბინძურებული ატმოსფეროს ცოცხალ ორგანიზმზე ზემოქმედების თვალსაზრისით გამოყოფენ: ფიზიკურ (რადიაქტიური ნაერთები, სითბური გაბინძურება, ხმაური, ვიბრაციები) და ქიმიურ (ნახშირბადისა და სხვათა ოქსიდები, სარეცხი საშუალებები, პლასტიკური მასები, სინთეტიკური ნივთიერებები, სამრეწველო აზოტი და გოგირდი, მძიმე ლითონები, ფტორის ნაერთები, მყარი მინარევები, ორგანული ნივთიერებები) გამაბინძურებელ ინგრედიენტებს. ისინი შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი (ვულკანური, გამოფიტვის, მეტეორიტების, ხანძრების), ისე ანთროპოგენური (სათბობის წვის, ბირთვული აფეთქების ან ავარიული წარმოშობის, გამონაბოლქვი აირების) წარმოშობის პროდუქტები.

ბოლო ხანს ავტოტრანსპორტისა და ავიაციის განვითარებამ არსებითად გაზარდა მავნე გამონაბოლქვი აირების წილი. შეფასებებით, საშუალო ქალაქების ავტოტრანსპორტის წილზე მავნე აირების ნახევარი მოდის. მთავარ გამაბინძურებლად ბენზინზე მომუშავე ავტომობილები ითვლება. მათი ხვედრითი წილი აშშ-ში 75%-ს შეადგენს. დიზელის ძრავები შედარებით ეკონომიურია და, შესაბამისად, გამონაბოლქვი ნაკლები აქვს, თუმცა სახეზეა არასრული წვის შედეგი – ნახშირბადისა და მისი ოქსიდების გამოყოფა, რაც აბინძურებს ატმოსფეროს.

განსაკუთრებით საშიშია ატმოსფეროს გაბინძურების ახალი სახე – სმოგი (ინგლ. smoke – კვამლი, fog – ნისლი), რომელიც უმთავრესად დიდი ქალაქებისა და სამრეწველო ცენტრების მიდამოებშია გავრცელებული. იგი ბოლისა და ჭვარტლის ნარევია და უფრო მეტად ჰაერის სუსტი ტურბულენტურობის, სიმაღლეში ტემპერატურის მდგრადი განაწილების, სუსტი ქარისა ან შტილის დროს წარმოიქმნება. სმოგის გავრცელებას ხელს უწყობს აგრეთვე არახელსაყრელი (ქვაბული, ხეობა) რელიეფი. სმოგის გამო მცირდება ატმოსფეროს გამჭვირვალობა და ხილვადობა, ლითონების კოროზია და ნაგებობათა (კულტურისა და არქიტექტურის ძეგლები) ნგრევა. იგი უარყოფითად ზემოქმედებს ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

მძლავრი ანთროპოგენური ცვლილებები გავლენას ახდენენ ატმოსფერული ჰაერის შემადგენლობაზეც. ამ მხრივ აღსანიშნავია ატმოსფეროში ჟანგბადის რაოდენობის შემცირება, რომელიც ფლორისა და ფიტოპლაქტონის ცვლილებაზეა დამოკიდებული. ცნობილია, რომ ამ ბოლო 50 წლის განმავლობაში ადამიანის მიერ დედამიწის ტყის საფარის ორი მესამედი უკვე გაიჩეხა, ხოლო 100 წლის მანძილზე მისი 40% გაიკაფა. ამჟამად ტყის მასივებს ხმელეთის მხოლოდ 20% უკავია. ტყის გაჩეხვა უმოწყალოდ გრძელდება: ყოველ წუთში 30 ჰა ტყის საფარი ნადგურდება. ტროპიკული ტყეების ამ ტემპით გაკაფვის შედეგად XXI საუკუნის 40-იან წლებში უკვე მის მთლიან გაქრობას ექნება ადგილი.

ჟანგბადის მნიშვნელოვანი ხარჯვა მიმდინარეობს სათბობის წვის, ლითონების დნობის გამო, ავტომობილისა და სხვა სატრანსპორტო საშუალებების მუშაობის პროცესში. ასე, მაგალითად, 1 კგ ქვანახშირის ან 1 მ^3 ბუნებრივი გაზის წვისას 11 მ^3 ჟანგბადის დახარჯვას აქვს ადგილი. თანამედროვე რეაქტიული თვითმფრინავის მიერ ევროპიდან ამერიკაში გადაფრენა 70 ტონა ჟანგბადის ხარჯვას იწვევს, რომლის გენერაციისათვის აუცილებელია 10 ათასი ჰექტარი ტყის საფარის ფიტოქიმიური განუწყვეტელი მუშაობა 24 სთ-ის განმავლობაში.

საყურადღებოა ოზონის ეკრანის დინამიკაც. საჰაერო ტრანსპორტის მიერ ოზონი ნადგურდება იქ, სადაც იგი ფრიად აუცილებელია. ოზონის ეკრანის დეგრადაციას განსაკუთრებით ადგილი აქვს ანტარქტიდის თავზე. ასეთი ოზონის ხვრელები უკვე 5 მლნ. მ^2 ფართობზეა გავრცელებული და სცილდება ამ კონტინენტის საზღვრებს. ოზონის ფენაზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენენ ფრეონები. მათი წარმოქმნა აეროზოლური პრეპარატების აორთქლებასთანაა დაკავშირებული, რომლებსაც ამჟამად წარმატებით იყენებენ კოსმეტიკაში (თმის შეღებვა).

გეოგრაფიული გარსის ნეგატიური გარდაქმნის მნიშვნელოვანი ფაქტორია ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდა ატმოსფეროში. ასეთი გზით, ბოლო 150 წლის განმავლობაში, ატმოსფეროში შემოსულია 230×10^{15} გრამი CO_2. ამჟამად, ატმოსფეროში ყოველწლიურად შემოსული CO_2-ის რაოდენობა 18×10^{15} გრამით განისაზღვრება. მეცნიერთა შეფასებით დადასტურებულია, რომ თუ CO_2-ის

კონცენტრაცია დღევანდელთან შედარებით ორჯერ გაიზრდება, ის გამოიწვევს დედამიწის ჰაერის ტემპერატურის 3^0-ით მომატებას.

სამრეწველო სიმძლავრეთა ზრდასთანაა დაკავშირებული ატმოსფეროში აეროზოლის კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი მატება. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ატმოსფერო ყოველწლიურად 400 მლნ. ტონამდე აეროზოლს ღებულობს, რაც მისი რაოდენობის 20%-ს შეადგენს. აეროზოლი, როგორც წესი, დიდ სამრეწველო ქალაქებში წარმოიქმნება, მაგრამ საკმაოდ შორ მანძილზე ვრცელდება.

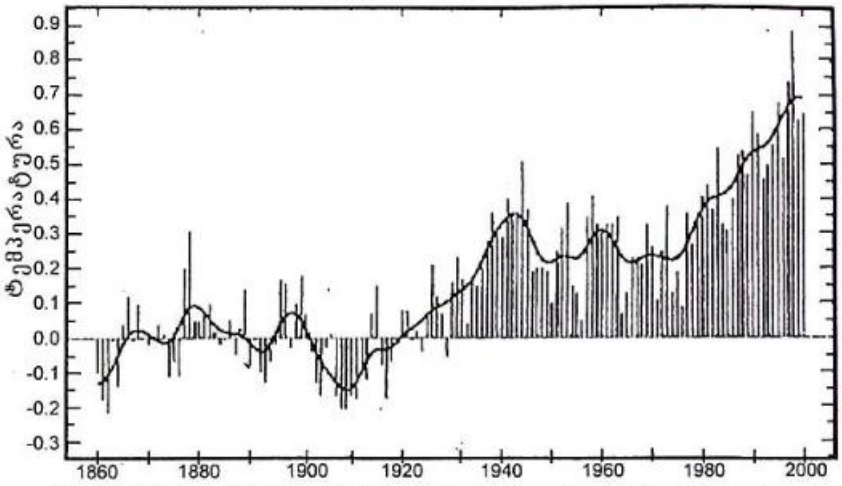
ამგვარად, ატმოსფეროს განვითარების თანამედროვე ეტაპი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ერთობლივი გამოვლინების პირობებში მიმდინარეობს. ამიტომ ატმოსფეროს შემდგომი განვითარება სწორედ ამ ორი — ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ჭიდილითაა განსაზღვრული.

კლიმატის ცვლილებები. დედამიწის კლიმატის პალეოგეოგრაფიული ნიშნები მის მუდმივ ცვლილებაზე მიუთითებენ. გეოგრაფიული წარსული გამყინვარებებისა და დათბობის არაერთი მორიგეობითაა ცნობილი. ამ მხრივ აღსანიშნავია ფინეთისა და კანადის (არქაული ერა), გრენლანდიისა და ჩრდილოეთ ევროპის (პროტეროზოული ერა), აფრიკის, ავსტრალიის, სამხრეთ ამერიკის, ინდოეთის (კარბონული პერიოდი), ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკის (მეოთხეული) გამყინვარებები. ამავე დროს, ცნობილია, რომ კემბრიულ პერიოდში შპიცბერგენსა და შუა ციმბირის ზეგანზე ცხელი ჰავის გავრცელებას ჰქონდა ადგილი, ხმელთაშუა ზღვის ტიპის ჰავა გრენლანდიაში ვრცელდებოდა, საჰარაში კი ნოტიო ჰავა (მესამეული პერიოდი) იყო წარმოდგენილი. ამ მხრივ არც მთიანი ქვეყნები (კავკასია, საქართველო) იყო გამონაკლისი: მეოთხეული გამყინვარების ეპოქამდე ნეოგენურ ხანაში აქ ნოტიო ტროპიკული ჰავა იყო გავრცელებული.

დედამიწის ჰავის ცვლილებას ისტორიულ დროშიც ჰქონდა ადგილი. 2500 წლის წინათ ევროპის ჰავას კონტინენტური (მცირენალექიანი) ხასიათი ჰქონდა. XIX საუკუნის მეორე ნახევარში დაიწყო არქტიკის დათბობა, რომელიც უფრო მის დასავლეთ ნაწილს (ტემპერატურამ 9^0-ით იმატა) შეეხო. XX საუკუნის 40-იან წლებში აცივდა გრენლანდიასა და ცენტრალურ არქტიკაში, კანადის არქტიკულ არქიპელაგსა და, ნაწილობრივ, აღმოსავლეთ ციმბირში. აცივება განსაკუთრებით დაეტყო კარის ზღვის აკვატორიას. აქ ჰაერი 20 წლის განმავლობაში 3^0-ით უფრო გაცივდა. XX საუკუნის 60-იან წლებიდან ჰაერის კვლავ დათბობა (ნახ. VII.25) შეიმჩნევა.

დედამიწის აღწერილი კლიმატური ცვლილებები ბუნებრივი მოვლენებითაა შეპირობებული. თეორიულმა გამოთვლებმა (აკად. ა. მონინი) აჩვენა, რომ დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრილობა მისი ორბიტის სიბრტყისადმი 1 მილიარდი წლის განმავლობაში 5^0-ით იცვლება, ხოლო ბრუნვის სიჩქარე იმავე პერიოდში 20%-ით კლებულობს. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ დღე-ღამის ხანგრძლივობა ათასწლეულში 0,017 წმ-ით იზრდება. ამდენად, დედამიწა თურმე ადრე უფრო სწრაფად ბრუნავდა თავისი ღერძის გარშემო, ხოლო ღერძის დახრილობა შედარებით ნაკლები იყო, რაც მეტეოროლოგიური ელემენტების წლიური და დღელამური ამპლიტუდების სიმცირეს განაპირობებს. ამავე დროს, ჰაერის ტემპერატურის სხვაობა ეკვატორსა და პოლუსებს შორის განუხრელად იზრდებოდა და ატმოსფეროს ცირკულაციაც ინტენსიური ხდებოდა. ცხადია, რომ ეს მოვლენები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენდა დედამიწის ჰავაზე.

დედამიწის კლიმატის ცვლილება შეიძლება დაუკავშირდეს პოლუსებისა და კონტინენტების მდებარეობათა ცვლილებებს. ამ გადაადგილებებს კლიმატის მკვეთრი ცვლილებები მოსდევდა, რომელიც თავის ანარეკლს ჰავის ზონების სიერცობრივ



ნახ. VII.25. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური გლობალური ცვლილება

გადაადგილებაში პოვებდა. კერძოდ, პოლარული განედების კონტინენტებზე გამყინვარების განვითარებას დათბობის ეპოქების მონაცვლეობა მოსდევდა. ბოლო ათეული მილიონი წლების განმავლობაში დედამიწის კლიმატური ცვლილება (გამყინვარება) დაკავშირებულია (აკად. მ. ბუდიკო) ნახშირორჟანგის რაოდენობის შემცირებასთან. XX საუკუნეში მიმდინარე ჰავის ცვლილებები კი (აკად. თ. დავითაია) აეროზოლის რაოდენობის ზრდას უკავშირდება.

ადამიანი თავისი საქმიანობით უარყოფით გავლენას ახდენს კლიმატურ პირობებზე. მართალია, ჯერ კიდევ ეს გავლენა გლობალურ მასშტაბებს ვერ აღწევს. ასე, მაგალითად, დიდი ქალაქების ფარგლებში გარეუბნებთან შედარებით ჰაერის ტემპერატურა ზამთრობით მხოლოდ 2-4^0-ითაა მეტი. თუმცა მომავალში მოსალოდნელია ჰავის გლობალური ცვლილებები, რომელიც დედამიწის სითბური ბალანსის დარღვევასთანაა დაკავშირებული. მეცნიერთა შეფასებით, დედამიწის ხელოვნური „გახურება“ უკვე მიმდინარეობს და მზიდან მიღებული ენერგიის 1%-ს შეადგენს. რა შეიძლება გამოიწვიოს ამ მოვლენამ? ერთ-ერთი ჰიპოთეზით უკვე საუკუნის დასაწყისში ტემპერატურის ზრდას შეუძლია პოლარული მყინვარების გადნობა და ჰავის სრული შეცვლის გამოწვევა. მეორე ჰიპოთეზა მოღრუბლულობის ერთიორად გაზრდასა და მზის რადიაციის დედამიწაზე შემოსვლის მკვეთრ შემცირებას გულისხმობს, რაც ახალი მყინვარული ეპოქის დასაწყისს მოასწავებს.

ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის ზრდის თანამედროვე ტენდენციის შენარჩუნებით, მოსალოდნელია ჰაერის ტემპერატურის (საქართველოს განედებში) 0,5^0-ით აწევა. თერმული რეჟიმის მნიშვნელოვანი ცვლილება (2-2,5^0-ით ზრდა) არქტიკაშია მოსალოდნელი. ჰავის პროგნოსტიკული მოდელის ეს სცენარი ფაქტობრივად განხორციელდა კიდევაც. მეცნიერთა ვარაუდით XXI საუკუნის დასაწყისში ჰაერის ტემპერატურა კიდევ უფრო საგრძნობლად მოიმატებს, რაც დედამიწის მყინვარული

კონცენტრაცია დღევანდელთან შედარებით ორჯერ გაიზრდება, ის გამოიწვევს დედამიწის ჰაერის ტემპერატურის 3^0-ით მომატებას.

სამრეწველო სიმძლავრეთა ზრდასთანაა დაკავშირებული ატმოსფეროში აეროზოლის კონცენტრაციის მნიშვნელოვანი მატება. ბოლო ათწლეულის განმავლობაში ატმოსფერო ყოველწლიურად 400 მლნ. ტონამდე აეროზოლს ღებულობს, რაც მისი რაოდენობის 20%-ს შეადგენს. აეროზოლი, როგორც წესი, დიდ სამრეწველო ქალაქებში წარმოიქმნება, მაგრამ საკმაოდ შორ მანძილზე ვრცელდება.

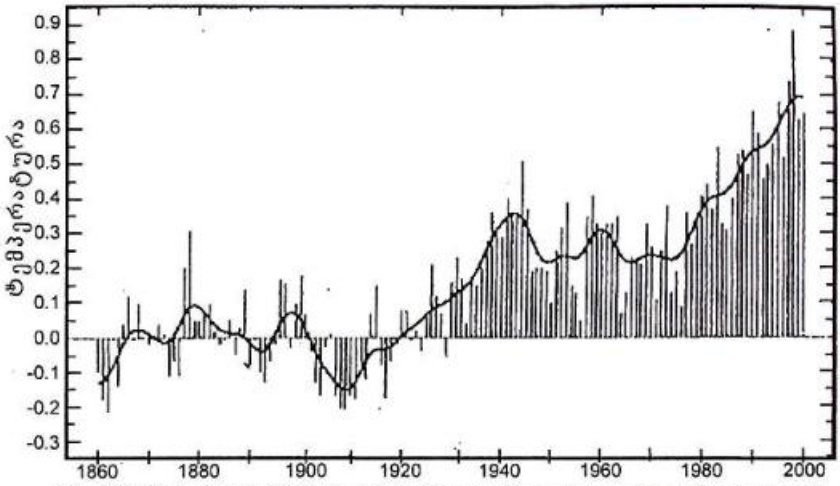
ამგვარად, ატმოსფეროს განვითარების თანამედროვე ეტაპი ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ერთობლივი გამოვლინების პირობებში მიმდინარეობს. ამიტომ ატმოსფეროს შემდგომი განვითარება სწორედ ამ ორი – ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორების ჭიდილითაა განსაზღვრული.

კლიმატის ცვლილებები. დედამიწის კლიმატის პალეოგეოგრაფიული ნიშნები მის მუდმივ ცვლილებაზე მიუთითებენ. გეოგრაფიული წარსული გამყინვარებებისა და დათბობის არაერთი მორიგეობითაა ცნობილი. ამ მხრივ აღსანიშნავია ფინეთისა და კანადის (არქაული ერა), გრენლანდიისა და ჩრდილოეთ ევროპის (პროტეროზოული ერა), აფრიკის, ავსტრალიის, სამხრეთ ამერიკის, ინდოეთის (კარბონული პერიოდი), ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკის (მეოთხეული) გამყინვარებები. ამავე დროს, ცნობილია, რომ კემბრიულ პერიოდში შპიცბერგენსა და შუა ციმბირის ზეგანზე ცხელი ჰავის გავრცელებას ჰქონდა ადგილი, ხმელთაშუა ზღვის ტიპის ჰავა გრენლანდიაში ვრცელდებოდა, საჰარაში კი ნოტიო ჰავა (მესამეული პერიოდი) იყო წარმოდგენილი. ამ მხრივ არც მთიანი ქვეყნები (კავკასია, საქართველო) იყო გამონაკლისი: მეოთხეული გამყინვარების ეპოქამდე ნეოგენურ ხანაში აქ ნოტიო ტროპიკული ჰავა იყო გავრცელებული.

დედამიწის ჰავის ცვლილებას ისტორიულ დროშიც ჰქონდა ადგილი. 2500 წლის წინათ ევროპის ჰავას კონტინენტური (მცირენალექიანი) ხასიათი ჰქონდა. XIX საუკუნის მეორე ნახევარში დაიწყო არქტიკის დათბობა, რომელიც უფრო მის დასავლეთ ნაწილს (ტემპერატურამ 9^0-ით იმატა) შეეხო. XX საუკუნის 40-იან წლებში აცივდა გრენლანდიასა და ცენტრალურ არქტიკაში, კანადის არქტიკულ არქიპელაგსა და, ნაწილობრივ, აღმოსავლეთ ციმბირში. აცივება განსაკუთრებით დაეტყო კარის ზღვის აკვატორიას. აქ ჰაერი 20 წლის განმავლობაში 3^0-ით უფრო გაცივდა. XX საუკუნის 60-იან წლებიდან ჰაერის კვლავ დათბობა (ნახ. VII.25) შეიმჩნევა.

დედამიწის აღწერილი კლიმატური ცვლილებები ბუნებრივი მოვლენებითაა შეპირობებული. თეორიულმა გამოთვლებმა (აკად. ა. მონინი) აჩვენა, რომ დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრილობა მისი ორბიტის სიბრტყისადმი 1 მილიარდი წლის განმავლობაში 5^0-ით იცვლება, ხოლო ბრუნვის სიჩქარე იმავე პერიოდში 20%-ით კლებულობს. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ დღე-ღამის ხანგრძლივობა ათასწლეულში 0,017 წმ-ით იზრდება. ამდენად, დედამიწა თურმე ადრე უფრო სწრაფად ბრუნავდა თავისი ღერძის გარშემო, ხოლო ღერძის დახრილობა შედარებით ნაკლები იყო, რაც მეტეოროლოგიური ელემენტების წლიური და დღეღამური ამპლიტუდების სიმცირეს განაპირობებს. ამავე დროს, ჰაერის ტემპერატურის სხვაობა ეკვატორსა და პოლუსებს შორის განუხრელად იზრდებოდა და ატმოსფეროს ცირკულაციაც ინტენსიური ხდებოდა. ცხადია, რომ ეს მოვლენები მნიშვნელოვან გავლენას ახდენდა დედამიწის ჰავაზე.

დედამიწის კლიმატის ცვლილება შეიძლება დაუკავშირდეს პოლუსებისა და კონტინენტების მდებარეობათა ცვლილებებს. ამ გადაადგილებებს კლიმატის მკვეთრი ცვლილებები მოსდევდა, რომელიც თავის ანარეკლს ჰავის ზონების სივრცობრივ



ნახ. VII.25. ჰაერის ტემპერატურის საშუალო წლიური გლობალური ცვლილება

გადაადგილებაში პოვებდა. კერძოდ, პოლარული განედების კონტინენტებზე გამყინვარების განვითარებას დათბობის ეპოქების მონაცვლეობა მოსდევდა. ბოლო ათეული მილიონი წლების განმავლობაში დედამიწის კლიმატური ცვლილება (გამყინვარება) დაკავშირებულია (აკად. მ. ბუდიკო) ნახშირორჟანგის რაოდენობის შემცირებასთან. XX საუკუნეში მიმდინარე ჰავის ცვლილებები კი (აკად. თ. დავითაია) აეროზოლის რაოდენობის ზრდას უკავშირდება.

ადამიანი თავისი საქმიანობით უარყოფით გავლენას ახდენს კლიმატურ პირობებზე. მართალია, ჯერ კიდევ ეს გავლენა გლობალურ მასშტაბებს ვერ აღწევს. ასე, მაგალითად, დიდი ქალაქების ფარგლებში გარეუბნებთან შედარებით ჰაერის ტემპერატურა ზამთრობით მხოლოდ 2-4^0-ითაა მეტი. თუმცა მომავალში მოსალოდნელია ჰავის გლობალური ცვლილებები, რომელიც დედამიწის სითბური ბალანსის დარღვევასთანაა დაკავშირებული. მეცნიერთა შეფასებით, დედამიწის ხელოვნური „გახურება“ უკვე მიმდინარეობს და მზიდან მიღებული ენერგიის 1%-ს შეადგენს. რა შეიძლება გამოიწვიოს ამ მოვლენამ? ერთ-ერთი ჰიპოთეზით უკვე საუკუნის დასაწყისში ტემპერატურის ზრდას შეუძლია პოლარული მყინვარების გადნობა და ჰავის სრული შეცვლის გამოწვევა. მეორე ჰიპოთეზა მოღრუბლულობის ერთიორად გაზრდასა და მზის რადიაციის დედამიწაზე შემოსვლის მკვეთრ შემცირებას გულისხმობს, რაც ახალი მყინვარული ეპოქის დასაწყისს მოასწავებს.

ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის ზრდის თანამედროვე ტენდენციის შენარჩუნებით, მოსალოდნელია ჰაერის ტემპერატურის (საქართველოს განედებში) 0,5^0-ით აწევა. თერმული რეჟიმის მნიშვნელოვანი ცვლილება (2-2,5^0-ით ზრდა) არქტიკაშია მოსალოდნელი. ჰავის პროგნოსტიკული მოდელის ეს სცენარი ფაქტობრივად განხორციელდა კიდევაც. მეცნიერთა ვარაუდით XXI საუკუნის დასაწყისში ჰაერის ტემპერატურა კიდევ უფრო საგრძნობლად მოიმატებს, რაც დედამიწის მყინვარული

საფარების დნობასა და მსოფლიო ოკეანის დონის 3-5 მ-ით აწევას განაპირობებს.

განსხვავებული ცვლილებებია მოსალოდნელი ზომიერი განედების მყინვარებზე. კავკასიისა და შუა აზიის მყინვარებს უახლესი 50 წლის განმავლობაში ნალექების რაოდენობის გაზრდის გამო, შემცირების ტენდენცია სრულებით არ ექნებათ.

გლობალური დათბობის საერთო ფონზე დედამიწის ცაკლეული რეგიონების კლიმატის ცვლილებას მოზაიკური ხასიათი გააჩნია. ნათქვამი დასტურდება საქართველოს კლიმატური პირობების ცვლილების გამოკვლევებითაც. კერძოდ, აღმოსავლეთ საქართველოში, რომელიც ხასიათდება ძირითადად სემიარიდული ტიპის ლანდშაფტებით, ძირითადად დათბობა აღინიშნება. დასავლეთ საქართველოში კი, სადაც ჭარბობს ჰუმიდური ლანდშაფტები, ტემპერატურის კლება მიმდინარეობს. ასეთ მცირე ტერიტორიაზე კლიმატური ცვლილებების არსებითი განსხვავებები გამოწვეულია ლანდშაფტური პირობების სხვადასხვაობით. არაერთგვაროვანი ბუნებრივი ლანდშაფტები განსხვავებული არეკვლადობის თვისებებით, ანუ განსხვავებული ალბედოთი ხასიათდებიან. ალბედო მნიშვნელოვნად მცირდება ჰუმიდური ტიპის ლანდშაფტებში. არიდულობის გაძლიერებით კი ალბედო იზრდება. ამიტომ არიდული ლანდშაფტების რეაქცია გლობალური დათბობის მიმართ უფრო მაღალია, ვიდრე ჰუმიდური ლანდშაფტების შემთხვევაში.

ერთგვაროვანი ბუნებრივი ლანდშაფტების კლიმატის ცვლილების მასშტაბები რეგიონულ ნიშნებს ატარებენ, მაგრამ ამ ცვლილებების მიზეზები გლობალური ხასიათისაა. ამიტომ ბუნებრივ ლანდშაფტებში კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილებების შეფასება მისი გლობალური განვითარების კანონზომიერებას ემყარება. მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის მიერ შემუშავებული კლიმატის გლობალური ცვლილების სცენარებიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ XXI საუკუნეში ჰუმიდური ლანდშაფტების გავრცელების არეალში დათბობის პროცესი შედარებით ნელი, ხოლო არიდული რეგიონებში სწრაფად უნდა წარიმართოს.

გლობალურ დათბობას უკავშირდება კაცობრიობის უმნიშვნელოვანესი პრობლემა — გაუდაბნოებაა, რომელიც სახნავ-სათესი მიწების დეგრადაციისაკენაა მიმართული და გამოწვეულია კლიმატური და ანთროპოგენური ფაქტორებით. გაუდაბნოება მსოფლიოს ერთ-ერთი სოციალურ-ეკონომიკური და გარემოსდაცვითი პრობლემაა. ამის დასტურია გაეროს (1977 წ.) მიერ მიღებული გაუდაბნოების საწინააღმდეგო სამოქმედო გეგმა. მოგვიანებით (1992 წელი), გაეროსადმი მიმართვის (რიო-დე-ჟანეირო) პასუხად, პარიზში (1994 წ. 17 ივნისი) გენერალური ასამბლეის მიერ მიღებულ იქნა გაუდაბნოებასთან ბრძოლის კონვენცია.

ამჟამად გაუდაბნოებას განიცდის პლანეტის სარწყავი მიწების 80%-ზე მეტი. ასეთივე საშიშროება ემუქრება ურწყავი მიწების საგრძნობ (170 მლნ. ჰა) ფართობს. გაუდაბნოების საშიშროების წინაშე მსოფლიოს 110 ქვეყნის 860 მლნ. კაცი, ანუ მთელი მოსახლეობის თითქმის 15% იმყოფება. გაუდაბნოების ძირითადი წარმომქმნელი ფაქტორი გვალვებია, რაც მოსავლიანობის საგრძნობ დაცემას იწვევს. იგი პერიოდულად გამოვლინდება ჩრდილოეთ და სამხრეთ აფრიკაში, შუა აზიაში, ახლო აღმოსავლეთში, დასავლეთ ავსტრალიაში, ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკაში. შედარებით ნაკლებია გვალვები ხმელთაშუა ზღვის აუზში, დასავლეთ ევროპაში, ავსტრალიის აღმოსავლეთ ნაწილში.

სასოფლო-სამეურნეო მიწების დეგრადაციის ძირითადი მიზეზი ადამიანის არაგონივრული სამეურნეო მოქმედებაა, რაც არარაციონალურ მიწათსარგებლობასა

და მცენარეული საფარის განადგურებაში გამოიხატება. მას ხელს უწყობს ანთროპოგენური ქარისმიერი ეროზია (დეფლაცია), სარწყავი მიწების დამლაშება და ტექნოგენური გაუდაბნოება. ამ მხრივ, საქართველოს მიწის სავარგულებიც არ არის გამონაკლისი. ქვეყნის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში 3000 კმ^2 ფართობი მუდმივი გვალვის ქვეშაა მოქცეული. ინტენსიურია გაუდაბნოება კახეთისა და ქვემო ქართლის რეგიონებშიც. გვალვის საწინააღმდეგოდ მეცნიერთა მიერ მუშავდება ნალექების ხელოვნურად გამოწვევის მეთოდი.

ამგვარად, დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი მთავარი კომპონენტი — ატმოსფერო, წარმოადგენს რა მეტეოროლოგიური და კლიმატური პროცესების კერასა და მათი განვითარების არენას, ნივთიერებათა ურთიერთშეღწევისა და ურთიერთმოქმედების საუკეთესო მაგალითად გამოდგება. ამავე დროს, ატმოსფერო ასრულებს რა გეოგრაფიულ ფუნქციებს, წარმოადგენს ქიმიური რეაქციების, ორგანიზმების ცხოველმყოფელობის, სითბური რეჟიმის შენარჩუნების, ფოტოქიმიური მოქმედების, ბუნების ელემენტების წრებრუნვების, ატმოსფერული მოვლენებისა და სინოპტიკური მდგომარეობის, სიცოცხლის წარმოშობისა და შენარჩუნების აუცილებელ და უნიკალურ ბუნებრივ ლაბორატორიას, რომლის თანამედროვე განვითარების ტენდენციით მთლიანად განსაზღვრავს გეოგრაფიული გარსის, როგორც სისტემის მდგრადობას.

დასკვნები

1. დედამიწის ჰაერის გარსი — ატმოსფერო, გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი აიროვანი სფერო, თავისი აგებულებისა და შედგენილობის მრავალფეროვნების გამო წარმოადგენს რა მეტეოროლოგიური და კლიმატური პროცესების გავრცელების არეალს, დედამიწის ჰავის ელემენტების ზონალური გავრცელების არენაა.

2. ატმოსფეროს წარმოშობის ხანგრძლივი პროცესი მოიცავს პირველადი წყალბად-ჰელიუმიანი შემადგენლობის, რთული ევოლუციის გზით, აზოტ-ჟანგბადიანი ჰაერის გარსად გარდაქმნას, რომლის ბოლო ეტაპზე, ფოტოსინთეზის მექანიზმის ხელშემწყობი პირობების გავლენით, სიცოცხლის რთული ფორმების გაჩენა გახდა შესაძლებელი.

3. მზის სხივები ატმოსფეროში განიცდიან რა რთულ ტრანსფორმაციას, შთანთქმული და გაბნეული რადიაციის, აგრეთვე საკუთარი გამოსხივების წყალობით მიღწეულია სათბურის (ორანჟერული) ეფექტი, რაც დედამიწის ზედაპირის დამატებითი გათბობის წყაროს წარმოადგენს, რომლის განუხრელი ზრდა ატმოსფეროში, წყლის ორთქლისა და ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მატების კვალდაკვალ — როგორც ჰაერის გარსის პალეოგეოგრაფიული სურათის აღდგენის, ისე პროგნოსტიკული მოდელის შემუშავების საფუძველს წარმოადგენს.

4. ატმოსფეროში შემოსული მზის ენერგიის ბალანსურ-ბიუჯეტური ანალიზი ნათლად უჩვენებს არა მარტო ტროპოსფეროს რადიაციულ და სითბურ პარამეტრებს, არამედ სახეზეა დედამიწის არაერთგვაროვანი (წყლის, თოვლის, მცენარეული საფარის, ნიადაგების) ზედაპირის შესაბამისი მაჩვენებლების ფიზიკური განზომილებები, რომლის სივრცითი და დროითი ცვლილებები დედამიწის პლანეტარულ ნიშნებითაა შეპირობებული, და განედური ზონალურობისაა, თუმცა ოკეანური დინებებისა და ატმოსფერული ცირკულაციის მუდმივი პროცესი სითბოსა და

ტენის განუწყვეტელი გადანაწილებისა და ტემპერატურული კონტრასტების შემსუბუქებისკენაა მიმართული.

5. ატმოსფეროს დინამიკური ნიშნებიდან გამომდინარე, სახეზეა ჰაერის ტემპერატურის განაწილების, ბარიული რელიეფის ზოგადი სურათისა და ქართა სისტემის ჩამოყალიბების – ამ სამი ურთიერთდამოკიდებული მოვლენის ზონალური განაწილება, რომლის ერთიანი ჯაჭვის რგოლები ლოგიკური თანმიმდევრულობითაა დალაგებული: დედამიწის მრგვალი ფორმა – მზის რადიაციის არათანაბარი განაწილება; რადიაციის განაწილების სურათი – ჰაერის ტემპერატურის ზონალური გავრცელება; ტემპერატურის განაწილების ხასიათი და დედამიწის ბრუნვა – ბარიული რელიეფის არაერთგვაროვნება; წნევის არათანაბარი გადანაწილება – ჰაერის ცირკულაციის ზონალური სურათის ფორმირება.

6. ატმოსფერული წნევების მუდმივი არეალების ფორმირებასთან დაკავშირებულია პასატებისა და დასავლური ქარების გაბატონება, რომლებიც დედამიწის ბრუნვის გამო ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გადაიხრებიან მარჯვნივ, ხოლო საპირისპირო მხარეს – მარცხნივ; წნევის ცვალებად არეალებს კი მუსონური ცირკულაცია მოსდევს, რომელსაც სეზონური ხასიათი აქვს ჩამოყალიბებული; ადგილობრივი ფაქტორები (ზღვები, ტბები, მყინვარები, ჭაობები, მთები, ვაკეები) ჰაერის ლოკალური ცირკულაციის მეშვეობით, ადგილობრივი ქარების – ბრიზების ფიონების, მთა-ხეობური ქარების, ბორასა და სხვათა წარმოშობას განაპირობებენ.

7. ატმოსფერული სინოტივის, მოღრუბლულობისა და ნალექების ზონალური გავრცელებიდან გამომდინარე, სახეზეა არა მარტო ამ სიდიდეების ურთიერთკავშირები, არამედ გამომჟღავნებულია მათ შორის მჭიდრო ურთიერთდამოკიდებულებები და სამივე მათგანის შეხამება ტემპერატურის ზონალურ განაწილებასა და ატმოსფეროს ცირკულაციასთან.

8. დატენიანების კოეფიციენტის მიხედვით (ატმოსფერული ნალექებისა და აორთქლების სიდიდეების შეფარდება) დედამიწის ზედაპირზე ფორმირებული სინოტივის ბალანსის დადებითი და უარყოფითი არეალები შეესაბამება რა ნოტიო და მშრალ რაიონებს, ასევე ზონალურობის ნიშნებს ატარებს.

9. ატმოსფეროს დინამიკური ნიშნებით შეპირობებული ამინდისა და კლიმატის სივრცე-დროითი რეჟიმი ატარებს რა ზონალურ ხასიათს, დამოკიდებულია გეოგრაფიულ ფაქტორებზე, ჰავის სარტყლები და მათი შესაბამისი ზონები განედური გავრცელების კანონზომიერებას ამჟღავნებენ, თუმცა მთიან ქვეყნებში აშკარაა სიმაღლითი კლიმატური სარტყლობრიობის გამოვლინება.

10. ატმოსფეროს გაბინძურების მთავარი წყარო – ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობა დღითი დღე უფრო საზიფათო ხდება, რომელთა გამოვლინება უმთავრესად ოზონის ფენის განადგურებისა და გაუდაბნოების ტენდენციისაა, რომლის უგულებელყოფა საშიში დაყოვნებაა, ხოლო არაგონივრული ჩარევა – საზიფათო ქმედება.

თავი VIII. ხმელეთის წყლები

ზოგადი ცნობები. მდინარეები. მიწისქვეშა წყლები. ტბები. ჭაობები. მყინვარები. მუდმივი მზრალობა. ხმელეთის წყლების გაბინძურება. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. დედამიწის ზედაპირზე მოსული ატმოსფერული ნალექები ოკეანის (ზღვების) ზედაპირიდან წყლის აორთქლებისა და მისი კონდენსაციის შედეგია. როგორც სახელმძღვანელოს XI თავში გახდება ცნობილი (ნახ. XI.7) ოკეანიდან აორთქლებული წყლის დიდი ნაწილი ისევ მის ზედაპირზე მოდის ატმოსფერული ნალექების სახით. შედარებით მცირე (119×10^{12} მ^3) ნაწილი – ნალექებს ხმელეთის ზედაპირზე იძლევა. ამ ნალექების ერთი ნაწილი აორთქლების შედეგად, ატმოსფეროს გავლით, ხელახალ კონდენსაციას განიცდის. მეორე – ჩაიჟონება რა ნიადაგისა და გრუნტის ფენებში, მიწისქვეშა ჩამონადენს ქმნის. გაყინული წყალი თოვლისა და მყინვარების საფარებს წარმოშობს, სხვა ნაწილი კი ჭაობებისა და ტბების კვებას ხმარდება. ამავე დროს, ხმელეთზე წყლის მონაცვლეობის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი რგოლის – მდინარეების წარმოშობისა და წყლის საკმაოდ გრძელი არტერიების ფორმირებას აქვს ადგილი.

ცნობილია, რომ ხმელეთის ზედაპირის მხოლოდ 0,8 მლნ. კმ^2 ფართობი ოკეანის დონეზე დაბლა მდებარეობს. ხმელეთის დიდი (148,2 მლნ. კმ^2) ვაკეები და მთიანეთები ოკეანეებისა და ზღვებისაკენაა დახრილი. შესაბამისად, ხმელეთზე მოსული ატმოსფერული ნალექების იმ ნაწილის გარდა, რომელიც ორთქლის სახით ისევ უბრუნდება ატმოსფეროს, სიმძიმის ძალის გავლენით, ადრე თუ გვიან, ისევ უბრუნდება მსოფლიო ოკეანეს. თავისი გავრცელების მიხედვით ხმელეთის წყლებს ყოფენ ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებად.

მდინარეები. ატმოსფერული ნალექების შედეგად ფორმირებული ზედაპირული მუდმივი ბუნებრივი წყლის ნაკადები, წარმოქმნილნი ხმელეთის ზედაპირის დახრილობის გავლენით და თავმოყრილნი რელიეფის ხაზობრივად გაწელილ ჩადაბლებაში, უწყვეტი ჩამონადენის სახით – მდინარეების სახელწოდებითაა ცნობილი.

ისტორიულად ადამიანი ყოველთვის მდინარეთა სიახლოვეს სახლდებოდა. ისინი მდინარეების მეშვეობით მისდევდნენ ნაოსნობას, თევზჭერას. აწყობდნენ პირველ გეოგრაფიულ აღმოჩენებს. მდინარეთა ხეობები წარმოადგენდნენ უძველესი ხალხების კულტურის აკვანს.

მდინარის, როგორც ბუნებრივი წარმონაქმნის ცნების ქვეშ წყალსადინართან ერთად იგულისხმება, აგრეთვე, მისი კალაპოტიც. მდინარეთა დიდი ნაწილი ოკეანეებში, ანუ მათი წარმოშობის ადგილას ჩაედინება. მდინარეებს ყოველწლიურად ოკეანეებსა და ზღვებში 36 ათასი კმ^3 წყალი შეაქვთ. მათ შორის ატლანტისა და ჩრდილოეთის ყინულოვანი ოკეანეების აკვატორიაში 57%, ხოლო წყნარ და ინდოეთის ოკეანეებში – 41%, ანუ 14,8 ათასი კმ^3 მდინარეული წყალი ჩაედინება. დანარჩენი

(0,7 ათასი კმ³) წყალი შუა აზიის, აფრიკის, ავსტრალიისა და სხვ. დახშულ არეალებზე მოდის.

მდინარეების ნაწილი ჩაედინება ტბებსა და ჭაობებში. მიმდინარე წყლებს შეიძლება ჰქონდეს ნაკადის როგორც მუდმივი, ისე დროებითი ხასიათი. ზედაპირული წყლების აღნიშნული ხასიათი განისაზღვრება კლიმატური პირობებით და თავის დაღს ასვამს დედამიწის გეოგრაფიულ გარსს. ამიტომ ამ თავში განიხილება აგრეთვე ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლებისა და ბუნებრივი გარსის გეოგრაფიული კავშირები.

მდინარეთა ნაწილი ფართო ჭაობებიდან გამოედინება. სხვები სათავეს მყინვარებიდან იღებენ, ზოგიერთი კი წყლის რამდენიმე წყაროს შეერთების შედეგად ფორმირდება. მდინარეთა კვებას ადგილი აქვს წვიმისა და თოვლის, ანუ ატმოსფერული ნალექების შედეგად ფორმირებული, მაგრამ არაერთგავროვანი იერსახის წყლებისაგან. ამდენად, მდინარეთა წარმომშობი ფაქტორების უბრალო ჩამონათვალიდანაც კი აშკარად ჩანს მათი კლიმატური გენეზისი.

რაც შეეხება დროებით ზედაპირულ ნაკადებს — მათ ფორმირებას თითქმის ყველგან აქვს ადგილი. თუმცა მუდმივი ნაკადების არსებობას ადგილი აქვს იქ, სადაც კალაპოტში შემოედინება იმდენი წყალი, რაც საკმარისია მუდმივი ჩამონადენის ფორმირებისათვის წყლის აორთქლებისა და ჩაჟონვის გათვალისწინებით, აგრეთვე, მდინარეთა ნაკადებისა და ადგილობრივი პირობების (ჰავა, რელიეფი და სხვ.) ურთიერთდამოკიდებულების შედარებით. ფრანგი მეცნიერის — მარტონის მიერ გამოანგარიშებულია, რომ არაკარსტულ არეალებში მდინარეთა მუდმივი ნაკადების ფორმირებისათვის ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა ზომიერ განედებში არანაკლებ 250 მმ-ს უნდა შეადგენდეს. სუბტროპიკებში კი ანალოგიური მაჩვენებელი 500 მმ-ს, ხოლო ცხელი ჰავის სარტყელში 1000 მმ-ს აღემატება.

ამდენად, კლიმატური პირობები არა მარტო უშუალოდ განსაზღვრავს მდინარეთა გენეზისს, არამედ მის გეოგრაფიულ გავრცელებასაც განაპირობებს. ამის დასტურად საკმარისია დავხედოთ გეოგრაფიულ რუკას: ნათლად ჩანს ნოტიო და მშრალი კლიმატური არეალების ქვეყნებში მდინარეთა ქსელის სიხშირის* მაჩვენებელთა შორის განსხვავება. ასე, მაგალითად, მერიდიანული გავრცელების მდინარეების (ვოლგა, დონი, კონგო, პარანა, ნილოსი) აუზების შედარება ნათლად გვიჩვენებს, თუ როგორ მცირდება დანაწევრების სიხშირე ნოტიოდან შედარებით მშრალი ჰავის სარტყელში გადასვლასთან დაკავშირებით.

ჰავის სინოტივის ცვლილებასთან ერთად იცვლება მდინარეთა წყლიანობაც. დედამიწის ჭარბტენიანი არეალების მდინარეები (ამაზონი, ორინოკო, კონგო) კოლოსალური წყლის მასების მატარებელია, მაშინ, როცა ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების მცირე ზომის მდინარეები ზაფხულობით სავსებით შრებიან, ან კიდევ უმნიშვნელო (ღამღამობით) ჩამონადენი ახასიათებთ. ამ მხრივ, საკმაოდ დიდი განსხვავება შეინიშნება დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს მდინარეთა (ცხრილი VIII.1) ჰიდროლოგიური მახასიათებლების შედარებისას. ჩანს, რომ ნოტიო ჰავის პირობებში (დასავლეთი საქართველო) მდინარეთა ჩამონადენის მოცულობა რამდენჯერმე აღემატება შედარებით მშრალი ჰავის არეალებში (აღმოსავლეთი საქართველო) ფორმირებულ მდინარეთა შესაბამის მაჩვენებლებს. ამავე დროს, არიდული ჰავის პირობებში გავრცელებულ მდინარეთა მარილიანობა უფრო

* მოცემულ არეალში მდინარეთა საერთო სიგრძის შეფარდება მათი გავრცელების ფართობთან.

მაღალია, ვიდრე ჰუმიდური კლიმატის მდინარეული წყლების იგივე მაჩვენებელი. ცხადია, რომ უდაბნოთა მდინარეების წყლის მარილიანობის მაღალი სიდიდეები ინტენსიურ აორთქლებასთანაა დაკავშირებული.

ცხრილი VIII.1.

საქართველოს მდინარეთა ზოგიერთი ჰიდროლოგიური მახასიათებელი

მდინარეები	ხარჯი, $მ^3$ წმ$^{-1}$	ჩამონადენის მოცულობა, $კმ^3$
დასავლეთი საქართველო		
1. რიონი	419	13,220
2. ენგური	153	4,819
3. კოდორი	89	2,820
4. ცხენისწყალი	80	2,538
აღმოსავლეთი საქართველო		
1. ქცია	55	1,750
2. არაგვი	43	1,364
3. დიდი ლიახვი	26	0,832
4. იორი	14	0,440

მდინარეთა წყლებში ცოცხალი ორგანიზმების გავრცელების მხრივ ადვილად ვრწმუნდებით მათი ჰავასთან უშუალო დამოკიდებულებაში. ამავე დროს, მდინარეების წყლიანობა და დონის რეჟიმი, დინების სიჩქარეთა დროითი ცვლილება, გაყინვისა და ყინულსვლის პროცესების სივრცე-დროითი განაწილება – სწორედ, კლიმატური თავისებურების მიერ რეგულირდება. ცხადია, რომ ჰავა განაპირობებს მდინარეთა მუშაობასაც, რომელსაც რელიეფის შესაბამისი ფორმების ჩამოყალიბებამდე მივყავართ.

როგორც ჩანს, მდინარე არა მარტო შესაბამისი კლიმატის შედეგად ფორმირებული ბუნების „შვილია", არამედ იგი ჰავის ფუნქციაა, რადგან მისი წარმოშობა, მთელი მისი სიცოცხლე და, საბოლოოდ – ევოლუცია, სწორედ, კლიმატთან მჭიდრო დამოკიდებულებაში არსებობს. ცხადია, რომ ჰავა არ წარმოადგენს გეოგრაფიული გარისგან დამოუკიდებელ ბუნებრივ წარმონაქმნს. მდინარეებზე, ჰავასთან ერთად, სხვა კომპონენტებიც ახდენენ გავლენას. ამიტომ შეიძლება დავასკვნათ: მდინარეები მათი აუზების ჰავის პროდუქტია, თუმცა მათი ჰიდროლოგიური რეჟიმები და გეოგრაფიული იერსახე ბუნებრივი პირობების ერთიანი გამოვლინების შედეგია.

დედამიწის ზედაპირის საკმაოდ დიდი სირთულის გამო მდინარეთა განსხვავებული მახასიათებლების ფორმირებას აქვს ადგილი. ამის მიუხედავად, მდინარეთა ძირითადი მახასიათებელი ნიშნები ურთიერთმსგავსებას ამჟღავნებენ. მათ შორისაა: მდინარის სათავე და შესართავი, კალაპოტი და ხეობა, ჭალა და ტერასები; მდინარეები ხასიათდება დახრილობითა და ვარდნით, ჩამონადენითა და კვებით, წყალდიდობითა და წყალმოვარდნით, ნაკადის სიჩქარით, წყლის მოცულობითა და ხარჯით. ზოგიერთი მათგანი მკითხველს ჯერ კიდევ სკოლის პროგრამიდანაც კი ახსოვს, ხოლო უფრო საფუძვლიანად მას ზოგადი ჰიდროლოგიის კურსი მოიცავს.

ამჯერად, შევეხებით მდინარეთა რეჟიმის ელემენტებსა და მათი ფორმირების ბუნებრივ-გეოგრაფიულ მიზეზებს. ცნობილია, რომ ამა თუ იმ ბუნებრივი მოვლენის დროითი რეჟიმის ჩამოყალიბება, მისი ცალკეული მახასიათებელი ფაზების მონაცვლეობა-მორიგეობის შედეგად მიმდინარეობს. ამ მხრივ, იმ ძირითად ფაქტორთა შორის, რომლებიც განსაზღვრავენ მახასიათებელ ფაზებს, წარმოადგენენ მდინარეთა წყლის დონის სეზონური ცვლილებანი. მდინარეთა დონის რეჟიმზე გავლენას

ახდენენ კალაპოტის გარეცხვის, ნაყარის დალექვის, წყლის დროებითი დაგუბებისა და ქარისმიერი მოდენის, ოკეანის (ზღვის) წყლის მოქცევისა და უკუქცევის მოვლენები. თუმცა მდინარეთა წყლის დონის რეჟიმის ჩამოყალიბების ძირითადი ფაქტორი მაინც წყლიანობის სეზონური ცვლილებაა, რომელიც კლიმატური პირობების დროითი ცვლითაა განპირობებული.

აშკარაა, რომ მდინარეთა წყლის რეჟიმი ჰავის ელემენტების სივრცე-დროით განაწილებასთანაა დაკავშირებული. თუ თბილი ქვეყნების მდინარეთა წყლის რეჟიმი ატმოსფერული ნალექების წლიური მსვლელობითაა განსაზღვრული, დაბალი და უარყოფითი ტემპერატურების გავრცელების არეალებში იგივე რეჟიმი თოვლისა და ყინულების დნობის მექანიზმით კონტროლირდება. იმ შემთხვევაში, როცა ადგილი აქვს მდინარის წყლის დონის აწევას, ან მისი ხარჯვის სწრაფ ზრდას, წვიმისა და თოვლის წყლის მეშვეობით წყალმოვარდნასთან გვაქვს საქმე, ხოლო მდინარის წყლის დონის სეზონურ აწევას, გამოწვეულს თოვლისა და მყინვარების დნობის, მუსონური წვიმებისა და სხვ. შედეგად, წყალდიდობას უწოდებენ.

ატმოსფერული ნალექების არათანაბარი განაწილების გამო, ხმელეთის ზედაპირზე, მდინარეთა ჩამონადენის მაღალი მაჩვენებელი ეკვატორულ სარტყელშია წარმოდგენილი. ზოგადად, ნალექების რაოდენობა ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ კლებულობს. თუმცა მაღალი (ცივი) და დაბალი (თბილი) განედების ფარგლებში ატმოსფერული ნალექების უმნიშვნელო სიდიდეები, პირველ შემთხვევაში მშრალ არეალებთან, ხოლო მეორეში – ცივი ჰაერის ფორმირებასთანაა (ცხრილი VIII.2) დაკავშირებული.

ცხრილი VIII.2.

მდინარეთა ჩამონადენის სიდიდეთა ფორმირების პარამეტრები განედების მიხედვით (მ. ლვოვიჩისა და სხვ. მიხედვით)

ნახევარსფერო	განედები გრად-ში	ნალექები	აორთქლება	ჩამონადენი
ჩრდილოეთი ნახევარსფერო	80-70	194	38	156
	70-60	340	100	240
	60-50	510	230	280
	50-40	501	311	190
	40-30	501	413	88
	30-20	513	370	143
	20-10	763	569	194
	10-0	1777	1112	565
სამხრეთი ნახევარსფერო	0-10	1872	1143	729
	10-20	1110	840	270
	20-30	607	464	143
	30-40	564	430	134
	40-50	868	438	430
	50-60	976	198	778
	60-90	100	20	80

საშუალო განედების მდინარეთა გაზაფხულის წყალდიდობა (დონის აწევა, ხარჯის ზრდა) დაკავშირებულია თოვლის საფარის სწრაფ დნობასთან. დიდი მდინარეების წყალდიდობა 2-3 თვე გრძელდება. ზაფხულის წყლის დაბალი დონე (წყალმცირობა) გრუნტის წყლებით კვებას უკავშირდება. მდინარეთა ნაწილი დროებით წყვეტს თავის არსებობას, ხოლო ზოგიერთი მათგანის ქვემო დინება

მხოლოდ ქვიშებსა და ტბისმაგვარ გაგანიერებებში შემოიფარგლება. შემოდგომით მდინარეთა ხარჯი, ჩვეულებრივად, რამდენადმე გაზრდილია. იგი განპირობებულია როგორც მდინარეთა წყლის გრუნტში ჩაჟონვის ინტენსიურობით, ისე მათი ზედაპირიდან აორთქლების შემცირებით.

წლის ცივ სეზონში ყინულის გაჩენასთან ერთად მდინარეთა ზამთრის ჰიდროლოგიური რეჟიმის დადგომას აქვს ადგილი. ციმბირის მდინარეები ზამთრობით ფსკერამდეც კი იყინება. გაზაფხულზე ყინულსვლა იწყება და მდინარეთა ხარჯი სწრაფად მატულობს. ამავე დროს წყალდიდობები და სანაპირო ერცელი ზოლის წყლით დაფარვა — საკმაოდ ხშირი მოვლენაა.

მთიანეთებში მდინარეთა დონისა და ხარჯის რეჟიმები განსხვავებულია. მაღალი მთების მყინვარების დნობის შედეგად მდინარეთა წყალდიდობა გვიან გაზაფხულსა და ადრე ზაფხულში იწყება. ამგვარი რეჟიმით ხასიათდება საქართველოს ზოგიერთი (ბზიფი, კოდორი, ენგური, რიონი) მდინარეები. არცთუ იშვიათად მდინარეთა წყალმცირობის პერიოდში, უეცარი წვიმების შედეგად სრული სიწყნარე სწრაფად ირღვევა. ასე, მაგალითად, მდ. ოჰაიოს წყალდიდობის დასაწყისი (აპრილი) ზოგჯერ შუა ზამთარში მოსული წვიმის გამო, იანვრის თვეში დონის უეცარ აწევას იწვევს. ამგვარ მოვლენას საქართველოს ზოგი მდინარეც განიცდის.

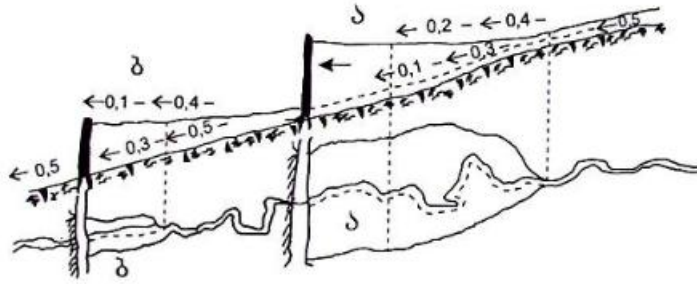
მდინარეთა ნაწილი ტბების გავლით გაედინება. ამ მდინარეების წყლის დონისა და ხარჯის სეზონური ცვლილება სუსტად აქვთ გამოვლენილი, რადგან ასეთი გამდინარე ტბები გარეგან ჰიდროლოგიურ დატვირთვას თავიანთ თავზე ღებულობენ და, ამით ერთგვარ ამორტიზატორის როლს ასრულებენ. ამ თვისებით, გამდინარე ტბები მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცალკეული პიკების „ჩამოჭრასა“ და მათ სტაბილიზაციას იწვევენ. აღნიშნული მოვლენა დამახასიათებელია ჩრდილოეთ ამერიკის დიდი ტბების, აგრეთვე ლადოგისა და ონეგის ტბების შემაერთებელი მდინარეთა აუზებისათვის.

მხედველობაშია მისაღები, რომ მდინარეულ სისტემაში მთავარი მდინარის რეჟიმი პირდაპირ ან ირიბად ასახავს მისი შენაკადების რეჟიმებს, რომლებიც სრულიად განსხვავებულ გეოგრაფიულ პირობებში იმყოფებიან. ამ მოვლენის ნათლად შემჩნევა შეიძლება მდ. ამაზონის აუზში. მდინარის წყალდიდობა აქ ზაფხულშია. თუმცა მდ. ამაზონის სამხრეთ ნახევარსფეროში გაერცელებული შენაკადების წყალდიდობა ოქტომბერ-აპრილის პერიოდს ემთხვევა, ხოლო მოპირდაპირე — ჩრდილოეთ ნახევარსფეროდან შემოსული მდინარეების მაღალი დონე ზაფხულის (მარტი-სექტემბერი) სეზონშია დამახასიათებელი. როგორც ჩანს, მდ. ამაზონი თავის კალაპოტში წყალს ხან მარჯვენა და ხან მარცხენა შენაკადებიდან ღებულობს. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ამ მოვლენის გამო, მთავარი მდინარის დონის რყევა (რეჟიმი) გაწონასწორებულია მთელი წლის განმავლობაში. თუმცა ეს ვარაუდი სინამდვილეში არ დასტურდება: მდ. ამაზონის დონის აწევის უდიდესი (10-15 მ) მაჩვენებელი უფრო უხვწყლიანი სამხრული შენაკადების შემოსვლის პერიოდს ემთხვევა.

დედამიწის ზედაპირის ბუნებრივი პირობები (ჰავა, რელიეფი და ა.შ.) განსაზღვრავენ მდინარეთა არა მარტო ჰიდროლოგიურ თავისებურებებს, არამედ მათი ფორმირების პირობებსა და რეჟიმის სივრცე-დროით მახასიათებლებს. ამ მხრივ, ყურადსაღებია მდინარეთა კალაპოტების წყლის ნაკადით უზრუნველყოფის (კვების) სხვადასხვაობა. მდინარეთა კვება ხორციელდება ზედაპირული და მიწისქვეშა

წყლებით, თუმცა მათი მონაწილეობა დროსა და სივრცეში საკმაოდ არაერთგვაროვანი ხასიათისაა. ცნობილია, რომ მდინარეთა ფორმირებაში ერთდროულად რამდენიმე კვების წყარო მონაწილეობს. მათ შორის კვების ძირითად წყაროდ მიჩნეულია ის, რომელიც მდინარის წლიური ჩამონადენის მეტი წყლის მოცულობის ჩამოყალიბებას განსაზღვრავს. ამ მხრივ, გამოყოფენ წვიმის, თოვლის დნობის, მყინვარული და გრუნტის წყლის, აგრეთვე, შერეული კვების მდინარეებს. მდინარეთა კვებაში მათი მონაწილეობის ხვედრითი წილის მიხედვით იქმნება წყლის ხარჯის, დონის, ნაკადის სიჩქარის, ყინულის ფორმირების, ფიზიკური და ბიოლოგიური ასპექტების როგორც სეზონური, ისე წლიური რეჟიმები.

მდინარეთა დიდი ნაწილის ბუნებრივი რეჟიმი, ადამიანის სამეურნეო ზემოქმედებით, ინტენსიურ გარდაქმნას განიცდის. ამ მხრივ, საყურადღებოა მდინარეთა კალაპოტებში, ჯებირების აგების შედეგად, წყალსაცავების მოწყობა. ასეთი წყალსაცავების ფართობი ზოგჯერ რამდენიმე ათას კმ^2-ს აღწევს. დიდ წყალსაცავებს მიეკუთვნება რიბინსკის, ვოლგოგრადის, ციმილიანსკის წყალსატევები. საქართველოს უდიდესი (ფართობი 33,7 კმ^2) წყალსაცავი წალკის ქვაბულშია მოქცეული. აღსანიშნავია, აგრეთვე, გალი-ჯვარის, შაორი-ტყიბულის, ონის, „თბილისის ზღვის", ჟინვალისა და სხვ. წყალსაცავები. მათი მოწყობა უმთავრესად მდინარეთა ჩამონადენის რეგულირებას ემსახურება. ამავე დროს, მდინარეთა გრძივი და გარდიგარდმო პროფილები, აგრეთვე წყლის დინების სიჩქარეები საკმაო ცვლილებებს (ნახ. VIII.1) განიცდის.



ნახ. VIII.1. დიდი (ა) და მცირე (ბ) წყალსაცავების გეგმა და პროფილი. ისრები მიუთითებენ დინების ნაკადებს, ხოლო ციფრები – წყლის დინების სიჩქარეებს მწმ$^{-1}$

მდინარეთა მუშაობა, მათ მიერ შესრულებული დამანგრეველი (ეროზია) მოქმედება, მასალის ტრანსპორტირება და დალექვა, კალაპოტის გადამუშავება და ხეობის გრძივი პროფილის გამომუშავება, გვედრითი და უკუსვლითი ეროზიული პროცესების მიმდინარეობა – დაკავშირებული მდინარეთა ჰიდროლოგიურ მახასიათებლებთან, ჰიდროლოგიისა და გეომორფოლოგიის დისციპლინების პროგრამითაა გათვალისწინებული. ამჯერად შეჩერდებით მდინარეების ერთგვაროვანი თავისებურებების მქონე ტიპების გამოყოფაზე, რომელთა კლასიფიკაცია ბუნებრივი პირობებისა (კლიმატური ასპექტები) და მდინარეთა ფორმირება-არსებობის (მათი „ცხოვრებისეული" რეჟიმის) ურთიერთდამოკიდებულებებს ასახავს. ამ კლასიფიკაციას საფუძვლად ორი ნიშან-თვისება უდევს: მდინარეთა კვების წყაროები და ჩამონადენის სეზონური გადანაწილება.

ამა თუ იმ ტიპის მდინარის გამოყოფა ჩვეულებრივად, ობიექტური რაოდენობრივი მაჩვენებლებითაა დასაბუთებული: თუ ჩამონადენის 80% რომელიმე კვების წყაროს მიერაა ფორმირებული, მაშინ მას (ამ წყაროს) განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მინიჭებული; თუკი კვების წყარო ჩამონადენის 50-80%-ის ფორმირებას იწვევს, მაშინ იგი მის უპირატეს მნიშვნელობაზე მიუთითებს; დაბოლოს, თუ კვების ვერც ერთი წყარო მდინარის ჩამონადენის 50%-ზე მეტს ვერ ქმნის, გამოყოფენ იმ წყაროს, რომელსაც გაბატონებული მნიშვნელობა აქვს. რაც შეეხება ჩამონადენის სეზონურ განაწილებას, მიღებულია კვების წყაროების ანალოგიური პროცენტული (საშუალო წლიურიდან) მაჩვენებლები. ქვემოთ მოგვაქვს მ. ლვოვიჩის მიერ დადგენილი ტიპების რამდენადმე გამარტივებული სქემის დახასიათება.

I. წვიმის წყლებით კვების მდინარეები:

1. განსაკუთრებით ან უმეტესად წვიმის წყლებით კვებისა და შემოდგომის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: ამაზონი, რიო-ნეგრო, ცისფერი ნილოსი, კონგო, ნიგერი, ლუალაბა, ნილოსი);

2. თითქმის განსაკუთრებით ან უმეტესად წვიმის წყლებით კვებისა და ზაფხულის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: მეკონგი, მადეირას ზემო დინება, მარანიონი, პარაგვაი, პარანა, ამური);

3. განსაკუთრებით ან უმეტესად წვიმის წყლებით კვებისა (ხმელთაშუაზღვიური ტიპი) და ზამთრის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: მოზელი, რური, ტემზა);

4. უმეტესად წვიმის წყლებით კვებისა და გაზაფხულის ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: პო, ტისა, ოდერი, ებრო, ოჰაიო).

II. თოვლის წყლებით კვების მდინარეები:

5. განსაკუთრებით ან უმეტესად თოვლის წყლებით კვებისა და გაზაფხულის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: ვოლგა, მისისიპი, დონი, ურალი, ტიგროსი);

6. განსაკუთრებით ან უმეტესად თოვლის წყლებით კვებისა და ზაფხულის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: იუკონი, ატაბასკა, კოლორადო, ვილუი);

III. მყინვარული წყლებით კვების მდინარეები:

7. განსაკუთრებით მყინვარული კვებისა (გრენლანდიური ტიპი) და ზაფხულის მოკლევადიანი ჩამონადენის ტიპი;

8. უმეტესად მყინვარული კვებისა (კავკასიური ტიპი) და ზაფხულის გაბატონებული ჩამონადენის ტიპი (მდინარეები: ყუბანი, თერგი, ენგური, კოდორი).

IV. მიწისქვეშა წყლებით კვების მდინარეები:

9. განსაკუთრებით ან უმეტესად მიწისქვეშა წყლებით კვებისა და თანაბარი ჩამონადენის ტიპი.

როგორც ამ კლასიფიკაციიდან ჩანს, მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის პარამეტრები ძირითადად დამოკიდებულია რა მათი კვების განმსაზღვრელი წყაროებით, ჩამონადენის სივრცე-დროითი სხვადასხვაობით ხასიათდება და განპირობებულია მათი წარმოშობის ან გავრცელების, რაიონების კლიმატური თავისებურებებით. ამავე დროს, სახეზეა მდინარეთა უდიდესი როლი ბუნებრივი გარსის ცხოვრებაში. ამ მხრივ, აღსანიშნავია წყლის (ტენის) მასების დიდ მანძილზე გადატანა. ცხადია, რომ მდინარეები დრენაჟისა და ბუნებრივი მორწყვის ფუნქციებს

ასრულებენ. ამის გათვალისწინებით, საყურადღებოა დიდი მდინარეების განსაკუთრებული როლი სხვადასხვა ტენიანობისა და თერმული რეჟიმის არეალების ურთიერთდაბალანსების თვალსაზრისით.

მდინარეები ასრულებენ მინერალურ ნივთიერებათა სივრცობრივი გადანაწილების ფუნქციასაც. განსაკუთრებით დიდია ბუნებაში მდინარეთა როლი ეროზიული და აკუმულაციური მოქმედებებისა და ნგრეული მასალის ტრანსპორტირების უნარის შედეგად რელიეფის გარდაქმნის მიმდინარეობაში.

მიწისქვეშა წყლები. ბუნებაში წყლის დიდი წრებრუნვის ერთ-ერთი რგოლი მიწისქვეშა წყლების ფორმირებას იწვევს. ამ სახის წყლების წარმოშობა მათი ნიადაგისა და გრუნტში ჩაჟონვასთანაა დაკავშირებული. მიწისქვეშა წყლების ჯამური მოცულობა 60 მლნ. კმ^3-ია. მათ შორის 800 მ-ის სიღრმემდე (აქტიური წყალმიმოცვლის ფენა) 4 მლნ. კმ^3-ის მოცულობის წყალია გავრცელებული. ამავე დროს, მიწისქვეშა წყლები, მოძრაობის საკმაოდ რთული გზის გავლით, საბოლოოდ დედამიწის ზედაპირზე გამოდიან. თუმცა მანამდე კი თავიანთი ცხოვრების რთული ციკლის გამოვლა უხდებათ და არცთუ იშვიათად, ათეული ან ასეული წლების განმავლობაში მიწის ქვეშ კონსერვაციაში იმყოფებიან. ამასთან ერთად, მიწისქვეშა წყლები საკმაოდ კონსერვატორული ბუნებრივი ობიექტია: მათი უმნიშვნელოდ მცირე სიჩქარით გადაადგილებისა და, მიწის ქვეშ „დამალვის" გამო, აორთქლების მინიმალურობის შედეგად, მიწისქვეშა წყლები მშრალი მიწების „მორწყვის" როლის შემსრულებლად გვევლინება. გამონაკლისია მხოლოდ ნიადაგის წყლის კაპილარული ამოწევისა და ტრანსპირაციის ბიოლოგიური პროცესი.

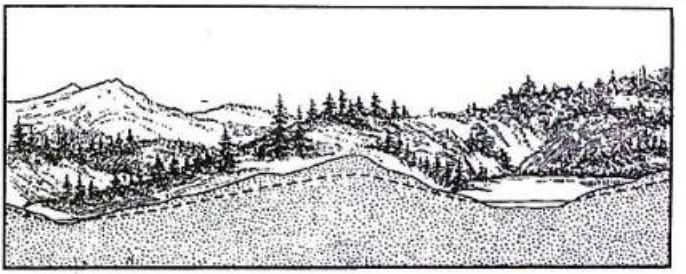
მიწის ზედაპირიდან ჩაჟონილი წყალი შეიძლება იყოს რამდენიმე მდგომარეობაში: გრუნტის უარყოფითი ტემპერატურისას წყალი მყარ მდგომარეობაში იმყოფება; პირიქით, ნიადაგის მაღალ ტემპერატურას წყალი აირისებურ მდგომარეობაში გადაჰყავს; ნიადაგთან მჭიდროდ დაკავშირებულ, უმთრაო და მოლეკულურ ფენად შემოსილ მიწისქვეშა ტენს ჰიგროსკოპიულ წყალს უწოდებენ; უმნიშვნელოდ მცირე (10^{-8}-დან 10^{-5}-მდე სმ)სისქის მიწისქვეშა ტენი აფსკისებურ წყალს ქმნის, რომლის მოძრაობა ზედაპირული დაჭიმულობის ძალის მოქმედებითაა შეპირობებული; შედარებით უფრო სქელი (0,5 მმ) დიამეტრის ფენებში მოქცეული თხევადი წყალი კაპილარულის სახელწოდებას ატარებს; თხევადი მიწისქვეშა წყალი, რომელიც სიმძიმის ძალის გავლენით მოძრაობს, გრავიტაციული წყლის სახელითაა ცნობილი. მიწისქვეშა წყლებს შორის ეს უკანასკნელი ყველაზე უფრო მოძრავია. თუმცა, ამ მხრივ, ყველაზე მაღალი დინამიკურობით წყლის ორთქლი განიხილება.

მიწისქვეშა წყლების ვერტიკალური მოძრაობა ადგილის კლიმატურ პირობებზეა დამოკიდებული: ნალექების მოსვლა იწვევს გრუნტის დატენიანებას, ხოლო უნალექო ამინდში მიწის ზედაპირის გამოშრობას აქვს ადგილი. პირველ შემთხვევაში, წყალი ზედაპირიდან ღრმა ფენებისაკენ მოძრაობს, ხოლო მშრალ ამინდში იგი მიმართულებას იცვლის – ქვევიდან ზემოთ ადის. ამავე დროს, მიწისქვეშა წყლის ნაწილი იმდენად ღრმად იჟონება, რომ აღნიშნულ მიმოქცევას არ ექვემდებარება.

მიწისქვეშა წყლების როგორც ვერტიკალური, ისე ჰორიზონტალური გადაადგილება მათი სამოძრაო გარემოს გრანულომეტრიულ თავისებურებებთანაა დაკავშირებული. ამ მხრივ, ცნობილია, რომ მსხვილმარცვლოვანი ნგრეული მასალა (ქვარგვალი, რიყე, ხვინჭა, ქვიშა) წყალს ადვილად ატარებს, წვრილდისპერსიული კი (ლიოსი) მას ნელა უშვებს ან საერთოდ წყალგაუმტარი (თიხები) ხდება.

სწორედ ამ წყალგაუმტარ ფენის ზედაპირზე აქვს ადგილი მიწისქვეშა წყლის დაგროვებას. თუმცა მათი თავმოყრა შესაძლებელია სხვადასხვა წყალგამტარობის უნარის მქონე შრეებს შორის: თუკი ზედაპირზე უფრო წყალგამტარი ფენა (მაგ., ქვარგვალი), ხოლო მის ქვემოთ ნაკლებად შეღწევადი ქვიშნარია წარმოდგენილი, მაშინ ამ შრეებს შორის წყლის დაგროვებას ექნება ადგილი, რადგან წყალი ქვარგვალის ფენას უფრო სწრაფად გაიელის, ვიდრე ნაკლებად წყალგამტარ ქვიშნარის შრეს.

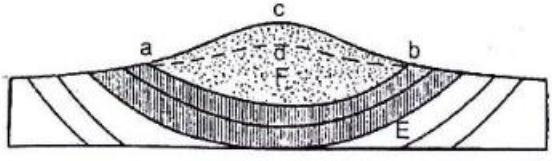
მიწისქვეშა წყლის სიღრმეში მოძრაობის ოდნავადაც კი შეჩერების შედეგად, იგი გვერდით (ჰორიზონტალურად) იწყებს გადაადგილებას. ამავე დროს, თუკი წყალშემცველ ფენაში მიწისქვეშა წყლის ქვედა დონე წყალგაუმტარი ქანის ჰორიზონტალური ზედაპირის მოხაზულობას მეტ-ნაკლებად იმეორებს, მისი ზედა დონე ტალღობრივი ხასიათისაა. ამ თავისებურებას მიწისქვეშა წყლის მოძრაობის არეალში გადაადგილებისა და ხარჯის არაერთგვაროვნება განსაზღვრავს, რომელიც, თავის მხრივ, ბუნებრივი ფაქტორებითაა გამოწვეული. მათ შორისაა ატმოსფერული ნალექების არათანაბარი განაწილება, წყალგამტარი ფენების არაერთგვაროვანი გავრცელება, გრუნტის წყლების სხვადასხვა სიჩქარე; ბევრია დამოკიდებული, აგრეთვე, რელიეფის, გეოლოგიური სტრუქტურების, ლითოლოგიური ასპექტების თავისებურებებზე. სხვა თანაბარ პირობებში კი მიწისქვეშა წყლების დონე შემაღლებულ (გორაკ-ბორცვები) ადგილებში უფრო მაღლა მდებარეობს, ხოლო ქვაბულების ქვეშ რამდენადმე დაბლა (ნახ. VIII.2) ჩამოდის. როგორც ჩანს,



ნახ. VIII.2. მიწისქვეშა წყლების გავრცელება რელიეფთან დამოკიდებულებაში

გრუნტის წყლების „რელიეფის“ ანუ ჰიდროიზოჰიფსებისა (მიწისქვეშა წყლის დონეთა თანაბარი ნიშნულები) და ადგილის ტოპოგრაფიული მოხაზულობის ურთიერთშედარებით შესაძლებელია მათი მოძრაობის მიმართულების განსაზღვრა.

მიწისქვეშა წყლების გამოსასვლელები ანუ წყაროები ფერდობებთანაა დაკავშირებული. მათი გადაადგილება მხოლოდ წყალგაუმტარი ქანების დახრილობით არ არის შეპირობებული. ამგვარი, ჭამისებური შრეების (ნახ. VIII.3) ჩაზნექილობის მიუხედავად, a და b წერტილებში წყაროების გამოსვლა, ბორცვის (c) მიდამოში გრუნტის წყლის (d) დონის ამოზნექილობითაა განსაზღვრული.



ნახ. VIII.3. შრეების (E), გრუნტის წყლის დონის (d), წყალშემცველი ფენის (F), რელიეფისა (c) და წყაროების (a და b) ურთიერთდამოკიდებულება

მიწისქვეშა წყლების ზედაპირი ორგვარია: თავისუფალი (ღია) და არტეზიული (დაწნევითი). პირველი მთგანი გრუნტის წყლებისათვისაა დამახასიათებელი, როცა წყალშემცველი ფენა წყალგაუმტარი ქანებით არ არის გადაფარებული. ამ შემთხვევაში წყლის დონე თავისუფლად მერყეობს. მაგრამ, თუ წყალშემცველ ფენებს წყალგაუმტარი შრეები ადევს, ხოლო ეს უკანასკნელი წყალშემცველ ფენაში წყლის ბუნებრივ დონეზე დაბლა მდებარეობს, ჰიდროსტატიკური წნევის კანონის თანახმად, მიწისქვეშა წყლის დაწნევითი ზედაპირი წარმოიქმნება. ამგვარი, არტეზიული წყლების ფორმირებას შრეების მულდისმაგვარი (სინკლინური ჩაზნექილობის სტრუქტურა) განლაგებისას აქვს ადგილი. ამ არეალების ჭაბურღილებში წყლის ჭავლისებური შადრევანის არსებობა შეინიშნება. ყველაზე შესანიშნავი არტეზიულ რაიონებს მიეკუთვნება პარიზის, ლონდონის, მოსკოვის, კურსკის, ესპანეთის, დაკოტის, ნებრასკის, უნგრეთის, აგრეთვე, საჰარის, ეგვიპტის, ავსტრალიის (ტბა ეირის მიდამოები) აუზები.

როგორც ჩანს, მიწისქვეშა წყლების კვება ატმოსფერულ ნალექებთანაა დაკავშირებული. უნდა ვივარაუდოთ, რომ უხვი ნალექების მოსვლამ მიწისქვეშა წყლების დებიტის (ხარჯი) გაზრდა უნდა გამოიწვიოს. ხშირად კი საპირისპირო სურათის მოწმენი ვხდებით: ნოტიო პერიოდს წყაროს მინიმალური დებიტი, ხოლო მშრალ ამინდებს, პირიქით, ხარჯის ზრდა შეესაბამება. აღნიშნული პარადოქსის ახსნა უბრალოა: მიწისქვეშა წყლების ჰორიზონტალური მიმართულებით მოძრაობა განსაკუთრებით ნელა (0,3-1,0 მ დღე-ღამეში) მიმდინარეობს. ამიტომ წყაროს დებიტის შემცირება ან გაზრდა დაკავშირებულია უკვე გასული მშრალ ან ნოტიო ფაზებთან. აქედან გამომდინარე, სახეზეა შეუსაბამობა მიწისქვეშა წყლების დებიტისა და ატმოსფერული ნალექების რეჟიმებს შორის. მიწისქვეშა წყლების დონის რყევის მაჩვენებელი (1-2 მ), მათი დაბალი სიჩქარის გამო, საკმაოდ უმნიშვნელოა. აქედან ცხადია, რომ ატმოსფერული ნალექებისა და წყაროების დებიტის პიკების დროითი თანხვდენა თითქმის შეუძლებელია.

შეუსაბამობაა, აგრეთვე, მიწისქვეშა წყლებისა და მათი გავრცელების არეალების ჰაერის ტემპერატურათა შორის. ესეც რამდენიმე ბუნებრივი ფაქტორითაა განპირობებული: ჯერ ერთი, მიწისქვეშა წყლის ტემპერატურა განისაზღვრება მისი წარმოშობის (წვიმის, თოვლის წყლის) პირობებით. მეორეც – იგი დაკავშირებულია წყლის დაგროვების მიწისქვეშა ფენის გაბატონებულ სითბურ რეჟიმთან. ცხადია, რომ მიწის ღრმა ფენებიდან ან ვულკანური კერების სიახლოვიდან ამოსული წყლები თბილ და ცხელ წყაროებს წარმოქმნიან. ამავე დროს, ასეთი წყლები, მათი მაღალი ხსნადობის უნარის გამო, ძლიერი მინერალიზაციით ხასიათდება. დედამიწის ზედაპირზე მაღალი მინერალიზაციის ცხელი წყაროების გაცივების გამო, ხსნარიდან მინერალურ ნივთიერებათა (კაჟი, ჰეიზერიტი, იასპისი, კაჟიანი ფიქალი) გამოლექვას აქვს ადგილი.

ცხელ, მინერალურ წყაროებს მიეკუთვნება პერიოდული შადრევნები – ჰეიზერები. მათი გავრცელების მთავარი რაიონებია: ისლანდია, იელოუსტონის პარკი აშშ-ში, ახალი ზელანდია, კამჩატკა. ჰეიზერებში წყლის ჭავლის ამოფრქვევა ზოგჯერ დიდ სიმაღლეს (ეკცელსიორი – 100 მ, ამჟამად „მკვდარი" ჰეიზერი ვაიმანგუ – 450 მ) აღწევს. ჰეიზერებში წყლის ამოფრქვევა ხშირად პერიოდული ხასიათისაა: კამჩატკაზე „ვილიკანის" შადრევანი ყოველ 2 სთ-სა და 46 წთ-ში შეინიშნება, რომელიც ყოველთვის 4 წუთი გრძელდება, ხოლო წყლის ჭავლი მუდმივად 50 მ-ის სიმაღლეს აღწევს.

როგორც ვხედავთ, მიწისქვეშა წყლების მიერ ლითოსფეროში საკმაოდ მძლავრი გარდაქმნები მიმდინარეობს. მათ შორის უფრო მოკრძალებული როლი ნივთიერებათა (თიხის მარცვლები) მექანიკურ გადატანას (სუფოზია) მიეკუთვნება, რაც ხშირად მიწისქვეშა სიცარიელეების (ფსევდო კარსტი) წარმოქმნას იწვევს. ამ პროცესის მსვლელობა, უფრო ინტენსიურად, მიწისქვეშა წყლების აქტიურ ქიმიურ მოქმედებებთანაა დაკავშირებული.

ლითოსფეროს განსაკუთრებულ გარდაქმნასა და ლანდშაფტური იერსახის ფორმირებას ადგილი აქვს წყალში ხსნადი ქანებით (კირქვები, თაბაშირი, დოლომიტი) აგებულ რაიონებში, რომლებთანაც მიწისქვეშა წყლები მჭიდრო და ხანგრძლივ კონტაქტში იმყოფება. ამ შემთხვევაში, მიმდინარეობს მიწისქვეშა საოცრებების – მღვიმეების ფორმირება. მას კარსტულ მოვლენას უწოდებენ და წარმოდგენილია კარბონატული ქანების გავრცელების (ყირიმი, ბალკანეთი, კავკასია, განსაკუთრებით – საქართველო, ალპები, ურალი, სამხრეთ საფრანგეთი, იუკატანი, იამაიკა, აშშ-ის შტატებში: ფლორიდა და კენტუკი, ტენესი და ინდიანა) რეგიონებში. მსოფლიოს უდიდეს მიწისქვეშა სიცარიელებად ითვლება ფლინტის ქედის სისტემისა და მამონტის მღვიმეები. მათი ჯამური სიგრძე 563,3 კმ-ია. იმავე აშშ-ში ჯოუელის მღვიმის სიგრძე 179,2 კმ, ხოლო უკრაინაში ოპტიმისტური მღვიმის ჯამური სიგრძე 212 კმ-ია. დედამიწის უღრმესი კარსტული უფსკრული კი საქართველოში (კრუბერი, აფხაზეთი) 1710 მ-ის სიღრმეზეა დაფიქსირებული. აშშ-ის მღვიმეების დიდი ნაწილი (150-მდე) კეთილმოწყობილია ტურისტებისათვის. საქართველოში, ამგვარი მიზნით, ახალი ათონის, სათაფლიისა და ნავენახევის მღვიმეებია ათვისებული.

ამგვარად, მიწისქვეშა წყლები დიდ როლს ასრულებს ბუნებრივი გარსის მყარი სფეროს ფორმირების, გარდაქმნისა და თანამედროვე იერსახის ჩამოყალიბებაში. მიწისქვეშა წყლები ბუნებაში წრებრუნვების ჯაჭვის ერთ-ერთ უმთავრეს რგოლს წარმოადგენს. მიწისქვეშა წყლები ბუნების ის ერთ-ერთი ფორმაა, რომელთა ათვისებას ადგილი აქვს მცენარეულობის მიერ. მათთანაა დაკავშირებული მდინარეთა კვებაში მონაწილეობა და მათი რეჟიმის ჩამოყალიბება, მინერალურ ნივთიერებათა გადატანა, კარსტული ლანდშაფტების ფორმირება, ნალექდაგროვების განსაკუთრებული ფორმის წარმოშობა. გრუნტის წყლებითაა შეპირობებული ბუნების ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი წარმონაქმნის – ნიადაგის ფორმირება. მიწისქვეშა წყლებს უკავშირდება რელიეფის გარადქმნისა და, ხშირად, ნეგატიური მოვლენების (მეწყრები, კლდეზვავები) განვითარება. ამ წყლებს დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვთ: მათ იყენებენ როგორც სასმელად, ისე სამკურნალოდ და სხვა სამეურნეო დანიშნულებისათვის.

ტბები. დედამიწის ზედაპირულ წყლებს შორის, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, არა მარტო თვალსაჩინოდ მოძრავ ობიექტებს, არამედ მოჩვენებითად მდგარ წყლის აუზებსაც განიხილავენ. მათ შორისაა ტბები, ჭაობები და მყინვარები. წყლების ამ შედარებით მდგარი ობიექტის გავლენა გეოგრაფიულ გარსზე, თავისი თითქოსდა უძრაობით, მოცემულ საგანზე გეოგრაფიული აზროვნების კონცენტრაციას მოითხოვს. სწორედ, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, აღნიშნულ ბუნებრივ წყლებს, თუმცა უმნიშვნელო, მაგრამ აშკარა მოძრაობა შეემჩნევათ. მოძრაობის ენერგია კი ყველაზე მეტად აღიქვამს აზრს: რაც მოძრაობს აუცილებლად მოქმედებს რამეზე ან რაიმეზე და, თანაც ამა თუ იმ ძალით.

წყლის მასების მიერ ხმელეთის შემოსაზღვრული ჩაღრმავების ხანგრძლივად

დაკავებასა და ზღვებთან (ოკეანესთან) რაიმე უშუალო კავშირს მოკლებულ აკვატორიას – ტბებს უწოდებენ. ამდენად, ცნება „ტბა“ – წყლის მასაა, რომელიც მის სათავსთან (ხმელეთის ჩაღრმავება, ქვაბული) ერთად, უწყვეტ და მთლიან ერთიანობას ქმნის. ყოველი ტბა თავის ისტორიას გაივლის: იგი წარმოიქმნება, ვითარდება და გადადის საწინააღმდეგო (ჭაობი) მდგომარეობაში, დაბოლოს, ქრება კიდეცაც: მისი ერთი მთავარი ელემენტი – წყლის მასა თავის ადგილს ხმელეთს უთმობს, ხოლო მეორე – ქვაბული თანდათანობით ვაკედ იქცევა. ამიტომ ტბების დროითი ცვლილებების კანონზომიერი მიმდინარეობა გეოგრაფიული გარსის ასპექტებში უშუალო ასახვას პოულობს.

ტბებში მოქცეული ბუნებრივი წყლების მოცულობა 230 ათ. კმ^3 შეადგენს, მათი ფართობი კი ხმელეთის 2%-ია. წარმოშობის მიხედვით განასხვავებენ ტბების წყლის მასების ორ ტიპს: ხმელეთური წარმოშობის ტბები ოკეანესთან კავშირში არასოდეს იმყოფებოდნენ; რელიქტური ტბები კი ოკეანიდან (ზღვიდან) გამოყოფის შედეგად გაჩნდნენ. რელიქტური ტბის ტიპური წარმომადგენელი – კასპიის ზღვა მანიჩის სრუტით, ადრე, აზოვის ზღვას უერთდებოდა. ასევე რელიქტურია ლადოგის, ონეგის, ილმენისა და სხვა ტბები, რომლებიც თანამედროვე ბალტიის, ჩრდილოეთისა და თეთრი ზღვების გამაერთიანებელ იოლდიურ ვრცელ ზღვას მიეკუთვნებოდნენ.

ტბების ქვაბულების წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის ზედაპირზე მოქმედ მრავალ პროცესთან. ამ მხრივ, განასხვავებენ შინაგანი და გარეგანი ძალებით, ორგანოგენული და ანთროპოგენური ფაქტორებით წარმოშობის ტბებს. შინაგანი ძალებით ფორმირებული ტბები ტექტონიკური გენეზისისაა. დედამიწის უმსხვილესი ტბები, სწორედ, ტექტონიკური გზითაა წარმოქმნილი. მათ მიეკუთვნება კასპიისა და მკვდარი ზღვები, ჰურონის, მიჩიგანის, ერის, ონტარიოს, ბაიკალის, სევანის, ტანგანიკის, ნიასას, კურილის ტბები. ვულკანური ტბები უმოქმედო კრატერებშია (ავერნოს ტბა ნეაპოლთან) ჩაგუბებული, ან ლავური ნაკადების ჩაღრმავებებშია ლოკალიზებული, ან კიდევ მდინარეთა ნაკადების ლავებით გადაკეტვის უბნებშია მოქცეული. ამ უკანასკნელს მიეკუთვნება სამხრეთ კავკასიის ტბები: ფარავანი, არფა-გიოლი, თუმან-გიოლი და სხვ.

ეგზოგენური წარმოშობის ტბებიდან აღსანიშნავია მდინარეთა განიერ ჭალებზე ფორმირებული მცირე ზომის წყლის მდგარი მასები. ხშირად ასეთი ტბები თანამედროვე მდინარის კალაპოტიდან რამდენიმე ასეული მეტრითაა დაშორებული. საქართველოში მათ ნარიონალებს უწოდებენ. რელიქტური ტბების ერთ-ერთი მაგალითია ზღვიური აკვატორიიდან გამოყოფილი მცირე ზომის წყლის დანაგროვები, რომლებსაც ლაგუნებს უწოდებენ. წყალში ხსნადი ქანების მიერ წარმოქმნილ ქვაბულებში ჩამდგარი ბუნებრივი წყლები კარსტულ ტბებს ქმნიან. ტბების წარმოქმნას ადგილი აქვს, აგრეთვე, მუდმივი მზრალობის გავრცელების არეალებში. აქ წყლის დაგროვებას ხელს უწყობს მიწისქვეშა ყინულის ლინზების გადნობა და პატარა ქვაბულის წარმოშობა. მყინვარების ზედაპირზე მცირე ზომის ნაპრალებსა და სხვა სახის ჩაღრმავებებში დაგუბებული წყლის მასები მყინვარულ ტბებს ქმნიან.

ტბების საკმაოდ ფართო ქსელის ფორმირებას ადგილი აქვს ვრცელი მყინვარული საფარების, დათბობის ფაზაში, უკან დახევის შედეგად. ამ დროს, მორენულ ნალექებს შორის მყინვარული დნობის წყალი გროვდება და ტბების გაჩენას იწვევს. მათ მყინვარულ ტბებს უწოდებენ. მყინვარული ტბები გავრცელებულია მეოთხეული გამყინვარების არეალებში – ფინეთში, სკანდინავიაში, ევროპული რუსეთის შუა და

ჩრდილოეთ ნაწილებში, კანადასა და აშშ-ში. ორგანოგენულ ტბებს მიეკუთვნება ტორფის ზედაპირის წყლით ამოვსებული ქვაბულები.

ეოლური ტბების წარმოშობას ადგილი აქვს ბარქნებსა და დიუნებს შორის, წყლის დაგროვების შედეგად არსებულ ჩადაბლებებში. ცალკეული ტბების ფორმირებას კოსმოსური სხეულების (მეტეორიტების) ჩამოვარდნასა და მათ მიერ მეტ-ნაკლები სიდიდის ქვაბულების წარმოშობას უკავშირებენ.

ცნობილია, რომ ბუნებრივი წყლები ყოველთვის შეიცავენ ამა თუ იმ რაოდენობის სხვადასხვა მარილს, რომელთა შემცველობის მიხედვით განასხვავებენ მტკნარ და მლაშე ტბებს. თუ წყლის მარილიანობა 0,3‰-ზე მეტი არ არის, მას მტკნარს უწოდებენ. წყალში მარილების შემცველობა თუ 25‰-მდე აღწევს, იგი მომლაშოა, ხოლო უფრო მეტი მარილიანობა წყალს მლაშე (მწარე) გემოს აძლევს.

ზღვიური წარმოშობის ტბებში „შთამომავლობით" მოცემული შემადგენლობის გამტკნარებას, ან პირიქით, კიდევ უფრო გაძლიერებას აქვს ადგილი. კონტინენტური მლაშე ტბები მარილების შემოკრებას ქანების გამოფიტვის, გამოტუტვისა და გახსნის შედეგად აღწევენ.

ტბების მარილიანობის მთავარი განმსაზღვრელი მაინც ადგილის ჰავაა. უფრო დამორჩილებულ როლს ასრულებს აუზის გაუდინარობა, ადგილის ამგებელი ქანების შემადგენლობა, გრუნტის წყლების რეჟიმი. სხვა თანაბარი პირობების დროს, ტბების მარილიანობა კლიმატური სარტყლების ელემენტების (ატმოსფერული ნალექები და აორთქლება) თანაფარდობითაა განსაზღვრული. სტეპები და უდაბნოები მლაშე ტბების გავრცელების არეალია, რადგან ნალექები მცირეა, ხოლო აორთქლება დიდი რელიეფი კი ვაკეს წარმოადგენს, რაც სუსტი ჩამონადენის არსებობას განაპირობებს. უხვი ატმოსფერული ნალექების არეალებში ტბების მარილიანობა საკმაოდ დაბალია. ასევე მცირეა მარილების შემცველობა მაღალი განედების ტბებში, რაც აორთქლების დაბალი სიდიდითაა განპირობებული.

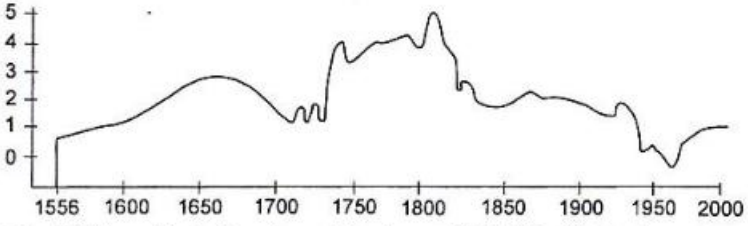
დიდი გეოგრაფიული მნიშვნელობისაა ტბების დონის სეზონური და მრავალწლიური რყევა, რომელიც, თავის მხრივ, წყლის ბალანსით განისაზღვრება. ტბების წყლის ბალანსის ელემენტების თანაფარდობა რეგიონის ჰავის სეზონური ცვლილებით განისაზღვრება. ამავე პერიოდებთანაა დაკავშირებული ტბების დონის რყევის მაჩვენებელიც. წყლის ბალანსის ელემენტების ხვედრითი წილი ადგილის გეოგრაფიული (ბუნებრივი) პირობების მდგომარეობით განისაზღვრება. ამ მხრივ, თვალსაჩინო მაგალითს წარმოადგენს კასპიის ზღვის საშუალო მრავალწლიური ბალანსის (ცხრილი VIII.3) მაჩვენებელთა თანაფარდობა.

ცხრილი VIII.3.

კასპიის ზღვის (ტბის) საშუალო მრავალწლიური ბალანსი

ბალანსის ელემენტები	ბალანსის პარამეტრები		
	კმ³	მმ	%
შემოსავალი: ატმოსფერული ნალექები	80	190	19
ზედაპირული ჩამონადენი	329	780	79
მიწისქვეშა ჩამონადენი	6	15	2
ჯამი	415	985	100
გასავალი: აორთქლება	415	985	100

როგორც ჩანს, კასპიის კვებაში მთავარი როლის შესრულება (79%) მდინარეებს უწევთ, ხოლო წყლის გასავალი მთლიანად აორთქლებითაა განსაზღვრული. სხვა შემთხვევაში — ბალანსის გასავალი ნაწილის ხვედრითი წილის განაწილებას, აორთქლებასთან ერთად, ადგილი სხვა ელემენტებსაც (ტბიდან მდინარის გადინება) ექნება. ტბების დონის სეზონურ რყევასთან ერთად შეინიშნება მისი ხანგრძლივი კლიმატური ცვლილებები. მათი პერიოდები საკმაოდ დიდ დროს მოიცავს და საუკუნეობით (ნახ. VIII.4) განისაზღვრება. ტბების დონის ცვლილება შეიძლება



ნახ. VIII.4. კასპიის ზღვის დონის რყევა 1556–2000 წწ.-ში (დონეები მოცემულია 0-ში 1941 წ. დონის აბსოლუტურ სიმაღლესთან (–27,4 მ) შედარებით)

გამოიწვიოს მისი ქვაბულის თანდათანობით ამოვსებამ. ხშირად ტბებში ჩამდინარე წყლებს დიდი მოცულობის ნაყარი მასალა ჩამოაქვს, რაც იწვევს დონის განუწყვეტელ ამოვსებას. ტბების დონის ამოწევა დაკავშირებულია წყალქვეშა (ფსკერულ) ვულკანურ ამოფრქვევასთან, ან კიდევ ხმელეთის ტექტონიკურ მოძრაობასთან. აღსანიშნავია, რომ ტბის დონის ცვლილება, რომელიც გამოწვეულია ტბის ქვაბულის მიდამოების მიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობით, გაკონტროლებულია გეოგრაფიული ფაქტორით. ესაა ჩამონადენის წერტილზე გამავალი სიბრტყე. თუკი ტბის დონე ამ სიბრტყეზე დაბლა მოექცევა, იგი გაუდინარი ხდება. თუ ტბის დონე აღნიშნული სიბრტყის ნიშნულს გადააჭარბებს, გაიზრდება რა ჩამონადენის სიდიდე, ტბის დონის აწევაც შეჩერდება.

რადგან ყოველი ტბის ძირითად და განუყოფელ ელემენტებს წყლის მასა და ქვაბული შეადგენს, მათ გეოგრაფიულ გავრცელებას კლიმატური პირობები განსაზღვრავენ, რომელთა მეშვეობით წყალსატევის კვებასა და მათი რეჟიმის ჩამოყალიბებას აქვს ადგილი. ამავე დროს, თუკი კლიმატური ელემენტები ზონალური ხასიათის მატარებელია, ტბების ქვაბულების წარმომქმნელი ფაქტორები (ტექტონიკა, გეოლოგიური აგებულება, სტრუქტურული ნიშნები) აზონალური თავისებურებისაა, რასაც კლიმატური წარმოშობის ზონალური კანონზომიერების დარღვევამდე, უფრო სწორედ, გართულებამდე მივყავართ. თუმცა საბოლოოდ კლიმატი უფრო ძლიერი აღმოჩნდება ხოლმე. ხმელეთის ზედაპირის ჩაღრმავებები ნებისმიერ ადგილას შეიძლება წარმოიქმნას, მაგრამ მხოლოდ მათი ნაწილი ამოივსება წყლით, რომლის მუდმივ მომწოდებლად სწორედ კლიმატი გვევლინება. თვით ტბათა ქვაბულების წარმოშობასაც ხშირად კლიმატური ფაქტორები (მყინვარი, გამდინარე წყლები, ქარი, გამოფიტვა) განაპირობებენ.

დედამიწის ნოტიო კლიმატურ არეალებში ტბებიც ხშირი, მტკნარი და უხვწყლიანია. მშრალი ჰავის პირობებში ტბები შედარებით ნაკლებადაა გავრცელებული. ისინი მცირეწყლიანი, ხშირად გაუდინარი და, როგორც წესი, მლაშე

ბუნებისაა. ამდენად, ტბების არა მარტო გავრცელება, არამედ მათი ჰიდროქიმიური ასპექტებიც გეოგრაფიული ზონალურობის მკვეთრ ანაბეჭდებს ატარებს.

ტბების გავრცელების მაღალი კონცენტრაცია ძველი გამყინვარების არეალებში შეინიშნება, სადაც მათ წარმოშობას ნოტიო ჰავისა და რელიეფის უარყოფითი ფორმების არსებობა განაპირობებს. ასევე ბევრია ტბები ჩამონადენს მოკლებულ რაიონებსა და მიწის ქერქის მსხვილი ტექტონიკური რღვევების გავრცელების რეგიონებში. პირველ მათგანთან დიდი ფართობისა და შედარებით მარჩხი ტბებია დაკავშირებული, მეორე შემთხვევაში კი პირიქით — საკმაოდ ღრმა ქვაბულებს მცირე ფართობის ბუნებრივი წყალსატევები შეესაბამებათ. ამავე დროს, თუკი მარჩხი ტბების განვითარების საბოლოო შედეგი დაჭაობება და ხმელეთთან შეზრდაა, მაშინ ტექტონიკური ტბები ხანგრძლივად რჩებიან და ბუნებრივი წარმონაქმნის იერსახეს ინარჩუნებენ. მათი წყლის დიდი მასა, პროგრესული აორთქლებისა და მდინარეთა მიერ მყარი ნივთიერების ჩამონადენის ტბების ფსკერზე დალექვის შემთხვევაშიც კი, მცირე დროის განმავლობაში, ლიკვიდაციას ვერ განიცდის.

დედამიწაზე ტბების ჯამური ფართობი ხმელეთის 1,8% შეადგენს, რაც 2,7 მლნ.კმ^2 აღწევს და ხმელთაშუა ზღვის აკვატორიას (3 მლნ.კმ^2) ოდნავ ჩამოუვარდება. ტბების წყლის მოცულობა 250 ათას კმ^3-ის ტოლია. უდიდესი ტბების ფართობებისა და მაქსიმალური სიღრმის შესახებ ცნობები (ცხრილი VIII.4) მოცემულია ქვემოთ.

ცხრილი VIII.4.

დედამიწის უმთავრესი ტბები

ტბა	ფართობი ათ. კმ^2	უდიდესი სიღრმე, მ	ტბა	ფართობი ათ. კმ^2	უდიდესი სიღრმე, მ
კასპიის	371,0	1025	მიჩიგანი	58,1	281
ზემო	82,4	393	ტანგანიკა	32,9	1470
ვიქტორია	68,8	80	ბაიკალი	31,5	1620
არალის	64,5	67	დიდი დათვის	30,0	137
ჰურონი	59,6	228	ნიასა	30,8	678

ძველი გამყინვარების არეალებთან დაკავშირებული ტბების სარტყელი ემთხვევა ჩრდილოეთ ამერიკის იმ ზოლს, რომელიც გადაჭიმულია ამ კონტინენტის ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ. ამ ზოლში მოქცეულია დიდი დათვის, მონების დიდი, კლინტონ-კოლდენის, დუბონტის, ათაბასკას, ვულასტონის, უინიპეგის, ირმის, ვინიპეგის, ზემო, მიჩიგანის, ჰურონის, ერის ტბები. გამყინვარებასთანაა დაკავშირებული, აგრეთვე, სკანდინავიის ნახევარკუნძულის ტბები. მათ შორის, ფინეთში 35 ათას ტბას ითვლიან, რომლებსაც ქვეყნის ფართობის 12% უკავია. კარელიასა და კოლის ნახევარკუნძულზე მცირე ფართობის მრავალრიცხოვან ტბებთან ერთად გვხვდება დიდი ტბებიც: სეგოზერო, ლიეკსა, კუიტო, ტოპოზერო, იმანდრა, პიაოზერო, უმბოზერო, ლოვოზერო. ბალტიისპირეთის ქვეყნებსა და მის აღმოსავლეთით გადაჭიმულ ტბების ზოლში გავრცელებულია ჩუდის, ფსკოვის, ილმენის, ლადოგის, ონეგის, თეთრი, ვოჟეს, ლაჩას, ვოდლოზეროს ტბები.

ტექტონიკური წარმოშობის ტბების გავრცელების არეალია აღმოსავლეთი აფრიკა. აქ წარმოდგენილია რუდოლფის, მობუტუ-სესე-სეკოს, ვიქტორიას, ტანგანიკას, ნიასას ტბები. მშრალი კლიმატის მიუხედავად დიდი ტბები გვხვდება ტიბეტში, მონღოლეთში, სამხრეთ რუსეთში.

ტბები უცვლელი სრულებით არ არიან. მათი ევოლუცია უკავშირდება ჰავის

საფუძვლიან ცვლას, ჰიდროგრაფიული ქსელის რეჟიმს, მიწის ქერქის მსხვილ გადაადგილებებს, ვულკანიზმის გამოვლინებებს. ცნობილია, რომ მშრალი და ნოტიო ჰავის პირობებში ტბების განვითარებას განსხვავებული ხასიათი აქვს. სტეპებისა და უდაბნოების არეალებში ტბების არსებობა დაკავშირებულია ჰაერის სინოტივის მაღალ დეფიციტთან, ანუ სინოტივის ზოგად უკმარისობასთან. ამიტომ ტბების უმრავლესობა ეფემერული ხასიათისაა: წვიმის შემდეგ ისინი ჩნდებიან, მშრალ პერიოდში კი მათ გაქრობა ელით. ასე, მაგალითად, ავსტრალიის ტბა ტორენზი — მლაშობი ჭაობია, თუმცა წვიმების პერიოდში ტიპურ ტბად იქცევა. უფრო დიდი ტბებიც იმავე ბედს იზიარებენ. აორთქლებასთან ერთად მყარი ნივთიერების დალექვა იწვევს მათი სარკის ფართობის შემცირებას. საბოლოოდ, მტკნარი ტბები, მარილების მუდმივი დაგროვებისა და წყლის მასის დაკარგვის გამო, მლაშე ტბებად იქცევა. ამ ტიპისაა არალის ზღვა, რომლის კატასტროფული შემცირება, აღნიშნულ მოვლენასთან ერთად, მდინარეების — ამუდარიისა და სირდარიის ხელოვნური რეგულირებითაა გამოწვეული. ასეთი ტბების ხანგრძლივი ამოშრობა ჯერ მლაშე ჭაობის, ხოლო მოგვიანებით — მშრალი მლაშობის წარმოშობას განაპირობებს. ტბების ამგვარი მეტამორფოზა მიმდებარე ვრცელი არეალის გადასახვაში გამოვლინდება: მთლიანად გაქრება ჰიდროფიტული, ჰიგროფიტული და მეზოფიტული მცენარეულობა, ხოლო მათ ადგილს ქსეროფიტები იკავებენ.

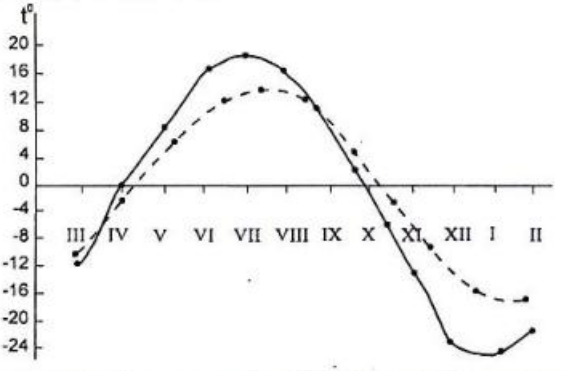
ნოტიო ჰავის პირობებში ტბების განვითარება მიმდინარეობს მათი ფსკერის ზედაპირზე ნაყარი მასალის მექანიკური დალექვისა და წყალმცენარეთა (ხავსების) მოდების (მოკიდების) გზით. ამავე დროს, ტბების ნაპირებიდან ღრმა შუაგულისაკენ წყალმცენარეები კონცენტრულად განლაგდება ხოლმე. ნაპირთან, ერთი მეტრის სიღრმემდე, ხარობს ისლი, მატიტელა, ბაია. უფრო ღრმად (სიღრმე 2-3 მ) ლელქაშის ზონაა გავრცელებული. აქ ხარობს ლელი, შვიტა, ლელქაში, შროშანი. ტბის ყველაზე ღრმად — ფსკერული ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები ვრცელდება.

ტბის წყლის მცენარეულობა მუდმივ განვითარებაშია. ისინი ჩნდებიან, იზრდებიან და კვდებიან. მკვდარი მასა ფსკერზე ილექება, რაც დროთა განმავლობაში სიღრმის თანდათანობით შემცირებას იწვევს. საბოლოოდ ტბის განაპირა ზოლი მიმდებარე ხმელეთს შეეზრდება. ამავე დროს, ტბების ფსკერის სიღრმეთა მუდმივი შემცირების გამო, წყალმცენარეთა გავრცელების ზონების სივრცე-დროით ცვლას აქვს ადგილი, რაც წყალმცენარეთა გავრცელების ზონების ნაპირიდან უკუსვლით გადაადგილებაში გამოიხატება. ასე, მაგალითად, წყლის შროშანების გავრცელების ზონა ტბის ღრმა აკვატორიაში გადაადგილდება, ხოლო მის ადგილს ლელქაში დაიკავებს. ერთი სიტყვით, პერიფერიული მცენარეულობის ღრმაწყლიან ზონაში გადაადგილების გამო, წყალსაცავებს თანდათანობით ჭაობად გარდასახვის ტენდენცია უვითარდებათ. ამასთან, წყლის მცენარეების საკმაოდ ჩქარი ტემპით გამრავლების გამო, მათ მიერ წყალსაცავების დაკავება პირდაპირ, ადამიანის თვალწინ ხდება. ტბა კენიგზეეს (უნგრეთი) 8 ჰა ფართობის მცენარეთა მოკიდებას სულ რაღაც 30 წელიწადი დასჭირდა; ბალტიის ზღვისპირა ხმელეთზე (კალინინგრადის ოლქი, ყოფილი კენიგსბერგი) ტბა სვიატოეს ჭაობად გადაქცევის ტემპმა, ბოლო 450 წლის განმავლობაში, 0,4 ჰა წ$^{-1}$ შეადგინა. ამავე მიზეზით, უკვე დამშრალია და ჭაობადაა ქცეული საქართველოს შავი ზღვისპირეთის ლაგუნური წარმოშობის ზოგიერთი ტბა.

განუსაზღვრელად დიდია ტბების მნიშვნელობა გეოგრაფიულ გარსში. უკვე მიუთითებდით ტბების წყლის კლიმატურ ფაქტორებთან, ხოლო ქვაბულების

წარმოშობის სტრუქტურულ-გეოლოგიურ და ტექტონიკურ პირობებთან დაკავშირებას, რომელიც თვალნათლივ გვიხატავს ტბებისა და ბუნებრივი გარსის სხვა ელემენტების ურთიერთკავშირებს. ამავე დროს, ტბები გავლენას ახდენენ მიმდებარე ხმელეთის კლიმატურ პირობებზე. ამ გავლენათა სიდიდე დამოკიდებულია ტბის სარკის ზედაპირის ფართობსა და წყლის მასის მოცულობაზე. წყლის ზედაპირიდან აორთქლების გამო, მკვეთრად იზრდება მიმდებარე ხმელეთის ჰაერის სინოტივე. დიდი ტბების სანაპიროებზე შეინიშნება ჰაერის პერიოდული (დღელამური ანუ ბრიზული) ცირკულაცია.

დიდია ტბების გავლენა მიმდებარე ხმელეთის სითბურ რეჟიმზე. ტბის მიმდებარე უშუალო სანაპიროს ცივი და თბილი სეზონების ჰაერის ტემპერატურა (ნახ. VIII.5) რამდენადმე ნიველირებულია, ვიდრე მისგან დაშორებულ რაიონებში. ტბის სანაპიროზე, მისგან დაშორებულ უბნებთან შედარებით, ზაფხულის თვეებში, ჰაერის ტემპერატურა 5-6^0-ით დაბალია, ხოლო ზამთარში ჰაერი 10-12^0-ით უფრო თბილი ხდება. ამდენად, ტბები თავისი გარშემო არეალის ზღვიური კლიმატის მიკროტიპის შემქმნელად გვევლინება.



ნახ. VIII.5. ჰაერის საშუალო თვიური ტემპერატურის მსვლელობა ბაიკალის ტბის სანაპიროსა (პუნქტირი) და მიმდებარე უბნების (უწყვეტი ხაზი) მეტეოსადგურების მონაცემებით

ჰაერის ტემპერატურის აღნიშნული განსხვავების არსებობა (6-დან 11^0-მდე) წყალსატევსა და ხმელეთს შორის სითბოგაცვლის მიზეზითაა შეპირობებული. წლის ცივ სეზონში ბუნებრივი წყალსატევის მიერ სითბოს დიდი მარაგის გაცემა მიმდებარე ხმელეთის ჰაერის ტემპერატურის შენარჩუნებას ხმარდება. ფორელის გამოანგარიშებით, ზამთრის სუსხიან 5-დღიან მონაკვეთში ჟენევის ტბის წყლის ტემპერატურის სულ რაღაც 0,2^0-ით დაწევისას, წყალსატევმა 10 მლრდ. კალორია სითბო დაკარგა, რაც აშკარად ტბის მიმდებარე მიდამოს ჰაერის გათბობას მოხმარდა. ამ დროს, ტბის მიერ გაცემული სითბური ენერგია 1250 ათასი ტონა ქვანახშირის მიერ წვის დროს გამოყოფილი ენერგიის ეკვივალენტური გამოდგა.

შესამჩნევად დიდია ტბების გავლენა იმ მდინარეებზე, რომლებიც იმავე ტბებიდან გამოედინებიან. როგორც აღვნიშნეთ, გამდინარე ტბები მდინარეთა ჩამონადენის რეგულატორისა და მათი დონის რყევის ამორტიზატორად გვევლინება. ასეთი მდინარეების რეჟიმის ჩამოყალიბებაზე ატმოსფერული ნალექების სეზონური განაწილება უმნიშვნელო გავლენას ახდენს, რადგან მდინარეთა რეჟიმი წყლის

დიდი რეზერვუარის სტაბილურობას ეყრდნობა, რომელიც დროის მონაკვეთში შესამჩნევ ცვლილებებს, როგორც წესი, არ განიცდის.

დიდია ტბების გავლენა გამდინარე წყლების ტემპერატურულ რეჟიმზე. ზამთარში ტბების შედარებით თბილი წყალი მდინარეთა გაყინვას ხელს ვერ უწყობს. ამიტომ, ასეთი მდინარეების წყლის გაყინვის დასაწყისი, რამდენადმე (ერთ თვემდე) გადაწეულია. ცხადია, რომ ასევე აგვიანებს მდინარეებში გაზაფხულის ყინულსვლის დასაწყისი, თუკი გამდინარე ტბის წყალი სუსხიანი ზამთრის პერიოდში ძლიერ გაიყინა.

გამდინარე ტბების დონე მდინარეების ეროზიის ადგილობრივი ბაზისის მიმანიშნებელიცაა. ამავე დროს, ტბის დონის რყევის მაჩვენებელი პირდაპირ აისახება იმ მდინარის სისტემაში, რომელიც მოცემულ წყალსატევთანაა დაკავშირებული. ამდენად, ტბების მეშვეობითი გავლენა რელიეფზე საკმაოდ ფართო სივრცეზე გამოვლინდება, რაც თვით წყალსატევის ფართობს რამდენჯერმე აჭარბებს. ტბების ქვაბულების ამოვსებისა და დაჭაობების შედეგად დღის სინათლეზე გამომზეურებული ტბის ფსკერი ხშირად იდეალურად ბრტყელ ზედაპირებს ქმნის.

ტბების ქვაბულებში ნალექდაგროვების განუწყვეტელი პროცესის გამო, ამ თუ იმ კლიმატურ პირობებში, მუდმივ ლითოგენეზთან დაკავშირებით, ადგილი აქვს სასარგებლო ნამარხების ფორმირებას. მშრალი ჰავის პირობებში, ტბების ფსკერზე, მარილების დალექვა მიმდინარეობს. ნოტიო ჰავის პირობებში კი ტბიური მერგელებისა და რკინაშემცველი (20-დან 60%-მდე) ნალექების დაგროვებაა, მანგანუმის მადნებისა და ორგანული წარმოშობის შლამების – საპროპელისა და დიატომიტების დალექვაა. საპროპელის დაგროვება ორგანული ნარჩენების გახრწნისა და მათი პროდუქტების, ბაქტერიების, მონაწილეობით სინთეზის შედეგად წარმოიქმნება. ამ წარმონაქმნს მინდვრის გასანოყიერებლად და საქონლის საკვებად ხმარობენ. მის ტალახს კი სამკურნალო თვისება აქვს. საპროპელის გადამუშავებით ღებულობენ დაბალი ხარისხის კარაქს, ბენზინს, ნავთს, მეთილის სპირტსა და ძმრის მჟავას.

ამგვარად, ხმელეთის ბუნებრივი წყალსატევები – ტბები გეოგრაფიული გარსის რთული სისტემური წარმონაქმნის ერთ-ერთი უმთავრესი კვანძია, რომელიც ბუნებრივ პირობებსა და კომპონენტებთან მჭიდრო კავშირში იმყოფება. აქედან ცხადია, რომ თუკი ენდოგენური ფაქტორები (ტექტონიკა, ვულკანიზმი) განაპირობებენ მომავალი წყალსატევების ქვაბულების ფორმირებას, კლიმატური პირობები – ტბებში წყლის მასის დაგროვებას, ან მათ სიუხვეს, ან კიდევ, პირიქით, იშვიათ გავრცელებას, განსაზღვრავენ.

კლიმატური პირობებითაა განპირობებული ტბების დონის სეზონური და საუკუნეობრივი რყევა. ჰავა აკონტროლებს ტბების სითბურ და ბიოლოგიურ რეჟიმებს, მათ ფიზიკო-ქიმიურ თვისებებსა და განვითარების მიმართულებას (ტენდენციას), რომლის საბოლოო შედეგია წყალსატევების ჭაობებად (ნოტიო ჰავის პირობებში) ან მლაშობებად (მშრალი ჰავის პირობებში) გარდასახვა. ამავე დროს, ტბების მიერ გარემოზე უკუგავლენის შედეგად (ჰავის შემარბილებელი როლი, მდინარეთა ჩამონადენისა და დონის რყევის მარეგულირებელი, აგრეთვე ეროზიული მუშაობის კონტროლის ფუნქციები) მიღწეულია ბუნებრივი გარსის კომპონენტების მჭიდრო ურთიერთგამომდინარე კავშირურთიერთობათა სისტემური გამოვლინება.

ჭაობები. ხმელეთის წყლების წრებრუნვის საკმაოდ გრძელი ჯაჭვის ერთ-ერთი რგოლი – ჭაობები ხმელეთის იმ ფრაგმენტებს წარმოადგენენ, სადაც

ჭარბად დატენიანებულ, ან მლაშე წყლების აკვატორიის არეალებში მუდმივად მიმდინარეობს მკვდარი მცენარეული ნივთიერების დალექვა, რომელსაც საბოლოოდ ტორფად გადაქცევა ელის. ჭაობების წარმოშობის, როგორც ტბების განვითარების დამამთავრებელი ფაზის, შესახებ უკვე გვქონდა დეტალური ლაპარაკი. თუმცა ჭაობების ფორმირების უმთავრეს ფაქტორად ხმელეთის ჭარბი დანესტიანებაა მიჩნეული. დაჭაობებას ხელს უწყობს წყალგაუმტარი ქანების მცირე სიღრმეზე გავრცელება და ვაკე რელიეფის უმნიშვნელო სიღრმითი დანაწევრება, რაც გაძნელებული დრენაჟის მომასწავებელია.

ჭაობების საზრდოობის პირობების, აგრეთვე, ნიადაგ-მცენარეული საფარის ხასიათის მიხედვით განასხვავებენ ქვედაურ (ევტროფულ), ზედაურ (ოლიგოტროფულ) და გარდამავალ (მეზოტროფულ) ჭაობებს. ქვედაური ჭაობების კვება გრუნტის ან მდინარის წყლებით ხორციელდება. ისინი, როგორც წესი, მდებარეობენ რელიეფის დაწეულ (ქვაბული) ნაწილებში. მათი ზედაპირი ბრტყელი ან ჩაზნექილი ფორმისაა. ქვედაური ჭაობები უმთავრესად დამახასიათებელია მშრალი ჰავის არეალებისათვის. ზედაური ჭაობები უშუალოდ ატმოსფერული ნალექებით იკვებებიან. ისინი უმთავრესად წყალგამყოფებზე არიან გავრცელებული. მათი ზედაპირი უმეტესად ამობურცული ხასიათისაა. ზედაური ჭაობების შუა — შემაღლებული ნაწილი, პერიფერიულ ზოლთან შედარებით, უფრო მშრალია. რაც შეეხება გარდამავალი ტიპის ჭაობებს, მათი წყლით კვება ორმაგ (ატმოსფერული და მიწისქვეშა წყლები) წყაროსთანაა დაკავშირებული.

ხმელეთზე გავრცელებული ჭაობები და ტორფნარების საერთო ფართობი 3,5 მლნ. კმ^2 აღწევს, რაც ხმელეთის 5,3%-ს შეადგენს. თავისი გავრცელებით ჭაობები მჭიდროდ უკავშირდება კლიმატურ პირობებს და, ამიტომაც ზონალური ხასიათის მატარებელია. ამ მხრივ, ქვედაური ჭაობები უფრო მშრალი ჰავის გავრცელების არეალებს უკავშირდება, მაშინ, როცა ზედაური (წყალგამყოფური) ჭაობები ნოტიო კლიმატის ფარგლებშია წარმოდგენილი და ტყის ზონის ტიპური წარმონაქმნია. დანამდვილებით შეიძლება ითქვას, რომ დაჭაობების ინტენსივობა დამოკიდებულია მოსული ატმოსფერული ნალექებისა და აორთქლებული ტენის შეფარდებასთან. ასე, მაგალითად, ევროპის ჩრდილოეთ პერიფერიაზე აღნიშნული შეფარდება მერყეობს რა 1,5-დან 1,8-მდე — დაჭაობებაც შესამჩნევად მაღალია. სამხრეთით კი, პირიქით, ნალექები 2-4-ჯერ უფრო ნაკლებია აორთქლებასთან შედარებით. ამიტომ, აქ ჭაობები მიწისქვეშა წყლების ფონდით, ან კიდევ, მდინარეთა წყლების დატბორვით მარაგდება.

ჭაობების გეოგრაფიულ გავრცელებას კლიმატთან ერთად რელიეფის თავისებურებები და ლითოლოგიური ასპექტები აკონტროლებენ. ამ მხრივ, ტყუილუბრალოდ კი არ მიუთითებენ ზომიერ განედებში ჭაობების მეტწილად გავრცელების შესახებ, სადაც ძველი გამყინვარების გამო მყინვარული თიხოვან-თიხნაროვანი ნალექების (მორენები) მიერ ვრცელი წყალგაუმტარი შრეებია შექმნილი. ამავე დროს, ძველი გამყინვარების არეალებში, მყინვარული ეგზარაციისა (ნგრევის) და აკუმულაციის პირობებში, ჩადაბლებებისა და ბორცვების სერიული მორიგეობის გამო, ტენის შეკავებას აქვს ადგილი, რასაც მცირე ზომის ტბებისა და ფართო ჭაობების ფრაგმენტების გავრცელებამდე მივყავართ.

ჭაობების გავრცელებას ადგილი აქვს ნოტიო ჰავის პირობებში განვითარებული ზღვების დაბალ სანაპიროებზე. მათი კვება ძირითადად ატმოსფერულ ნალექებთანაა

დაკავშირებული. მცენარეულობა უმთავრესად ხემცენარებითაა წარმოდგენილი, რომელთაც ძირითადად ჰიგროფიტები შეესაბამებათ. ტროპიკების ზღვისპირა ჭაობებზე მანგრული მცენარეებია მოდებული.

ტორფნარი გრუნტი წყლის დიდ რაოდენობას იკავებს. ჰაერის შემცველი მშრალი ტორფი კი სითბოს ცუდი გამტარია. ამიტომ ტორფნარი გრუნტის ტემპერატურა, სიღრმის უმნიშვნელო ზრდასთან ერთად სწრაფად კლებულობს: თუკი ტორფის ზედაპირზე გრუნტის ტემპერატურა 25-26^0-ია, უკვე ნახევარი მეტრის სიღრმეზე სითბო უმნიშვნელოდ მცირეა. ასე რომ, ჭაობები მცენარეულობისათვის საკმაოდ ცივი ადგილსამყოფელია.

ამდენად, ჭაობები წარმოადგენენ რა ბუნებრივი წყალსატევების – ტბების ევოლუციის ბოლო ფაზას, ამავე დროს, უმთავრესად განისაზღვრებიან კლიმატური ფაქტორებითა და, ძირითადად, ზონალური ხასიათის მატარებლებია – მათ გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთ უმთავრეს კომპონენტად განიხილავენ, რომელთა ვრცელი „აკვატორული" თავისებურებები სითბოსა და სინოტივის ადგილობრივი რეჟიმის ჩამოყალიბებასა და ბუნებრივი პირობების რეგულატორულ-ამორტიზატორული ფუნქციების შესრულებას განაპირობებენ.

მყინვარები. გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ნიშანს სიცივის ვრცელი არეალის არსებობა წარმოადგენს. მის დიდ ნაწილში მუდმივი უარყოფითი ტემპერატურაა გაბატონებული. მას სიცივის გარსს, ანუ კრიოსფეროს უწოდებენ. ამ გარსის ყველაზე ცივ ნაწილში მუდმივი ყინულებია გამეფებული. დედამიწის ზედაპირის იმ ნაწილში, რომელიც კრიოსფეროს ფარგლებშია წარმოდგენილი, ორი უმთავრესი მოვლენაა აღსანიშნავი: მყინვარებისა და მუდმივი მზრალობის არსებობა.

მყინვარი – უმეტესად მყარი ატმოსფერული ნალექების შედეგად წარმოშობილი ბუნებრივი მიწისზედა ყინულის გარდაქმნილი (გადაკრისტალებული, მეტამორფული) პლასტიკური მასაა. რომლის უმთავრესი ნიშანი, სიმძიმის ძალით გამოწვეული დეფორმაციაა, რაც მის დამოუკიდებელ მოძრაობაშია გამოხატული. მყინვარები რელიეფისა და ჰავის ურთიერთმოქმედების პროდუქტია. მათი წარმოშობა ძირითადად უკავშირდება თოვლის საფარის გარდაქმნას, მის გადაკრისტალებასა და პლასტიკური უნარის მიღებას. ამავე დროს, მყინვარები ნაწილობრივ, წყლის ყინულისაგანაც (ანტარქტიდის შელფური მყინვარები) კი წარმოიქმნება. ამ გზით ფორმირებული მყინვარები არათუ ოკეანეების სანაპიროზე, არამედ მთიან ქვეყნებშიც (წყლის გაყინვა ნაპრალებში, სიცარიელეებსა და მყინვართა ზედაპირებზე) კი შეინიშნება.

როგორც ჩანს, მყინვარების ფორმირება იწყება იმ მომენტიდან, როცა დედამიწის ზედაპირი – თოვლის დაგროვებისათვის ხელსაყრელი ფრაგმენტი ჰიონოსფეროს (კრიოსფეროს ნაწილი, სადაც შესაძლებელია თოვლის განუწყვეტელი დაგროვება და მყინვარებად გარდაქმნა) ფარგლებში მოექცევა. დროთა განმავლობაში ყინულის კრისტალებისაგან შემდგარი პირველადი თოვლის საფარი თანდათანობით მკრცვლოვან თოვლში, ანუ ფირნში გადადის. თოვლის წყლის გაყინვისა და მისი საფარის გამკვრივების გამო, ფირნის ფორები საბოლოოდ ქრება და თოვლი მყინვარულ სხეულად გარდაისახება. მყინვარების პლასტიკური უნარი დნობის ტემპერატურის მიახლოებისას კიდევ უფრო მატულობს. ამ თვისებებით, მუდმივი კვების პირობებში, მყინვარი მოძრაობას (დინებას) ასრულებს. მყინვარის მოძრაობის სიჩქარე 700-1300 მ წ$^{-1}$ აღწევს, იშვიათად კი 10-40 მ დღე-ღამეში სიჩქარეცაა (გრენლანდია) დაფიქსირებული.

მყინვარის სხეულის ბალანსის არაერთგვაროვნების გამო, გამოყოფენ კვების (ნალექის დაგროვება) დადებითი და აბლაციის (დნობის) უარყოფითი ბალანსის არეალებს. ამდენად, კვების არეში თოვლის დაგროვების მზარდი მაჩვენებლები მყინვარის ზრდა-განვითარებას იწვევს, ხოლო ატმოსფერული ნალექების შემცირება მათ დეგრადაციას განაპირობებს. პირველ შემთხვევაში მყინვარები „წინ მიიწევენ", მეორეში კი — „უკან იხევენ".

მყინვართა ორ ძირითად ტიპს გამოყოფენ: კონტინენტურსა და მთების მყინვარებს. კონტინენტური ანუ მყინვარული საფარები (ანტარქტიდა, გრენლანდია), როგორც წესი, უზარმაზარი ზომის მრგვალი და ამობურცული ფორმისაა, რომელიც მათი მასისა და პლასტიკურობის წონასწორობას შეესაბამება. მთიანი ქვეყნების მყინვარები, როგორც წესი, მცირე ზომისაა, ხოლო ფორმით მათი სათავისის — ხეობის ვიწრო და წაგრძელებულ წარმონაქმნს ემსგავსება. მათი სიჩქარეები, საფარისებურ მყინვარებთან შედარებით, უფრო მეტია. მთიანი ქვეყნების მყინვარების რელიეფის გარდაქმნის მეტი შესაძლებლობის გამო, მთიანეთების რელიეფის მყინვარული ფორმები უფრო მკვეთრადაა დანაწევრებული.

ცხრილი VIII.5.

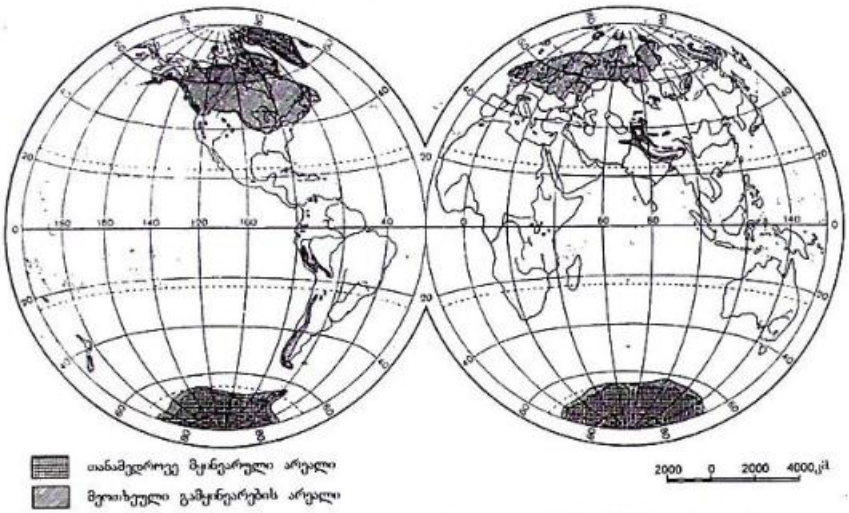
დედამიწის გამყინვარების (მასა, ფართობი) მახასიათებლები
(ვ. შუმსკისა და ა. კრენკეს მიხედვით, 1965)

ყინულის სახეები	მასა, ტონებში	%	ფართობი		არსებობის დრო წწ-ში
			მლნ. კმ²	%	
მყინვარები	$2,398X10^{16}$	98,95	16,3	ხმელეთის 10,9	9500
აისბერგები	$7,65X10^{12}$	0,03	63,5	ოკეანის 18,7	4,07
თოვლის საფარი	$1,05X10^{13}$	0,04	72,4	დედამიწის 14,2	0,35-0,52
ზღვის ყინული	$3,483X10^{13}$	0,14	26,0	ოკეანის 7,2	1,05
მიწისქვეშა ყინული	$(2-5)X10^{14}$	0,83	21,0	ხმელეთის 14,1	30-75
ატმოსფერული ყინული	$1,68X10^{12}$	0,01	510,0	დედამიწის 100	$4X10^{-3}$
სულ:	$2,423X10^{16}$	100,00	–	–	–

მყინვარები დედამიწის ზედაპირზე ყველაზე გავრცელებული (ცხრილი VIII.5) ქანია. ყინულის საერთო მასა, რომელსაც მყინვარები, აისბერგები და თოვლის საფარი, ზღვიური და მიწისქვეშა, აგრეთვე ატმოსფერული წყლის მყარი კრისტალები შეიცავს, $2,423x10^{16}$ ტონას შეადგენს. მათ შორის ყინულის 99% ანუ $2,398x10^{16}$ ტონა ხმელეთის მყინვარებზე მოდის. ამ ციფრების გრანდიოზულობაში დარწმუნების მიზნით წარმოვიდგინოთ, რომ თუკი დედამიწის ზედაპირზე ყინულის მთლიანი მასა თანაბრად განაწილდებოდა, მაშინ 50 მ-ის (!) სისქის ყინულის უწყვეტ ფენას მივიღებდით. მაგრამ მყინვარები დედამიწაზე არათანაბრადაა (ნახ. VIII.6) განაწილებული. მისი საერთო ფართობის (16,3 მლნ. კმ²) დიდი ნაწილი 85,6% ანტარქტიდაზე მოდის, გრენლანდიის მყინვარებს 11% უკავია, ხოლო დანარჩენ მყინვარებს ხმელეთის ფართობის 3,4% უჭირავს. ამავე დროს, მყინვარების გავრცელებას ზონალური ნიშნები (ცხრილი VIII.6) გააჩნია, რაც დედამიწის ჰავის კანონზომიერი განვრცობითაა გამოწვეული. თუმცა ამ მცირე ფართობის მყინვარებს ადამიანთა ცხოვრებაში უდიდესი როლი ენიჭება. მთიანი ქვეყნების (ალპები, კავკასია, კორდილიერები, ანდები და სხვ.) ლანდშაფტების ჩამოყალიბება, მათი სამეურნეო თვალსაზრისით სულ უფრო მზარდი ათვისება, ძირითადად, ამ მთიანეთების გამყინვარებასთანაა დაკავშირებული.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მყინვარი კლიმატისა და რელიეფის ფუნქციაა. თუკი

თოვლის საფარის დაგროვებას ხელს უწყობენ ჰორიზონტალური ზედაპირები, მთის მწვერვალებსა და ციცაბო ფერდობებზე მისი დროებითი შეჩერებაც კი



ნახ. VIII.6. თანამედროვე და მეოთხეული გამყინვარების არეალები

პრაქტიკულად შეუძლებელია. მყინვარების წარმოშობისათვის უფრო ხელსაყრელია ნოტიო ზღვიური ჰავა, რომელიც ნალექების სიუხვით (უხვი კვება) და გრილი ზამთრით (სუსტი დნობა) ხასიათდება. მშრალი კონტინენტური ჰავა კი, პირიქით, გამყინვარებას ხელს ვერ უწყობს. თოვლის საფარის დაგროვების ინტენსიურობას

ცხრილი VIII.6.

მყინვარების განაწილება დედამიწაზე

დედამიწის სარტყლები	მყინვართა ფართობი ათ. კმ²	ხმელეთის ფართობთან შედარებით, %-ში
ჩრდ. პოლარული სარტყელი	2100,0	1,4
ჩრდ. ზომიერი სარტყელი	100,0	0,07
ტროპიკული სარტყლები	0,1	–
სამხრ. ზომიერი სარტყელი	21,0	0,03
სამხრ. პოლარული სარტყელი	14100,0	9,5
სულ	16300,1	11,0

აკონტროლებს ხმელეთის ზედაპირის დახრილობა, ექსპოზიცია და სხვ. მყარი ატმოსფერული ნალექების ნულოვანი ბალანსი თოვლის საზღვარს შეესაბამება, რომლის სიმაღლე ყოველთვის კლიმატურ და რელიეფურ პირობებსაა დამორჩილებული. თოვლის ხაზის სიმაღლის გეოგრაფიული განვრცობა ზონალური ხასიათის (თავი XIII) მატარებელია. როგორც ჩანს, მაღალი თოვლის ხაზი თბილ განედებშია მოქცეული, ხოლო პოლარულ მხარეებში ციცაბოდ ძირს ეშვება. თუმცა ყველაზე მეტად თოვლის ხაზი „აღმართულია“ არა ეკვატორის, არამედ ტროპიკების გასწვრივ.

აქ მრუდის ფორმა ნოტიო ჰავის გავლენას არეკლავს. ამავე დროს, სამხრეთ ნახევარსფეროს ზღვიური ხასიათის გამო თოვლის ხაზი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს შესაბამის განედებთან შედარებით, ყველგან დაბლა დევს, ხოლო 62-ე პარალელის სამხრეთით — ოკეანის დონემდე ჩადის.

დედამიწას გამყინვარება რამდენჯერმე განუცდია. კარბონულ-პერმული გამყინვარება სამხრეთი ნახევარსფეროს ერთიან სუპერკონტინენტზე (გონდვანისი) იყო გამეფებული. ორდოვიცულ-სილურული გამყინვარება აფრიკის დასავლეთ და შიდა (საჰარა) ნაწილებში მძვინვარებდა. მას ადგილი ჰქონდა, აგრეთვე სამხრეთ აფრიკაში, არგენტინასა და ბოლივიაში. ამ გამყინვარებამ მეტად ხანგრძლივი დრო (50 მლნ. წწ.) მოიცვა. რაც შეეხება კამბრიუმამდელ გამყინვარებას მისი უტყუარი კვალი შეინიშნება ირლანდიასა და შოტლანდიაში, ნორვეგიასა და ჩრდილოეთ ურალში, კანადასა და აშშ-ში. ამდენად, უძველესი გამყინვარება ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთის (ევროპა და ჩრდილოეთ ამერიკა) დიდ ფართობზეა დაფიქსირებული. მეცნიერების მიერ დადასტურებულია ადრეპროტეროზოული (2300 მლნ. წლის წინათ) გამყინვარება კანადაში, სამხრეთ აფრიკასა და ციმბირში. საკმაოდ დადასტურებულად ითვლება ყველაზე გვიანდელი — პლეისტოცენური (მეოთხეული, ანთროპოგენური) გამყინვარება. ამ დროს მყინვარების მიერ დაკავებული აღმოჩნდა 45 მლნ. კმ^2, ანუ ხმელეთის ფართობის 30%, რაც თანამედროვე მყინვარების ფართობზე თითქმის სამჯერ მეტია. ამჟამად, დათბობის ეპოქაში, სახეზეა გამყინვარების რეგრესიული ფაზა. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ამჟამინდელი დათბობის დრო ახალი სტადიით — აცივებისა და გამყინვარების საპირისპირო ფაზით შეიცვლება. მეცნიერთა ვარაუდით, გამყინვარების ეპოქათა შორის თითქმის თანაბარი (150 მლნ. წწ.) დროის ინტერვალი დასტურდება.

საგრძნობლად დიდი და მრავალფეროვანია მყინვარების როლი ბუნებაში. უდავოა, რომ გამყინვარების შედეგად დედამიწაზე წარმოქმნილია პოლარული არეალებისა და მათი შესაბამისი ვერტიკალური სარტყლების მაღალმთიან-მყინვარული ლანდშაფტების ცალკეული „კუნძულები“. ამა თუ იმ კლიმატურ პირობებში წარმოქმნილი მყინვარების ევოლუცია, საბოლოოდ თვით კლიმატის საკმაოდ შესამჩნევ ცვლილებებს განაპირობებს.

როგორც ეს მოგვიანებით (თავი XII) გახდება ცნობილი, მყინვარის თავდაპირველი ზრდა ხელს უწყობს ჰავის ისეთ ცვლას, რომელიც საბოლოოდ მათი საფარების გაფართოებას განაპირობებს: მყინვართა ფართო არეალების წარმოქმნა ხომ თოვლის საზღვრის დაწევასა და მისი ფრაგმენტების გაფართოებას გამოიწვევს, რაც თავისთავად მყინვარების ფართობების ზრდაშიც გამოიხატება. ამავე დროს ირკვევა, რომ მყინვარის საფარის ფართობის ზრდა განუსაზღვრელი პროცესი სრულებით არ არის. კ. ბრუკსის გამოთვლებით მყინვარული საფარის დიამეტრის 1100-1600 კმ-ის მიღწევის შემდეგ, კლიმატის განვითარებას გამყინვარებისათვის არასასურველი პირობების (აცივება და მშრალი ჰავის ფორმირება) შექმნა მოსდევს. მშრალ ჰაერში კი აორთქლების უნარის მატების გამო, მყინვარების კვების შემცირება და აბლაციის ზრდაა მოსალოდნელი, რაც მყინვარული საფარის განვითარების შეჩერების ხელშემწყობი პირობებია. ამდენად, მყინვარების ზრდა-განვითარება, ან მათი დეგრადაცია, თვით მყინვარებისა და კლიმატის ურთიერთგანმაპირობებელი კავშირებით აიხსნება, რომელსაც სისტემური ანალიზის საფუძველზე აგებული პირდაპირი და უკუკავშირების განსაზღვრა (თავი XII) მოეძებნა კიდევაც.

მყინვარული საფარების ზრდისა და შემცირების (უკან დახევა) გამორკვევა, გეომორფოლოგიის ერთ-ერთი დარგის – გლაციოლოგიის თვალსაზრისითაა საინტერესო. ჩვენ კი, გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის შესწავლისას, მყინვარების სივრცობრივ დინამიკას ლანდშაფტური იერსახის გარდაქმნაში მონაწილეობის თვალსაზრისით განვიხილავთ. მართლაც, მყინვარების სივრცობრივი განფენილობის დროით ცვლას, ბუნებრივი გარსის კომპონენტების ძირეულ გარდაქმნაში, დიდი როლი მიუძღვის: მყინვართა სივრცე-დროითი არათანაბრობით იცვლება მცენარეულობა, განამარხდება ან ახალ საფუძველზე წარმოიქმნება ნიადაგები, ადგილი აქვს ცხოველთა ადგილსამყოფელის შეცვლას, ჩნდება ან ქრება პატარა წყალსაცავები, იცვლება მდინარეთა დინების მიმართულება, მიმდინარეობს ქანების ნგრევის, გადატანისა და დალექვის პროცესების ლოკალიზაციის სივრცე-დროითი ცვლილებები.

მყინვარების მიერ ტრანსპორტირებული და დალექილი მასალა მორენის სახელწოდებითაა ცნობილი. მყინვარის უკან დახევის შედეგად ადგილი აქვს „მორენული ლანდშაფტის“ ფორმირებას, რომელსაც მორენულ წარმონაქმნებთან ერთად შესაბამისი ნიადაგ-მცენარეული საფარი, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლები, ჰავისა და ბუნების სხვა კომპონენტების კომპლექსები შეეფარდება. აბლაციის არეში მყინვარის დნობის შედეგად მიღებული წყლები (ფლუვიოგლაციალური) უკვე მუდმივი ნაკადებისათვის დამახასიათებელ მუშაობას აწარმოებენ. ამ მხრივ, აღსანიშნავია თვით მყინვარული მასალის დახარისხება, ტრანსპორტირება და ახალ ადგილზე დალექვა. აქ, ვრცელი ვაკეების ანუ ზანდრული ველის ფორმირებას აქვს ადგილი.

ნგრეული, წვრილმარცვლოვანი (თიხოვან-ქვიშოვანი) ნალექების დაგროვებას მკვეთრად გამოხატული სეზონურობა შეემჩნევა: ზაფხულში ყინულის წყლები უხვია და მათ მიერ დალექილი მასალა შედარებით მსხვილმარცვლოვან ქვიშებს შეიცავს; ზამთარში კი, პირიქით, წვრილი, თიხოვანი შრე ილექება. ყოველი ასეთი წყვილი ლენტური ნალექი დროში – ერთ წელიწადს შეესაბამება. ამდენად, ამ შრეების მორიგეობათა ანალიზი, გამყინვარების შემდგომი პერიოდის, აბსოლუტურ გეოქრონოლოგიას ემსახურება.

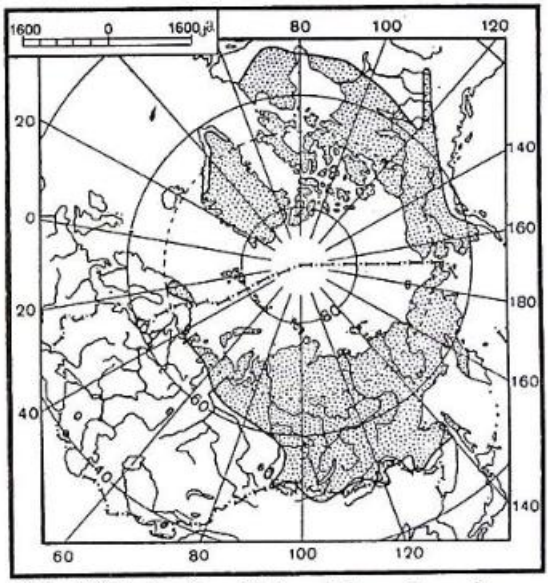
როგორც ჩანს, საფარისებური და მთიანი ქვეყნების მყინვარების მოქმედებით დედამიწის ზედაპირი საკმაოდ ძლიერ გარდაქმნას განიცდის, რომელიც ისედაც არამარტივი მთიანეთების იერსახის კიდევ უფრო მეტ გართულებაში გამოიხატება. ამ მხრივ, მთიანი ქვეყნების რელიეფის მყინვარული ფორმები საკმაოდ შესამჩნევი გარეგანი დანაწევრებით გამოირჩევა: ვერძის შუბლები, ხუჭუჭა კლდეები, კარები, ცირკები, ტროგული ხეობები მყინვარული ეკზარაციის შედეგად ფორმირებული რელიეფის სპეციფიკური ფორმებია.

მუდმივი მზრალობა. აქამდე აღნიშნული გამყინვარების ფორმები მოძრავ მყინვარებს მიეკუთვნებოდა. გეოგრაფიულ გარსში კიდევ უფრო დიდი ფართობი მიწის ქერქის ზედა ჰორიზონტების უძრავ გამყინვარებას უკავია, რომელიც წარმოდგენილია მუდმივი მზრალობითა და მიწისქვეშა ყინულებით. ორივე მათგანი მიწისქვეშა ფენების უარყოფით ტემპერატურასთანაა დაკავშირებული.

მათი უძრაობის გამო, ყინულის მასები საკმაოდ ხანგრძლივ კონსერვაციას განიცდის და წყლის ბრუნვის რგოლიდან ფაქტობრივად ამოვარდნილია. მზრალი გრუნტის ტემპერატურა, როგორც წესი, უარყოფითია და, ამიტომ, მუდმივად მყარ მდგომარეობაში იმყოფება. მისი ზედაპირული ფენა მხოლოდ ზაფხულობით დნება,

ხოლო ზამთრობით იყინება. მას აქტიურ ფენას უწოდებენ.

მზრალი გრუნტის სიმძლავრე არაერთგვაროვანია. ხშირად იგი რამდენიმე მეტრს აღწევს, ცალკეულ შემთხვევაში კი ასეული მეტრებით განისაზღვრება, იშვიათად 600 მ-ზე უფრო სქელი მზრალი გრუნტებიცაა გამოვლენილი. მზრალ არეალებს უჭირავთ ევრაზიის, ჩრდილოეთ ამერიკისა და პოლარული სარტყლის დიდი ტერიტორია, რაც ხმელეთის ფართობის 20%-ზე მეტს (28 მლნ. კმ^2) უნდა (ნახ. VIII.7) შეადგენდეს. მხოლოდ რუსეთის (აღმოსავლეთი და დასავლეთი ციმბირი) ტერიტორიაზე მუდმივი მზრალობა 10 მლნ. კმ^2 ფართობზე ვრცელდება.



ნახ. VIII.7. მუდმივი მზრალობის გავრცელება ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში

მუდმივად მზრალი გრუნტების წარმოშობა დაკავშირებულია რიგ მოვლენათა შეხამებასთან: ხანგრძლივი, ცივი და მცირეთოვლიანი ზამთარი, მოკლე და გრილი ზაფხული, ნალექების უმნიშვნელო რაოდენობა, ქვაბულის არსებობა და მის ზედაპირზე უმოძრაო ცივი ჰაერის დიდი ხნით დგომა. გრუნტის გაყინვა არა მარტო თანამედროვე კლიმატითაა განსაზღვრული, არამედ ის მყინვარული ეპოქის რელიქტსაც მიეკუთვნება. ამას ადასტურებს მზრალ გრუნტებში გაუხრწნელი მამონტების აღმოჩენა.

მზრალი არეალები, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, მეტად საინტერესო მოვლენაა. ამ ფრაგმენტბზე მათი შესაბამისი ლანდშაფტების ფორმირებას აქვს ადგილი. სრულიად განსხვავებულია აქ მიწისქვეშა წყლების გავრცელებისა და რეჟიმის თავისებურებები. მათი მოძრაობის შედეგად მზრალ გრუნტებს შორის მიწისქვეშა წყალი შეიძლება არც კი გაიყინოს. დიდია მზრალობის გავლენა მდინარეთა ჩამონადენის ფორმირებაზე. მზრალობა მიწისქვეშა წყლის ორთქლის კონდენსატორს წარმოადგენს, რომელიც ჩამონადენის ზრდას უწყობს ხელს. ზღვებისა და ტბების სანაპიროებზე, მუდმივი მზრალობის რეგიონებში, ადგილი აქვს თერმოაბრაზიულ მოვლენებს, ხოლო რელიეფის ზედაპირებზე კი თერმოკარსტული მოვლენებით შეპირობებული ჩაქცევის ძაბრების, ქვაბულებისა და ღრმულების წარმოშობას. მზრალობას უკავშირდება აგრეთვე მცენარეთა სუსტი მდგრადობა და ე.წ. „მთვრალი ტყის“ ფორმირება. ამავე გრუნტის ზედაპირზე ხშირად ჭაობის მცენარეულობაა გავრცელებული.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის სიცივის არეში ფორმირებული ორი მოვლენა (მოძრავი და უძრავი გამყინვარება), დაკავშირებულია რა კლიმატურ პირობებთან, ზონალური ხასიათის მატარებელია და თავისი არსებობით აკონტროლებს ბუნების კომპონენტების – მდინარეების, ნიადაგების, მცენარეულობის, ცხოველთა სამყაროს,

მცირე წყალსატევებისა და რელიეფის თავისებურებებს. ორივე ტიპის გამყინვარების პროგრესიული თუ რეგრესიული ფაზების სივრცე-დროითი გამოვლინებით, მიღწეულია გეოგრაფიული გარსის იერისა და სტრუქტურის რთული სურათის განუწყვეტელი ცვლილება.

ᲙᲐᲛᲔᲚᲔᲒᲘᲡ ᲬᲧᲚᲔᲑᲘᲡ ᲒᲐᲐᲘᲜᲫᲣᲠᲔᲑᲐ დაკავშირებულია რა წყლის რესურსების ინტენსიურ ათვისებასთან, იწვევს არა მარტო მისი ხარისხის, არამედ რაოდენობის, ბალანსის მდგენელებისა და ჰიდროლოგიური რეჟიმის ცვლილებებს. წყლის რესურსების ხარისხობრივ-რაოდენობრივ ცვლილებებზე განსაკუთრებულ გავლენას ახდენენ აგრეთვე ადამიანის სამეურნეო მოქმედების ისეთი სახეები, როგორიცაა წყლის სამრეწველო და კომუნალური მიზნებით მოხმარება, წყალსაცავების შექმნა და არასწორი ექსპლუატაცია, მორწყვა და ამოშრობა, რიგი აგრომელიორაციული და ჰიდროტექნიკური ღონისძიებების პრაქტიკაში რეალიზაცია.

ბუნებრივი წყლების ხარისხობრივი ნეგატიური ცვლილება უმთავრესად უკავშირდება მრეწველობის (მეტალურგია, ქიმიური, ნავთობის გადამუშავება, ნავთობქიმიური, ორგანული სინთეზი) დარგებს, რომელთა გავლენით ნავთობის, ფენოლის, ფერადი ლითონების, ქიმიური შენაერთების დაგროვებას აქვს ადგილი.

ინტენსიური გაბინძურებით გამოირჩევა საყოფაცხოვრებო მიზნებით ათვისებული წყლები, რომელთა არასრული გაწმენდა ბაქტერიების შემცველობის ზრდას უწყობს ხელს. წყლის ხარისხის გაუარესება მელიორაციულ საქმიანობასაც უკავშირდება. მორწყვის შედეგად, როგორც წესი, იზრდება წლიური ჩამონადენის მნიშვნელობა, იცვლება მისი შიდაწლიური განაწილების მაჩვენებლები. სარწყავი მასივებიდან გამოტანილი მარილების ხარჯზე ადგილი აქვს მდინარეთა წყლების მინერალიზაციის ზრდას. ჰიდროელექტროსადგურების აგება და მდინარეთა ნაკადების რეგულირება იწვევს ბუნებრივ-აქვალური გარემოს ნეგატიურ გარდაქმნებს. კერძოდ, იგი უარყოფით გავლენას ახდენს სანაოსნო არტერიებზე, დაშრობასა და წყალმომარაგებაზე, წყლების სარეწაო პოტენციალზე, რეკრეაციულ სისტემებზე, წყლით დაფარულ ტერიტორიებზე და ა.შ.

მდინარეთა წყლის ჰიდრიქიმიური რეჟიმის ნეგატიური ცვლილება დაკავშირებულია წყალსატევების შექმნასთან, რომელზეც გავლენას ახდენს ხელოვნურ წყალსატევებში წყლის ცვლის ინტენსივობის (K) მაჩვენებელი. იგი მარტივად გამოიანგარიშება:

$$K=V/W,$$

სადაც V – წყალსაცავის მოცულობაა, W – წლიური ჩამონადენი.

როგორც ჩანს, რაც მეტია K-ს მნიშვნელობა, მით ნაკლებია წყალსაცავის წყლის მინერალიზაციის ყოველწლიური ზრდა. ამ დამოკიდებულებით უკვე დაპროექტების ფაზაშივე შესაძლებელია მინერალიზაციის მოსალოდნელი პროგნოსტიკული მოდელის წარმოდგენა.

წყალსაცავებში წყლის ხარისხობრივი ცვლილება შეპირობებულია როგორც წყლის რეჟიმის, ისე ბიოლოგიური პროცესების ცვლილებით. ამ მხრივ, წყლის დინების სიჩქარის შემცირებასა და გამჭვირვალობის ზრდას, სამრეწველო და კომუნალური ჩამონადენით გამოწვეული ორგანულ-ბიოგენურ ნივთიერებათა კონდენსაციის მატებას, ბიოპროდუქტიული პროცესების აჩქარებამდე მივყავართ. ამასთან, ბიოგენური ნივთიერებით გამდიდრებულ წყალსატევებში ადგილი აქვს ფიტოპლანქტონის ინტენსიურ განვითარებას. თუმცა ლურჯი-მწვანე წყალმცენარეების მომრავლებამ შეიძლება ტოქსიკური ნივთიერებების კონცენტრაციის ზრდა

გამოიწვიოს, რაც წყლის ხარისხის გაუარესების მომასწავებელია. ამ მოვლენას მეორად, ანუ ბიოლოგიურ გაბინძურებას უწოდებენ.

ხმელეთის წყლების ბუნებრივი ობიექტების გაბინძურების ერთ-ერთი წყარო თბოელექტროსადგურებია. ცნობილია, რომ ამ სადგურების გამომუშავებული სითბური ენერგიის 2/3 ისევ გარემოს კუთვნილება ხდება. ამ ენერგიის არინებას (თავიდან აცილებას) ახდენენ მდინარეების, ბუნებრივი ან ხელოვნური წყალსატევების მეშვეობით. წყალსაცავების მიერ მიწის სავარგულების დატბორვის ნეგატიურ გამოვლინებასთან ერთად, სახეზეა წყლის რესურსების პრობლემაც. თბოსადგურების გამაცივებელ აგრეგატებში ყოველწლიურად მილიონობით ტონა წყალი იხარჯება. მათ შორის, წყლის ერთი ნაწილი აორთქლებას, ხოლო მეორე – სითბურ გავლენებს განიცდის და საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის (სასმელად) უვარგისი ხდება.

ხმელეთის წყლების გაბინძურებისაგან დაცვა კაცობრიობის ერთ-ერთი უდიდესი პრობლემაა. ამ მხრივ, შემუშავებული მეთოდებიდან უმთავრესია საინჟინრო ღონისძიებები, რომლებიც გულისხმობენ გაბინძურებული წყლების გაწმენდა-გასუფთავების მიღწევას ე.წ. გამწმენდი ნაგებობების მეშვეობით.

გაბინძურებული წყლების გაწმენდის საინჟინრო მეთოდები ორ ჯგუფად იყოფა: წყლების ხელოვნურ და ბუნებრივ პირობებში გასუფთავება. პირველ შემთხვევაში წყლის გასუფთავება ხელოვნურად მიმდინარეობს, როცა ამ მიზნით შექმნილია სპეციალური ნაგებობა-დანადგარი. გასუფთავების 4 სახეობას გამოყოფენ: მექანიკური, ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური.

მექანიკური გასუფთავების მეთოდი გულისხმობს წყალში შემცველი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების გაუხსნელი, მსხვილდისპერსიული მინარევების უტილიზაციას ფილტრაციის გზით. ქიმიური და ფიზიკურ-ქიმიური გასუფთავების მეთოდს იყენებენ წყლებიდან ორგანული, გახსნილი და წვრილდისპერსიული ნივთიერების კოაგულაციით სხვადასხვა კოაგულანტების გამოყენებით. ბიოქიმიური გასუფთავების მეთოდი ემყარება მიკროორგანიზმების უნარს, საკვებად გამოიყენონ წყლებში არსებული ორგანული ნივთიერებანი – ორგანული მჟავები, ცილები, ნახშირბადები. ამ მეთოდის გამოყენება შეიძლება როგორც ხელოვნურ (ბიოლოგიური ფილტრები), ისე ბუნებრივ (მინდვრები, არხები, წყალსატევები) პირობებში.

წყლების გაბინძურებისაგან დაცვის მიზნით მიზანშეწონილია წარმოების ისეთი ტექნოლოგიური სრულყოფა, როცა მიღწეულია წყლის ობიექტების გაბინძურების მინიმუმამდე შემცირება და წარმოებაში წყლის გამოყენების ჩაკეტილი ციკლის დანერგვა. ამ შემთხვევაში, საწარმოში უკვე გამოყენებული წყალი გასუფთავებისა და თითქმის თავდაპირველი მდგომარეობის აღდგენის შემდეგ ისევ ჩაირთვება ტექნოლოგიურ პროცესებში. ამით მიღწეული გახდება ერთი და იმავე წყლის რამდენიმეჯერ გამოყენების პრაქტიკა, რაც მცირენარჩენიან ტექნოლოგიაზე გადასვლასა და წყლების რაციონალურ ათვისების დანერგვას მოასწავებს.

დასკვნები

1. ხმელეთის წყლების უმთავრესი ჰიდროლოგიური მახასიათებლების სივრცე-დროითი გამოვლინება, დაკავშირებულია რა მათი გავრცელების ბუნებრივ პირობებთან, ძირითადად კლიმატური ასპექტებით იმართება, რეგულირდება და შესაბამის

კონტროლს განიცდის, რომელშიც ჰავის სეზონური და მრავალწლიური ნიშნები სივრცობრივი განფენილობის მიხედვითაა ასახული.

2. მდინარეთა წყლების ჰიდროლოგიური ელემენტების ფორმირების ნიშნებს ბუნებრივი მოვლენების დროითი რეჟიმის მახასიათებლების ფაზური მონაცვლეობა-მორიგეობის გეოგრაფიული ფაქტორები განაპირობებს.

3. მდინარეთა ჰიდროლოგიური რეჟიმის პარამეტრები, განსაზღვრულია რა მათი კვების წყაროებით – ჩამონადენის სივრცე-დროითი სხვადასხვაობა, მათი წარმოშობის ან გავრცელების რაიონების კლიმატითაა კონტროლირებული და როგორც სინოტივის, ისე თერმული მახასიათებლების სივრცობრივ ურთიერთ-დაბალანსებას ემსახურება.

4. მიწისქვეშა წყლების უნარი, ბუნებაში წყლის წრებრუნვიდან თავის დაძვრენაში მდგომარეობს, ხოლო განსაკუთრებით ნელი მოძრაობის გამო – წყლის ეს ობიექტი ბუნებაში ერთადერთი ფორმაა, რომელსაც მცენარეულობა განუწყვეტლივ ითვისებს.

5. ხმელეთის წყლების ვრცელი ფრაგმენტები – ტბები და ჭაობები, განისაზღვრებიან რა უმთავრესად კლიმატური ფაქტორებით, თავიანთი მკვეთრი ზონალური და ვრცელი „აკვატორული" ნიშნებით – სითბოსა და სინოტივის ადგილობრივი რეჟიმის ჩამოყალიბებასთან ერთად, ბუნებრივი პირობების რეგულა-ტორულ-ამორტიზატორული ფუნქციები აქვთ დაკისრებული.

6. მყინვარული საფარების, მთების გამყინვარებისა და მუდმივი მზრალობის ვრცელი არეალები წარმოადგენენ რა კლიმატურ-რელიეფური ნიშნების ბუნებრივ გამოვლინებას, დედამიწაზე ნივალური არეალების ლანდშაფტური იერსახის ჩამოყალიბებით, ბუნების რთული სურათის განუწყვეტელი გარდაქმნისა და მისი სტრუქტურის სივრცე-დროითი ცვლილების უმთავრესი ფუნქციების შემსრულებლად გვევლინებიან.

7. ხმელეთის ბუნებრივი წყლები განიცდიან რა ძლიერ ანთროპოგენურ დატვირთვებს, მაღალი ხარისხობრივ-თვისებრივი ნეგატიური ცვლილებების არინების საყოველთაოდ აღიარებული საინჟინრო მეთოდებთან ერთად, მოითხოვენ წარმოების ისეთ ტექნოლოგიურ სრულყოფას, როცა მიღწეულია წარმოებაში წყლის გაწმენდის ჩაკეტილი ციკლი და, მცირენარჩენიან ტექნოლოგიაზე გადასვლით, წყლის რესურ-სების რაციონალური ათვისების დანერგვა.

თავი IX. ბიოსფერო

ზოგადი ცნობები. ორგანიზმების ტიპები და მათი ფუნქციები. ბიოსფეროს როლი გეოგრაფიულ გარსში. ცოცხალი ორგანიზმები და გარემო. ეკოლოგიური ფაქტორები და ცოცხალი სამყარო. გლობალური ეკოლოგიური კრიზისები და კატასტროფები. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების (ლითოსფეროს, ჰიდროსფეროსა და ატმოსფეროს) იმ ნაწილებში, სადაც არსებობს და ვითარდება მცენარეული და ცხოველთა ორგანიზმები, ბიოსფეროს უწოდებენ. მის შემადგენლობაში შედის არა მხოლოდ მცენარეული საფარი და ცხოველთა სამყარო, არამედ პლანეტის მდინარეები და ტბები, ოკეანეებისა და ზღვების წყლის მასები, ნიადაგური საფარი, ტროპოსფეროს მნიშვნელოვანი ნაწილი და ლითოსფეროს ზედა – გამოფიტვის ფენა. როგორც ჩანს, დედამიწაზე არ მოიძებნება რაიმე კუთხე და კუნჭული, სადაც სიცოცხლის ფორმები არაა წარმოდგენილი. სიცოცხლის მარტივი ნიშნები (მიკრობები და მიკროორგანიზმები) შემჩნეულია მშრალ, უწყლო ტროპიკულ უდაბნოებსა და პოლარულ თუ მაღალმთიან სუსხიან მყინვარებში. ამდენად, გეოგრაფიული გარსი და ცოცხალი ორგანიზმები განუყოფელი ბუნებრივი წარმონაქმნებია. ცოცხალი ორგანიზმებისა და ორგანული ნაერთების არსებობა განუყრელადაა დაკავშირებული გეოგრაფიულ გარსთან.

ცნება „ბიოსფერო“, მისი თანამედროვე შინაარსით, მეცნიერებაში შემოიტანა და ყოველმხრივ განავითარა რუსმა მეცნიერმა, აკად. ვ. ვერნადსკიმ. ამჟამად ბიოსფეროს ცნების არაერთი განმარტება არსებობს. ფართოდ გავრცელებული აზრით, ბიოსფეროს მიაკუთვნებენ არა მარტო დედამიწის იმ ნაწილს, სადაც სიცოცხლე არსებობს და ცოცხალი ორგანიზმებია გავრცელებული, არამედ გეოგრაფიული გარსის ყველა იმ ფრაგმენტსაც, რომლებიც მეტად თუ ნაკლებად გარდაქმნილია მათ მიერ. ამ განმარტების მიხედვით ბიოსფერო, სივრცობრივი თვალსაზრისით, თითქმის ემთხვევა გეოგრაფიულ გარსს.

ბიოსფეროს ცოცხალი ორგანიზმების აქტიური გამოვლინების არეალსაც მიაკუთვნებენ. იგი მოიცავს ატმოსფეროს ქვედა ნაწილს, მთლიან ჰიდროსფეროსა და ლითოსფეროს ზედა ნაწილს. აღნიშნულ პარამეტრებში გეოგრაფიული გარსი გეოსფეროების ურთიერთმოქმედებათა საკმაოდ დიდი აქტიურობით ხასიათდება. უფრო ვიწრო შინაარსით, ბიოსფეროს ცნების ქვეშ გულისხმობენ გეოგრაფიულ გარსში დასახლებულ ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობას. თუმცა ცხადია, რომ ცოცხალი ორგანიზმების განხილვა წარმოდგენილია მისი გარემომცველი პირობების გარეშე. ამავე დროს უდავოა, რომ ბუნებრივი პროცესების ურთიერთგანსაზღვრულობის შედეგად, ორგანიზმები და მათი ცხოველქმედების პროდუქტები, თავის მხრივ, არაორგანულ (არაცოცხალ) გარემოზე საკმაოდ დიდ გავლენას ახდენენ. სწორედ ამის გამო და ამგვარი მიდგომითაა საინტერესო ბიოსფეროს გეოგრაფიული ასპექტები.

სიცოცხლის ფორმები საკმაოდ მრავალფეროვანია. დედამიწაზე მცენარეთა 500 ათასზე მეტ სახეობას ითვლიან, ხოლო ცხოველთა სამყაროს სახეობათა რიცხვი 1,5 მილიონს აჭარბებს. ამავე დროს, ცოცხალ ორგანიზმებს განსაკუთრებულად ფართო გავრცელება ახასიათებთ, რომელიც ბიოსფეროს ელემენტების არსებობის დიდ ფიზიკურ შესაძლებლობაზე მიუთითებს. ასე, მაგალითად, ზოგიერთი სოკოს სპორები 140°-მდე გახურების დროსაც კი ინარჩუნებენ სიცოცხლეს; ბაქტერიების სპორებს 10 სთ-ის განმავლობაში შეუძლიათ იმყოფებოდნენ თხევად წყალბადში, რომლის ტემპერატურა -253°-ს შეადგენს; ზოგი ბაქტერია კოლოსალური წნევის (3-8 ათასი ატმოსფერო) პირობებშიც კი არ იღუპება; ცნობილი ფაქტია – ტორფის ფენაში რამდენიმე ათასი წლის წინათ განამარხებული ლოტოსის თესლის აღმოცენება.

ბიოსფეროს გავრცელების ზედა შესაძლებელი საზღვარი ოზონის ეკრანის ქვედა ფენაზე (25 კმ-ის სიმაღლე) გადის. ორგანიზმები ყველაზე ღრმა ოკეანური ღარების ფსკერზეც კი არის შემჩნეული. ასე, მაგალითად, ფილიპინის ღარიდან (სიღრმე 10265 მ) ამოტანილი გრუნტის ნიმუშის ყოველი გრამი 1 მლნ. ბაქტერიას შეიცავდა; ოკეანეში ორი კილომეტრის სიღრმეზე ბინადარ ცოცხალ წყალმცენარეს ფოტოსინთეზის უნარი ზღვის მანათობელი ორგანიზმების მიერ აქვს შენარჩუნებული. აღსანიშნავია, რომ ზოგიერთი ანაერობული მიკროორგანიზმი არხეინად ცხოვრობს უჟანგბადო სივრცეში: შავი ზღვის გოგირდწყალბადით მოწამლული უსიცოცხლო „ქვედა სართულზე“ ანაერობული უნარის მქონე – მიკროსპირა თავს კარგად გრძნობს. მიწის ქერქის 500 მ-ის სიღრმეზე ჟანგბადი უკვე აღარ გვხვდება. ამის მიუხედავად, 2600-3000 მ-ის სიღრმეზე იშვიათი მიკროფლორა, ამ უჟანგბადო გარემოში, 100° ტემპერატურის პირობებშიც კი იზრდება. თუმცა ცხადია, რომ ბიოსფეროს ძირითადი მასა დედამიწის ზედაპირის შედარებით „თხელი ფენის“ ფარგლებშია თავმოყრილი.

დედამიწის ისტორიის გეოლოგიური ეტაპი სიცოცხლის არა მარტო განუწყვეტელი მონაწილეობით, არამედ მუდმივი (3 მლრდ-ზე მეტი წელიწადი) გარდაქმნითა და განვითარებით ხასიათდება. შეიძლება დავუშვათ მისი მხოლოდ ცალკეული, თუმცა დიდი უბნის, კატასტროფული განადგურება, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა ცარცული პერიოდის დასასრულს, მექსიკის უბეში დიდი ასტეროიდის დედამიწასთან შეჯახების შედეგად. დედამიწაზე, ჯერ კიდევ სიცოცხლის წარმოშობამდე – ბიოგენურამდელ ეტაპზე, პლანეტის იერსახე ახლანდელი მთვარის მსგავსი უნდა ყოფილიყო. ამჟამად კი სახეზეა ცოცხალი სამყაროს საგრძნობი მრავალფეროვნება და გავრცელების საკმაოდ ფართო არეალი. ამდენად, ცხადია თუ როგორი, არსებითად ახალი თვისებრიობა შესძინა გეოგრაფიულ გარსს ცოცხალი ორგანიზმების წარმოშობამ და ჩამოყალიბებამ.

ორგანიზმების ტიპები და მათი ფუნქციები. დედამიწის ორგანული სამყარო საკმაოდ მრავალფეროვანია. მას ოთხ სამეფოდ ყოფენ: 1. პროკარიოტები – ბაქტერიები და ლურჯი-მწვანე მცენარეულობა; 2. სოკოები; 3. მცენარეულობა; 4. ცხოველები. ორგანიზმების ამგვარი დაყოფა ევოლუციური განვითარებისა და უჯრედების აგებულების კანონზომიერებებს ემყარება.

ცოცხალი ორგანიზმების კლასიფიკაცია შესაძლებელია, აგრეთვე, მათ მიერ ნივთიერებისა და ენერგიის ცვლის შესრულების ფუნქციების მიხედვით. ამ თვალსაზრისით გამოყოფენ: 1. ავტოტროფულ – არაორგანულიდან ორგანული ნივთიერების წარმოქმნის უნარის მქონე და 2. ჰეტეროტროფულ – მზა პროდუქციით

მკვებავ ორგანიზმებს. პირველ მათგანს მიეკუთვნება მწვანე მცენარეულობა და ზოგიერთი პროკარიოტები — მეწამული ფოტოსინთეზის უნარიანი ბაქტერიები, ლურჯი-მწვანე წყალმცენარეები და სხვ. ისინი წარმოქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს და, ამისათვის მზის რადიაციას იყენებენ. ზოგიერთი ბაქტერია ქემოსინთეზს ახორციელებს. ამ დროს ორგანული ნივთიერების წარმოშობა ქიმიური რეაქციების ენერგიის ხარჯზე სრულდება. ჰეტეროტროფული ორგანიზმები (ცხოველები, სოკოები, ბაქტერიების უმეტესობა) მზა პროდუქციით იკვებებიან, თანაც სოკოები და ბაქტერიები ორგანულ ნარჩენებსა და სხვა ორგანიზმების ცხოველქმედების პროდუქტებს მოიხმარენ.

ბიოგენურ წრებრუნვებში მონაწილეობის მიხედვით ორგანიზმების სამ ჯგუფს გამოყოფენ:

1. პროდუცენტები (მწარმოებლები) ავტოტროფული ორგანიზმებია, რომლებიც ორგანულ ნაერთებს არაორგანული ნივთიერებებიდან წარმოქმნიან. უმთავრესი პროდუცენტები — მწვანე მცენარეულობაა. მათი საქმიანობა განსაზღვრავს ორგანული ნივთიერებების დაგროვებას;

2. კონსუმენტები (მომხმარებელები) ჰეტეროტროფული ორგანიზმებია, რომლებიც ავტოტროფული ორგანიზმების ხარჯზე იკვებებიან. მათ მიეკუთვნება ბალახისმჭამელი ცხოველები, პარაზიტული ბაქტერიები, სოკოები და სხვა უქლოროფილო მცენარეულობა, რომლებიც ცოცხალი მცენარეულობის ხარჯზე ვითარდებიან. ამ ორგანიზმებს, მტაცებლებთან ერთად, პარაზიტებსაც მიაკუთვნებენ. კონსუმენტების მოქმედებები ხელს უწყობს ორგანული ნივთიერებების გარდაქმნასა და გადატანას, აგრეთვე, მათ ნაწილობრივ მინერალიზაციას, ენერგიის სივრცობრივ დაგროვებასა და გაფანტვას;

3. რედუცენტები (გარდამქმნელები) იკვებებიან რა ორგანიზმების გახრწნის პროდუქტებით, ხელს უწყობენ ორგანული ნივთიერებების მინერალიზაციასა და მათ გარდაქმნას პროდუცენტების მიერ შესათვისებელ მდგომარეობამდე.

ბიოსფეროს როლი გეოგრაფიულ გარსში. ცოცხალ ორგანიზმებს უაღრესად დიდი როლი აქვთ გეოგრაფიულ გარსში. გამოვლენილია მათი მონაწილეობა ნიადაგების წარმოქმნაში, გამოფიტვის მიმდინარეობაში, რელიეფის ცვლილებაში, ქანებისა და ნამარხი მადნების ფორმირებაში, ატმოსფერული გაზების გარდაქმნასა და სხვა პროცესებში. საყოველთაოდ ცნობილია ტბების ფსკერზე ხავსის მოდება და მათი საბოლოო ამოვსება, ზღვის ფსკერზე მარჯნის ნაგებობათა აგება, მათი მარჯნის რიფებად და კუნძულებად გარდაქმნა. რაც შეეხება მიწის ქერქის ამგებელ ქანებს, მათი დიდი ჯგუფი გაერთიანებულია ორგანოგენურ გენეტურ ჯგუფში, ანუ მათ შემადგენლობაში მრავლადაა ორგანული ნარჩენები. ქანმშენი ორგანიზმებიდან აღსანიშნავია ფორამინიფერები (კირქვის ჩონჩხით), რადიოლარიები (კაჟიანი ჩონჩხით), კირქვოვანი ღრუბლები, ნაწლავღრუიანები (ძირითადი მარჯნები), ზღვის შროშანები, კიბოსნაირნი და ბრაქიოპოდები. მცენარეულობიდან კი ქანების შემადგენლობაში მრავლადაა დიატომური (კაჟიანი გარსით) და კირქვოვანი წყალმცენარეები.

ცნობილია, რომ კირქვები, კაჟიანი და გარადქმნილი ქანები (დიატომიტები, რადიოლარიტები, იასპი), კაუსტობიოლითები (ტორფი, მურანახშირი, ქვანახშირი, ანტრაციტი, საპროპელიტი, ნავთობი, საწვავი ფიქლები) და სხვა ბუნებრივი ნამარხი წარმონაქმნები — ორგანული წარმოშობისაა. მრავალი საწვავი ნამარხი

ქანები მცენარეებისაგანაა წარმოქმნილი: წიაღისეული ნახშირების საწყის მასალასაც უმაღლესი მცენარეულობა წარმოადგენს, ხოლო ბიტუმის შემადგენელი ნამარხების წარმოქმნაში მცენარეული და ცხოველური პლანქტონი მონაწილეობს.

უაღრესად დიდია ორგანული ნივთიერების შემცველობა წიაღისეული ნამარხების შემადგენლობაში. ასე, მაგალითად, ნავთობის მარაგი დედამიწაზე 400-მდე მილიარდი ტონით, ხოლო ქვანახშირის – 10-11 ტრილიონი ტონით განისაზღვრება. კოლოსალურია ორგანული ნივთიერებების განამარხებული მარაგები ნიადაგებში, ტორფის ფენებში, ნახშირების შემადგენლობაში, სხვადასხვა ტიპის წყალსატევებში, ასევე მცენარეულობასა და ცხოველებში.

მეცნიერებმა უკვე შენიშნეს ორგანული ნამარხების წარმოშობის არაერთდროულობა: ქვანახშირის მთლიანი მარაგის 41% პალეოზოურის დასასრულსაა წარმოშობილი, ხოლო მისი 54% – მესამეული ასაკისაა. აქედან ჩანს, რომ დედამიწის ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე, ქვანახშირის ფორმირებაში ორგანიზმების მასიურ მონაწილეობას მხოლოდ ორჯერ ჰქონია ადგილი. ამდენად, სიცოცხლე... „შემთხვევითი მოვლენა კი არ არის – მიუთითებდა ვ. ვერნადსკი, არამედ მჭიდრო კავშირშია მიწის ქერქის აღნაგობასთან, შედის მისი მექანიზმის სტრუქტურაში და ასრულებს უდიდესი მნიშვნელობის ფუნქციებს“.

ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედების პროცესი მჭიდროდაა დაკავშირებული გეოგრაფიული გარსის უმთავრეს კომპონენტებთან. ამ მხრივ, აღსანიშნავია მათი ურთიერთობა ატმოსფეროსთან. ორგანიზმები განუწყვეტლივ ღებულობენ ატმოსფეროდან სხვადასხვა აირებს, აწარმოებენ მის მუდმივ მიმოქცევას, სიკვდილის შემდეგ კი ეს გაზები ისევ, უკვე საბოლოოდ, ატმოსფეროს უბრუნდება. ამავე დროს, ორგანიზმები ატმოსფერულ გაზებს გარდაქმნიან მყარ, თხევად და კოლოიდურ სხეულებად. ატმოსფერო კი, თავის მხრივ, სიცოცხლის შექმნის პირველადი წყაროა, ხოლო ჰაერის გარსში მიმდინარე ქიმიური მოქმედებების მიერ გამოწვეული ბუნებრივი გეოგრაფიული მოვლენები ასევე ცოცხალ ორგანიზმებთანაა დაკავშირებული.

დედამიწაზე თავისუფალი ჟანგბადი 10^{15} ტონით განისაზღვრება. იგი საკმაოდ აქტიური ელემენტია და ენერგიულად შედის შენაერთებში, ხოლო დაჟანგვის პროცესში ადვილად შთაინთქმება კიდევაც. ამავე დროს, ჟანგბადის რაოდენობა უცვლელი რჩება, რაც მის „დახარჯვასთან“ ერთად „გამოთავისუფლებასაც“ გულისხმობს. თავისუფალი ჟანგბადის წარმოქმნის წყაროს მწვანე მცენარეულობა წარმოადგენს. ცნობილია, ამ ცოცხალი ორგანიზმების მიერ ბუნებაში ფოტოსინთეზის საკმაოდ რთული პროცესის განუწყვეტელი მიმდინარეობა.

ფოტოსინთეზი გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი უზარმაზარი „წარმოებაა“. მის მიერ ყოველწლიურად ატმოსფეროდან $2x10^{12}$ ტ ნახშირბადის დიოქსიდის დახარჯვას თან სდევს $1,45x10^{11}$ ტ თავისუფალი ჟანგბადის გამომუშავება. ამავე დროს, ფოტოსინთეზის შედეგად დედამიწის მცენარეულობა ყოველწლიურად 10^{11} ტ ორგანულ ნივთიერებას ქმნის. მათ შორის თითქმის ნაბეჭარი ზღვებისა და ოკეანეების მცენარეულობის შექმნაზე მოდის. ამ პროცესის გრანდიოზულობაზე მიუთითებს ის ფაქტი, რომ ფოტოსინთეზის დროს დახარჯული ენერგია ($3x10^{21}$ ჯ), ადამიანთა საზოგადოების მიერ ათვისებულ ენერგიას ($3x10^{20}$ ჯ) რამდენადმე აღემატება.

მწვანე მცენარეულობა მზის ენერგიის ტრანსფორმატორია. მასთანაა დაკავშირებული ყველა სხვა ორგანიზმის ფუნქციონირება. მზის ენერგიის შეთვისება ამ

მცენარეთა ფოთლების მეშვეობით სრულდება. ფოთლების ჯამური ფართობი რამდენჯერმე მეტია, ვიდრე თვით მცენარეთა მიერ დაკავებული სივრცე. ასე, მაგალითად, ყოველ ჰექტარზე წიფლის ტყის ფოთლების ჯამური ფართობი 7,5 ჰა-ს ტოლია, მდელოებისა – 22-28 ჰა-ს, ხოლო იონჯისა – 85 ჰა-ს შეადგენს. ეს სიდიდეები კიდევ უფრო გაიზრდება თუ მივუთითებთ, რომ მცენარის ფოთლებზე ქლოროფილის მარცვლებით დაკავებული ზედაპირი (მზის ენერგიის შთანთქმის ფაქტობრივი ფენა) თვით ფოთლების ფართობზე 200-ჯერ მეტია. ამდენად, ერთი ასწლოვანი წიფელის ფოთლების ქლოროფილის მარცვლით დაფარული ფართობი 2 ჰა-ს აღწევს.

მწვანე მცენარეულობის მიერ შთანთქმული მზის ენერგია წყლის დაშლასა და თავისუფალი ჟანგბადის გამოყოფას ხმარდება. ფოტოსინთეზის მსვლელობის მარტივი სურათი შემდეგი სახისაა:

$$6CO_2+6H_2O+2{,}819\text{x}10^6\ ჯ \xrightarrow[\text{ქლოროფილი}]{\text{სინათლე}} C_6H_{12}O_6+6O_2$$

რეაქციიდან ჩანს, რომ ნახშირბადის დიოქსიდისა და წყლის ურთიერთქმედების შემდეგი – ენერგიით მდიდარი ორგანული შენაერთის (ნახშირწყლები) სინთეზს წარმოადგენს. გარემოში კი ძლიერი დამჟანგავი – თავისუფალი ჟანგბადი გამოიყოფა. ამ პროცესთან ერთად მცენარეებში უკუპროცესი – სუნთქვა მიმდინარეობს. ნორმალურ პირობებში ფოტოსინთეზის შედეგად მიღებული ორგანული ნივთიერება ყოველთვის ჭარბობს სუნთქვისას დაშლილი ნივთიერების რაოდენობას. ამ სხვაობების წლიურ მაჩვენებელს ფოტოსინთეზის წლიურ პროდუქციას უწოდებენ. მისი მნიშვნელობა დამოკიდებულია რა რადიაციული ბალანსისა და სიმშრალის რადიციული ინდექსის (თავი XIII) სიდიდეებზე, დედამიწის სხვადასხვა ლანდშაფტურ წარმონაქმნებში სრულიად განსხვავებული პროდუქტიულობით ხასიათდება. ამის დასტურად, მოვიტანთ ზოგიერთ მაჩვენებლებს (ცხრილი IX.1) ნ. ბერუჩაშვილის (1990) მონოგრაფიიდან.

როგორც ჩანს, ფიტომასის რაოდენობა და მისი პროდუქცია მჭიდრო კავშირშია რადიაციულ ბალანსთან (თერმული რეჟიმი) და ატმოსფერული ნალექების სიდიდესთან. ამდენად, იგი გეოგრაფიული სარტყლებისა და ზონების მიხედვით კანონზომიერად იცვლება: დაბალი ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების პირობებში ფიტომასები და მათი პროდუქტიულობა სრულიად უმნიშვნელოა; ასევე დაბალია მათი მაჩვენებლები მაღალი ტემპერატურისა და სინოტივის დეფიციტის (უდაბნოები) პირობებშიც; თუმცა ჰაერის მაღალი ტემპერატურისა და უხვი ატმოსფერული ნალექების გავრცელების არეალებში (ტროპიკული ტყეები), პირიქით – როგორც ფიტომასის, ისე მისი პროდუქტიულობის მაჩვენებლები მაქსიმალური სიდიდეებითაა გამოხატული.

ვაგრძელებთ რა ფოტოსინთეზის შედეგად ორგანული ნივთიერების ფორმირების მსვლელობის აღწერას, აღვნიშნავთ, რომ ფიტომასაში მზის ენერგიის დაგროვება და ე.წ. შინაგანი ენერგიის წარმოქმნა – ეჭვს არ იწვევს. მას განსაზღვრავენ კალორიმეტრიული ხელსაწყოების მეშვეობით, მცენარის ექსპერიმენტული წვის დროს. ამგვარი ექსპერიმენტებიდან ნათლად ჩანს, რომ მცენარეები არა მარტო ორგანული ნივთიერების დამგროვებელია, არამედ მზის ენერგიის კოლექტორიცაა. ამჟამად ადამიანთა საზოგადოების მიერ ადგილი აქვს ამ ენერგიის გამოყენებას,

რომელიც რამდენიმე ასეული წლის წინათ იყო შეთვისებული მცენარეების მიერ. ან კიდევ, ქვანახშირის წვისას გამოიყოფა ის სითბო, რომელიც ასეულობით

ცხრილი IX.1.

ფიტომასა და მისი პროდუქტიულობა

ლანდშაფტები	ფიტომასა ტ ჰა$^{-1}$	პროდუქტიულობა ტ ჰა$^{-1}$
პოლარული უდაბნოები	5	1,0
ტუნდრა	28	2,5
ტყეტუნდრა	100	4,0
ფართოფოთლოვანი ტყეები	400	13,0
ტიპური შავმიწების სტეპები	20	8,0
მშრალი სტეპები	13	5,0
სუბტროპიკული სტეპები	35	10,0
ნოტიო სუბტროპიკული ფართოფოთლოვანი ტყეები	450	20,0
ქსეროფიტული და სუბტროპიკული ტყეები	170	16,0
ზომიერი სარტყლის უდაბნოები	9	3,2
ტროპიკული უდაბნოები	1,5	1,0
მარადმწვანე ტროპიკული ტყეები	600	27,0
მთის ტყეები	700	35,0
ჭაობების ტროპიკული ტყეები	500	25,0
ქსეროფიტული ტროპიკული ტყეები	250	17,0

მილიონი წლის წინათ იყო მცენარეულობის მიერ შეთვისებული, ხოლო მოგვიანებით — განამარხებული და ქვანახშირად ქცეული.

ამა თუ იმ ორგანული ნივთიერების მიერ მზის ენერგიის შთანთქმის ინტენსიურობა სავარაუდოდ არაერთგვაროვანი უნდა იყოს. მართლაც, სხვადასხვა მცენარეების ენერგიის შემცველობის მეცნიერული შესწავლა მიგვანიშნებს, რომ ორგანული ნივთიერებების შინაგანი ენერგიის დაგროვების უნარი ერთმანეთისაგან საკმაოდ განსხვავებულია. ამის დასტურია ცხრილი IX.2-ში მითითებული მცენარეების ენერგეტიკული მახასიათებლები. როგორც ეს მონაცემები ადასტურებენ, თითოეული ორგანული ნივთიერების ენერგიის შემცველობის სხვადასხვაობა განსაზღვრავს ამა თუ იმ გეოლოგიურ პერიოდში ფორმირებული წიაღისეული ნამარხების შემადგენლობის არაერთგავროვნებას. ასე, მაგალითად, ანტრაციტის წარმოქმნა დაკავშირებულია დევონური და კარბონული ფსილოფიტებისა და გვიმრისნაირების განამარხებასთან. ქვანახშირის ფორმირება კი გამოწვეულია კარბონული და პერმული გვიმრისებრი მცენარეულობის მასიურ განამარხებასთან, მურა ნახშირისა კი ცარცული და მესამეული ასაკის ფარულთესლიანებთან, ხოლო თანამედროვე ტორფები — ხავსების ლპობით მიიღება. ამ ნამარხი კაუსტობიოლითების ჩამოთვლის რიგისა და ასაკის შემცირების მიხედვით კლებულობს მათი როგორც კალორიულობა, ისე ამ ნამარხებში ნახშირბადის შემცველობა.

მოყვანილი მაგალითიდან ნათელია, რომ წარსული გეოლოგიური პერიოდების ბიოსფერო სრულიად არაერთგვაროვანი უნდა ყოფილიყო. გარდასული ეპოქები მცენარეთა არა მარტო ზომების, ფორმებისა და აღნაგობის ცვლილებებით, არამედ მათი ქიმიური შემადგენლობის სირთულით ხასიათდებოდა. ამასთან ერთად, დროთა განმავლობაში იცვლებოდა მიკრობებიც, რომლებიც ორგანიზმების გახრწნაში

ღებულობდნენ მონაწილეობას. უნდა ვიფიქროთ, რომ ყოველი კაუსტობიოლითის წარმოქმნა მიმდინარეობდა თავისი განსაზღვრული და განუმეორებელი თანაშეხამების პირობებში.

ცხრილი IX.2.

მცენარეთა მშრალი ორგანული ნივთიერების ენერგიის შემცველობა (ვ. ლარხერის (1971) მიხედვით; ნ. ბერუჭაშვილის (1990) წიგნიდან).

მცენარეული მასალა	ენერგიის შემცველობა კ ჯ გ$^{-1}$
პლანქტონური წყალმცენარეები	19,3-20,5
მუქი წყალმცენარეები	18,4-18,9
ლიქენები, ხავსები	14,2-19,3
ბალახეული მცენარეულობა	15,9-21,0
პარკოსნები	18,4-20,5
ფოთოლმცვენი ხეები	
მერქანი	17,6-19,3
მარადმწვანე ტროპიკული ტყეების ფოთლოვანი მცენარეები	
მერქანი	16,3-17,6
ფესვები	16,3-18,6
მარადმწვანე წიწვიანი ხის მერქანი	19,7-20,1
უდაბნოს ბუჩქნარი	18,9-21,0

ბიოსფეროს შემადგენელი ელემენტებიდან ჟანგბადთან ერთად დიდი როლი აზოტსაც აქვს დაკისრებული. თავისუფალი აზოტიც, ასევე ბიოგენური წარმოშობისაა. ატმოსფეროში მისი არსებობა აზოტოვანი შენაერთების (ჟანგბადოვანი, წყალბადოვანი, ორგანული) ბაქტერიულ გარაქმნასთანაა დაკავშირებული.

როგორც ჩანს, ცოცხალ ორგანიზმებს გეოგრაფიულ გარსში დიდი როლი აქვთ დაკისრებული. უმთავრესად, ისინი ნივთიერებათა ცვლის რთულ პროცესს ასრულებენ. ორგანიზმების მიერ ამ როლის შესრულება მათი მაღალი აქტიურობისა და კვლავწარმოების უნარითაა შეპირობებული. ამავე დროს, განუსაზღვრელად დიდია ორგანიზმების გამრავლების ინტენსიურობა, თუმცა მათი პოტენციური შესაძლებლობანი შეზღუდულია საკვები პროდუქტების უკმარისობით, საცხოვრებელი გარემოს გაბინძურებით, ურთიერთშორის კონკურენციით, სიერცობრივი შეზღუდულობითა და სხვა ეკოლოგიური ფაქტორებით. ამის გამო, დედამიწის ცოცხალი ნივთიერებების მასა (ცხრილი IX.3) საკმაოდ დიდია. ამავე დროს, ცოცხალი ნივთიერების მთლიანი მასა დედამიწის ქერქის მხოლოდ 0,1%-ს შეადგენს. ბიომასის შეფარდებით სიმცირე მის როლს გეოგრაფიულ გარსში სრულიად არ აკნინებს.

ცოცხალი ორგანიზმები ენერგიის აქტიური კერაა. თუკი ხმელეთის მცენარეულობის ენერგიის შემცველობას საშუალოდ 17-20 კ ჯოული გრ$^{-1}$-ის ტოლად ჩავთვლით, ხოლო ფიტომასის სიდიდე შეადგენს რა $6,5 \times 10^{12}$ ტონას, მაშინ ცხადი გახდება თუ რა კოლოსალურ ენერგიას ($110,5 \times 10^{18}$ კ ჯოული) შეიცავს ერთდროულად ხმელეთის ფიტოცენოზი. ამ სიდიდეზე წარმოდგენას უბრალო გაანგარიშება იძლევა: ხმელეთის მთელი ფიტომასის ერთდროული დაწვისას გამოყოფილი ენერგია 28 ათასი წლის განმავლობაში განუწყვეტლივ ამუშავებდა კოსმოსური ხომალდის მატარებელ რაკეტას, რომლის სიმძლავრე 125×10^6 კვტ-ია. თანამედროვე მაღალი კლასის მსუბუქი ავტომანქანის ძრავას კი (სიმძლავრე 70 კვტ) იმავე ენერგიით 50 მილიარდი წელიწადი უნდა ემუშავა განუწყვეტლივ, რაც ასეთივე სიმძლავრის 5 მილიარდი მანქანის, 10 წლის განმავლობაში, უწყვეტი მუშაობის ტოლფასია.

ორგანული სამყაროს ხარისხობრივი თავისებურებებით გამოწვეული აღნიშნული აქტიურობა, მისი საყოველთაო გავრცელების გამო, კიდევ უფრო ძლიერდება. ორგანიზმების ფართო გავრცელება კი ცალკეული ინდივიდუმების ინტენსიური

ცხრილი IX.3.

დედამიწის ცოცხალი ნივთიერება

(ვ. კორშილიცინის, მ. ციცქიშვილის, ი. იალამოვის მიხედვით, 1997).

ცოცხალი ორგანიზმების ჯგუფები	ბიომასა, ტ-ში			
	ცოცხალი მასა		მშრალი მასა	
	ხმელეთი	ოკეანე	ხმელეთი	ოკეანე
ხმელეთის ფიტომასა	$6,5X10^{12}$	–	$2,6X10^{12}$	–
ფიტოპლანქტონი	–	$0,9X10^{12}$	–	$0,18X10^{9}$
ხმელეთის ზოომასა	$6X10^{9}$	–	$2X10^{9}$	–
ზოოპლანქტონი	–	$21,2X10^{9}$	–	$4,2X10^{9}$
ზოობენთოსი	–	$6,6X10^{9}$	–	$2,4X10^{9}$
ნექტონი	–	$1,0X10^{9}$	–	$0,23X10^{9}$
ცოცხალი ნივთიერება ერთად	$6,5006X10^{12}$	$0,9288X10^{12}$	$2,6002X10^{12}$	$7,01X10^{9}$ ანუ $0,00701X10^{12}$

მოძრაობითა და გამრავლების პროცესის ფართო შესაძლებლობითაა განპირობებული. ამავე დროს, ორგანიზმების მექანიკური გადაადგილება საკმაოდ შეზღუდულია ხოლო გამრავლების როლი შეუდარებლად დიდია. ასე, მაგალითად, ასკარიდა წლიურად 60 მილიონ კვერცხს დებს, ფუტკარი კი 150-200 ათას კვერცხს გამოყოფს. ასევე კოლოსალური რაოდენობისაა მცენარეთა მიერ გარემოში მიმოფანტული თესლი. ერთი ძირი ყაყაჩო ყოველ წელს 30 ათას თესლს, ხოლო ერთი ვირთევზა რამდენიმე მილიონ ცალ ქვირითს ყრის. თუმცა მათი დიდი ნაწილი შეზღუდული პირობების გამო, ფაქტობრივად იღუპება.

ორგანიზმების გამრავლების სიჩქარის სრული შენარჩუნების შემთხვევაში მათი პოტენციური შესაძლებლობა, დროის მცირე მონაკვეთშიც კი, საყოველთაო გავრცელების საშუალებას იძლევა: მხოლოდ ერთი ბაბუაწვერას შთამომავლობის შენარჩუნებისას, 10-12 წლის შემდეგ იგი დედამიწის მთელ ხმელეთს დაიკავებდა. ამავე დროს, უმარტივესთა დიდი ნაწილის გამრავლების სიჩქარე იმდენად დიდია, რომ არა მათი პოტენციურ შესაძლებლობათა შეზღუდულობა – ისინი კოლოსალურ სიდიდეს (პლანეტარული მასშტაბები) მიაღწევდნენ. ასე, მაგალითად, დიატომეას ნაწილებად დაყოფის უნარის გამო, რვა დღე-ღამის განმავლობაში მთელი დედამიწის ტოლი მასის შექმნის შესაძლებლობა გააჩნია. ამის შემდეგ კი, მხოლოდ ერთი საათის განმავლობაში, მას შეეძლო ორჯერ გაეზარდა თავისი პროდუქციის სიდიდე. ინფუზორიის ზოგიერთ სახეობას ერთი წლის მანძილზე შეეძლო ოცი დედამიწის მასის შექმნა. ასევე ერთ ბაქტერიას ოთხ-ხუთ დღე-ღამეში შეეძლო 10^{36} ინდივიდისაგან შემდგარი შთამომავლობა მოეცა, რომელიც საკმარისი იქნებოდა ყველა ოკეანის ამოსავსებად.

მოცემული მაგალითებდან ცხადია, რომ ორგანიზმების გამრავლების შეზღუდულობა შეპირობებულია გარემოს არახელსაყრელი პირობებით. ამის გამო, მცენარეთა მიერ ყოველწლიურად შექმნილი მილიონობით თესლი დასაღუპავადაა განწირული, რადგან მათი დიდი ნაწილი გამრავლებისათვის ხელშემწყობ გარემოში ვერ ხვდება: ზოგი წყალში ცვივა, ან ქვიან და უნიადაგო პირობებში მოექცევა, ან კიდევ სხვისი

საკვები ხდება. ამის მიუხედავად, ორგანიზმთა გამრავლება გეოგრაფიულ გარსში საკმაოდ ინტენსიურად მიმდინარეობს. ამიტომ გამრავლების პროცესი – არა როგორც უბრალო კვლავწარმოება, არამედ ფართო და განვითარებადი აღწარმოებაა. ამაზე მეტყველებს ცოცხალი ორგანიზმების, წარმოშობიდან დღემდე, განუწყვეტელი ზრდის პროცესი, რომელსაც მარტივიდან რთული წარმონაქმნისაკენ გარდაქმნის ტენდენცია ახასიათებს.

ცოცხალი ორგანიზმები და გარემო. დედამიწის ორგანული სამყარო აქტიური ენერგიის კერა, ამავე დროს, ფორმათა გამოვლინების განსაკუთრებული მრავალგვარობით ხასიათდება. ამ მრავალფეროვნების მიზეზი ორ გარემოებასთანაა დაკავშირებული: ესაა ორგანული სამყაროს ხანგრძლივი განვითარება და გეოგრაფიული გარსის სივრცობრივ-დროითი ცვლილების შეგუებლობა. ცოცხალი ორგანიზმები გარე სამყაროსთან განუყრელადაა დაკავშირებული. გეოგრაფიულ გარსთან ეს კავშირები ნივთიერებათა ცვლითაა გამოხატული. ყოველი ორგანიზმის არსებობის საფუძველი ხომ ორი შესაკრებისაგან შედგება: პირველი, ნივთიერებათა ათვისება და აკუმულაციაა (ასიმილაცია) და მეორე – ნივთიერებათა ხარჯვასა და გამოყოფას (დისიმილაცია) მოიცავს.

ცოცხალ სამყაროს გააჩნია გეოგრაფიული გარსის ნივთიერებების განუწყვეტელი გარადქმნისა და თავის თავს მიმსგავსების უნიკალური უნარი. ამ მხრივ, ცხოველები ორგანული ბუნების ნივთიერებების, ხოლო მცენარეები არაორგანულის ასიმილაციას ახდენენ. ორივე შემთხვევაში არაცოცხალი (მინერალური შენაერთები) სამყაროს ორგანულ (ცოცხალ) ნივთიერებად გარდაქმნას აქვს ადგილი. ნივთიერებათა ცვლის ერთიანი პროცესის მეორე შემადგენელ ნაწილს დაშლა და გამოყოფა შეადგენს. ამ დროს, ცოცხალ სამყაროში მიმდინარე ყველა ბიოქიმიური რეაქცია (დაჟანგვა, დუღილი ანუ ფუილი) განსაკუთრებული თანმიმდევრობისაა, ანუ დროითი მოწესრიგებულობითა და სისტემური კავშირურთიერთობებით ხასიათდება. სწორედ ამ ასპექტითაა უზრუნველყოფილი ორგანიზმების აგებულებისა და შემადგენლობის მუდმივობა.

ორგანიზმებისა და გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების კავშირებითაა განსაზღვრული გარემოსთან მათი ადაპტაცია, ანუ შეგუებლობა. ამ თვისებითაა განსაზღვრული ორგანიზმის ფორმა, შეფერილობა, ფიზიოლოგიური ფუნქციები, ქცევა და სხვა ნიშნები. სწორედ ეს ნიშან-თვისებები უზრუნველყოფენ ორგანიზმების მიერ გარემოს ოპტიმალურ ათვისებას, საშიშროებისაგან თავის დაღწევას, მსხვერპლზე თავდასხმის შემსუბუქებას, სიცოცხლისა და გამრავლების პირობების შექმნას.

ბუნების მრავალფეროვნებაში თავისი ადგილის მონახვა და შენარჩუნება, შეგუებლობა და ერთიან სისტემად გადაქცევა არა მარტო ხანგრძლივი ბიოლოგიური, არამედ გეოგრაფიული განვითარების კანონზომიერებებში უნდა ვეძებოთ. და მაინც, ბუნებრივია, ისმის კითხვა როგორ განუვითარდა ორგანიზმებს გარე სამყაროსთან შეგუებლობა? რითაა გამოწვეული სიცოცხლის წარმოშობისა და მისი განუწყვეტელი განვითარების აღძრის იმპულსები? ნაწილობრივ, ამ კითხვებზე პასუხის გაცემა სახელმძღვანელოს ამავე ნაწილში მოგვიწევს. სიცოცხლის წარმოშობისა და განვითარების გეოგრაფიული იმპულსების შესახებ პასუხები კი XIV თავშია (გეოგრაფიული გარსის განვითარება) გაცემული.

უკვე დიდი ხანია დამტკიცებულად ითვლება, რომ ორგანიზმი თავის მსგავს

შთამომავლობას იძლევა. ამ ბიოლოგიურ ინერციას – შეინარჩუნოს დამახასიათებელი ნიშნები, მემკვიდრეობითობა ეწოდება. ამავე დროს, ორგანიზმებს მეორე თვისება, ბიოლოგიური პლასტიკურობა ანუ ცვალებადობა, არაერთგვაროვანი ბუნებრივი პირობების ორგანიზმებზე ზემოქმედებითაა გამოწვეული. მემკვიდრეობის პრინციპით ყოველი ორგანიზმი შთამომავლობითი მსგავსების შენარჩუნებას ცდილობს. თუმცა ისინი არასტაბილურ გარემოში იმყოფებიან და მუდმივი დატვირთვის ქვეშ უხდებათ ცხოვრება. ამიტომ გარემო პირობები მცირე ცვლილებას განიცდის, რომელიც ორგანიზმების მოთხოვნილების ფარგლებში თავსდება. მაშინ მემკვიდრეობაც არ ირღვევა. გეოგრაფიულ გარსში ცოცხალი სამყაროს საცხოვრებელი პირობების სერიოზულ შეცვლას, ნივთიერებათა ცვლის ახალი ტიპის ჩამოყალიბება მოჰყვება, რომელიც ორგანიზმის დაღუპვას ან ახალ პირობებთან შეგუებასა და თავისი მემკვიდრეობითობის ძირეულ გარდაქმნას გამოიწვევს.

ამგვარად, ორგანული სამყაროს განვითარებას შეგუებლობითი ხასიათი გააჩნია. ამავე დროს, ცოცხალი ორგანიზმების მრავალგვარობა, სწორედ შეგუებლობის ფორმათა არაერთგვაროვნების შედეგია, რომელსაც შეფარდებითი და დროებითი ხასიათი აქვს. იგი მხოლოდ განსაზღვრულ სასიცოცხლო პირობებში გამოვლინდება: თუკი იცვლება ვითარება, მდგომარეობა, პირობები, გარემო – უწინდელი მემკვიდრეობითობა თავის მნიშვნელობას კარგავს. აღსანიშნავია, რომ საკუთრივ ორგანიზმებს შთამომავლობის ცვლის მიზანმიმართული მისწრაფების უმნიშვნელოდ მცირე ნიშნებიც კი არ გააჩნიათ. მათი მოწყობის, ფუნქციებისა და ქცევის გარდაქმნა ხანგრძლივი ბუნებრივი შერჩევის ისტორიული შედეგია და არაცოცხალი ბუნების საწყისი თვისება.

ბუნებრივი შერჩევის ხანგრძლივი და განუწყვეტელი პროცესის შედეგად გარე სამყაროს მიმართ ორგანიზმები უფრო და უფრო სრულყოფილი ხდებიან. ისინი სულ უფრო ვითარდებიან, ხოლო ზოგიერთი მათგანი რთული და პროგრესული ხდება. ამავე დროს, ბუნებაში, პროგრესიულთან ერთად, კონსერვატიული და რეგრესიული მოვლენებიც გვხვდება. რეგრესიული განვითარების მაგალითია უმაღლესი ორგანიზმები, რომლებსაც პარაზიტული ცხოვრების წესი განუვითარდათ, ხოლო კონსერვატიზმის ნიშნები უმარტივეს ორგანიზმებს გააჩნიათ, რომლებმაც მრავალი გეოლოგიური პერიოდის განმავლობაში უმნიშვნელო ცვლილებები განიცადეს. ამგვარი „სტაგნაციის" მიზეზი, მათი სამყოფელ-სამკვიდრებელის შეუცვლელი ან უმნიშვნელოდ ცვლადი გარემოა, რომელიც ძლიერი განვითარების სტიმულს, როგორც წესი, არ იძლევა.

შეგუებლობის მახასიათებელი თვით ორგანიზმზეცაა დამოკიდებული: ახალ გარემოში ერთნი იღუპებიან, მეორენი კი ცოცხალი რჩებიან, მესამენი მრავლდებიან კიდეცაც. ზოგიერთი კი, გარესამყაროს ცვლასთან ერთად შეგუების სრულიად ახალ ფორმებს ივითარებს. ამ მხრივ, ცნობილია საყოველთაო აცივების (გამყინვარების) პერიოდში თუ როგორ დაიფარა ბალნით მამონტის კანი. ორგანიზმების ნაწილი კი უკვე ჩამოყალიბებული ჩვევებით ცხოვრობენ: ავსტრალიური შავი გედი თავის სამშობლოში კვერცხებს შემოდგომით (ნოემბერ-დეკემბერში) დებს, ხოლო ევროპის ზოოპარკებში დამკვიდრებული იგივე ფრინველი იმავე „საქმიანობას" გაზაფხულზე (მარტი-აპრილი) ეწევა. ორივე შემთხვევაში, სეზონური თვალსაზრისით – გაზაფხულია. თუმცა, მათ შორის განსხვავება ნახევარი წელიწადია. ამის მიზეზი მარტივია: ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში კლიმატური

პროცესების მიმდინარეობა ნახევარი წლითაა ერთმანეთისაგან განსხვავებული.

ეკოლოგიური ფაქტორები და ცოცხალი სამყარო. ბიოსფერო, როგორც გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი უმთავრესი კომპონენტი, მჭიდრო ურთიერთობაში იმყოფება ორგანიზმების საცხოვრებელ გარემოს ბუნებრივ ფაქტორებთან. მათ ეკოლოგიურ ფაქტორებს (სინათლე, სითბო, წყალი, ჰაერი, ნიადაგი, საკვები) უწოდებენ. ისინი ქმნიან გარემოში სიცოცხლის არსებობის პირობებს. ამასთან ერთად, გარემო და საარსებო პირობები — ერთნაირი მნიშვნელობის ცნებებს სრულიადაც არ წარმოადგენენ. გარემო ორგანიზმების გარემომცველი სივრცეა, საარსებო პირობები კი გარემოს ის ნაწილია, რომელიც აუცილებელია ორგანიზმების ნორმალური ფუნქციონირებისათვის. თუმცა ეკოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედება ორივე მათგანის გამოვლინების თანაშეხამებაზეა დამოკიდებული: ტუნდრაში ჰაერის დაბალი ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების, მაგრამ შედარებით მაღალი შეფარდებითი სინოტივის პირობებში უტყეო სივრცეა განვითარებული, რომელშიც მხოლოდ ხავსების, მღიერების, ჯუჯა ბუჩქნარებისა და მრავალწლიანი მდელოების ფრაგმენტებია წარმოდგენილი; ზომიერ განედებსა და ტროპიკულ უდბნოებში კი, ასევე მცირე ატმოსფერული ნალექების, მაგრამ მაღალი ტემპერატურისა და სიმშრალის პირობებში მცენარეულობა ასევე ღარიბია, თუმცა ქსეროფიტული (აბზინდა, საკსაული, ეფემერები) ხასიათისაა.

გარემოსა და ორგანიზმებს შორის ურთიერთობანი იმდენად დიდია, რომ ამ კავშირებს ბიოლოგიის ერთ-ერთი ფართო დარგი — ეკოლოგია შეისწავლის. გეოგრაფიული თვალსაზრისით კი ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინება, ორგანიზმებსა და ლანდშაფტური გარსის კომპონენტებს შორის ურთიერთდამოკიდებულების დონეზე განიხილება. ამ ურთიერთობათა შედეგები ბუნებაში შეუქცევადია: გარემოს გავლენით იცვლება ორგანიზმი, ხოლო შეცვლილი ორგანიზმის გავლენით გარემოს გარდაქმნას აქვს ადგილი.

მცენარეული საფარი აშკარად ითვლება გეოგრაფიული გარსის ამრეკლავ სარკედ. მოძრაობის უნარს მოკლებული მცენარე იძულებულია შეეგუოს გარემო პირობებს ან კიდევ დაიღუპოს. რაც შეეხება ცხოველთა სამყაროს, მათი კავშირი გარემო პირობებთან და, რაც იგივეა — ლანდშაფტებთან შედარებით ნაკლებადაა ასახული. აქედან გამომდინარეობს ცხოველთა სამყაროსა და ლანდშაფტურ ჯგუფებს (გეოგრაფიულ ზონებს) შორის ურთიერთკავშირების კონსერვატიულობა თუ დამოკიდებულება. ცხადია, რაც უფრო მეტად მოძრავი და მარდია ცხოველი, მით უფრო ნაკლებად უახლოვდება (უკავშირდება) მოცემულ გარემოს, რომელშიც ის ცხოვრობს და რომლისგანაც იგი შორეულ მიგრაციას ასრულებს. შემდგომში ჩვენ განვიხილავთ ცხოველთა სამყაროს გავრცელების დამოკიდებულებას ჰავის პირობებთან, გარემოს ქიმიურ შემადგენლობასთან, საკვების სიუხვესა თუ ხასიათთან და ურთიერთკავშირებს სხვა ორგანიზმებთან. ამ მხრივ, უმთავრესი მნიშვნელობა კლიმატურ ფაქტორებს მიეკუთვნება. ამ მნიშვნელობათა ყოველმხრივი გარკვევის მიზნით, უმთავრესი ყურადღების გამახვილება ეკოლოგიურ ფაქტორებსა და ცოცხალი სამყაროს ურთიერთობათა განხილვას უნდა მიეპყროს.

სინათლის გავლენა მცენარეულ სამყაროზე უაღრესად დიდია, თუმცა არაერთგავროვანია სინათლისადმი მცენარეულობის მოთხოვნილება. ამ მხრივ, ქვემოთ მოცემულ რიგში მცენარეები დალაგებულია სინათლის მოთხოვნილებისადმი კლებადი ხარისხის მიხედვით: ლარიქსი — არყის ხე — ფიჭვი — მუხა — ნაძვი —

ნეკერჩხალი – წიფელი – ბზა. მწვანე მცენარეულობაზე გავლენას არა მარტო განათების ინტენსიურობა, არამედ მისი ხანგრძლივობაც ახდენს. ამ თვალსაზრისით, მათ „მოკლე დღისა“ და „გრძელი დღის“ მცენარეებად ყოფენ. პირველ მათგანს მიეკუთვნება თამბაქო, სოია, ფეტვი, სიმინდი, ბამბა, ლობიო და სხვ. დღის ხანგრძლივობის შემოკლება ამ მცენარეების ყვავილობასა და მსხმოიარობის დასაწყისის მომასწავებელია. მეორე ჯგუფის მცენარეების (ხორბლის, ჭვავის, შვრიის, ქერის, სელის, ჭარხლის, ყაყაჩოს, ბარდას, ოსპის) ყვავილობა დღის ხანგრძლივობის გაზრდასთან ერთად იწყება.

სინათლის უკმარისობისას მწვანე მცენარეები სწრაფად იღუპებიან. ამას, მცენარეებში CO_2-ის ბალანსის დარღვევით ხსნიან. მცენარის არსებობისათვის საჭიროა CO_2-ის უფრო მეტი ასიმილაცია, ვიდრე მისი ხარჯვა სუნთქვაზე. სინათლის უკმარისობა კი CO_2-ის შემცირებასა და, შესაბამისად, მის უარყოფით ბალანსს იწვევს. ამდენად, სასინათლო მინიმუმი დამოკიდებულია მცენარის სუნთქვის ინტენსიურობასა და ფოტოსინთეზის პროცესში მისი გამოყენების ენერგიულობაზე. სინათლის ჭარბი რაოდენობაც ასევე დამღუპველია მცენარისათვის როგორც მისი ნაკლებობა: ზედმეტი სინათლე შლის ქლოროფილს, მცენარე კარგავს წყალს, ნიადაგი კი მეტისმეტად შრება.

მცენარეთა მიერ სინათლის განსხვავებული მოთხოვნილების გამო, მათ მზის სხივებისადმი შეგუების სხვადასხვა ფორმა განუვითარდათ. ასე, მაგალითად, სინათლის მოყვარულ მცენარეთა ფოთლებს ქლოროფილის შეზღუდული რაოდენობა უვითარდებათ, ან კიდევ, ხშირ და დაბურულ ტყეში მცენარეები იარუსებად განლაგდებიან ხოლმე: სინათლის მოყვარულნი – ყველაზე მაღალ იარუსს ქმნის, ტენის მოყვარულნი – დაბლა ვითარდება. თუმცა ზოგი დაბალი იარუსის წარმომადგენელი, ცოცვით მაღლა, ანუ სინათლისაკენ მიიწევს, ან კიდევ ინტენსიურად ადრე გაზაფხულზე ვითარდება, ე.ი. მაშინ, როცა ზედა იარუსის მცენარეები ჯერ კიდევ გაუფურჩქნელია და ვერ ჩრდილავენ მიწის ზედაპირს.

მნიშვნელოვან როლს ასრულებს სინათლე ცხოველთა სამყაროშიც. ჯერ ერთი, ცხოველები ხომ მზის ენერგიით შექმნილი მზა მცენარეულობით იკვებება. ამავე დროს, სინათლე და სითბო უშუალოდ მოქმედებს ცხოველების ორგანიზმზე. ერთნი გაურბიან სინათლეს, მეორენი (ციესისხლიანები) საციცოცხლოდ არიან მასთან დაკავშირებული. ყოველ მათგანს სინათლე მზედველობისათვის სჭირდება. მუდმივი წყვდიადის – მღვიმეების ცხოველებს, ცხოვრება სიბნელეში უხდებათ. ამიტომ მათი მხედველობის ორგანო, ფუნქციის დაკარგვის გამო, რედუცირებულია. თვალის ფუნქციას კი შეხების მაღალი გრძნობის ორგანოების განვითარება ასრულებს.

სინათლის მიმართ დამოკიდებულების მიხედვით ცხოველთა ერთი ნაწილი დღისით, ხოლო მეორენი – ღამის წყვდიდში ატარებენ თავიანთ ცხოვრებას: ღამურები ნადირობას მზის ჩასვლასთან ერთად იწყებენ; ზღარბები სარჩოს საძებნელად თავიანთი ბუნაგიდან ბნელ დროს გამოდიან. დღის ან ღამის პირობებში ცხოველთა ქცევები იმდენად განუყოფელია ინდივიდების ორგანიზმისაგან, რომ სინათლისა და სიბნელის ყოველგვარი შემთხვევითი ცვლილება, ჩვეულებად ქცეულ, შესაბამისი რეფლექსების უშეცდომოდ და ადეკვატურ გამოვლინებას იწვევს. ასე, მაგალითად, მზის დაბნელებისას ცხოველები ღამის თადარიგს შეუდგებიან ხოლმე: ღამის მწერები (ტარაკანები, ჭრიჭინები, კოლოები) ჩვეულებრივად იწყებენ თავიანთ საქმიანობას, ხოლო დღისანი (პეპელა, ბუზი, ფუტკარი) კი, პირიქით, მუშაობას წყვეტენ და „დასვენებისათვის“ ემზადებიან.

ამგვარად, დღისა და ღამის მორიგეობა, როგორც წესი, მცენარეულობისა და ცხოველების აქტიურობის რიტმულ გამოვლინებას იწვევს. ამავე დროს, ორგანიზმების ფუნქციონირება მიმდინარეობს რა სითბური რეჟიმის საკმაოდ ფართო დიაპაზონში, რამდენადმე ამ ფაქტორითაც განისაზღვრება. ამ მხრივ, მცენარეები საკმაოდ მგრძნობიარენი არიან. თეორიულად მათი არსებობა შესაძლებელია წყლის გაყინვის ტემპერატურიდან 70-75^0-მდე სითბურ რეჟიმში. თუმცა ზოგიერთი სახეობისათვის სითბოს აღნიშნული დიაპაზონი საკმაოდ დიდია. ასე, მაგალითად, საფუარისათვის ეს მნიშვნელობა 40^0-ია, სიმინდისათვის – 37^0, ფიჭვს შეუძლია ჰაერის ტემპერატურის 27^0-იანი ამპლიტუდის ატანა, ნეკერჩხალს – 19^0 და ა.შ. ამავე დროს, მცენარეთა სხეულში წყალი დაბალ ტემპერატურაზე არ იყინება იმის გამო, რომ ის, ჯერ ერთი, კაპილარულ სადენებში მოძრაობს და, მეორეც, კონცენტრირებულ ხსნარს წარმოადგენს. დიდი მნიშვნელობა აქვს, აგრეთვე, მცენარეთა სახეობების ინდივიდუალურ (მაგ., წყლის ხსნარების რაოდენობას) თვისებებს: ცირცელი, მურყანი, თხილნარი, არყის ხე 20-25^0-იან ყინვებს უძლებს, მაგრამ მუხა და წიფელი -25^0-ზე იყინება, ვაშლისა და მსხლის ხეები -33^0 -ზე იღუპება, კვიპაროსი კი 7-8^0 ყინვასაც შეუძლია გაუხმოს.

დაბალი ტემპერატურის დამღუპველი მოქმედებისაგან თავდაცვის მიზნით, მცენარეებს მრავალი ჩვევა აქვთ გამომუშავებული. მათ შორისაა ორგანიზმებში თავისუფალი წყლის შემცირების, შაქრისა და ცხიმების კონცენტრაციის გაზრდის მაღალი უნარი, ზრდის შენელება ან შეჩერება („ზამთრის მყუდროება“), ფოთოლცვენა და ა.შ. მცენარეებისათვის ჰაერის მაღალი ტემპერატურა ასევე მომაკვდინებელია, როგორც უკიდურესად ყინვიანი პირობები. მცენარეთა დაღუპვას იწვევს არა მარტო ორგანიზმში პლაზმის შედედება, არამედ CO_2-ის უკმარისობით გამოწვეული ორგანული ნივთიერების უარყოფითი ბალანსი. ამასთან ერთად, ცოცხალი ორგანიზმების ნაწილს მაღალი ტემპერატურა თავისუფლად გადააქვს. ბაქტერიების დიდი ნაწილი 50-60^0-ზე მხოლოდ ნახევარი საათის შემდეგ იღუპება, ხოლო ზოგი მათგანი 100-110^0-ზეც ცოცხალია რამდენიმე საათის განმავლობაში, 75^0-ზე კი ნორმალურად ვითარდებიან კიდევაც.

ამრიგად, მცენარეთა ყოველი ფიზიოლოგიური პროცესის (ფოტოსინთეზი, სუნთქვა, ზრდა, გამრავლება) მეტ-ნაკლებად ენერგიული მიმდინარეობა გარემოს ტემპერატურასთანაა დაკავშირებული. გარემოს იმ სითბური რეჟიმისას, როცა აღნიშნული პროცესის მსვლელობა ყველაზე უფრო ხელსაყრელია, ოპტიმალური ანუ ტემპერატურული ოპტიმუმი ეწოდება. აქედან გამომდინარე, ტემპერატურული უკიდურესობის ორივე მხარეს მცენარეთა ფიზიოლოგიური პროცესის შესუსტებას აქვს ადგილი. ამავე დროს, სითბურ რეჟიმთან ერთად მცენარეთა განვითარებაში ხელშემწყობ ან ხელშემშლელ როლში სხვა ეკოლოგიური ფაქტორებიც (მაგ. წყალი) აღმოჩნდება ხოლმე. ამიტომაც ნოტიო და თბილი ქვეყნების ფლორის სახეობრივი შემადგენლობა საკმაოდ მრავალფეროვანია (ინდოეთი – 20 ათასზე მეტი, კ. ცეილონი – 3100-მდე) მაშინ, როცა არქტიკაში (კ. სიბირიაკოვი – 62) იგი შეუდარებლად უმნიშვნელოა.

სითბოს დიდი (ხშირად გადამწყვეტი) როლი აქვს არა მარტო მცენარეების, არამედ ცხოველთა სამყაროს ფიზიოლოგიურ პროცესებზეც. დაბალი ტემპერატურა ისე, როგორც მაღალი, დამღუპველია ცხოველთა სახეობის უმრავლესობისათვის. ცნობილია, რომ სისხლი -15^0-ზე იყინება, თუმცა წყლის შემცველობის გაზრდით, იგი შეიძლება რამდენადმე შემცირდეს კიდევაც. მაღალ ტემპერატურაზე (50-60^0)

ფერმენტები ადვილად იშლება, ხოლო ცილები 47^0-ზე მაღლა შედედებას განიცდიან. სიცოცხლის ზედა ზღვარი ამებასათვის 40-45^0-ია, ობობა 38^0-46^0-ზე იღუპება, თევზები კი 37-38^0-ზე კვდება, ხოლო ადამიანები 43-44^0-ზე კარგავს სიცოხლის ნიშანწყალს.

სითბოს რყევის შეგუებასთან დაკავშირებით ცხოველებს ყოფენ: ევრითერმულ – ფართო დიაპაზონის ტემპერატურული რყევის პირობებში მცხოვრებლები და სტენოთერმული – სითბოს მცირე დიაპაზონში რყევის პირობების მიჩვეულნი. ევრითერმულ ცხოველებს მიეკუთვნება ხამანწკა (-2^0-დან +20^0-მდე), კაშალოტი, ვეფხვი და სხვა. სტენოთერმულთა შორისაა მარჯნები. ამის გამო, ცხოველთა ნაწილი წლის განმავლობაში იცვლის საცხოვრებელ გარემოს: ცივისხლიანები მიწაში ან თოვლში ჩაეფლობიან ხოლმე, ზოგნი ხის ფუღუროში იცავენ თავს; ზაფხულში ცხოველთა ერთი ნაწილი ხავსებში, მეორენი – ნიადაგში, ზოგი კი ხის ფოთლებზე ბინადრობს; ცხოველთა ნაწილს სიცივისაგან თავდასაცავად კანი ბალნითა და ბუმბულით აქვს დაფარული; ჭიანჭველები გამოზამთრებას ჯგუფურად ახდენენ; სიცივისაგან თავდასაცავად ზამთარში ჩხრიალა გველების დიდი რაოდენობა მღვიმეში გროვდება და გაზაფხულამდე გაშეშებულ მდგომარეობაში იმყოფება; უდაბნოს ხვლიკი ცხელ ქვიშას გაურბის და მაღლა ბუჩქებზე ადის; ორგანიზმის გაგრილებას ცხოველთა ზოგი სახეობა (ძაღლები, ფრინველები) თავიანთი პირის ღრუს ლორწოვანი გარსიდან ჰაერის აორთქლებით აღწევს.

ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება გეოგრაფიული გარსის ელემენტებს შეუცვლელად არ ტოვებს. ამიტომ ცოცხალი ორგანიზმების შეგუება მხოლოდ სითბოსადმი კი არ არის მისადაგებული, არამედ მცენარეები და ცხოველები გარემოს მდგომარეობათა ცვლილებებისამებრ განიცდიან ვარირებას. გარემოს ცვლასთან ერთად ორგანიზმებს თავის დაცვის შესაბამისი ფუნქცია უვითარდებათ. ასე, მაგალითად, საკმაოდ შესამჩნევია ზაფხულობით ცხოველთა მოკლე ბეწვის ზამთარში უფრო ფაფუკი და თბილი საბურველით შეცვლა. ასეთი ცვლილებები ორგანიზმების რეაქციაა ჰაერის ტემპერატურის ცვლაზე. ან კიდევ, ფრინველების გადაფრენა თბილ ქვეყნებში, ან ცხოველთა ზამთრის ძილის მიცემა – ესეც რეაქციაა რეგიონში საკვების უკმარისობისადმი. ყველა შემთხვევაში, ორგანიზმების რეაქციები გარემოსადმი ჰაერის ტემპერატურის დაცემასთანაა დაკავშირებული.

ეკოლოგიური ფაქტორებიდან ცოცხალ ორგანიზმებზე ერთ-ერთ მნიშვნელოვან გავლენას ბუნებრივი წყლები ახდენენ. ამ მხრივ, სამი უმთავრესი მომენტია აღსანიშნავი: პირველი – წყლის მაღალი სითბოტევადობის გამო წყლით გაჟღენთილი ორგანიზმები ტემპერატურის მკვეთრ რყევას არ განიცდიან; მეორე – წყლის ზედაპირული დაჭიმულობის მაღალი მაჩვენებელი, კაპილარული მოვლენის წყალობით, მცენარეებში ხსნარების ვერტიკალურ მოძრაობას განსაზღვრავს და მესამე – ქიმიური ინერტულობის გამო, წყალი შესანიშნავი გამხსნელია. ამ ქიმიური თვისებით მცენარეები მრავალ მინერალურ ელემენტსა და ნაერთს ითვისებს. მათი რაოდენობა შესამჩნევად დიდია: ერთი ძირი მზესუმზირა, სეზონის განმავლობაში, 200 კგ წყლის შეწოვასა და ორგანიზმში გატარებას ახერხებს. შეწოვილი წყლის ფუნქცია უმთავრესად ფიზიოლოგიურია. ამასთან, წყლით უზრუნველყოფის ხარისხი დამოკიდებულია ნიადაგის წყლის ტემპერატურასა და კონცენტრაციაზე, ატმოსფერული ნალექების წლიურ განაწილებასა და მათ სახეებზე, ჰაერის ტენიანობაზე, ტენის ბალანსსა (ფესვებით წყლის შთანთქმა და მისი ტრანსპირაცია) და სხვა ფაქტორებზე.

მცენარეულობაში წყლის ბალანსი განსაზღვრავს მათი გვალვაგამძლეობის უნარს. ამ თვალსაზრისით, გამოიყოფა: ჰიდატოფიტები – წყლის მცენარეები (მაგ. დუმფარა) მყვინთავი ფოთლებით; ჰიდროფიტები – წყალში ჩაფლული მცენარეების (ბრინჯი, ლერწამი) მხოლოდ ქვედა ნაწილი; ჰიგროფიტები – ტენიანი უბნების ჩრდილის მოყვარული (გვიმრა, უკადრისა, ჭილი, შვიტა) მცენარეები; მეზოფიტები – დატენიანების, სინათლისა და სითბოს საშუალო რეჟიმის შეგუებული მცენარეულობა; ქსეროფიტები – ტენის მცირე რაოდენობის მომთხოვნი (აბზინდა, ვაციწვერა) მცენარეები.

სინოტივის დეფიციტის პირობებში მცენარეები ეგუებიან ერთ სეზონში არსებობას. ასეთი ერთწლიანები (ეფემერები) მხოლოდ წლის ნოტიო სეზონში ხარობენ. ამგვარ მრავალწლიან მცენარეებს ეფემეროიდებს უწოდებენ. გაზაფხულის ეფემერებს მიეკუთვნება ბურღული, ია, ყაყაჩო და სხვა. ეფემეროიდები იზრდება და ვითარდება ერთხელ წელიწადში – გაზაფხულზე (ტიტა, ზამბახი) ან შემოდგომით (ზაფრანა). ნოტიო არეალების მცენარეთა სახეობების მრავალფეროვნება (ტროპიკულ აფრიკაში – 13 ათასი, პირენეში – 5500, ხოლო ალჟირში – 3 ათასი სახეობა) მიუთითებს წყლის დადებით როლზე, მშრალ პირობებთან (საჰარაში – 300-მდე სახეობა) შედარებით. ასევე კლებადია სახეობების რაოდენობა დასავლეთევროპული ქვეყნებიდან აღმოსავლური მიმართულებით. შეინიშნება, აგრეთვე, მცენარეთა სიმაღლის პირდაპირი დამოკიდებულება სინოტივის სიუხვესთან.

ცხოველთა სამყაროს აქტიურობაც წყლის ფაქტორთანაა დაკავშირებული. ზოგიერთი ცხოველის (მედუზა, მოლუსკები) ორგანიზმის მთავარი (80-95%) კომპონენტი წყალია. ცხოველთა ნაწილს სინოტივის ფართო დიაპაზონში რყევა საკმაოდ ადვილად გადააქვს. მათ ევრიჰიგრობიონტები (ძუძუმწოვრები, ფრინველები, მწერები) ჰქვია; სტენოჰიგრობიონტები კი, პირიქით, ტენის რყევის მიმართ საკმაოდ მკაფიო რეაქციას ამჟღავნებენ. ევრიჰიგრობიონტების ტიპური წარმომადგენლებიდან აღსანიშნავია მოქცევა-უკუქცევის ზღვისპირა არეალების მანგრული მცენარეები, ზღვის ღორჯოსებრნი და სხვანი. ცხოველთა ნაწილი (მღრნელები) ცხოვრებას მიწისქვეშა სოროებში ატარებს, თუმცა მცირე სიმძლავრის თოვლის საფარქვეშ გაყინული ნიადაგის სოროში ისინი სწრაფად იღუპებიან. სქელი თოვლის საფარქვეშ კი მათი უმრავლესობა (მაგ., მემინდვრია) ასეთ „ზამთრის ბინებში“ თავს კარგად გრძნობს.

ცოცხალი ორგანიზმების სასიცოცხლო ფუნქციები ატმოსფერულ ჰაერთან მჭიდროდაა დაკავშირებული. მცენარეთათვის განსაკუთრებით ჟანგბადი (O_2) და ნახშირბადის დიოქსიდია (CO_2) მნიშვნელოვანი. ამ უკანასკნელის კონცენტრაცია განაპირობებს მცენარეთა უმთავრეს ფიზიოლოგიურ (ფოტოსინთეზი) პროცესს. ატმოსფეროში CO_2-ის უმნიშვნელო (ჰაერის მოცულობის 0,03%) რაოდენობის მიუხედავად, მცენარეთა პროდუქტიულობაში მისი როლი უსაზღვროდ დიდია. თუკი CO_2-ის შემცველობა ჰაერში სწრაფად და შესამჩნევად გაიზრდება (მაგ., ვულკანიზმის გააქტიურების გამო), ფოტოსინთეზის მსვლელობა თავდაპირველად ასევე მოიმატებს, მაგრამ მოგვიანებით (CO_2-ის 1%-ზე მეტი მნიშვნელობისას) მცენარეთა მოწამვლის დროც დადგება, რაც ფიტოცენოზის დაღუპვას მოასწავებს.

მცენარეების სიცოცხლესა და იერსახეზე პირდაპირ ზემოქმედებას ახდენენ ატმოსფერული ქარებიც. მათი მეშვეობით ადგილი აქვს ტრანსპირაციის ზრდას. თუმცა ცხელი ქარი, პირიქით, მცენარის დაღუპვას იწვევს. მცენარეულობაზე გავლენას

ახდენს, აგრეთვე, გაბატონებული ქარების მოქმედება. ასე, მაგალითად, მცენარეთა ქარპირა მხარეს კვირტები, როგორც წესი, გამომშრალია, ტოტებიც სუსტად ვითარდება და მცენარეები ბაირაღისებურ (დროშისებურ) ფორმას ღებულობენ; სენტ-იაგუს კუნძულზე (მწვანე კონცხის არქიპელაგი) მცენარეებს, პასატების მოქმედებით, „ბუნებრივი ფლუგერის“ ფორმა აქვთ მიღებული; მთის შედარებით მრგვალ თხემებზე, ძლიერი ქარების მიერ ჯუჯა მცენარეები მიწაზეა განრთხმული (გაწოლილი). მსგავსი მაგალითები ბუნებაში მრავლადაა.

ქარი ხელს უწყობს მცენარეთა გამრავლებას. მის მიერ ხდება მცენარეთა ყვავილის მტვრის, თესლისა და ნაყოფის მიმოფანტვა. ქარის მეშვეობით განიცდიან დამტვერვას წიწვიანები, მარცვლოვნები, ისლი, ტირიფი, მურყანი, თელა, არყის ხე, მუხა, წიფელი, პალმა, სიმინდი, ჭინჭარი, კანაფი და სხვა. მცენარეული მტვერი კი კოლოსალური რაოდენობით იქმნება: ერთი ძირი სიმინდი 50 მლნ. მტვრის მარცვალს იძლევა. სწორედ მტვრის დიდი რაოდენობითაა მიღწეული დამტვერვისათვის გამიზნული ეგზემპლარების გამრავლების გარანტია.

დიდია ჰაერის როლი ცხოველთა სამყაროსათვის. სწორედ ჰაერი შეიცავს სუნთქვისათვის აუცილებელ ელემენტს – ჟანგბადს, რომელიც ასრულებს ფიზიოლოგიური წვისა (ალის გარეშე) და სითბოს გამოყოფის ფუნქციებს. თუმცა, ჰაერის ერთგვაროვანი შემადგენლობის გამო, ჰაერის ზოოგეოგრაფიული როლი საკმაოდ დაბალია. უფრო მეტ გავლენას ცხოველებზე ქარის ეფექტი ახდენს. მისი მეშვეობით (ტემპერატურასა და სინოტივესთან ერთად) რეგულირდება ცხოველთა ორგანიზმიდან წყლის აორთქლების ინტენსიურობა. ოკეანურ კუნძულებზე, ძლიერი და მუდმივი ქარების გავრცელების გამო, მრავალ მწერს ფრთები არ უვითარდებათ. ეს იცავს მათ ქარის მიერ გატაცებისაგან.

მცენარეთა უდიდესი ნაწილი საკვებს ნიადაგიდან იღებს. უფრო მეტიც, მცენარეებსა და ნიადაგს შორის მუდმივი ურთიერთობაა, რაც ნივთიერებათა ცვლაშიც გამოიხატება. თუკი მცენარეულობის ძირითადი ნიშნები ჰავითა და რეგიონის განვითარებით გამოიხატება, მაშინ ნიადაგური (ედაფიური) ფაქტორები მცენარეული დაჯგუფებების გავრცელების დეტალებს განსაზღვრავენ. ამ მხრივ, მცენარეთა ერთი ნაწილი მჟავე რეაქციის ნიადაგებზე ხარობს, მეორენი – ტუტე ნიადაგებზე. კალციფილური მცენარეულობა უფრო კირით მდიდარ ნიადაგებს ეტანება, სხვები კი მლაშობებზეც (ჰალოფიტები) კარგად გრძნობენ თავს. ამ უკანასკნელს სუკულენტებს („ცხიმიანი მცენარეები“ – წყალს აგროვებენ ფოთლებში, ღეროსა და ფესვებში) განაკუთვნებენ ხოლმე. თუმცა მათგან განსხვავდებიან მარილების შემცველობით, რომელთა მაღალი კონცენტრაციის მიღწევას დაგროვილი წყალი უშლის ხელს.

მცენარეთა ეკოლოგიურ ნიშნებს განაპირობებს ნიადაგის მექანიკური შემადგენლობა. წყალგაუმტარი თიხოვანი ნიადაგები სუსტი აერაციისაა, თუმცა საკვებით მდიდარია. ქვიშებზე მზარდი მცენარეულობა (ფსამოფიტები) კი სრულიად სხვა პირობებში იმყოფება: ფხვიერი ნიადაგის წყლის გატარებისა და განიავების მაღალი უნარი შეხამებულია ქვიშების ინტენსიურ ქარისმიერ გადაადგილებასთან. ამიტომ არსებობს მცენარეთა ქვიშით დაფარვის ადვილი საშიშროება. მისგან თავდაცვა ფსამოფიტებს თავიანთი სიმსუბუქით უხდება. ისინი ქვიშებზე უფრო სწრაფად მოძრაობენ და ყოველ „ახალ მოსახლეობის“ ადგილზე, ბასრი ფესვების მეშვეობით, სამყოფელს მტკიცედ იმკვიდრებენ.

ნიადაგი და გრუნტი ცხოველთა სამყაროს ადგილსამყოფელია, მათი სამოძრაო

გზა და საყრდენია. ამიტომ მათი მოძრაობის ორგანოების ფორმა სუბსტრატის თვისებებთანაა შეგუებული. ასე, მაგალითად, ჩრდილოეთის ირმებს თოვლზე სასიარულოდ ფართო ჩლიქები აქვთ; ჭაობის ლელქაშში წყლის მცენარეთა მოტივტივე ფოთლებზე მორბენალ მეჩალიას გრძელი ფეხები და ფართო თითები განუვითარდა. მრავალი ორგანიზმი თავის სიცოცხლეს მიწის ქვეშ ატარებს. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა კი სწრაფად იცვლება. თუკი საჰარაში ქვიშები 78°-მდე ხურდება, ხოლო ტუნდრაში იყინება კიდეც, გრუნტის უმნიშვნელო სიღრმეზე, პირიქით, სიცოცხლის ნორმალური სითბური რეჟიმი იქმნება და პოლარული თუ უდაბნოს ორგანიზმები მიწის ქვეშ — სოროებში თავს კარგად გრძნობენ. ამ ცხოველთა სიკვდილის შემდეგ კი მათი ხრწნის პროდუქტი ნიადაგის წარმოქმნაში მონაწილეობს. ასე, მაგალითად, შორეულ აღმოსავლეთის მდინარეებში ქვირითის დასაყრელად შემოსული ორაგულის უცილებელი და მასიური დაღუპვის გამო, მათი პროდუქტი წყალდიდობისას, მდინარის მიერ შლამთან ერთად, განიერ ჭალაზე მიმოიფანტება, რაც მოგვიანებით ე.წ. „თევზიან“ ალუვიურ ნიადაგში გადადის.

მცენარეულობა თავის პროდუქციას ფოტოსინთეზის გზით ქმნის, ცხოველები კი ამ მზა პროდუქციით — მცენარეებით იკვებება. ცხოველები, მცენარეებთან შედარებით, სამჯერ მეტი სახეობრივი შემადგენლობისაა. მცენარეულობის მასა ცხოველურს 2500-ჯერ აღემატება. ცხოველთა არსებობა მთლიანადაა დამოკიდებული მათი ადგილსამყოფელის საკვებით უზრუნველყოფასთან. ამ მხრივ უფრო კარგად თავს გრძნობენ ის ცხოველები, რომლებსაც კვების პროდუქტების ამორჩევის ფართო დიაპაზონი აქვთ. ამასთან დაკავშირებით, ცხოველთა სამყარო ორ ჯგუფად იყოფა: ევრიფაგები — საკვების ფართო მოხმარების ცხოველები. მათ შორის, განასხვავებენ: ყველაფრისმჭამელებს, მცენარეებით მკვებავებსა და ხორცის მჭამელებს. ადამიანიც ევრიფაგებს მიეკუთვნება; ცხოველთა ნაწილის (ჭიანჭველაჭამია, ციმბირის მეთხილია) საკვები ასორტიმენტი მეტად მოკრძალებულია. მათ სტენოფაგებს უწოდებენ.

ცხოველთა ნაწილი, გარემო პირობების შესაბამისად, შიმშილობასთანაა შეგუებული. ამ შემთხვევაში მათ უვითარდებათ საკვები ნივთიერების (ცხიმი, გლიკოგენი) მარაგის შექმნისა და შენახვის უნარი. ამ მარაგის მოხმარება შიმშილობის პერიოდში მიმდინარეობს. ზოგიერთი ცხოველი შიმშილობას სრულიად ვერ იტანს. თხუნელა უჭმელად მხოლოდ 5-6 საათს თუ გასტანს; ნიბლიას ერთი დღე-ღამის შიმშილობა შეუძლია, წურბელა და მახრჩობელა კი 9 თვესაც გაიტანენ თავს უჭმელად, კუს — ერთი წლის, ხოლო ლოგინის ბაღლინჯოს ექვსი წლის საკვების მარაგის შემონახვა შეუძლია. უფრო სწორედ, ამ ხნის მანძილზე მათ საკვების გარეშე შეუძლიათ არსებობა. ცხოველთა ნაწილი არა მხოლოდ წყალში, ხმელეთზე და ჰაერში, არამედ თავის სიცოცხლეს სხვა ორგანიზმებში ატარებს. მათ პარაზიტებს უწოდებენ. უფრო იშვიათია სიმბიოზის შემთხვევა. ამ მხრივ აღსანიშნავია ზოგი კიბორჩხალასა და აქტინიის, ან კიდევ ჭიანჭველასა და მცენარეული ტილის — ბუგრის სასიცოცხლოდ დაკავშირებული ურთიერთობა. ფართოდაა ცნობილი ადამიანისა და ცხოველთა ურთიერთდამოკიდებულება.

ცხოველები ერთად ეწევიან ცხოვრებას და ჯგუფებად ამჯობინებენ მსხვერპლზე ნადირობას, გამრავლების დროს შორი მანძილიდან ილტვიან ერთმანეთისაკენ, ერთად იცავენ შთამომავლობას. ხშირად, მათ „დანაწილებული“ აქვთ (ფუტკარი, კრაზანა, ჭიანჭველა, ტერმიტები) თავიანთი საქმიანობა. მათ კოლონიებში ცალკეულ

„პირებს“ შესაბამისი „სპეციალიზაცია“ აქვთ გამომუშავებული: ყოველ მათგანს – უფრთო მუშას, დედალსა თუ მამალს, თავისი „საქმე“ აქვს შესასრულებელი. ორგანიზმთა აღნიშნულ ფორმებს ბუნებრივი შერჩევის შედეგი ეტყობა. მათი მოქმედება მხოლოდ ინსტინქტით იმართება, ხოლო შრომის განაწილების „სტრუქტურა“ – ფიზიოლოგიური მოვლენაა.

რაც შეეხება მცენარეთა შორის ურთიერთდამოკიდებულებებს, მათაც ეკოლოგიური ფაქტორები განსაზღვრავენ. ამ მხრივ გამოყოფენ: საპროფიტებს – იმ მცენარეებს, რომლებიც საკვებად მკვდარ ნივთიერებებს იყენებენ. მათ მიეკუთვნება მრავალი ბაქტერია, სოკოები და ა.შ. მიკროორგანიზმებში ადგილი აქვს ანტაგონიზმს, რომლის მიხედვით სოკოები და ბაქტერიები გამოყოფენ რა ქიმიურ ნივთიერებას ზოგი ორგანიზმის მიმართ „სასიკვდილო განაჩენი“ გამოაქვთ. ასეთ სოკოებსა თუ ბაქტერიებს, ანტიბიოტიკებს უწოდებენ. მცენარეთა შორის ურთიერთდამოკიდებულებათა ეკოლოგიური ფაქტორების თვალსაზრისით, მეორე ჯგუფს მიაკუთვნებენ პარაზიტებს, ანუ მცენარეთა თანაცხოვრების ისეთ ფორმას, როცა ერთი მათგანი იკვებება მეორეს მზა პროდუქციით. მათ მიეკუთვნება მრავალი მიკრობი, სოკო, ბაქტერია და ვირუსი. ხშირად ასეთ თანაცხოვრებას (სიმბიოზი) ორივე მცენარისათვის დადებითი შედეგი მოაქვს. მისი მაგალითია ლიქენებისა და სოკოების ურთიერთობა. პარაზიტებს შორის გამოყოფენ: ეპიფატებს, ანუ ისეთ მცენარეებს, რომლებსაც დაკარგული აქვთ ნიადაგთან კავშირი და სხვა მცენარეებზე მცოცავი თვისება აქვთ განვითარებული, საყრდენად კი ხე-მცენარეებს იყენებენ. მათ მიეკუთვნება ვაზი, ზოგიერთი ვარდი, პლუში, ვანილი, სვია, პარკოსნები და ა.შ.

როგორც ჩანს, მცენარეულობა ისტორიულად ჩამოყალიბებული და ურთიერთკავშირში მყოფი ბუნებრივი წარმონაქმნი და კანონზომიერი მოვლენაა, რომლის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან უნარს, ერთიანი ნიშნების მატარებელი სისტემის არსებობა წარმოადგენს. მცენარეთა არაიზოლირებულ, არამედ სახეობათა კანონზომიერ შეხამებას, რომელიც ხანგრძლივი დროის მანძილზე ბუნებრივი პროცესების შედეგადაა ჩამოყალიბებული, ახასიათებთ კონკრეტული ურთიერთობა და არსებობის გარეგან პირობებთან მჭიდრო კავშირში იმყოფებიან, ფიტოცენოზი ეწოდება. ტყე ფიტოცენოზს წარმოადგენს. წიწვიანი ტყეც ფიტოცენოზია. ამდენად, ფიტოცენოზი ზოგადი ცნებაა, რომელშიც ნაგულისხმევია მცენარეთა კანონზომიერი გაერთიანების (დაჯგუფების) სიერცობრივი (გეოგრაფიული) განფენილობა – განვრცობა.

როგორც ჩანს, მცენარეული საფარი და ცხოველთა სამყარო ურთიერთდაკავშირებული წარმონაქმნებია. თითოეული მათგანი საკუთარი კანონზომიერების გავლენით წარმოიქმნება, ვითარდება და ვრცელდება. ამავე დროს, მათ ფრიად საინტერესო ურთიერთობაში, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, გარემო პირობებთან ერთად სისტემურობის ერთიან-მთლიანობის ნიშნები ისახება.

ამდენად, გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი ძირითადი და მსხვილი კომპონენტი – ბიოსფერო საკმაოდ დინამიკური წარმონაქმნია. თუმცა, მიღებულია, რომ თუკი ცხოველები მოძრავ ორგანიზმებადაა მიჩნეული, მცენარეები, პირიქით, თავისუფალ გადაადგილებას მოკლებული არიან. მაგრამ მოძრაობა არც მცენარეებისთვისაა (ან მათი ორგანოებისათვის) სრულიად გამორიცხული. მათ უჯრედებში მუდმივად მოძრაობს პროტოპლაზმა, აქტიურია სქესობრივი უჯრედები – იშლება და იხურება ყვავილი და ა.შ.

ამგვარად, მცენარეთა და ცხოველთა შორის მრავალი საერთო ნიშნებია ფორმირებული. მათ ურთიერთკავშირზე მიუთითებს მცენარეთა მიერ ორგანული ნივთიერებისა და თავისუფალი ჟანგბადის შექმნა, ხოლო ცხოველთა მიერ კი ორივე წარმონაქმნის მოხმარება. ამავე დროს, ცხოველთა მიერ გამოყოფილ CO_2-ს ისევ მცენარეულობა მოიხმარს. ასე რომ, მცენარეთა არსებობა — მზის ენერგიის პოტენციალურ ქიმიურ ენერგიად გარდაქმნაა. ცხოველთა სიცოცხლე ამ ქიმიური ენერგიის სითბოს სახითა და მოძრაობად გარდაქმნაა.

ცხოველები აქტიურად მონაწილეობენ მცენარეთა გამრავლებაში, რაც მათ დამტვერვასა და თესლის გადატანაში მონაწილეობის მიღებითაა გამოვლენილი. კოდალასა და ჩხიკვს წიწვიანების, აგრეთვე, მუხის, წაბლის, წიფელის, თხილის ნაყოფის საკვებად მიღების გამო, თავისდა უნებურად, საკმაოდ შორ მანძილზე გადააქვთ მათი თესლები. ხშირად მცენარეები მოხერხებულად იზიდავენ თესლის დამტარებლებს თავიანთი მკვეთრი შეფერილობითა და სუნით. მთავარი დამმტვერიანელები არიან პეპლები, სიფრიფანაფრთიანები და ორფრთიანები. ხშირად მცენარეს მხოლოდ თავისი დამმტვერიანებელი ჰყავს: სამყურას მხოლოდ ბაზი ამტვერიანებს, ვაშლის ხეს — ფუტკარი. ასევე, აღსანიშნავია, რომ ჭაობის მცენარეები მოკლებულნი არიან რა მინერალურ მარილებსა და აზოტის შენაერთებს, ამგვარი დეფიციტის შევსებას, მწერების საკვებად გამოყენებით ახდენენ.

მითითებული მაგალითები ცხადყოფენ არა მარტო ფაუნისა და ფლორის ბუნებრივ გარემოსთან შეგუების კანონზომიერ გამოვლინებას, არამედ, ამავე დროს, სახეზეა თვით მცენარეთა და ცხოველთა ურთიერთკავშირების შეხამება გეოგრაფიული გარსის მრავალ კომპონენტთან. დანამდვილებით შეიძლება ითქვას, რომ გარემოს ეკოლოგიური ფაქტორები, საკმაოდ მაღალ დონეზე, განაპირობებენ ბიოსფეროს ცოცხალი ელემენტების ბიოლოგიურ თავისებურებებს. არაცოცხალი გარემოს ბუნებრივ პირობებსა და ცოცხალ არსებებს შორის ხანგრძლივი ისტორიის განმავლობაში ჩამოყალიბებული ურთიერთობა, დღეს უკვე ორგანიზმებს ჩვევად ექცათ და ქცევის ნორმებად აქვთ აღიარებული.

სახელმძღვანელოს XII თავში მითითებულია გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების რიტმიკის თავისებურებები. ამჯერად დეტალურად შევეხებით მხოლოდ მცენარეთა და ცხოველთა სეზონურ რიტმულ გამოვლინებებს, რომელიც კიდევ ერთხელ და დამაჯერებლად წარმოგვიდგენს ბუნებრივ-ეკოლოგიური ფაქტორების წარმოშობის პლანეტარულ წყაროებსა და მათ მიერ გამოწვეულ მცენარეებისა და ცხოველების ქცევებს.

ყოველი მცენარეული დაჯგუფება, მთელი წლის განმავლობაში გარეგანი და შინაგანი თავისებურებების სხვადასხვა ასპექტით ხასიათდება. ამ ასპექტების ცვლილება ფიტოცენოზის სეზონური რიტმების გამოვლინებაა. ერთი შეხედვით, მათი მონაცვლეობა წლიდან წლამდე რეგულარული ანუ ჩაკეტილი ციკლური განმეორადობით ხასიათდება. სინამდვილეში კი, ფორმალურად ციკლური მონაცვლეობის მიმდინარეობაში პროგრესული განვითარების ელემენტები შეიმჩნევა. მართლაც, ყოველი ფოთლოვანი მცენარე შემოდგომის დადგომისთანავე ჩამოყრის რა თავის ფოთლებს, გაზაფხულზე ისევ შეიმოსება. ამავე დროს, მცენარე წლითიწლობით იზრდება და გასულ წელთან შედარებით იგი სრულიად ახალ ფორმას ღებულობს. ამდენად, მცენარის ყოველი ასპექტის პერიოდული მიმოცვლა შეუქცევადი და განუმეორებელი პროცესია.

აშკარაა, რომ სეზონური რიტმები უფრო მკვეთრად მათი მკაფიო გამოვლინების არეალშია წარმოდგენილი. ეკვატორულ სარტყელში სეზონური პერიოდულობა ნაკლებადაა შესამჩნევი; ტროპიკებსა და სუბტროპიკებში მშრალი და ნოტიო პერიოდების მონაცვლეობის გამო, შესაბამისი სეზონების პირობებში, ცოცხალი ორგანიზმების რიტმიკა უფრო შესამჩნევია; პოლარული მხარეების ხანგრძლივი დღისა და ნახევარწლიანი ღამის მორიგეობას, ცხადია, ცოცხალი ინდივიდის შესაბამისი ქცევა მოსდევს. რაც შეეხება საშუალო განედების მკაფიო ბიოლოგიური რიტმების მონაცვლეობას, ცხადია, მათი ფორმირება ოთხი მკვეთრად გამოხატული (გაზაფხული, ზაფხული, შემოდგომა, ზამთარი) სეზონის მორიგეობას უკავშირდება. უდავოა, რომ სეზონური მოვლენები, საბოლოო ჯამში, გეოგრაფიულ ლანდშაფტებში აირეკლება და მათ შესახებ სრული წარმოდგენის მიღება მხოლოდ გარემოს სეზონური ცვლილებების სუმარული ზემოქმედების აღქმის შედეგადაა შესაძლებელი.

ბუნების სეზონური განვითარების კანონზომიერების შესახებ მოძღვრებას ჯერ კიდევ გასული საუკუნის 30-40-იან წლებში ჩაეყარა საფუძველი, რომელიც ცოდნის დარგის – ფენოლოგიის წარმოქმნით დამთავრდა. იგი თავიდანვე მხოლოდ ცოცხალ გარემოს სეზონური მიმოცვლის შესწავლას მოიცავდა. მოგვიანებით მას უკვე მთლიანად გეოგრაფიული გარსის რიტმული განვითარების შესასწავლადაც იყენებდნენ. ცხადია, რომ გარემოს მოვლენების პერიოდულ რიტმებს მცენარეთა ფაზების თანმიმდევრული მონაცვლეობა შეესაბამება. მათ შორისაა ვეგეტატიური – ვარდის კოკორის მომწიფებისა და ყვავილობის, თესლისა და ნაყოფის დამწიფების, ან კიდევ მცენარეთა კვდომისა და სხვა ფაზები. აღნიშნული ფაზების ფორმირება მცენარეთა ერთ ჯგუფში ერთგვარი ტემპით მიმდინარეობს, მეორეგან კი – სრულიად სხვაგვარად.

აღნიშნული ფაზებისა და მათი შესაბამისი ასპექტების მორიგეობა ფიტოცენოზის დამახასიათებელი უნარია, რომელიც მას ჩამოუყალიბდა ხანგრძლივი განვითარებისა და გარემო ფაქტორების პერიოდული მიმოქცევების პირობებში. აქედან გამომდინარე, ბუნებრივი წარმონაქმნების კანონზომიერი ცვლის დროითი ფაქტორით შეპირობება განსაზღვრავს მათი ასაკისა (განვლილი დროის) და პროგნოზის (მომავალი დროის) შესახებ უეჭველი ცოდნის წარმოდგენას.

ლანდშაფტების დროითი ცვლილებებისა და შესაბამისი რეჟიმის ჩამოყალიბების სტრუქტურა საკმაოდ რთული აღმოჩნდა. მისი პარამეტრების (მზის რადიაცია, ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები და სხვ.) დროითი მსვლელობა ლანდშაფტების მდგომარეობის განმსაზღვრელ ფაქტორებად გვევლინება. მისი გეოგრაფიული აღქმა (ნ. ბერუჩაშვილი) სისტემური ანალიზის თეორიიდანაა მიღებული. გარემოს მდგომარეობა, ეს ლანდშაფტის პარამეტრების რაიმე დროთი თანაშეხამებაა, როცა შემოსული ნივთიერებისა და ენერგიის კონკრეტული ზემოქმედება სისტემის შიგნით ახდენს გამოსასვლელი ფუნქცის (ფიტომასის ნაზარდი, მყარი და აიროვანი წყლის ნაკადები და ა.შ.) „შემოქმედებით“ ტრანსფორმაციას. მდგომარეობათა ასპექტები, რომლებიც განპირობებულია სეზონური რიტმიკით, ამინდითა და განვითარების დინამიკური ტენდენციით – „სტეკსების“ სახელწოდებითაა ცნობილი.*

მცენარეთა სეზონური, აგრეთვე, მათი ფიზიოლოგიური ფუნქციებისა და იერსახის მონაცვლეობისას საყურადღებოა მათი უკურეაქციები ფიზიკურ-გეოგრაფიული

*ამ საკითხის დეტალური შესწავლა მაღალ კურსებზე, სწავლების დამამთავრებელ ფაზაშია (ლანდშაფტების გეოფიზიკა) გათვალისწინებული.

პარამეტრების დატვირთვების საპასუხოდ. ასე, მაგალითად, საშუალო განედებში მცენარეთა ნაწილი ჯერ კიდევ თოვლის დნობის დასრულებამდე იღვიძებს. მათ მიეკუთვნება ვირისტერფა, ენძელა, თეთრი და ყვითელი ფრინტა, სუმბული, ტიტა და სხვ. ოდნავ მოგვიანებით კი მათი კვირტებიც იწყებენ გაფურჩქნას. ამავე დროს ყვავილობს მურყანი და თხილნარი. თუმცა ჯერ კიდევ მზე აქტიურად ვერ ათბობს არემარეს — მცენარეები გაფურჩქნისათვის საჭირო ენერგიას ზამთრის მარაგიდან იღებს.

ზაფხულის დადგომასთან ერთად კი, აქტიური ფოტოსინთეზის წყალობით, მცენარეებში ორგანული ნივთიერების წარმოქმნა ინტენსიურად მიმდინარეობს. ზაფხულის დასასრული და, შესაბამისად, შემოდგომის შემოსვლა მცენარეთათვის ფოთოლცვენის მომასწავებელია. მანამდე კი მცენარეთა ფოთლებს ფერი თანდათან ეცვლება: რცხილისა და ნეკერჩხლის ფოთლები ღია ყვითელი ხდება, ხოლო ცირცელი წითელ ფერს ღებულობს. ფოთოლცვენა ორგანული ნივთიერების დროებით დაკარგვასთანაა დაკავშირებული, თუმცა გახრწნის შედეგად ფოთლების მკვდარი მასა ისევ მინერალური ნაერთების ნაწილობრივ შექმნას ხმარდება.

ფოთოლცვენა რამდენიმე დადებით მოვლენას იწვევს: ჯერ ერთი, იგი მცენარეებს მავნე პროდუქტებს აშორებს, ანუ ფოთოლცვენა ეს მცენარის გრანდიოზული მასშტაბის გამოყოფითი ფუნქციაა; მეორეც, ფოთლის ჩამოყრა მცენარეს იცავს გამოშრობისაგან, რადგან ზამთრობით ფესვების მიერ წყლის შეწოვა მეტად გაძნელებული პროცესია, ფოთლები კი (თუ მათ ცვენას არ ექნებოდა ადგილი) აორთქლებას უწყობს ხელს; გარდა ამისა, ფოთოლცვენა მცენარის მიერ გამომუშავებული ჩვევაა, რომელიც მომავალი (ზამთრის) სეზონის ყინვიანი ფაზის არსებობით სრულებითაც არ არის განპირობებული. მცენარის ეს თვისება (ფოთოლცვენა) შენარჩუნებულია არაყინვიანი ზამთრის არეალებისათვისაც. ასე, მაგალითად, კუნძულ მადეირას ბოტანიკურ პარკებში შუა განედებიდან შეტანილ მუხას ზამთარში ისევე სცვივა ფოთლები, როგორც ჩვენთან — საქართველოში ან კიდევ რუსეთში, თუმცა იქ იანვრის ჰაერის ტემპერატურა +15°-ს აღწევს. აღსანიშნავია, რომ მცენარეთა ნაწილს ფოთოლცვენა წლის ცხელ ფაზაშიც კი აქვთ. ამ თვისებით მცენარეები ზაფხულის პაპანაქება სიცხეში თავს იცავენ გამოშრობისაგან. ამდენად, მცენარეულობას თავისი განვითარების ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე, ბუნებრივად გამოუმუშავდა „მიზანსწრაფვა“ — შეეგუოს ლანდშაფტურ მდგომარეობათა მონაცვლეობას, მიაღწიოს თავისი ფიზიოლოგიური ნიშნების ჩამოყალიბებასა და არსებობისათვის შესაფერისი პირობების შექმნას.

ამა თუ იმ სახეობის ცხოველთა საბინადრო გარემოს ბუნებრივი პირობები შედარებით მცირე დიაპაზონში განიცდის მონაცვლეობას. ამავე პირობებსაა შეგუებული ცხოველთა სამყაროც. ასე, მაგალითად, ტროპიკული (ცხელი) სარტყლის ცხოველების ბალანი თხელი, მოკლე და უხეშია, პოლარულისა კი ხშირი, გრძელი და რბილი; თეთრი დათვი თავის შეფერილობას არ იცვლის, რადგან მუდმივად ყინულთა შორის ან თოვლიან გარემოში უხდება ყოფნა; უდაბნოს ცხოველები — ლომი, აქლემი, ანტილოპა, გველები — უფრო ქვიშის ფერისაა, ხოლო ტროპიკული ტყეების ცხოველებში მწვანე შეფერილობა ჭარბობს; ზღვის მრავალი ორგანიზმი წყალქვეშა ლანდშაფტის მსგავსადაა „მოხატული“, ხოლო ზოგიერთი მათგანი გამჭვირვალეცაა.

ლანდშაფტების მდგომარეობის სეზონური ცვლილებების შესაბამისად ცხოველთა

შეგუებლობა დინამიკურ ხასიათს ღებულობს. ამ მონაცვლეობის მკვეთრი გამოვლინება ამტკიცებს გარემო პირობებისადმი ორგანიზმთა მჭიდრო დამოკიდებულებას: თუ მღვიმის ცხოველების სასიცოცხლო ფაზებში, გარემო პირობების უცვლელობის გამო, სეზონური პერიოდულობა არ შეინიშნება, მიწისზედა ორგანიზმებს, პირიქით, ფუნქციების დროითი მონაცვლეობის საკმაოდ მრავალფეროვანი ასპექტები აქვთ ჩამოყალიბებული. ეს ასპექტები გამოიხატება ზამთრის სარჩოს მომარაგებაში (ფუტკარი, მღრღნელები), ზამთრის მყუდრო ბუნაგის (სოროებისა და ბუდეების) მოწყობაში, ახალი ფიზიოლოგიური თვისებების მიღებაში, საბინადრო ადგილის შეცვლაში, ზამთრის ძილში, შეფერილობის სეზონურ შეცვლაში (ზოგი კურდღელი ზამთარში თეთრი, გაზაფხულზე ჭრელი, ხოლო ზაფხულში მუქი რუხია) და მრავალი სხვა თავისებურებათა ცვლილებებში.

სეზონური შეგუების ერთ-ერთი გამოვლინება ცხოველთა მიგრაციაა. იგი სხვა მრავალ მიზეზთან ერთად, საკვების მოპოვებასთანაცაა დაკავშირებული: ანტილოპებისა და ლემინგების ჯოგი საკვების მოსაპოვებლად განსაკუთრებულად დიდ მანძილზე დაუოკებელ გადარბენას ასრულებს. ამ დროს მათ ვერ აკავებს მრავალი დაბრკოლება — მდინარეები, დიდი მანძილი, დაქანცულობა, დაუძლურება და ჩასაფრებული მტაცებლები. ცხოველთა სეზონური დინამიკის ტიპური მაგალითია თევზების მიგრაცია, ფრინველების გადაფრენა, ნიადაგის სიღრმეში გამოზამთრება და სხვ. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ჩრდილოეთის ორაგულის მიერ ქვირითის დასაყრელად მდინარეში შემოსვლა და მისი დაყრის შემდეგ, როგორც წესი — აუცილებელი დაღუპვა. აღსანიშნავია, აგრეთვე, მდინარის გველთევზას (ცხოვრობს ევროპის მდინარეებსა და ტბებში) სქესობრივი მომწიფების დადგომისთანავე, ზღვის გავლით ატლანტის ოკეანეში შესვლა და, საბოლოოდ, სარგასის ზღვისკენ ლტოლვა. ამ ზღვის ფსკერზე მდინარის გველთევზა ყრის ქვირითს, რომლისაგან ლიფსიტები იჩეკება. მათ სამი წელიწადი სჭირდებათ ამ ზღვიდან ევროპის მდინარეებში დასაბრუნებლად, რათა ისევ გაუდგნენ გრძელ გზას ევროპიდან ამერიკის აღმოსავლეთი სანაპიროსაკენ.

ფრინველთა გადაფრენაც ხომ ცოცხალი ორგანიზმებისა და გარემო პირობების მონაცვლეობის ურთიერთდაკავშირებული დინამიკური გამოვლინებაა. გადაფრენას აწყობენ ბატები, გედები, იხვები, ტოროლები, გუგულები, წეროები. გადაფრენის თანმიმდევრულობა მათი საკვების გამოლევასთანაა დაკავშირებული. ასე, მაგალითად, ყველაზე ადრე მწერიჭამიები მიფრინავენ, ხოლო მოგვიანებით მათ მარცვლის-მჭამელები მისდევენ. გადაფრენის სიჩქარე 30-დან 200-მდე კმ-ს აღწევს დღე-ღამეში. ევრაზიის ფრინველები გამოზამთრებისათვის იყენებენ სამხრეთის თბილ ქვეყნებს — ინდოეთსა და ეგვიპტეს. ჩრდილოეთი აზიის ფრინველები კი არაბეთში, ირანში, ინდოეთში, ჩინეთსა და ავსტრალიაშიც კი მიფრინავენ. ევროპის ფრინველებს გამოზამთრება აფრიკასა და მცირე აზიაში უხდებათ. ჭილყვავი და წერო მდ. ნილოსის ნაპირებისაკენ მიფრინავს. ბულბული, მერცხალი და გუგული — ცენტრალურ აფრიკაში, არწივები კი ეგვიპტეში, შოშია და ციმბირის ყარანა — ინდოეთში იზამთრებენ.

აღსანიშნავია, რომ ფრინველთა გადაფრენის გზები (ნახ. IX.1) განსაზღვრულია და წლიდან წლამდე არ იცვლება. ამავე დროს, ფრინველთა ერთი ნაწილის გადაფრენის გზა ზღვისპირეთებს ემთხვევა, მეორენი მდინარეთა გაყოლებით მიფრინავენ, სხვათა გზები კი ხმელეთზე გადის. გადაფრენის გზების შერჩევა,

უმეტეს შემთხვევაში, ფრინველების საკვების გავრცელებას უკავშირდება. დაბრუნებისას ფრინველები უკვე სხვა გზას ირჩევენ.

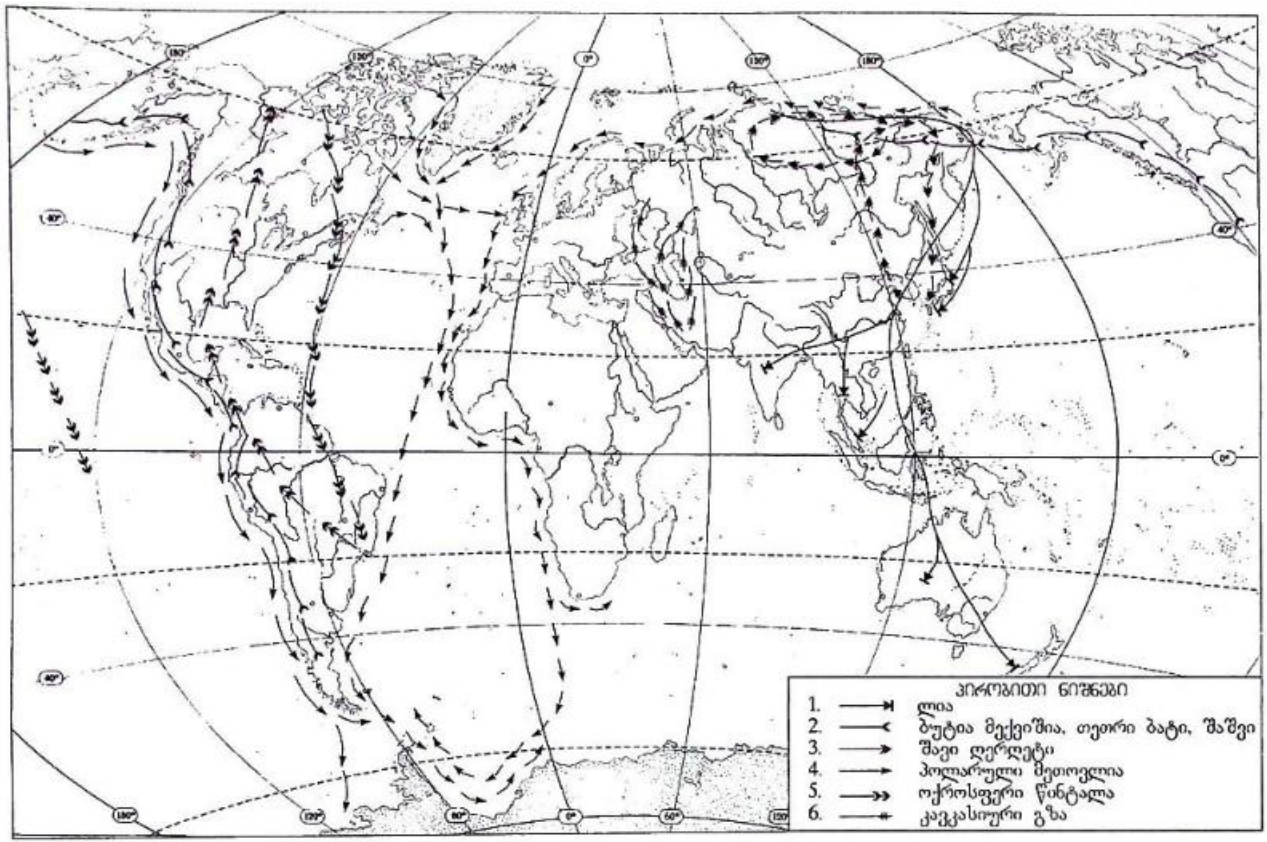
ხშირად ფრინველთა მიგრაციის ტრასები ჩრდილოეთის ცივი ჰაერის მასების სამხრეთი მიმართულებით გავრცელების გზებს ემთხვევა. თუმცა ზღვისპირეთებში გადაფრენებისათვის ყოველთვის როდია სათანადო პირობები. ამ მხრივ, საინტერესოა ფრინველების გადაფრენა კავკასიის გავლით. ამ გზის გადალახვა უხდებათ მწყერს, წეროს, იხვს, სავათს, გარეულ ბატს, ტყის ქათამს, შაშვს, მერცხალს, შოშიას, თოლიას. შემჩნეულია ამავე მარშრუტით პეპლების დიდი ნაკადის გადაფრენაც. ფრინველთა გადაფრენის გზების მკაცრად დაცვის საფუძველი მემკვიდრეობით მიღებული ინსტინქტებია. ზოგიერთი მათგანი გზას იგნებს მზისა და ვარსკვლავების მეშვეობით. სხვა მოსაზრებით, ფრინველებს ორიენტირებაში გეომაგნიტური ველი და ატმოსფერული დინებები ეხმარება.

გარემოსადმი ამგვარი შეგუების არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ცხოველები არახელსაყრელი პირობებისაგან „გაქცევით“ შველიან თავს. გარემოსადმი მცირე წინააღმდეგობის უნარის გამო, მათ თავდაცვის შესაფერისი უნარი გამოუმუშავდათ. იმავე ნიშნებითაა შეპირობებული ცხოველთა ზამთრისა თუ ზაფხულის ძილი, რომელიც ფიზიოლოგიური ნიშნების მკვეთრ ცვლასთანაა დაკავშირებული. ასე, მაგალითად, აქტიურ მდგომარეობაში ვირზაზუნა საათში 1500 ჩასუნთქვას (ყოველ 2,4 წმ-ში ერთი ჩასუნთქვა) ასრულებს, ხოლო ძილის დროს მხოლოდ 14-ს, ანუ ასჯერ ნაკლებს. ცხოველთა ნაწილი ძილის პერიოდისათვის ცხიმის მომარაგებას ახდენს, რომელიც მათ ამ პასიური ფაზაში დახარჯული ენერგიის აღსადგენად სჭირდება. ცხოველთა დამახასიათებელი ნიშანია, აგრეთვე, ზაფხულის ძილი. იგი ჰავის ცხელი და მშრალი ფაზის არახელსაყრელობითაა გამოწვეული. არცთუ იშვიათად ამავე მოვლენას ადგილი აქვს ზომიერი განედების ბინადარ ცხოველებშიც. კერძოდ, ჩრდილოეთი ამერიკის თრია საკვების უქონლობის გამო ზამთრის ძილს ეძლევა. ამგვარი მაგალითები ბუნებაში მრავალია.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის არა მხოლოდ ცალკეული ფაქტორების, არამედ მათი რთული კომბინაციის ურთიერთმოქმედებისა და ურთიერთკავშირების შედეგად ფორმირებული ცოცხალი ორგანიზმების საარსებო პირობები, უშუალოდ ან მეშვეობით, განსაზღვრავენ გარემოს ეკოლოგიურ მდგომარეობას, რომლებიც ცხოველთა სადგომ-სამყოფელოს გეოგრაფიული დიფერენციაციის საშუალებას იძლევა. ამ მხრივ, საცხოვრებელი ერთგვაროვანი პირობების არეალების სახელწოდებად ბიოტოპი არის მიღებული. მისი მაგალითებია: მაღალღეროიანი წიწვიანი ტყე, ჭაობი, მდელო, ტბა, თხილნარი და სხვ. მათი უმნიშვნელო დეტალები ფაციესადაა წოდებული. ბიოტოპი შეიძლება იარუსებადაც (მიწისქვეშა, მიწისზედა, ბალახეული, ბუჩქოვანი, ხე-მცენარეული) დაიყოს. ასე რომ, ბიოტოპი ის რეალური მდგომარეობაა, რომელშიც მოცემული ცხოველი ბინადრობს.

ერთმანეთთან ახლომყოფი ბიოტოპების გაერთიანებას ბიოქორები ეწოდება. მისი მაგალითია ტყე. უფრო მაღალი ან უმაღლესი ერთეული — ბიოციკლია. ცნობილია მხოლოდ სამი — ხმელეთის, ზღვისა და შიდა წყალსატევების ბიოციკლები.

წინამდებარე სახელმძღვანელოსაგან განსხვავებით, სხვა წინამორბედ მონოგრაფიებში (ს. კალესნიკისა და სხვ.) ბიოსფეროს განხილვასთან ერთად მოცემულია დედამიწის ტიპური ფიტოცენოზებისა და ცხოველთა საბინადრო არეალების კანონზომიერი გეოგრაფიული გავრცობა და ამ წარმონაქმნების რეგიონული



ნახ. IX.1. ფრინველთა გადაფრენის გზები

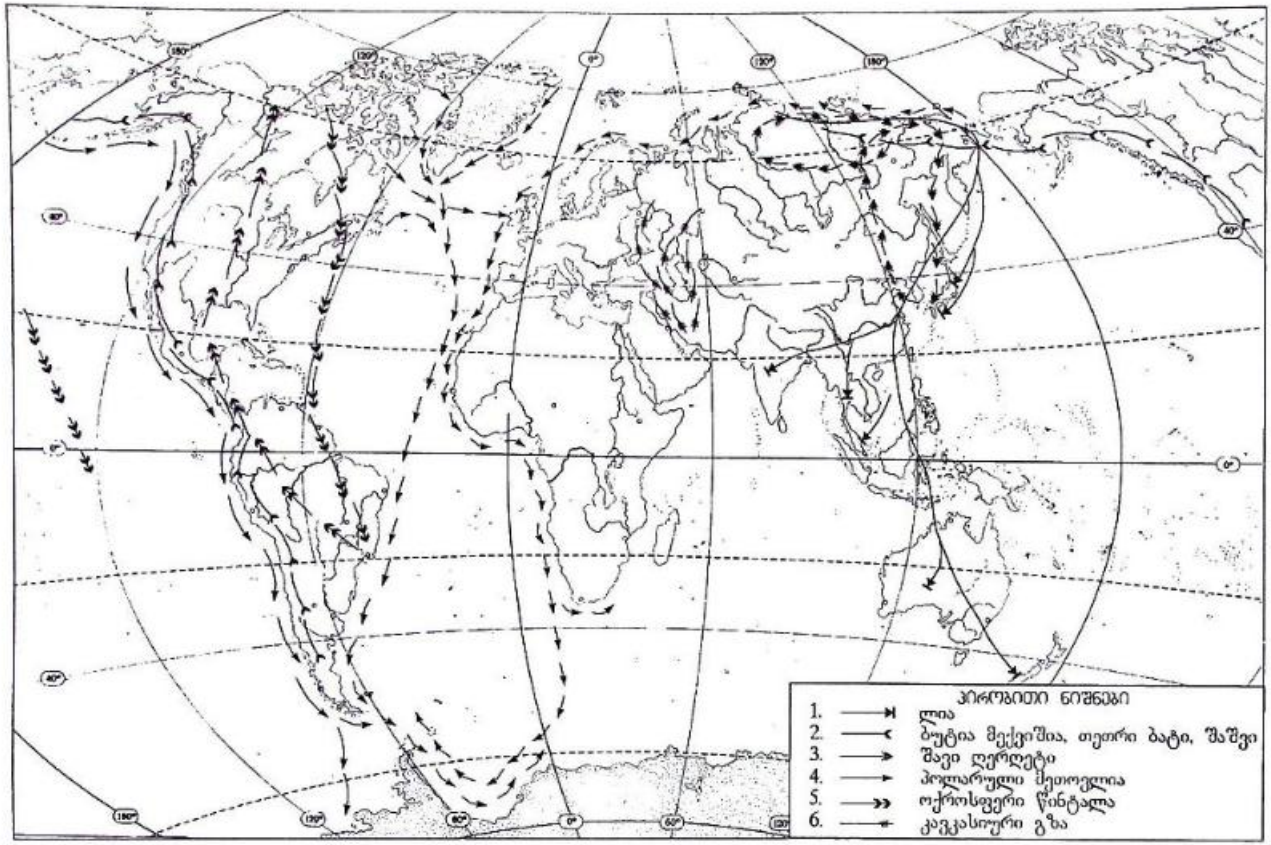
დახასიათება. ჩვენ აღნიშნული ტრადიციისაგან ამჯერად თავს ვიკავებთ, ხოლო მის მნიშვნელოვან საფუძვლებს გეოგრაფიული ზონალურობის ასპექტებს დავუკავშირებთ და ლანდშაფტური ზონების განხილვას (თავი XIII) მივუსადაგებთ. ამგვარი მიდგომა იმითაც არის გამართლებული, რომ აღნიშნული (რეგიონული) შინაარსის მსჯელობა რეგიონულ-გეოგრაფიული დისციპლინების შესწავლის შემადგენელი ნაწილია და მისი დატვირთვის გათვალისწინება მესამე და მეოთხე კურსებზეა მიზანშეწონილი.

გლობალური ეკოლოგიური კრიზისები და კატასტროფები. ადამიანთა საზოგადოების წარმოშობისა და მისი სამეურნეო საქმიანობის წარმართვასთან ერთად ადგილი ჰქონდა საკმაოდ აქტიურ ზემოქმედებას ბიოსფეროზე, რასაც, თავის მხრივ, თან სდევდა ეკოლოგიური კრიზისები. პირველი ეკოლოგიური კრიზისი შეეფარდება ცოცხალი ორგანიზმების საცხოვრებელი გარემოს მკვეთრ გაუარესებას, რომელიც დღევანდელი ადამიანის უშუალო წინაპრების მიერ იყო გამოწვეული. მას არიდიზაციის ანთროპოგენურამდელი ეკოლოგიური კრიზისი დაარქვეს და ამ სამი მილიონი წლის წინ იყო გაბატონებული. მეორე კრიზისი ადამიანის მიერ სარეწი და შესაგროვებელი რესურსების გაღარიბებით იყო გამოწვეული. ეს კრიზისული სიტუაცია 35-40 ათასი წლის წინანდელ პერიოდს ემთხვევა. მესამე (პირველი ანთროპოგენური) კრიზისი დაკავშირებულია ცხოველთა „გადამეტებულ რეწვასთან", რის შედეგად სახეზე იყო ე.წ. „კონსუმენტური კრიზისი". იგი გამოიწვია პალეოლითური მონადირეობის საკმაოდ მაღალმა დონემ. მეოთხე ეკოლოგიური კრიზისი უკავშირდება ნიადაგების დამლაშების გამო მიწის სავარგულების დეგრადაციას. მას „პროდუცენტული კრიზისი" ეწოდება. იგი ამ ორი ათასი წლის წინ იყო გამეფებული.

თანამედროვე ეკოლოგიური კრიზისი პროდუცენტების დაბინძურებითა და მინერალური რესურსების დეფიციტითაა გამომჟღავნებული, რომელიც ამ 150-350 წლის წინ დაიწყო. გლობალური თერმოდინამიკური (სითბური) კრიზისი XX საუკუნის შუა წლებიდან მომდინარეობს. თანამედროვე გლობალური კრიზისი ეკოლოგიურ სისტემებზე ახდენს ზემოქმედებას.

აღსანიშნავია, რომ ყოველი ეკოლოგიური კრიზისი ადამიანთა საზოგადოებისაგან საპასუხო რეაქციებს, ანუ დამბალანსირებელ რევოლუციებს იწვევდა. ასე, მაგალითად, კონსუმენტური კრიზისის საპასუხოდ ადამიანმა სამეურნეო წარმოება გააჩაღა, ხოლო ნიადაგების დეგრადაციის გამო პრიმიტიული სარწყავი სისტემები აამოქმედა, მინერალური რესურსების დეფიციტმა კი ადამიანი ალტერნატიული ენერგეტიკული წყაროების გამოძებნამდე მიიყვანა. ამჟამად, გლობალური კრიზისის ეპოქაში, საზოგადოება ცდილობს ეკოლოგიური დაგეგმარების პრინციპებით იმოქმედოს.

ამჟამად ცნობილია გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების მოდელირებისა და პროგნოზირების მრავალი ცდა, რომელთა დიდი ნაწილი რთული მათემატიკური მოდელების გამოყენებას ემყარება. ამგვარი მიდგომით ბუნებას განიხილავენ როგორც ერთმანეთთან დაკავშირებულ და მრავალი ურთიერთგარდამქმნელი ფაქტორებისაგან შემდგარ რთულ სისტემას. მოდელირების შედეგად მიღებული პროგნოსტიკული შედეგებით ცალსახად აღიარებულია გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების შედარებით ახლო მომავალში სრული ბალანსირებული მდგომარეობის ჩამოყალიბება. ცხადია, რომ გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის ბალანსირება გულისხმობს ეკონომიკური და დემოგრაფიული ასპექტების მდგრადი განვითარების მიღწევას.



ნახ. IX.1. ფრინველთა გადაფრენის გზები

დახასიათება. ჩვენ აღნიშნული ტრადიციისაგან ამჯერად თავს ვიკავებთ, ხოლო მის მნიშვნელოვან საფუძვლებს გეოგრაფიული ზონალურობის ასპექტებს დავუკავშირებთ და ლანდშაფტური ზონების განხილვას (თავი XIII) მივუსადაგებთ. ამგვარი მიდგომა იმითაც არის გამართლებული, რომ აღნიშნული (რეგიონული) შინაარსის მსჯელობა რეგიონულ-გეოგრაფიული დისციპლინების შესწავლის შემადგენელი ნაწილია და მისი დატვირთვის გათვალისწინება მესამე და მეოთხე კურსებზეა მიზანშეწონილი.

გლობალური ეკოლოგიური კრიზისები და კატასტროფები. ადამიანთა საზოგადოების წარმოშობისა და მისი სამეურნეო საქმიანობის წარმართვასთან ერთად ადგილი ჰქონდა საკმაოდ აქტიურ ზემოქმედებას ბიოსფეროზე, რასაც, თავის მხრივ, თან სდევდა ეკოლოგიური კრიზისები. პირველი ეკოლოგიური კრიზისი შეეფარდება ცოცხალი ორგანიზმების საცხოვრებელი გარემოს მკვეთრ გაუარესებას, რომელიც დღევანდელი ადამიანის უშუალო წინაპრების მიერ იყო გამოწვეული. მას არიდიზაციის ანთროპოგენურამდელი ეკოლოგიური კრიზისი დაარქვეს და ამ სამი მილიონი წლის წინ იყო გაბატონებული. მეორე კრიზისი ადამიანის მიერ სარეწი და შესაგროვებელი რესურსების გაღარიბებით იყო გამოწვეული. ეს კრიზისული სიტუაცია 35-40 ათასი წლის წინანდელ პერიოდს ემთხვევა. მესამე (პირველი ანთროპოგენური) კრიზისი დაკავშირებულია ცხოველთა „გადამეტებულ რეწვასთან", რის შედეგად სახეზე იყო ე.წ. „კონსუმენტური კრიზისი". იგი გამოიწვია პალეოლითური მონადირეობის საკმაოდ მაღალმა დონემ. მეოთხე ეკოლოგიური კრიზისი უკავშირდება ნიადაგების დამლაშების გამო მიწის სავარგულების დეგრადაციას. მას „პროდუცენტული კრიზისი" ეწოდება. იგი ამ ორი ათასი წლის წინ იყო გამეფებული.

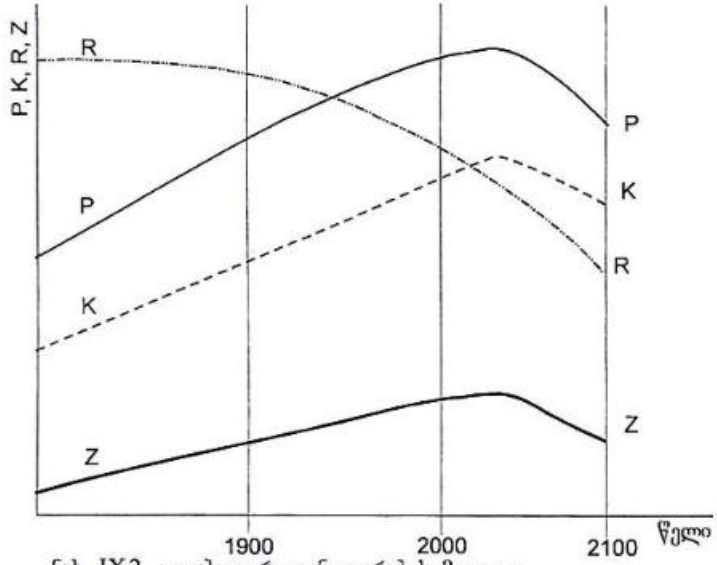
თანამედროვე ეკოლოგიური კრიზისი პროდუცენტების დაბინძურებითა და მინერალური რესურსების დეფიციტითაა გამომჟღავნებული, რომელიც ამ 150-350 წლის წინ დაიწყო. გლობალური თერმოდინამიკური (სითბური) კრიზისი XX საუკუნის შუა წლებიდან მომდინარეობს. თანამედროვე გლობალური კრიზისი ეკოლოგიურ სისტემებზე ახდენს ზემოქმედებას.

აღსანიშნავია, რომ ყოველი ეკოლოგიური კრიზისი ადამიანთა საზოგადოებისაგან საპასუხო რეაქციებს, ანუ დამბალანსირებელ რევოლუციებს იწვევდა. ასე, მაგალითად, კონსუმენტური კრიზისის საპასუხოდ ადამიანმა სამეურნეო წარმოება გააჩაღა, ხოლო ნიადაგების დეგრადაციის გამო პრიმიტიული სარწყავი სისტემები აამოქმედა, მინერალური რესურსების დეფიციტმა კი ადამიანი ალტერნატიული ენერგეტიკული წყაროების გამოძებნამდე მიიყვანა. ამჟამად, გლობალური კრიზისის ეპოქაში, საზოგადოება ცდილობს ეკოლოგიური დაგეგმარების პრინციპებით იმოქმედოს.

ამჟამად ცნობილია გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების მოდელირებისა და პროგნოზირების მრავალი ცდა, რომელთა დიდი ნაწილი რთული მათემატიკური მოდელების გამოყენებას ემყარება. ამგვარი მიდგომით ბუნებას განიხილავენ როგორც ერთმანეთთან დაკავშირებულ და მრავალი ურთიერთგარდამქმნელი ფაქტორებისაგან შემდგარ რთულ სისტემას. მოდელირების შედეგად მიღებული პროგნოსტიკული შედეგებით ცალსახად აღიარებულია გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების შედარებით ახლო მომავალში სრული ბალანსირებული მდგომარეობის ჩამოყალიბება. ცხადია, რომ გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის ბალანსირება გულისხმობს ეკონომიკური და დემოგრაფიული ასპექტების მდგრადი განვითარების მიღწევას.

ამჟამად გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების მრავალი პროგნოსტიკული მოდელია შემუშავებული. მათ შორისაა ფორსტერ-მიდოუზის მოდელი, რომლის მიხედვით ბუნებრივი გარემოსა და ადამიანთა საზოგადოების თანაარსებობა წარმოდგენილია განტოლებათა სისტემის სახით, რომელიც ითვალისწინებს ოთხი ცვლადი ფუნქციის დროითი დინამიკის ასახვას. ცვლადებად ჩათვლილია დედამიწის მოსახლეობა (P), კაპიტალი ანუ ძირითადი ფონდები (K), დედამიწის ამოწურვადი ბუნებრივი რესურსები (R) და გაბინძურების (Z) მაჩვენებელი. იგულისხმება, რომ ოთხივე კომპონენტების ურთიერთგავლენები ბუნებრივი პროცესების სახით მიმდინარეობს.

აღნიშნული მოდელირების საფუძველზე მიღებულია 2100 წლამდე დედამიწის გლობალური განვითარების (ნახ. IX.2) ნათელი სურათი. როგორც ჩანს, მსოფლიოს



ნახ. IX.2. გლობალური განვითარების მოდელი.
P–მოსახლეობა; K – კაპიტალი;
R – ბუნებრივი რესურსები; Z – გაბინ' ურება

მოსახლეობა XXI საუკუნის პირველ მეოთხედში კვლავინდებურად გაიზრდება. ამავე დროს, მოდელის თანახმად ადგილი აქვს ამოწურვადი ბუნებრივი რესურსების, ერთი მხრივ, გამოლევადობასა და, მეორეც – მათი თვითღირებულების ზრდას. ამავე მოდელის მიხედვით მოსახლეობა 2025 -2100 წლებში თითქმის 2 მილიარდით შემცირდება და 4 მილიარდი კაცი გახდება. გარემოს გაჭუჭყიანების დონე კი XXI საუკუნის შუა წლებამდე ჯერ გაიზრდება, ხოლო შემდეგ მოსახლეობისა და ბუნებრივი რესურსების კლების გამო, თანდათანობით შემცირდება. მოდელის ხელოვნურად შეცვლის (მოსახლეობა უცვლელად ჩაითვალა, ბუნებრივი რესურსების გამოყენებისა და გაჭუჭყიანების სიდიდეები კი შეიზღუდა) შედეგად პროგნოსტიკულმა მოდელმა მიიღო „გლობალური წონასწორობის“ იერსახე. აღსანიშნავია, რომ სინამდვილეში გარემოსა და ადამიანთა საზოგადოებას შორის ასეთი თეორიული შედეგის – წონასწორობის მდგომარეობის მიღწევა საკმაოდ ძნელი წარმოსადგენია და პრაქტიკულად თითქმის შეუძლებელი.

მეორე „კიბერნეტიკული“ (მესაროვიჩ-პასტელის) მოდელის მიხედვით გარემოსა და საზოგადოების ურთიერთთანაარსებობის პროგნოზის მისაღებად მსოფლიოს ქვეყნები ორ ჯგუფადაა დაყოფილი. დაყოფის საფუძვლად ამ ქვეყნების სოციალურ-ეკონომიკური დონეებია აღებული. მიღებული პროგნოსტიკული მოდელის მიხედვით, დედამიწის მთელი რიგი ქვეყნების ეკონომიკური განვითარების არსებული ტემპების შენარჩუნების პირობებში, ეკოლოგიური კატასტროფა მოსალოდნელია არა XXI საუკუნის ბოლოს (ფორსტერ-მიდოუზის მოდელი), არამედ გაცილებით ადრე და, ამავე დროს, თითოეულ რეგიონში არსებული ფაქტორების გათვალისწინებით, ეკოლოგიური კატასტროფის საწყისი ეტაპი შეიძლება დროში რამდენადმე გადაადგილდეს კიდევაც. იმავე მოდელის თანახმად, გლობალური კრიზისი უკვე დაიწყო XX საუკუნის 70-80-იან წლებში. იგი გამოიხატა მოსახლეობის ნაწილის უბინაობით, ბავშვთა სიკვდილიანობის ზრდით, შიმშილით, განათლების დაბალი დონითა და სხვა ფაქტებით.

პროგნოსტიკული მოდელების ანალიზით შესაძლებელია „გლობალური წონასწორობის“ სისტემის აღქმა. ამგვარი სისტემის მიხედვით შეიძლება წარმოვიდგინოთ მსოფლიოს „კომფორტული მდგომარეობა“, რომლის ოპტიმალური პარამეტრების მნიშვნელობებია: მოსახლეობა – 5 მლრდ. კაცი; ბუნებრივი რესურსების თავისებურებისა და გარემოს გაბინძურების მაჩვენებელი 1970 წლის შესაბამისი სიდიდეების მერვედი დონეა; ოჯახის წევრთა სასურველი რაოდენობა 4 სულია.

ეკონომიკურ-ეკოლოგიური სისტემების ელემენტებს შორის მუდმივი კავშირების დაშვების გამო, აღნიშნული მოდელები შეიძლება არასრულყოფილად წარმოვიდგინოთ. მართლაც, კაცობრიობის განვითარების ისტორია გვიჩვენებს, რომ ეკონომიკის მსვლელობა მუდმივი ხარისხობრივი ცვლილებით ხასიათდებოდა. მომავლის ეკოლოგიურ-ეკონომიკური მოდელის წარმოდგენა, აღნიშნული პროგრესული ცვლილებების გაუთვალისწინებლად, მხოლოდ პირობით ხასიათს ატარებს და კაცობრიობის არარეალურ მომავალს ახასიათებს.

თანამედროვე პირობებში, გლობალური ეკოლოგიური კრიზისის „ვადამდელი“ დადგომა კაცობრიობის შესაძლებელი საფრთხეების რეალიზაციასთანაა დაკავშირებული. ერთ-ერთ მთავარ საფრთხეს თერმობირთვული ომი წარმოადგენს. გამოთვლებით დადგენილია, რომ თერმობირთვული ომის შემთხვევაში და პოსტატომური ეპიდემიების შედეგად მსოფლიოს მოსახლეობის ნახევარზე მეტი დაიღუპება. კატასტროფის წინაშე დადგება ადამიანთა საცხოვრისი გარემო, მცენარეულობა, ცხოველთა სამყაროს დიდი ნაწილი, უვარგისი გახდება ნიადაგების უდიდესი ფართობები. ამიტომ მსგავსი კატასტროფის შედეგები უშუალოდ უკავშირდება ბიოსფეროს ბედს. სავარაუდოა, რომ ცოცხალ ორგანიზმებს განსაკუთრებული საფრთხე ელის პოსტთერმობირთვული კლიმატის გლობალური ცვლილებისაგან, რომელსაც ალბათ კატასტროფული ხასიათი ექნება.

გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფები დედამიწისათვის უცხო არ არის. ცნობილია გეოლოგიური წარსულის გლობალური ეკოლოგიური კრიზისები, რომელთა შედეგები ცხოველთა სამყაროსა და მცენარეულობის განადგურებით მთავრდებოდა. ამ მხრივ, აღსანიშნავია 65 მლნ. წლის წინანდელი დედამიწისა და მსხვილი კომეტის ორბიტების გადაკვეთა, რასაც დინოზავრების გადაშენება მოჰყვა. სრულიად უვარგისი გახდა ცოცხალი ორგანიზმების საცხოვრებელი პირობებიც. მათ აღდგენას რამდენიმე მილიონი წელიწადი დასჭირდა. თერმობირთვულ ომს

უფრო მეტი კატასტროფის მოტანა შეუძლია. ცოცხალი ორგანიზმების ამოწყვეტასთან ერთად ატომურ კატასტროფას შეუძლია მთლიანად გაანადგუროს განვითარებული ნოოსფეროს შექმნის, ანუ ბიოსფეროს ხანგრძლივად არსებობისა და ადამიანთა საზოგადოება – ნოოცენოზის მართვად-რეგულირებადი სისტემის, შორეულ მომავალშიც კი არსეობობის პერსპექტივა.

აღნიშნული კატასტროფების წარმოდგენა ბიოსფეროს მომავალზე სახარბიელოს ვერაფერს გვპირდება. თერმობირთვული კატასტროფის თავიდან აცილების შემთხვევაში, რაც უშუალოდ საზოგადოებაზეა დამოკიდებული, გარემო და საზოგადოების ურთიერთობაშიც არსებობს მომავლის არასახარბიელო განვითარების პერსპექტივა. ამ მდგომარეობის თავიდან აცილება ადამიანთა საზოგადოების გარემოზე შეზღუდული ზემოქმედების შეგნებულ-რეგულირებადი დატვირთვების აღიარებითაა შესაძლებელი. ამავე დროს, უნდა გვესმოდეს, რომ ბუნებრივი ციკლის – „ადამიანი-ბუნება“ ცალმხრივი დამოკიდებულებიდან აუცილებელია ორმხრივ ადაპტაციაზე (კოევოლუცია) გადასვლა. იგი გულისხმობს ადამიანთა საზოგადოების რაციონალურ გარდაქმნას, მის შეგუებას ობიექტურ ბუნებრივ გარემოსთან და საზოგადოებრივი წარმოების განვითარებას ეკოლოგიური შეზღუდულობის გათვალისწინებით. საზოგადოებისა და ბუნების ურთიერთობის ხარისხის განმსაზღვრელი ერთ-ერთი ძირითადი ფაქტორი სწორედ ჯანსაღი მოსახლეობაა, საღი გონება, დღეგრძელი და შინაარსიანი სიცოცხლეა.

დასკვნები

1. გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების გამაერთიანებელი და ერთ-ერთი უმთავრესი მექანიზმით აღჭურვილი სისტემა – ბიოსფერო ანუ ცოცხალი ორგანიზმები, ენერგიის განსაკუთრებულად აქტიური წყარო, წარმოადგენს რა დედამიწის ზედაპირზე ნივთიერებათა მასების გარდაქმნისა (ტბების გაბარდვა, მარჯნის ნაგებობის გაჩენა, გამოფიტვისა და ნიადაგწარმოქმნის მიმდინარეობა, ქანების წარმოქმნა, მზის ენერგიის დაგროვება და ხანგრძლივი კონსერვაცია) და გადაადგილების მამოძრავებელ ძალას, თავისი „საქმიანობის“ წარმართვას ახორციელებს ეგზოგენური პროცესების მსვლელობის თანაზომიერად, მოიცავს თავის მიერ გარდაქმნილ ლანდშაფტური გარსის მნიშვნელოვან ნაწილს და ორგანიზმების თვისებრივი ფუნქციების საყოველთაო (ფართო) გავრცელებულობის ნიშნებით (გამრავლების უნარით) ხასიათდება.

2. ორგანული სამყაროს როლი გეოგრაფიულ გარსში არა მარტო მისი მასით, საყოველთაო გავრცელებითა და თვისებრივი სპეციფიკურობითაა განსაზღვრული, არამედ სახეზეა მისი არსებობის ფორმათა უსასრულო მრავალფეროვნება და საკმაოდ არაერთგვაროვანი გარემოს მიმართ სივრცე-დროითი ცვლილებების მიხედვით შეგუებლობის უნარი, რომლის ჩამოყალიბება გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურულ-დინამიკური თავისებურებების ჩამოყალიბების ხანგრძლივი პროცესის შედეგია.

3. ბიოსფეროს უმთავრესი ელემენტი – მცენარეული საფარი იმყოფება რა მჭიდრო კავშირში გარემოს კომპონენტებთან, აშკარაა მათი ურთიერთკავშირებისა და ურთიერთგანპირობებულობის ნიშნები, რომელიც თავის ასახვას პოულობს მცენარეულობის სახეობრივი და რაოდენობრივი მაჩვენებლების, კლიმატური პირობების ურთიერთგანსაზღვრულობისა და მცენარეულობის, როგორც კლიმატწარმომქმნელი

ფაქტორის გავლენით, ჰავის ჩამოყალიბების ბუნებრივ მსვლელობაში.

4. გეოგრაფიული გარსის კანონზომიერ მრავალფეროვნებაში აღბეჭდილია რა განედურობის დაღი (კვალი) როგორც ბუნების კომპონენტების არაცოცხალ კომპლექსებზე, ისე ბიოსფეროს უმთავრეს (მცენარეულობა, ცხოველთა სამყარო) ელემენტებზე, სახეზეა მათი ზონალური გავრცელებულობა, მიგრაციული ასპექტები, კვებისა და ცხოველქმედების ნიშნები, გარემოსადმი ადაპტაციის უნარი — საბოლოო ჯამში, ბიოსფეროსა და ბუნებრივი პირობების ერთიან-მთლიან სისტემად ჩამოყალიბებას განსაზღვრავს.

5. მცენარეულობასთან დაკავშირებული ნიადაგური საფარი, გარემო პირობების კანონზომიერი სივრცობრივ ცვლილებასთან ერთად, ისე აშკარად ამჟღავნებს მათი ტიპების ზონალურ გავრცელებას, რომ მცენარეული ზონები — კლიმატური და ნიადაგური ზონალურობის ამრეკლავია, ხოლო ამ უკანასკნელთა ტიპების შემცველი ფაქტორების (მაგ., რელიეფი) შედეგად სახეზეა სიმაღლობრივი სარტყლურობის გამოვლინება.

6. მცენარეულობათა თანასაზოგადოების რაიმე ტიპების დედამიწის ზედაპირზე არათანაბარი გაფანტვა ხასიათდება არა მარტო მათი საერთო (მსგავსი) ნიშნებით, არამედ სახეზეა განმასხვავებელი თვისებების არსებობაც, რაც გამოიხატება როგორც ერთგვაროვანი ეკოლოგიური კონსტრუქციის (მსგავსება), ისე ფლორისტიკული შემადგენლობის (სხვაობა) თავისებურებებით და განსაზღვრულია მთლიანი ფიტოცენოზისა აგრეთვე, ცალკეული სახეობების განვითარების ისტორიის სხვადასხვაობით.

7. დედამიწის ცხოველთა სამყაროს, ისე როგორც მცენარეულობის დამოკიდებულება გეოგრაფიული გარსის ელემენტების მიმართ გამოხატულია ჰავის, ნიადაგებისა და ორგანიზმთა თანასაზოგადოების მჭიდრო კავშირებით, თუმცა თავისი აქტიური გადაადგილების უნარით, მოკლებულია რაიმე არეალზე „მიჯაჭვულობას", შესაძლებლობა აქვს ადვილად გაიფართოოს სასიცოცხლო პირობები, რომელთა საზღვრები ეკოლოგიური ვალენტურობითაა განსაზღვრული.

8. გეოგრაფიული გარსის ელემენტებისა და ცხოველთა სამყაროს შორის კავშირები ამ უკანასკნელის ადაპტაციური უნარითაა შეპირობებული, რომელიც მისი შეფარდებითი ღირებულებით ანუ მხოლოდ მკაცრად ლიმიტირებული გეოგრაფიული ჩარჩოების აშკარა მიზანშეწონილობითაა განსაზღვრული, რაც განაპირობებს გარემოსა და ცხოველებს შორის დამოკიდებულებებს: მფარველობითი ფერი (ფორმა), სხეულის იერსახე, კიდურების მოწყობილობა, ქცევა, სასიცოცხლო რიტმები.

9. ცხოველები არათუ დამოკიდებულნი არიან გარემოზე, არამედ აშკარაა მათ მიერ ამ უკანასკნელის შესამჩნევი გარდაქმნა, რაც გამოხატულია მცენარეთა გაჩანაგებაში, მტაცებელთა მიერ სხვა ცხოველთა განადგურებაში, ნიადაგის მექანიკურ და ქიმიურ გარდაქმნაში, ნაგებობათა აგებაში (ტერმიტები, მარჯნები), ლითოგენეზში და ა.შ. თუმცა ჰავის, მცენარეულობისა და ნიადაგების კანონზომიერი გავრცელების კვალდაკვალ სახეზეა ცხოველთა ბიოლოგიური ტიპების ზონალურობა, რაც განპირობებულია იმავე ზონალური ბუნების მქონე — გარემოსადმი ადაპტაციის მკვეთრად გამოვლენილი უნარით.

10. ცხოველთა სამყაროს ბუნებრივ წყლებთან დაკავშირებული ნაწილი — ჰიდროსფეროს გეოგრაფიული ასპექტების ხელშეწყობით, პრინციპულ გეოგრაფიულ

კანონზომიერებებსაა დამორჩილებული, რომელშიც ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი ადაპტაციის კანონის საყოველთაო გამოვლინებაა, თუმცა მისი ფორმები და შეგუების გზები წყლის გარემოს მიმართ მოთხოვნილების მიხედვითაა ფორმირებული, ხოლო ამ კავშირების სიძლიერე ოკეანის ზედაპირიდან ორივე მიმართულებით თანდათანობით კლებულობს და გეოგრაფიული გარსის გარე საზღვრებთან სრულიად ქრება კიდეეაც.

11. სისტემის – ადამიანი-ბუნება ურთიერთობის ანთროპოგენური დატვირთვების ეპოქაში, მოსალოდნელი გლობალური ეკოლოგიური კრიზისების მასშტაბებისა და პოსტკრიზისული გარემოს მეტად არასახარბიელო მდგომარეობის თავიდან აცილების მიზნით, და მსოფლიოს ,,კომფორტული მდგომარეობის'' ოპტიმალური პარამეტრების გათვალისწინებით ე. წ. კოევოლუციური (ორმხრივი ადაპტაცია) პრინციპის ამოქმედება – საზოგადოების რაციონალური გარდაქმნა და ეკოლოგიური შეზღუდულობის მიხედვით გარემო პირობებთან შეგუება განსაზღვრავს აღნიშნული სისტემის ურთიერთობის ხარისხის წარმმართველ ფაქტორებს: ჯანსაღ მოსახლეობას, სალ გონებას, დღეგრძელ და შინაარსიან ცხოვრებას.

თავი X. გეოგრაფიული გარსის ერთიანობა და მთლიანობა

ზოგადი ცნობები – გეოგრაფიული გარსის სისტემური ასპექტები. განვითარებისა და ერთიანობა-მთლიანობის კანონები. ერთიანობა-მთლიანობის კანონის მნიშვნელობა. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები – გეოგრაფიული გარსის სისტემური ასპექტები. ზოგადი დედამიწისმცოდნეობის შესწავლის ობიექტის – ბუნებრივი გარსის სისტემური ნიშან-თვისებების შესახებ, უკვე მივუთითებდით სახელმძღვანელოს შესავალ ნაწილში. მკითხველისათვის ცნობილია, რომ ნებისმიერი სისტემა წარმოადგენს რა ელემენტების სიმრავლეს, მათ შორის მჭიდრო ურთიერთკავშირებით ხასიათდება. თუმცა ნებისმიერი სიმრავლე სრულებითაც არ ნიშნავს მწყობრი სისტემის არსებობას. მხოლოდ საგნებისა და მოვლენების, ყოველ მოცემულ სიმრავლეში, ელემენტებს შორის ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ჩამოყალიბებული მჭიდრო კავშირები განაპირობებენ სისტემის ფორმირებას. ამავე დროს, ასეთ სისტემებში მოქცეულ ელემენტებს თავიანთი ფუნქციები აქვთ დაკისრებული, რომელთა შესრულებას ისინი მტკიცედ იცავენ. აქედან გამომდინარე, სისტემა ელემენტების არა უბრალო ალგებრული ჯამია, არამედ მათ შორის არსებული ორგანული კავშირებით შეკრული წარმონაქმნია, რომელსაც კანონზომიერი სირთულე ახასიათებს.

ბუნებრივად წარმოქმნილი სისტემის არსებითი მომენტი – მისი სტრუქტურულობაა, ანუ აღნაგობის გამოხატვაა, რაც ელემენტებს შორის ურთიერთშეკავშირებითაა განსაზღვრული. ამდენად, სისტემის შემადგენელი ელემენტების (კომპონენტების) თვისებები და შედგენილობა, თვით ამ სისტემის ხასიათის განმაპირობებელი ფაქტორებია.

გეოგრაფიული ობიექტების შესწავლის საქმეში სისტემურ მიდგომას საკმაოდ წარმატებით იყენებენ. სისტემების შესახებ ზოგადი თეორიის საგანი, სწორედ სხვადასხვა ტიპის სისტემის მეთოდოლოგიური პრინციპების შესწავლაცაა. მას იყენებენ საკმაოდ რთული ობიექტების ანალიზისა და სინთეზისათვის. ამ მხრივ, ნებისმიერი გეოგრაფიული ობიექტი, რაიმე კონკრეტული სისტემით სრულებით არ შემოიფარგლება. ამიტომ ფორმალური აპარატით შესაძლებელია რთული ობიექტების (სისტემების) ერთიანი მათემატიკური აღწერა, რომელიც თეორიული კიბერნეტიკის პრობლემატიკასთანაა დაკავშირებული და იყენებს მოდელირების ან ანალოგის მეთოდებს.

გეოგრაფიული გარსი – ეს ურთულესი ბუნებრივი წარმონაქმნი, საგნებისა და მოვლენების კანონზომიერი გავრცელებისა და ფართო გამოვლინების არეალია. თუმცა საგნების შესახებ ფაქტების დაგროვება და, ან კიდევ მათი ერთობლიობაში წარმოდგენა, სრულებით არ იძლევა სისტემის მეცნიერულ აღქმას. ცხადია, რომ ცნობები ფაქტების შესახებ თეორიულ გამდიდრებას მოითხოვს, რომლითაც შესაძლებელია ობიექტების არსებობის, გავრცელებისა და განვითარების კანონზომიერებათა დადგენა. თანამედროვე ეტაპზე გეოგრაფიული მეცნიერების ძირითად

ამოცანას, სწორედ ამ პრინციპების შესწავლა წარმოადგენს. განვითარებისა და მოვლენათა საყოველთაო კავშირების შესახებ კანონების დადგენა, გეოგრაფიული ინტერპრეტაციისა და განზოგადების შემდეგ ლანდშაფტური გარსის მთლიანობის კანონის სახეს ღებულობს.

ამგვარად, ბუნების მრავალფეროვნების შესახებ დაგროვილი ცოდნის მიხედვით სრულებითაც არ არის საეჭვო, რომ გეოგრაფიული გარსი საგნებისა და მოვლენების შემთხვევითი დაგროვება კი არა, არამედ მათი კანონზომიერი განლაგებით, ელემენტების სიმრავლითა და სტრუქტურის მრავალფეროვნებით, ურთიერთ-კავშირებითა და ურყევი მთლიანობით ხასიათდება. ამავე დროს, თითოეული კომპონენტი და მოვლენა არა მარტო მჭიდროდაა ურთიერთდაკავშირებული და ურთიერთდამოკიდებული, არამედ ერთმანეთის განმსაზღვრელი და ერთმანეთისაგან გამომდინარე ასპექტები გააჩნია. ცხადია, რომ ბუნების არც ერთი მოვლენა ცალკე, მეორე მოვლენისაგან ან კიდევ მოვლენათა ჯგუფებთან კავშირის გარეშე არ განიხილება.

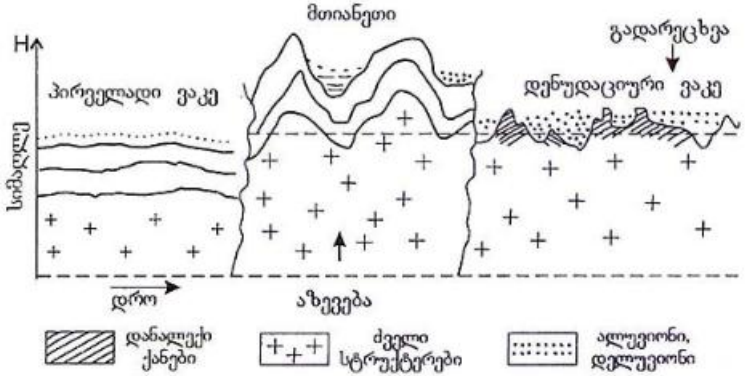
ლანდშაფტური გარსის ყოველი კომპონენტის (რელიეფი, ნიადაგი, წყლები, მცენარეულობა, ჰაერი და ა.შ.) წარმოშობა და განვითარება, შეიძლება ითქვას — არსებობა მიმდინარეობს ბუნებრივი კანონზომიერებების გავლენით. თუმცა, ამავე დროს, კომპონენტები იზოლირებული და ერთმანეთისაგან გამოცალკევებულ მდგომარეობას კი არ იკავებენ, არამედ მუდმივი ზემოქმედების ქვეშ იმყოფებიან და, ამასთან ერთად, საპასუხო რეაქციას ამჟღავნებენ.

ამდენად, ბუნებრივი სისტემების კომპონენტების ურთიერთმოქმედება, ერთიანი გარსის ჩამოყალიბებას განაპირობებს, რომელშიც ყოველი ცალკე აღებული ნაწილი ერთმანეთზეა დამოკიდებული. სისტემის ერთიანობა კი საყოველთაო ხასიათისაა და მოიცავს გეოგრაფიული გარსის ყველა რგოლს, რომელიც ბუნებრივია, ერთიან და მთლიან სისტემას წარმოქმნის. ამიტომ ბუნება და ბუნებრივი გარემო, როგორც ერთიანი, მთლიანი და საყოველთაო კავშირების მქონე წარმონაქმნი, სისტემური ზოგადი თეორიის ძირითადი თავისებურებებით ხასიათდება.

განვითარებისა და ერთიანობა-მთლიანობის კანონები. სისტემური ასპექტების გათვალისწინებით, დედამიწაზე და მით უმეტეს მის გეოგრაფიულ გარსში ელემენტებისა (საგნების) და მოვლენების განუწყვეტელი გარდაქმნა მიმდინარეობს. ბუნების ნებისმიერი სურათი, რომელიც დღეს ჩვენ წინაშეა გადაშლილი, წარსულში თუ სხვაგვარი ნიშნებით ხასიათდებოდა, მომავალში თავის იერსახეს სრულიად შეიცვლის. ამავე დროს, ბუნების მარადიულობისა და დროში უსასრულობის მიუხედავად, მისი ცალკეული ნაწილები წარმავალია: ბუნების ელემენტები წარმოიქმნებიან, ვითარდებიან (სახეს იცვლიან) და იღუპებიან, ანუ სხვა საგნებად გარდაიქმნებიან. ასე, მაგალითად, მთიანი ქვეყნების ბედი ვაკეებად გადაქცევაა; ვაკეების ადგილზე შესაძლებელია მთიანეთების წარმოქმნა; ხმელეთს თანდათანობით ზღვა ფარავს, ხოლო ზღვის ფსკერის ადგილზე, ხმელეთის გაჩენა — ბუნებრივი მოვლენაა; ხანგრძლივ გეოლოგიურ ეპოქათა განმავლობაში ადგილი აქვს ძველი ორგანული სამყაროს გადაშენებასა და ახალი სახეობების წარმოქმნას... აღნიშნული მარტივი და რთული გარდაქმნები სხვა არაფერია, თუ არა სისტემის ელემენტების გარდაქმნა, რომელიც დროში რაიმე სივრცისათვისაა დამახასიათებელი. როგორც ჩანს, საგნების მოძრაობა და სივრცეში გადაადგილება, სისტემის ფრიად დამახასიათებელი თვისება, მისი ჩვეული ნიშანია. დროის მოკლე ინტერვალში

შენიშნული ყოველგვარი სიმშვიდე და წონასწორობა მხოლოდ მოჩვენებითი და შედარებითი მნიშვნელობისაა.

ბუნებაში შენიშნული საგნების (ელემენტების, კომპონენტების) მოძრაობა, ან კიდევ მიმოქცევები მოვლენათა უბრალო განმეორების სახით გვევლინება: ვაკეების აზევებას ხომ მთიანეთების ფორმირება მოსდევს, ხოლო ხანგრძლივი გადარეცხვა მთებს ისევ თავდაპირველ იერსახეს უბრუნებს. მაგრამ სინამდვილეში ამ უბრალო განმეორებას სრულებით ახალი, დამატებითი ნიშნებით გამდიდრებული თვისებების მქონე ობიექტების ფორმირებას აქვს ადგილი. მართლაც, რელიეფის თავდაპირველ (ვაკე) და საბოლოო (ვაკე) მდგომარეობათა შორის, გარეგანი მსგავსების მიუხედავად, დიდი განსხვავება შეინიშნება. კერძოდ, დენუდაციური ვაკის (საბოლოო ეტაპი) აგებულებაში პირველადი ვაკისაგან განსხვავებით, უფრო ღრმა (ნახ. X.1) და საკმაოდ რთული სტრუქტურის მიწის ქერქი მონაწილეობს, რომლის გაჩენა წინამორბედი ეტაპის მთათა წარმოშობასა და ღრმა ფენების დანაოჭებული ქანების ამომზეურებასთანაა დაკავშირებული.

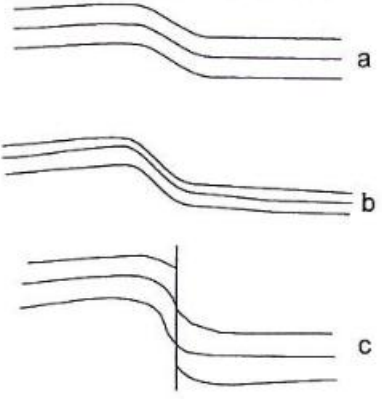


ნახ.X.1. რელიეფის განვითარების ეტაპები

ამდენად, სისტემის ელემენტების ცვლილება მიმართული (წინსვლითი) ხასიათისაა, რასაც თან ახლავს მისი შემადგენლობისა და კავშირების გართულება. ამგვარ მოძრაობას სისტემების (გეოგრაფიული ობიექტების, ან ლანდშაფტური გარსის) განვითარებას უწოდებენ.

მოვლენათა განვითარების უმნიშვნელოვანესი ფაზა სისტემის ნახტომისებური გარდაქმნაა. ესაა უმნიშვნელო და ფარული რაოდენობრივი ცვლილებების ძირეული, ღია და თვისებრივ ცვლილებებში გადასვლა. თავდაპირველად ობიექტი, რაოდენობრივი დატვირთვის გამო, უმნიშვნელო თვისებრივ ცვლილებას განიცდის, რომელიც თითქმის მის სტაბილურობასა და წონასწორობაზე მეტყველებს. მაგრამ, ამავე დროს, ობიექტს მუდმივობისა და მდგრადობის, თუნდაც ოდნავ შესამჩნევი ხარისხობრივი გარდაქმნა ახასიათებს, რაც სისტემის თვისებრივ ცვლილებაზე მიუთითებს. უნდა ვივარაუდოთ, რომ ბუნებრივი ობიექტების ხარისხობრივი ცვლილებებით გამოწვეული თვისებრივი გარდაქმნები, დროსა და სივრცეში, არათანაბარი ინტენსივობითა და გავრცელებით ხასიათდება. მართლაც, ბუნების კომპონენტების ცვლილებების ერთი ნაწილი (ამინდის ცვლა) საკმაოდ სწრაფად (რამდენიმე საათი) მიმდინარეობს, ხოლო სხვა მოვლენები (ოროგენეზისი, გამყინვარება)

ათასეული და მილიონობით წლების განმავლობაში ინარჩუნებენ თავიანთ უცვლელ მუდმივობას. თუმცა მოვლენათა ნახტომისებური გარდაქმნის მაგალითებიც უამრავია. მათ შორისაა: ორგანიზმების სახეობის წარმოქმნა ან გადაშენება, ფლექსურის გადასვლა (ნახ. X.2) ნასხლეტში, ქანების დრეკადი დეფორმაციის (ენერგიის დაგროვებით) უეცარი გადასვლა ბიძგებში, მეწყრული მოვლენები თუ წყლის ფაზური (აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლა) გადასვლები და ა.შ.



ნახ.X.2. ფლექსურის (a და b) გადასვლა ნასხლეტში (c)

გეოგრაფიული ობიექტების ყოველი ახალი თვისება მიმართულია ძველი ნიშნების საწინააღმდეგოდ და მათი უარყოფის (მთები→ვაკე, ხმელეთი→ზღვის ფსკერი, ტყე→მინდორი) ხასიათი გააჩნია. ამასთან, ძველი ნიშნების უარყოფა მოვლენების უბრალო გადასვლა როდია: იგი ყოველი მოვლენის ან ობიექტის მახასიათებელი ნიშანია, რომელიც ოდნავ შესამჩნევი თვისებით იმყოფება წინამდებარე პროცესში და, თანდათანობითი გარდაქმნის გზით, ბოლოს და ბოლოს გაბატონებულ მნიშვნელობას ღებულობს. აღსანიშნავია, რომ ყოფილ და არსებულ ნიშნებს შორის შემჩნეულ თანმიმდევრობას მემკვიდრეობითი მონაცვლეობის თვისება გააჩნია. ასე, მაგალითად, დედამიწის გეოლოგიური ციკლების მსვლელობაში ამგებელი ქანების ყოველი ახალი წარმონაქმნი სხვა არაფერია, თუ არა ძველი ნიშან-თვისებების ძირეული ნგრევა და მისი მნიშვნელოვანი ხარისხით გარდაქმნა.

ბუნების საგნებსა და მოვლენებს ყოველთვის გააჩნიათ თავიანთი დადებითი და უარყოფითი მხარეები, გარდასული (მოძველებული, დრომოჭმული) და მზარდი (ახალი) მახასიათებლები, რომლებიც ერთმანეთთან წინააღმდეგობრივ ურთიერთობაში იმყოფებიან. ასე, მაგალითად, ეროზიის გარეშე არ არსებობს აკუმულაცია, სიცოცხლის გარეშე – სიკვდილი, ციკლონის გარეშე – ანტიციკლონი. შინაგანი წინააღმდეგობრივი ურთიერთობით წარმოქმნილი ამ დაპირისპირებული ტენდენციების დაჯახებებით განისაზღვრება პროცესის (მოვლენის) მიზეზი და შინაარსი. ნებისმიერი გეოგრაფიული ობიექტის მცირეოდენი სტრუქტურული განსხვავება უკვე წინააღმდეგობის ნიშნების მატარებელია და შინაგანი დაპირისპირებითაა შეპირობებული.

ამდენად, შინაგანი წინააღმდეგობითა და დაპირისპირებით გამოხატული ცვლილებები, გეოგრაფიული ობიექტების მამოძრავებელი ძალაა, მოვლენათა განვითარების მაჩვენებელია. როგორც ჩანს, ბუნებრივი პროცესების განვითარების საფუძველი დევს არა მარტო შინაგან წინააღმდეგობასა და საგნებს შორის ურთიერთდაპირისპირებაში, არამედ მათი მიმდინარეობა საგნების (ობიექტების, მოვლენების) შინაგანი სტრუქტურული ნიშან-თვისებების სისტემური ასპექტებითაცაა (შემადგენლობის სივრცე-დროითი ფაქტორი) გამოხატული.

განხილული მასალიდან ჩანს, რომ გეოგრაფიული გარსის ცალკეულ შემადგენელ ნაწილებს შორის ნივთიერებისა და ენერგიის განუწყვეტელი მიმოცვლა მიმდინარეობს.

სწორედ ამ მოვლენითაა განპირობებული გეოგრაფიული გარსის ერთიანობა. მართლაც, ერთიანი ბუნებრივი სისტემის ჩამოყალიბება მისი კომპონენტების ურთიერთმოქმედებითაა გამოწვეული, რომელშიც მთლიანი წარმონაქმნის ყოველი ცალკეული ნაწილი ერთმანეთზეა დამოკიდებული და ურთიერთგავლენის, კონტროლისა და ყურადღების ქვეშ იმყოფებიან.

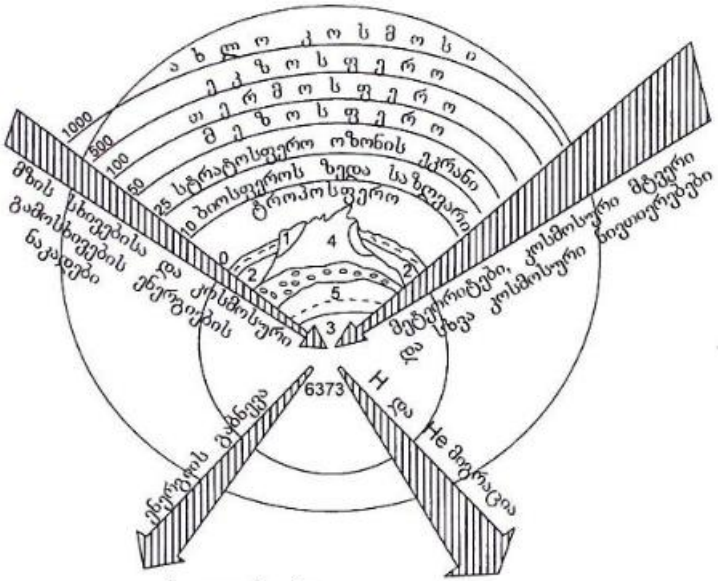
ჩანს, რომ ბუნებრივი სისტემის ერთიანობა იმდენად მტკიცე და ნათელია, რომ ის საყოველთაო ხასიათს ატარებს. ამდენად, გეოგრაფიული გარსი არათუ ერთიანი, არამედ მთლიანი წარმონაქმნიცაა. აქედან გამომდინარე, მას ერთიანი და მთლიანი სისტემის ნიშნები უნდა ჰქონდეს. მართლაც, თუ დავუშვებთ ანტარქტიდის მყინვარული საფარის სწრაფად გადნობას, მიღებული წყლის მასის ოკეანეში შემოსვლის გამო, მსოფლიო ოკეანის დონე 60 მ-ით აიწევა. ამავე დროს, ადგილი ექნება სითბოსა და ტენმიმოცვლის უკვე ჩამოყალიბებული ხასიათის ძირეულ შეცვლას, მდინარეთა ეროზიული ინტენსიურობის შესუსტებასა და გეოგრაფიული პროცესების სხვა ცვლილებებს. ამ მარტივი მაგალითიდან ნათელია, რომ გეოგრაფიული გარსის, ანუ ბუნებრივი სისტემის ნებისმიერი ნაწილის რაოდენობრივი ცვლილება იწვევს მისი სხვა უბნის პარამეტრების შეცვლას.

გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების ცვლილების გადაცემა სხვა უბანზე სისტემის გარდუვალი ნიშან-თვისებაა. მისი საყოველთაობის გათვალისწინებით უნდა ვივარაუდოთ, რომ ბუნებრივ-სისტემური წარმონაქმნის კომპონენტებს საკმაოდ რთული სტრუქტურა უნდა შეესაბამებოდეს. ბუნებრივი გარსის კომპონენტები სტრუქტურული დონეების თვალსაზრისით, მართლაც მრავალფეროვანია. ამ მხრივ, უმარტივესი სტრუქტურული დონე გეოკომპონენტებს მოიცავს, რომლებიც დედამიწის შედარებით ერთგვაროვან ბუნებრივ – ნივთიერ წარმონაქმნებს წარმოადგენენ. მათ შორის გამოყოფენ მთავარ (ქანები, ჰაერი, წყლები, მცენარეულობა, ცხოველთა სამყარო) და ნაწარმოებ, ანუ გარდაქმნის შედეგად მიღებულ (ნიადაგი, მყინვარი, მზრალი გრუნტი) კომპონენტებს. მთავარ კომპონენტებს გეოგრაფიულ გარსში ძირითადი სფეროები, ანუ გეოსფეროები შეესაბამებათ. ლითოსფერო, ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ბიოსფერო ძირითად გეოსფეროებს წარმოადგენენ. მათ ფარგლებში გამოიყოფა მეორე რიგის (დამორჩილებული) გეოსფეროები – კრიოსფერო (სიცივის, ყინულის სფერო), პედოსფერო (ნიადაგის სფერო) და სხვ.

გეოგრაფიული გარსის ყველაზე უფრო რთულ სტრუქტურულ დონეს გეოსფერული დონე ეწოდება. ამ დონეების მიხედვით, გეოსფეროები იარუსებად არიან გადანაწილებული და ერთმანეთისაგან ნივთიერებათა სიმკვრივის მიხედვით განცალკევდებიან. ამასთან ერთად, დედამიწის ზედაპირიდან ღრმა ფენებისაკენ სიმკვრივის მატებას აქვს ადგილი, ხოლო სიმაღლის ზრდასთან ერთად (ნახ. X.3) ნივთიერებათა სიმკვრივე, პირიქით, კლებულობს. ამ მხრივ, მაღალი სიმკვრივით ხასიათდება დედამიწის ბირთვი, მანტია და ქერქი, ხოლო ატმოსფერო და ახლო კოსმოსური სივრცე დაბალი და უმნიშვნელო სიმკვრივის ნივთიერებებს შეიცავს.

გეოგრაფიული გარსის გეოკომპონენტების ურთიერთმოქმედების შედეგად ფორმირებული კომპლექსური წარმონაქმნები – გეოსისტემები უმაღლეს სტრუქტურულ ერთეულებს წარმოადგენენ. მარტივი გეოსისტემები (მყინვარი – ზღვის ფსკერი – ჰაერი; მდინარის წყლის ნაკადი – ხეობის კალაპოტი – გრუნტის წყლები) არაცოცხალ ნივთიერებათა ორგანიზაციის დონის ელემენტებისაგან არიან ჩამოყალიბებული. დედამიწის ზედაპირის არაერთგვაროვნებისა

და გეოკომპონენტების ურთიერთმოქმედებათა ხასიათის ცვლილების გამო, მიმდინარეობს გეოსისტემების ჰორიზონტული მიმართულებით კანონზომიერი სივრცობრივი მონაცვლეობა, რომელიც ლანდშაფტური გარსის ჰორიზონტული



1. ლითოსფერო
2. ჰიდროსფერო, მსოფლიო ოკეანე
3. ბირთვი
4. გრანიტის ფენა
5. მანტია

ნახ. X.3. დედამიწის იარუსული აღნაგობა ვ. ვერნადსკის მიხედვით (კ. გერენჩუკისა და სხვ. წიგნიდან, 1984)

სტრუქტურის ფორმირების მამოძრავებელი წინაპირობაა. მაღალი რანგის გეოსისტემები, როგორც წესი, უფრო დაბალი რანგის ნაწილების ანუ გეოსისტემებისაგან შედგება, რომლებიც დამორჩილებული როლის შემსრულებლად გვევლინებიან. გეოსისტემის ზომითი მასშტაბურობის მიხედვით სამ დონეს (პლანეტარული, რეგიონული და ლოკალური) გამოყოფენ.

გეოსისტემების პლანეტარული (გლობალური) დონე განსაზღვრულია დედამიწის სფეროსებურობითა და გეოგრაფიული გარსის სივრცობრივი შემოსაზღვრულობით. ისინი განსაზღვრავენ ფიზიკურ-გეოგრაფიული თავისებურებების სარტყლობრივ-ზონალურ ხასიათს, მოძრაობათა წრიულ, მაგრამ არადახშულ მონაცვლეობებსა და სხვა ნიშან-თვისებებს. გეოსისტემათა რეგიონულ დონეს მიეკუთვნება კონტინენტებისა და ოკეანეების ზოგადი მახასიათებელი ნიშნები, ხმელეთის რელიეფი, სითბოსა და ტენის განაწილება, ატმოსფეროს ცირკულაცია და პლანეტარული კანონზომიერების ზოგადი სურათის შემცველელი სხვა სივრცობრივი ფაქტორები. რეგიონული დონის ფაქტორებითაა შეპირობებული კონტინენტური თუ ზღვიური კლიმატური პირობები, მუსონური ცირკულაციისა თუ ჰაერის დასავლური გადატანის

გაბატონება და სხვ. რაც შეეხება ლოკალურ დონეს მათ მცირე ფართობთან (რამდენიმე ათეული კვ.კმ.) ერთად, რელიეფის პატარა დეტალების (ხეობა, ხევი, წყალგამყოფი) მიხედვით დიფერენცირებული უბნები შეესაბამება, რომლებიც ადგილობრივი ნიშნების მიხედვით (ფერდობების ექსპოზიცია, დანესტიანების ტიპი) კონკრეტული ზედაპირის დანაწევრებულ და არაერთგვაროვან ფრაგმენტებს წარმოადგენენ.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსი სხვადასხვა დონის ორგანიზაციის კომპონენტებისაგან შემდგარი, კანონზომიერად ურთიერთდაკავშირებული ერთიანი სისტემაა, რომლის სივრცობრივი იერსახე შემადგენელი ნაწილების ფიზიკური, ქიმიური და დინამიკური თავისებურებებითაა განსაზღვრული და დედამიწის გრავიტაციულ ველში ნივთიერებათა სიმკვრივის ვერტიკალური დიფერენცირების, ხოლო ჰორიზონტული მიმართულებით – მიწის ზედაპირის არაერთგვაროვნების მიხედვითაა გადანაწილებული. ამ დებულებიდან გამომდინარეობს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი დასკვნა: ბუნებრივი გარსის, როგორც სისტემის, ერთიანობისა და მთლიანობის კანონზომიერების გეოგრაფიული თვალსაზრისით აღქმა უცილობლად მიუთითებს მისი კომპონენტების არა მხოლოდ სისტემის შიგნით უბრალო არსებობაზე, არამედ უჩვენებს სისტემის სტრუქტურის ფორმირებას, ანუ გარსის ყოველი შემადგენელი ნაწილის კანონზომიერ განაწილებასა და მხოლოდ მისთვის მიჩნეულ ადგილზე მყარ დამკვიდრებას.

ერთიანობა-მთლიანობის კანონის მნიშვნელობა. გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების თვისებრიეი შემადგენლობისა და სივრცობრივ-იერარქიული დონეების კანონზომიერი დამკვიდრების აღქმა, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, საკმარისი არ არის. აუცილებელია, აგრეთვე, ბუნების კომპონენტების შინაგანი ცვლილების მასშტაბები და ინტენსიურობა, რაც მრავალი პრაქტიკული შედეგების განსაზღვრის, კერძოდ, სისტემის გარდაქმნის სიჩქარეების გამოთვლისა და პროგნოზირების საშუალებას მოგვცემს.

ცხადია, რომ გეოგრაფიული გარსის ურთიერთდაკავშირებული კომპონენტები სრულიად არაერთგვაროვანია და მათი განვითარების სიჩქარეები ერთმანეთს აშკარად არ ემთხვევა. ზოგიერთი მათგანი უფრო სწრაფად გარდაიქმნება, ხოლო სხვები, დიდი კონსერვატორულობის გამო, ნელი ცვლილებით ხასიათდება. სწორედ, ამ კონსერვატორულობის კლებადი ხარისხის მიხედვით ისინი შემდეგნაირად შეიძლება დალაგდეს: ლითოგენური საფუძველი – რელიეფი – კლიმატური მოვლენები – წყლები – ნიადაგები – მცენარეულობა – ცხოველთა სამყარო. ცხადია, რომ თითოეული მათგანი, თავისი მიმოქცევის (გარდაქმნის) სიჩქარით, არა მარტო მეზობელი საგნებისა და მოვლენებისაგან განსხვავდება, არამედ თვითონ შეიცავს განსხვავებული ინტენსიურობის მქონე ელემენტებს.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის კომპონენტები (საგნები და მოვლენები) მოძრაობის განსხვავებული ინტენსივობით ხასიათდებიან. ამ სხვადასხვაობათა განმსაზღვრელ ფაქტორებად თითოეული მათგანის შინაგანი თვისებრიობა გვევლინება. რაკი გეოგრაფიული გარსის საგნებს, მისთვის დამახასიათებელი თვისებები გააჩნია – მათი მოძრაობის ინტენსიურობაც, დინამიკურობის განსხვავებული სიდიდეებით ხასიათდება. ეს უკანასკნელი კი ხშირად ამ საგნების როგორც საკუთარი თვისებებით, ისე გარემო პრობებითაა შეპირობებული. ასე, მაგალითად, ხემცენარეულობა ნოტიო ტროპიკულ გარემოში უფრო სწრაფად იზრდება, ვიდრე ზომიერ განედებში.

ცხადია, რომ მცენარეთა სწრაფ ზრდას ხელს სითბო და სინოტივე უწყობს. ორივე მათგანი ტროპიკებში უხვადაა. ამავე დროს, გარემო პირობები ბუნებრივი პროცესის გააქტიურებასთან ერთად, ხშირად, შემაფერხებელ როლსაც კი ასრულებს.

ამდენად, გეოგრაფიული გარსის ამა თუ იმ კომპონენტს შეუძლია შეაფერხოს მეორე კომპონენტის (მოვლენის) განვითარება ან, პირიქით, უბიძგოს მას – მოახდინოს მისი ინტენსიური ზრდა-განვითარება. აღნიშნულის დამადასტურებლად შემდეგი ფაქტები გამოდგება: უდაბნოში პალმების კოროში, თავის გავლენას მხოლოდ ამ მცენარეებით დაკავებულ სივრცეზე ახდენს, საერთო ლანდშაფტის იერსახე კი უცვლელი რჩება; მდინარეების – ამუდარიასა და სირდარიას წყლების სარწყავად გამოყენებით მხოლოდ მცირე ოაზისის (ყიზილყუმი და ყარაყუმის ფრაგმენტი) შექმნა გახდა შესაძლებელი, ხოლო ამ უდაბნოთა დიდი ნაწილი შეუცვლელი დარჩა, თუმცა არალის ზღვის დონის დაწევამ გაუდაბნოების პროცესი კიდევ უფრო აქტიური გახადა. სხვა მაგალითი კი ბუნების რაიმე ელემენტის მიერ მოვლენის ინტენსიურობის ზრდასა და მის საკმაოდ გრანდიოზულ სივრცობრივ გამოვლინებას ადასტურებს: მეოთხეული მყინვარული საფარების გავრცელებამ, როგორც ჩანს, თავისი მკვეთრი ანაბეჭდი კვალი დატოვა არა მარტო მყინვარების გავრცელების არეალში, არამედ ხმელეთის ფართობის მესამედ ნაწილში, ანუ იქ, სადაც მყინვარები საერთოდ არ იყო; ამასთან, მან მსოფლიო ოკეანის დონის მნიშვნელოვანი (-100 მ) დაწევა და, შესაბამისად, ხმელეთის იერსახის არსებითი ცვლილება გამოიწვია.

აღნიშნული ფაქტობრივი მასალა ცხადყოფს, რომ გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების ურთიერთქმედებები განსაზღვრულ ფარგლებში არიან გამოვლენილი, ხოლო მათ შედეგებს უფრო ფართო სივრცობრივი განფენილობა ახასიათებთ. როგორც ჩანს, ერთი კი ცხადია: სისტემის ნაწილები მუდმივ ურთიერთობაში იმყოფებიან და იზოლირებულ ქვესისტემებს სრულებითაც არ ქმნიან, რაც აშკარად საგნების კანონზომიერ განვრცობასთან ერთად, მათი ურთიერთმოქმედებების (კავშირების) შედეგად, ასევე კანონზომიერი მოვლენების ფორმირების შესაძლებლობაზე მიუთითებენ. აღნიშნული ვარაუდის დამამტკიცებელი ფაქტები ბუნებაში მრავალია. თუმცა ბუნებრივი მოვლენების „აღძვრის" ნათლად დაფიქსირება, მათი ნელი გამოვლინების გამო, საკმაოდ გაძნელებულია. ამის მიუხედავად, არცთუ იშვიათად შესაძლებელია ბუნებრივი პროცესების აღნიშნული სახის არსებითი ცვლილებების გამოვლენა და გეოგრაფიულ კანონზომიერებას დამორჩილება. ამ მხრივ, ბუნებაში არსებული თვალსაჩინო მაგალითებიდან ერთ-ერთ მათგანს ქვემოთ შევეხებით.

სამხრეთ ამერიკის პერიფერიაზე, ანდების დასავლეთ ფერდობზე – ატაკამის უდაბნოა წარმოდგენილი. მისი ფორმირება განპირობებულია პერუს ცივი დინებით, რომელიც ამ კონტინენტის გასწვრივ, ეკვატორის მიმართულებით (ნახ. XI.6, 37-ე) მოძრაობს. როცა სამხრეთ ამერიკის კონტინენტზე ზამთარია, პერუს ცივი დინება თითქმის ეკვატორამდე აღწევს, ხოლო ზაფხულში სამხრეთ-აღმოსავლური პასატი (ნახ. XI.6, 38-ე) შესუსტებულია და პერუს დინებაც კარგავს თავის გრანდიოზულობას. ამიტომ ეკვატორის ზოლში ადგილი აქვს თბილი, მაგრამ ეპიზოდური (12 წელიწადში ერთხელ) ელ-ნინიოს ანუ პერუ-ჩილეს (ნახ. XI.6, 39-ე) დინების ფორმირებას, რომელიც სამხრეთისაკენ შორს (700-800 კმ) იჭრება და ატაკამის უდაბნოს დასავლეთ პერიფერიამდე აღწევს. ამ დროს (როგორც ეს 2002 წლის სექტემბერში

დაფიქსირდა), უდაბნოს თავს ატყდება ტროპიკული თავსხმა წვიმა (ნახ. XI.6.ა.), მშრალ კალაპოტებში ჩნდება წყლის ნაკადები, ნიადაგი ტენით იჯერთება, იფურჩქნება მცენარეები. ამასთან ერთად, სანაპირო კუნძულების ფრინველები ტოვებენ თავიანთ ადგილსამყოფელსა და მიფრინავენ. ფრინველთა მიგრაცია ელ-ნინიოს თბილ წყალში ჟანგბადის სიმცირესთანაა დაკავშირებული, რაც პლანქტონის დაღუპვასა და, შესაბამისად, მათი მომხმარებლის – თევზების საბინადრო ადგილის შეცვლას იწვევს. ეს უკანასკნელი კი, თავის მხრივ, ზღვის ფრინველების საკვებსაც წარმოადგენს.

ოკეანის სანაპირო აკვატორიის ასეთი მდგომარეობა ერთიდან 2-3 თვეს გრძელდება. პერუს დინება ისევ ძლიერდება და ელ-ნინიოს თბილი დინებაც უკან იხევს. პერუს ჟანგბადით ნაჯერი და საკვებით (პლანქტონი, თევზები) მდიდარი ცივი წყალი თავის ჩვეულ ადგილს იკავებს. კუნძულებსა და სანაპიროზე კვლავ ჩნდება უამრავი ფრინველი – ალბატროსები, ფრეგატები, ფაეტონები. ატაკამა კი ისევ გაუდაბნოებას განიცდის: ისპობა მწერები, ჭკნება მცენარეულობა, შრება მდინარეები.

მოცემული მაგალითიდან ნათლად ჩანს, თუ როგორ იწვევს ერთი ფაქტორის მეორეთი (ცივი დინების თბილით შენაცვლება ან პირიქით) შეცვლა სხვა ფაქტორების ურთიერთდაკავშირებულ „ჯაჭვურ რეაქციას“ და მოკლე დროში სისტემის იერსახის ძირეულ გარდაქმნასა და ისევ „ძველ ყაიდაზე“ გადასვლას. კიდევ უფრო „მაღალი რანგის“ კავშირურთიერთობათა შედეგად ფორმირებული „რეაქციების“ მაგალითებიც მრავლადაა როგორც თანამედროვე, ისე წარსულ გეოლოგიურ ეპოქებში. ამ მხრივ, საინტერესოა მყინვარული საფარების ფორმირებისა და განვითარების გეოგრაფიული შედეგების განხილვა.

ცნობილია, რომ მყინვარული საფარის წარმოქმნა მყარი ატმოსფერული ნალექების მოსვლასთანაა დაკავშირებული. ვინაიდან ამ ნალექების ფორმირება ძირითადად ოკეანიდან აორთქლებული ტენის ხარჯზე ხდება, წყლის ხანგრძლივი კონსერვაცია ხმელეთის მყინვარულ საფარებში უცილობლად გამოიწვევს ოკეანის დონის დაწევას. უეჭველია, რომ ოკეანის დონის მნიშვნელოვან (100-110 მ) დაწევას დედამიწის ზედაპირზე როგორც პირდაპირი, ისე არაპირდაპირი გავლენები უნდა მოეხდინა. პირდაპირი გავლენა შელფური ზოლის დიდი ნაწილის ხმელეთთან „მიერთებაში“ მდგომარეობს.

ამდენად, კონტინენტებისა და კუნძულების „გაფართოებას“ მათი კონფიგურაციის ცვლა უნდა გამოეწვია: არქიპელაგი – ერთ ვრცელ კუნძულად ფართოვდებოდა, ხოლო განაპირა კუნძულები კონტინენტს უერთდებოდა. ცხადია, რომ ახალ კონტინენტურ ვრცელ არეალებზე შესაძლო მიგრაციები დაიწყებოდა: მრავალი მცენარე და ცხოველი თავის „სამოქმედო ასპარეზს“ გაიფართოვებდა; წყლის ბინადართათვის, ადრე არსებული მარჩხი ზღურბლები გადაულახავ ბარიერებად იქცეოდა ხოლმე. არცთუ ისე უმნიშვნელო უნდა გამომდგარიყო ოკეანის დონის დაწევის არაპირდაპირი გავლენის გეოგრაფიული შედეგები. სწორედ, მასთანაა დაკავშირებული მდინარეთა ეროზიის ბაზისის დაწევასთან დაკავშირებული სიღრმითი ჩაჭრის გაძლიერება, შესართავისპირა გადაღრმავებული ხეობების ფორმირება და, საერთოდ, ხმელეთის რელიეფის ინტენსიური დანაწევრების წარმართვა.

გამყინვარებათშორისი ეპოქა თბილი ჰავით ხასითდება: მყინვარები ინტენსიურად დნებიან და უკან იხევენ; მცირდება მათი ფართობი და ოკეანეს უბრუნდება ადრინდელი „ნასესხები“ წყალი; მაღლა იწევს ოკეანის დონე და წყალი ხმელეთში

იჭრება; ხმელეთის განაპირა ეპიკონტინენტური ზღვები განაცალკევებენ კონტინენტებს; მიმდინარეობს ეროზიის ბაზისის აწევა და რელიეფი განვითარების „დალმავალ“ ფაზაში გადადის, იზღუდება ხმელეთის ფაუნისა და ფლორის ფართობები, თუმცა, ძლიერდება წყლის ორგანიზმების შორი მიგრაცია, განუხრელად იზრდება მარჯნის ნაგებობანი და ა.შ.

როგორც ჩანს, გამყინვარებისა და დათბობის პერიოდები არა მარტო მყინვარების გავრცელების არეალებში გამოხატავენ ფიზიკურ-გეოგრაფიული მოვლენების დამკვიდრებას, არამედ ათასეული კილომეტრებით დაშორებულ უბნებშიც იჩენენ თავს: შორეული გრენლანდიის ყინულებით დაფარვა ადრე თუ გვიან კონტინენტის შუაგულს გადაეცემა ეროზიული მუშაობის მეშვეობით; ამავე მყინვარების გაქრობა კი ტროპიკულ წყლებში მარჯნის ნაგებობათა ზრდაში პოვებს თავის გამოძახილს, გამოწვეულს ამ ორგანიზმების მისწრაფებით, დაეწიონ „აღმავალ“ ზღვის დონეს.

ამრიგად, ცხადი ხდება გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების მჭიდრო ურთიერთკავშირი, რომლებიც ცვლილებათა ურთიერთგამომწვევი კასკადის ფორმირებას განაპირობებს. ამავე დროს, სავარაუდოა საგნებისა და მოვლენების ცვლილებების მიმდინარეობის სივრცობრივი მოწესრიგებულობა. მართლაც, დაკვირვებები ცხადყოფენ, რომ ნიადაგებისა და მცენარეულობის ტიპების, გეოგრაფიული სარტყლებისა და ზონების სიერცობრივი განლაგება სისტემური ხასიათისაა, რომელთა თავისებურებაში ატმოსფერო-ოკეანის სისტემის მკვეთრი ცირკულაციური კავშირია გამოვლენილი. ნათელი ხდება, რომ გეოგრაფიული გარსის ჰაერის ნაკადები, ოკეანური წყლები, მდინარეული და მიწისქვეშა დინებები, მყინვარული მასები, მინერალური ნაერთები, აგრეთვე, ენერგეტიკული ნაკადები და ა.შ. ბუნებრივი გარსის ერთგვარი არხების როლს ასრულებენ, რომელთა მეშვეობით ამ სისტემის ცალკეული ნაწილების შეკავშირებასა და ერთიან – მთლიან ორგანიზმად გადაქცევას აქვს ადგილი.

გეოგრაფიული გარსის ბუნებრივ ნაკადებს განსაზღვრული მიმართულებები გააჩნიათ. ამ მიმართულებით მათი მოძრაობა არაერთგვაროვანია. ასე, მაგალითად, ზომიერ განედებში გაბატონებული ჰაერის მასების დასავლური გადატანა, მიმართულების შენარჩუნებასთან ერთად, სიჩქარეთა არათანაბრობით ხასიათდება; ცნობილია, ოკეანური დინებების სივრცობრივი მდგრადობა, თუმცა მათ მოძრაობისა და წყლის ხარჯის არაერთგვაროვნება ახასიათებთ. აღნიშნულ მოძრაობათა მიმართულება განსაზღვრულია გრავიტაციული ველის გრადიენტებით, მიწის მყარი ბლოკების განლაგებითა და სხვა მიზეზებით. ცხადია, რომ მოძრაობა გეოგრაფიული გარსის ნაწილების დამახასიათებელი ნიშანია, თუმცა საგნებისა (ელემენტების, კომპონენტების, ნივთიერებების, ენერგიის) და მოვლენების ამა თუ იმ მიმართულებით მოძრაობის სრულიად განსხვავებული ფორმების (სიჩქარე, ხარჯები და სხვ.) გამო, გეოგრაფიული გარსი ანიზოტროპულობით ხასიათდება. ამასთან, კომპონენტებს შორის კავშირების ინტენსიურობაც, სხვადასხვა დონეზე, ერთგვაროვანი სრულებით არ არის. ბუნებაში ყველაზე ნელა (რამდენიმე მილიმეტრი წელიწადში) მიწის ქერქის ბლოკები მოძრაობს. უდიდესი სიჩქარეებით (~300 000 კმ წმ$^{-1}$) სინათლის სხივები გადაადგილდებიან. ცხადია, რომ მთების წარმოშობას თუ ღრმულების ან ქვაბულების ფორმირებას მილიონობით წლები სჭირდება, ხოლო მცენარეთა ზრდა-განვითარებას, მდინარეთა წყალდიდობას, ზღვიური შტორმების ჩასახვასა თუ თოვლის საფარის გადნობას, შეუდარებლად მცირე დროში აქვს თავისი გამოძახილი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ვივარაუდოთ გეოგრაფიული გარსის თითოეული კომპონენტის შედარებითი განცალკევებულობა, თუმცა იგი, ამავე დროს, ერთიანობის ნიშნებს აშკარად ატარებს. ამის საფუძველზე მეცნიერებაში უკვე ჩამოყალიბებულია აზრი გეოსფეროების, როგორც შეფარდებითი დამოუკიდებელი სისტემების შესახებ. ამავე დროს, გეოსფეროების — მთლიანი და დიდი სისტემის ნაწილების, გამოცალკევებული და თუნდაც შედარებით იზოლირებული ელემენტების, შესახებ ლაპარაკი მხოლოდ პირობითად შეიძლება. ერთიანი სისტემის შემადგენელი ნაწილი იზოლირებულად კი არ არსებობს, არამედ მხოლოდ მის განუყოფელ ქვესისტემად განიხილება, რომლებსაც სისტემური ანალიზიდან გამომდინარე, მხოლოდ მთლიანი — უფრო მაღალი რანგის სისტემის ნიშან-თვისებები გააჩნია.

გეოგრაფიული გარსის ერთიანობა და მთლიანობა განსაზღვრავს ბუნებრივი გარემოს შენარჩუნების პრობლემების გადაწყვეტის სტრატეგიასა და მისი რეგულირება-მართვის პრინციპის დანერგვას. ბუნებრივი გარსის კომპონენტების ურთიერთმოქმედებათა გლობალური ხასიათის გამო, მისი შემადგენლობისა და მახასიათებლების ეფექტური რეგულაციის განხორციელებას აქვს ადგილი. თუმცა ცალკეული კომპლექსების ნივთიერებათა და ენერგიების შედარებით ნელი ცვლის (მთიანეთები, ოკეანური ღრმულები, კონტინენტები) პირობებში, გეოსისტემის პარამეტრების რეგულაცია და მათი მდგრადობა გაცილებით სუსტია, ვიდრე ამას სწრაფი მონაცვლეობის სისტემებში (მდინარეები, ატმოსფერული ნალექები, მიწისქვეშა წყლები, თოვლის საფარი) აქვს ადგილი. ამგვარად, მოვლენათა ურთიერთკავშირების სივრცობრივი განსხვავებულობის ანალიზი ცხადყოფს, რომ დედამიწის ზედაპირის ცალკეული ფრაგმენტების (ქვესისტემების) პარამეტრებს რეგულაციის სხვადასხვა ხარისხი შეესაბამებათ.

გეოგრაფიული გარსის ერთიანობა-მთლიანობის სისტემური შინაარსი რამდენადმე ართულებს ბუნებრივი პროცესების რეგულირება-მართვის პრობლემის პრაქტიკაში დანერგვა-გადაწყვეტას. ცნობილია, რომ ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა, როგორც წესი, შედარებით შეზღუდული არეალითაა შემოსაზღვრული, თუმცა მისი შედეგები საკმაოდ შორს ვრცელდება, ხოლო ზოგჯერ მთელ გეოგრაფიულ გარსსაც კი მოიცავს. აქედან გამომდინარე, ანთროპოგენური ფაქტორი, ეკოლოგიური თვალსაზრისით, ხშირად საშიშ მოვლენად გვევლინება. ასე რომ, ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო მოღვაწეობის სისტემურ-გეოგრაფიული კონტროლის ქვეშ დაქვემდებარება, ბუნებრივ-ანთროპოგენური ნეგატიური შედეგების წარმატებითი რეგულაციის წინაპირობაა. რაც შეეხება ლანდშაფტური გარსის კომპონენტების ურთიერთკავშირების სივრცობრივ დიფერენციაციას, იგი შედარებით გამოცალკევებული სისტემების ცალკე გამოყოფისა და დაშლის საშუალებას იძლევა, რომელიც რეგულირებისა და მართვის თვალსაზრისით, უფრო მოხერხებულია.

აღნიშნულიდან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გეოგრაფიული გარსის ერთიანობისა და მთლიანობის უდიდესი თეორიული მნიშვნელობა, მისი ცალკეული გეოსისტემების ურთიერთკავშირების ღრმა ანალიზის საფუძველზე, დიაგნოსტიკურ-პროგნოსტიკული მოდელების წარმატებითი შემუშავების შესაძლებლობაში მდგომარეობს, რომელსაც, თავის მხრივ, პრაქტიკული ღონისძიებების დასახვა და რეალიზაცია მოსდევს.

საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობა — გეოგრაფიული გარსის ბუნებრივი პროცესების მიმდინარეობაში ცალმხრივი შეჭრაა, მისი ხელოვნური (ანთროპოგენური) გარდაქმნაა. მათი მაგალითებია: მდინარის კალაპოტის შეცვლა ჯებირის აშენებით,

ველური ფლორის კულტურულით შეცვლა, მორწყვა და დაშრობა, ნავსადგურების აგება, გზებისა და გვირაბების გაყვანა, ტყის გაჩეხვა და ა.შ. ცხადია, ასეთი საქმიანობა აუცილებელ გავლენას მოახდენს ბუნებრივ წარმონაქმნებსა და მათი განვითარების გზებზე, რასაც ხშირად მოულოდნელ და არასასურველ შედეგამდე მივყავართ.

ამ საქმიანობით გამოწვეული გარემოს ნეგატიური შედეგები, ანუ პირველადი ბიძგები, ერთგვარ „ინდუქტორის" როლს ასრულებენ, რომლებიც ბუნებაში „ჯაჭვური რეაქციის" სპონტანურ ცვლილებათა სერიას წარმოშობენ. ამ დროს, ბუნების ნეგატიური განვითარებისა და სტიქიურ-დამანგრეველი მოვლენების საწინააღმდეგო ღონისძიებების რეალიზაციის მიზნით, ადამიანის მიერ დახარჯული შრომა (რეაქციის აღძრა) ბევრად უფრო ნაკლები აღმოჩნდება, ვიდრე ბუნების მიერ პირველი ბიძგით გამოწვეული და ინდუქციით შესრულებული საპასუხო მუშაობა.

ამგვარი მსჯელობის დამადასტურებელი მრავალი ფაქტი არსებობს: ადამიანის მიერ გათხრილი მცირე თხრილი ხრამზე გაცილებით ნაკლებია, მაგრამ დროთა განმავლობაში იგი ზედაპირული დროებითი ნაკადების ასპარეზი გახდება და ხანგრძლივი ეროზიის შედეგად უფრო მეტ პარამეტრებს განივითარებს, ვიდრე ეს ბუნებრივ სადინარებს (ხრამებს, ღრანტეებს, ხევებს) აქვთ გამომუშავებული.

ამდენად, მცირე ზომის ხელოვნური ღარის ბუნებრივი გზით ხანგრძლივი გარდაქმნა საკმაოდ დიდი პარამეტრების რელიეფის უარყოფითი ფორმის ჩამოყალიბებისაკენაა მიმართული. ამ მაგალითიდან ნათლად ჩანს, რომ ადამიანის მიერ ბუნებაში შესრულებული უგუნური საქმიანობით მიღებული თავდაპირველი მოგება გაცილებით უმნიშვნელოა იმასთან შედარებით, რაც ჯაჭვური რეაქციის შედეგად წარმოქმნილი ნეგატიური შედეგების ლიკვიდაციისათვისაა საჭირო.

გეოგრაფიული გარსის ერთიანობისა და მთლიანობის კანონი გვაფრთხილებს, რომ აუცილებელია სამეურნეო ზემოქმედებისათვის განკუთვნილი ტერიტორიის წინასწარი დეტალური შესწავლა, რომელმაც უნდა მოიცვას არა მხოლოდ მიზეზებისა და შედეგების უბრალო ჯაჭვის შეცნობა, არამედ რეგიონის ურთიერთკავშირების ყოველი რგოლის ანალიზი, მთლიანი ქსელისა და „არშიის" აღქმა. მხოლოდ ამ „მოზაიკურ-არშიული" სტრუქტურის ცოდნის საფუძველზეა შესაძლებელი მსჯელობა იმაზე, თუ რა მიმართულებით შეიცვლება თანაფარდობა გეოკომპლექსების კომპონენტებს შორის სამეურნეო ღონისძიებების გავლენით.

გეოგრაფიული მოვლენების ანალიზის შედეგად მიღებული კონსტრუქციული დასკვნების უგულებელყოფამ არაერთხელ მიგვიყვანა დიდ კატასტროფებამდე. ამ მხრივ, საქართველოს მაგალითების მოტანაც კმარა: მდ. ენგურის ჰიდროელექტროსადგურის მშენებლობას, მაღლივი კაშხალის აგება და ხეობაში დიდი წყალსაცავის გაჩენა მოჰყვა. ამ მოვლენის ნეგატიური შედეგი სწორედ იქ გამოჩნდა, სადაც მას ჰესის დამპროექტებლები ნაკლებად ელოდნენ. ზღვისპირა 57 კმ-იან პერიმეტრზე ამ მდინარის მიერ ყოველწლიურად შემოტანილი პლაჟის მასალა (370 ათასი მ³) 13-ჯერ შემცირდა და კატასტროფით დაემუქრა ზღვისპირეთის აღნიშნულ მონაკვეთს, რომლის რეგულირება და მართვა რამდენიმე მილიონი ამერიკული დოლარის დანახარჯს მოითხოვს; მეორე მაგალითიც ზღვისპირეთს ეხება: ქ. ფოთის ნავსადგურის აგებამ გაწყვიტა რა ერთიანი და მთლიანი ნაპირისგასწვრივი ნაყარის ნაკადი, ე.წ. „დიდი კუნძულის" პერიმეტრზე ხმელეთის 800 მ-იანი ზოლის ზღვის მიერ შთანთქმა გამოიწვია; შავი ზღვისპირეთის პლაჟიდან,

გასული საუკუნის 50-იან წლებში, 30 მლნ. მ³ ნაყარის სამშენებლო მიზნებისათვის გაზიდვამ მეტად სავალალო შედეგი მოგვცა: ხმელეთის ზღვისპირა ზოლი შტორმული იერიშების პირისპირ აღმოჩნდა; ზღვისპირეთის 180 კმ-ის პერიმეტრზე პლაჟის ზოლი თითქმის მთლიანად გაქრა, ხოლო შტორმების მიერ სანაპირო კომუნიკაციების დანგრევისაგან ნაპირდაცვამ კი ასეული მილიონების დახარჯვა მოითხოვა. მსგავსი მაგალითები მსოფლიოში საკმარისზე ბევრია. მომავალშიც შეიძლება გაგვიტაცოს მდინარეთა კალაპოტებში ჰესების აგების, მელიორაციის, ტყის გაჩეხვით სავარგულების გაზრდისა და სხვა ანალოგიურმა, თუმცა ბუნების საწინააღმდეგოდ მიმართულმა იდეებმა. მაგრამ გეოგრაფიული შინაარსის კონსულტაციების მიღებამ, ზოგჯერ ამგვარი პროექტების რეალიზაციისაგან თავის შეკავებამდე უნდა მივიყვანოს.

ბუნების გონივრული გარდაქმნა აუცილებლად მოითხოვს გეოგრაფიული გარსის ერთიანობისა და მთლიანობის კანონის ღრმა ცოდნასა და შინაარსიან გააზრებას, რომლის შედეგად გარემოს ობიექტების მომხმარებელს ნათლად უყალიბდება უტყუარი ცნობები ასათვისებელი რეგიონის დინამიკურობის, სივრცობრივი პარამეტრების რაოდენობრივი მაჩვენებლების, ნივთიერებისა და ენერგიის წრებრუნვების, კომპონენტთა შორის ურთიერთკავშირებისა და სხვა სიდიდეების სივრცე-დროითი ასპექტების შესახებ. სწორედ ამ ნიშან-თვისებების გათვალისწინებითაა შესაძლებელი ბუნების რაციონალური ათვისების მიღწევა. ბუნების სისტემური თავისებურებებისაგან გადახვევა ა. არმანდის (1966) მიხედვით... „უეცი ადამიანის შეჭრა ბუნების ფაქიზ მიზეზობრივ კავშირში, იგივეა რაც წინდაუხედავი ბზიკის გახვევა ობობას ქსელში".

ვ. ვერნადსკი ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასაწყისში (1926) მიუთითებდა: „საუკუნეები და ათასწლეულები მიიილია, სანამ ადამიანის აზროვნება ჩაწვდა ბუნების ქაოსური სურათის დალაგებული მექანიზმის ნიშნებს". დღეს, ამ მექანიზმის მრავალი კვანძი და მათი დამაკავშირებელი ნაკადების ბუნება საკმაოდ კარგადაა ცნობილი. ამის მიუხედავად, ადამიანის მიერ დაშვებული შეცდომების შედეგად, მსოფლიოს მრავალ კუთხეში, სახეზეა ბუნებრივი კატასტროფები: გრანდიოზული მეწყერები და ღვარცოფები, წყალდიდობები და კლდეზვავები, ნიადაგის ეროზია და ზღვისპირეთების ნგრევა. ცხადია, რომ ბუნების მოვლენების სრული მექანიზმის ყოველმხრივი აღქმა საკმარისი სრულებით არ არის. საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე აუცილებელია აღნიშნული ცოდნის პრაქტიკული რეალიზაცია – ნივთიერებისა და ენერგიის დინამიკის კანონზომიერებათა შეცნობის საფუძველზე ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების დიაგნოსტიკურ-პროგნოსტიკული მოდელირება, გარემოს რეგულირება-მართვის პრინციპების შემუშავება, მათი დანერგვა და მონიტორინგის გლობალური სისტემის შექმნა.

დასკვნები

1. ბუნების მრავალფეროვნებით განსაზღვრული გეოგრაფიული გარსის საგნებისა და მოვლენების არა შემთხვევითი, არამედ კანონზომიერი განლაგება, ელემენტების სიმრავლე და სტრუქტურის მრავალფეროვნებაა, რომელიც ურთიერთკავშირების საფუძველზე ურყევ მთლიანობას ემყარება, ურთიერთდამოკიდებულებებითა და ერთმანეთის განმსაზღვრელი ნიშნებითა და ერთმანეთისაგან გამომდინარეობის თავისებურებებით განპირობებული ერთიანობით ხასიათდება.

2. ბუნებრივი (გეოგრაფიული) გარსის სისტემის ელემენტების მიმმართველი

(წინსვლითი) ხასიათის ცვლილებებს თან ახლავს რა შემადგენლობისა და კავშირების გართულება, დამახასიათებელია მოცემულ დროსა და კონკრეტული სივრცისათვის – მოჩვენებითი წონასწორობის მდგომარეობაში დამალული ელემენტების განუწყვეტელი მოძრაობანი მუდმივ გარდაქმნებს იწვევენ (განვითარების გეოგრაფიული კანონი).

3. ბუნებრივი სისტემის შინაგანი წინააღმდეგობებითა და დაპირისპირებით გამოსახული ცვლილებები, რომლებიც შინაგანი სტრუქტურული თავისებურებებითაა შეპირობებული, მიმართულია განვითარების ადრეული ფაზების შესაბამისი თვისებების საწინააღმდეგოდ – მათი უარყოფის ობიექტური მახასიათებელი ნიშანია, გეოგრაფიული მოვლენების მამოძრავებელი ძალაა, ბუნებრივი პროცესების განვითარების საფუძველია და, საბოლოო ჯამში, გეოგრაფიული სისტემების ერთიანობასა და მთლიანობას განაპირობებენ.

4. გეოგრაფიული გარსის სხვადასხვა დონის ორგანიზაციის კომპონენტების სივრცობრივი იერსახე შეპირობებულია რა მათი ფიზიკური, ქიმიური და დინამიკური ნიშნებით, გრავიტაციულ ველში ნივთიერებათა სიმკვრივის ვერტიკალურ დიფერენციაციას ემყარება, ხოლო ჰორიზონტალურ სტრუქტურას დედამიწის ზედაპირის არაერთგვაროვნება განსაზღვრავს.

5. გეოგრაფიული (ბუნებრივი) გარსის ერთიანობა და მთლიანობა მიუთითებს რა სისტემის კომპონენტების არა მხოლოდ უბრალო არსებობაზე, არამედ უჩვენებს სისტემის სტრუქტურის ფორმირებას, ელემენტების კანონზომიერ განაწილებასა და მყარ დამკვიდრებას მათთვის მიჩნეულ კვანძებზე.

6. გეოგრაფიული გარსის ელემენტების შინაგანი მონაცვლეობის არაერთგვაროვანი მასშტაბებისა და ინტენსივობის რაოდენობრივი მახასიათებლების დინამიკური ნიშნებისა და თვისებრივი ასპექტების სრულყოფილი აღქმა, დიაგნოსტიკურ-პროგნოსტიკული მოდელების შემუშავების საფუძველია.

7. გეოგრაფიული გარსის ურთიერთდაკავშირებული კომპონენტების ურთიერთმოქმედებების სივრცობრივი განსაზღვრულობის მიუხედავად, მათი შედეგები შეუდარებლად დიდ მასშტაბებს იკავებენ და არაიზოლირებული, მაგრამ სასრული ქვესისტემების ფარგლებში, კანონზომიერი გარდაქმნების ფორმირებას იწვევენ (გეოგრაფიული ინდუქციის კანონი).

8. გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების მჭიდრო ურთიერთკავშირებით გამოწვეული მოვლენების კასკადის სივრცობრივი მოწესრიგებულობა, სისტემის ელემენტების შეკავშირებასა და ერთიან-მთლიანი ორგანიზმის ჩამოყალიბებას მოასწავებს (ერთიანობა-მთლიანობის კანონი).

9. გეოგრაფიული გარსის ერთიანობისა და მთლიანობის კანონი განსაზღვრავს გარემოს შენარჩუნების პრობლემების სტრატეგიასა და რეგულირება-მართვის პრინციპებს, რის საფუძველზე შესაძლებელია მისი სტრუქტურისა და ნიშნების ეფექტური რეგულაციის მიღწევა.

10. ერთიანობა-მთლიანობის კანონის უგულებელყოფით „ინდუქტორული“ პირველი ბიძგების ანთროპოგენური „ჯაჭვური რეაქციის“ სპონტანური განვითარების საპასუხო რეაქციის გრანდიოზული ნეგატიური შედეგების თავიდან აცილება, სრულყოფილი მონიტორინგის საფუძველზე, გეოგრაფიული გარსის „მოზაიკისა“ და „არშიის“ სისტემური აღქმის შედეგადაა შესაძლებელი.

თავი XI. ნივთიერებისა და ენერგიის მიმოქცევები

მიმოქცევების ზოგადი ნიშნები. ატმოსფერული წრებრუნვები. წყლის წრებრუნვები. ოკეანური წრებრუნვები. ოკეანე-ატმოსფერო-ხმელეთი სისტემის წრებრუნვები. ბიოლოგიური და ბიოგეოქიმიური წრებრუნვები. ენერგიის წრებრუნვები. მიმოქცევების საფუძვლები და შედეგები. დასკვნები.

მიმოქცევების ზოგადი ნიშნები. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის უმნიშვნელოვანეს თავისებურებათა შორის ნივთიერი შემადგენლობისა და ენერგიის გარდაქმნის მიმდინარეობა ფრიად დამახასიათებელი ნიშან-თვისებაა. ცნობილია, რომ ყოველ სხეულს გააჩნია მასა და ენერგია. მასა – ნივთიერების რაოდენობაა რაიმე სხეულში, ენერგია – სხეულის (სითბოს, სინათლის, მექანიკური მოძრაობის) დინამიკურობის ზომაა, მისი მარაგია. მასა და ენერგია მჭიდრო ურთიერთკავშირში იმყოფებიან: ყოველი მასა შეიცავს ენერგიის გარკვეულ მარაგს, ხოლო ყოველგვარი ენერგია მასით (ე.ი. აქვს წონა) განისაზღვრება.

ცნობილია, რომ მოძრაობა ნივთიერებათა (გეოგრაფიული ობიექტების) მნიშვნელოვანი და გარდუვალი ფიზიკური თვისებაა. მისი საფუძველი კი ნივთიერებათა ურთიერთმოქმედების უნარითაა გამოწვეული. ცხადია, რომ მოძრაობა განუწყვეტელი პროცესია და მოიცავს ბუნების ობიექტების მთლიან სტრუქტურას. ამავე დროს, მოძრაობა სხეულების სიჩქარე და მიმართულება თვით ობიექტების ურთიერთგანლაგებაზეა დამოკიდებული, ხოლო მათი სტრუქტურის ფორმირება ნივთიერებების მასებისა და ენერგიის გადაადგილებითაა შეპირობებული.

ფიზიკურ ურთიერთმოქმედებათა შორის გეოგრაფიული ობიექტებისათვის დამახასიათებელია ელექტრომაგნიტური და გრავიტაციული თანამოქმედებები: პირველი მათგანითაა შეპირობებული ნივთიერებათა გამოსხივება და გათბობა, მოძრაობა და ქიმიური (ფოტოსინთეზი) რეაქციები, აგრეგატულ მდგომარეობათა ცვლა; გრავიტაცია კი იწვევს ოკეანის წყლების მოქცევა-უკუქცევას, მდინარეებში წყლის ნაკადებს, წვიმის წვეთებისა და სეტყვის მარცვლების ჩამოცვენას, ატმოსფეროს შემოკავებას დედამიწის გარშემო და მრავალ სხვა მოვლენას. ცხადია, რომ თითოეული მათგანი ფიზიკურ მოვლენათა რიგს მიეკუთვნება, თუმცა მხოლოდ ფიზიკური კანონებით შეუძლებელია ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების სრულყოფილი ახსნა. თითოეულ მათგანს თავისი, საკუთარი სპეციფიკა გააჩნია, რაც კონტინენტებისა და ოკეანეების, მთიანეთებისა და ვაკეების, თბილი და ცივი დინებების, საბოლოოდ – ლანდშაფტური კომპლექსის მთლიანი სისტემის განაწილებაშია გამოხატული.

გეოგრაფიული ობიექტების ნებისმიერი მოძრაობა მისი გამომწვევი ენერგიითაა შეპირობებული. გეოგრაფიულ გარსში ენერგიის შემოსვლის წყაროებია მზის ენერგია, დედამიწის წიაღის სითბური და დედამიწა-მთვარის ურთიერთმოქმედების გრავიტაციული ენერგიები. ნაწილობრივ, ენერგია წარმოიქმნება აგრეთვე დედამიწის ღერძულ და ორბიტალურ მოძრაობათა შედეგად. გეოგრაფიულ გარსში შემოსულ ენერგიას მრავალგვარი ნივთიერება შემოაქვს. მუდმივად მოძრავი მასები და ენერგია

განუწყვეტელ გარდაქმნებს განიცდიან. მოძრაობათა არაერთგვაროვანი გადანაწილება კი ენერგომასების გარდაქმნის სხვადასხვა მასშტაბებს ქმნის. მათ შორის ყველაზე დიდია ჰაერისა და წყლის ნაკადები, რომლებიც გეოგრაფიული გარსის შეკრულობის გამო, წრებრუნვების სახეს ატარებენ. ნივთიერებათა მიმოქცევების პარალელურად ადგილი აქვს ენერგიის წრებრუნვის აღძვრას. ასე, მაგალითად, წყლის აორთქლებასა და მყინვარის დნობას თან ახლავს ენერგიის შთანთქმა, ხოლო ორთქლის კონდენსაციასა და წყლის გაყინვას — სითბური ენერგიის გამოყოფა. ამავე დროს, კოლოსალურია წრებრუნვების როლი ბუნებაში. ისინი უზრუნველყოფენ ერთი და იმავე პროცესების მრავალჯერადობას, მათი ჯამური გამოვლინების მაღალ ეფექტურობასა და გავრცელების საყოველთაობას.

ატმოსფერული წრებრუნვები გამოწვეულია მბრუნავ დედამიწაზე მზის რადიაციის შედეგად ატმოსფერული მოძრაობის მექანიკურ ენერგიაში გადასვლით, რომელიც მიმდინარეობს ე. წ. სითბური მანქანების (სითბური ენერგიის მექანიკურში გადასვლა) მეშვეობით. სითბური მანქანები შედგება როგორც „გამათბობელის“ (დაბალი განედები), ისე „მაცივრებისაგან“ (პოლარული განედები), რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ნივთიერებათა თბოშემცველი ნაკადებით.

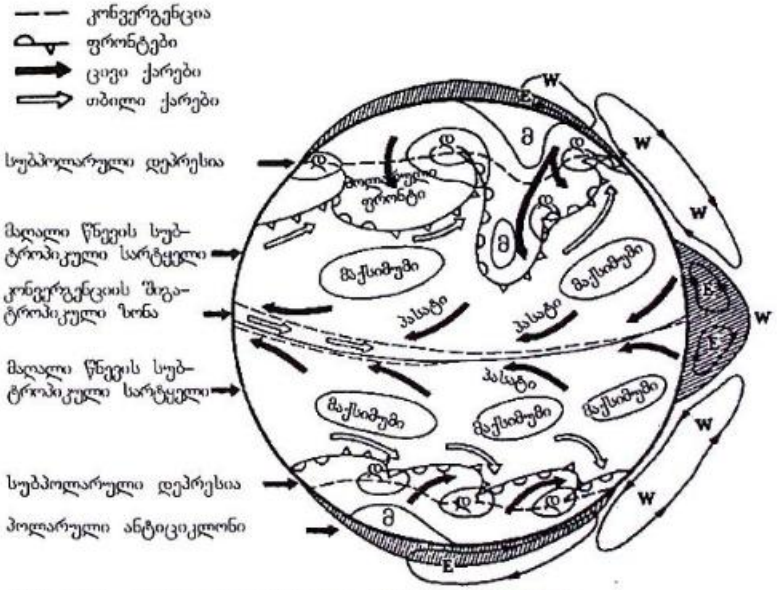
გეოგრაფიული გარსის მსხვილი სითბური მანქანაა ეკვატორულ-პოლარული სისტემა. მას პირველი რიგის სითბურ მანქანას უწოდებენ. სწორედ მასთანაა დაკავშირებული ატმოსფეროს მასშტაბური მოძრაობები. მეორე რიგის სითბური მანქანების წარმოშობა გამოწვეულია კონტინენტებისა და ოკეანეების არაერთგვაროვანი გათბობით, რომელიც, თავის მხრივ, მუსონებისა და ბრიზების ფორმირებას იწვევს. ასევე, ცნობილია მრავალი დაბალი რანგის სითბური მანქანები, რომლებიც ბუნებრივი კონტრასტებითაა (წყალსატევი — სანაპირო ხმელეთი, მთები — ვაკეები, მყინვარი — მიმდებარე ტყე) განპირობებული. თითოეული ასეთი კონტრასტი ერთგვარ სითბურ მანქანას წარმოადგენს.

სითბური მანქანების მოქმედება ბარიული რელიეფის მეშვეობით სრულდება. დედამიწის ზედაპირის თბილ რეგიონებში ადგილი აქვს დაბალი ატმოსფერული წნევის არეალების ფორმირებას. მაღალი წნევის არეალებს, პირიქით, ცივი რეგიონები შეესაბამება. ამასთან ერთად, სრულიად საწინააღმდეგო სურათი იქმნება იმავე არეების თავზე — ტროპოსფეროს მაღალ ფენებში. ამდენად, ატმოსფეროში სითბოსა და წნევის არათანაბრობა ცირკულაციის ვერტიკალური კონვექციური ნაკადების ანუ ელემენტერალური სითბური მანქანების ფორმირებას განაპირობებს.

ჰაერის მსხვილი წრიული ვერტიკალური ცირკულაცია ძირითადად დაბალ განედებზე მიმდინარეობს. ეკვატორულ ზოლში თბილი ჰაერი მძლავრ კონვექციას განიცდის. ტროპოსფეროს მაღალ ფენებში ის ტროპიკებისაკენ გადაადგილდება და ანტიპასატურ დენას განიცდის. ტროპიკების თავზე კი, 30-35°-იან პარალელებზე, მაღალი წნევის გამო ჰაერი ძირს ეშვება და უკვე დედამიწის ზედაპირზე ეკვატორისაკენ (პასატები) მიემართება.

ატმოსფერული ცირკულაცია არა მხოლოდ დაბალ განედებს, არამედ მთელ დედამიწას მოიცავს. მისი მიზეზია ე. წ. თერმული ფაქტორი, ანუ ატმოსფეროში სითბოსა და, საბოლოო ჯამში, ატმოსფერული წნევის (ბარიული ფაქტორი) არათანაბარი განაწილება. ამასთან, დედამიწის ღერძის გარშემო ბრუნვისა (კორიოლისის ძალა) და უსწორმასწორო ზედაპირზე ხახუნის გამო, ატმოსფერული ცირკულაცია საკმაოდ რთულ სტრუქტურას ღებულობს.

ჰაერის გიგანტურ მოძრაობათა მექანიზმის გარკვევის მიზნით, ატმოსფერული წნევის საშუალო მრავალწლიური ანალიზის საფუძველზე, გაბატონებული ქარების გავრცელების სურათი რთულია, თუმცა გეოგრაფიულ კანონზომიერებასაა დამორჩილებული. ამ მხრივ, ორი ძირითადი კანონზომიერებაა გამოვლინებული. პირველი განედური ზონალურობაა, მეორე კი ოკეანე – კონტინენტის სისტემის მიერ შექმნილი სექტორულობაა. განედური ზონალურობის ზოგადი სურათი მარტივია. მაღალი და დაბალი ატმოსფერული წნევები, ეკვატორიდან პოლუსების მიმართულებით, ერთმანეთს ენაცვლებიან: ეკვატორულ ზოლში წნევა უფრო დაბალია, ვიდრე მომიჯნავე ტროპიკულ და სუბტროპიკულ არეებში; საშუალო და სუბპოლარულ განედებში კვლავ დაბალი წნევის არეებია გამეფებული, ხოლო პოლუსებთან (პოლარულ მხარეებში) ჰაერის წნევა ისევ მატულობს. ატმოსფერული წნევის განაწილების ამგვარი სურათის შესაბამისად, ადგილი აქვს ქართა სისტემის ფორმირებას: დაბალი განედების პასატური ცირკულაცია იცვლება ზომიერი სარტყლების ჰაერის დასავლური გადატანით, ხოლო პოლარულ მხარეებში აღმოსავლური ქარებია გავრცელებული. ცხადია, რომ ეს მარტივი სურათი, სინამდვილეში საკმაოდ რთული სტრუქტურისაა (ნახ.XI.1) და რეალურად მის მხოლოდ ცალკეულ მომენტებს ან ზოგად ნიშნებს ემთხვევა. საშუალო და მაღალ განედებში ჰაერის დიდი მასშტაბების გადატანა კორიანტელისებური ნაკადების სახით მიმდინარეობს. ისინი ციკლონებსა და ანტიციკლონებს (თავი VII) ქმნიან.



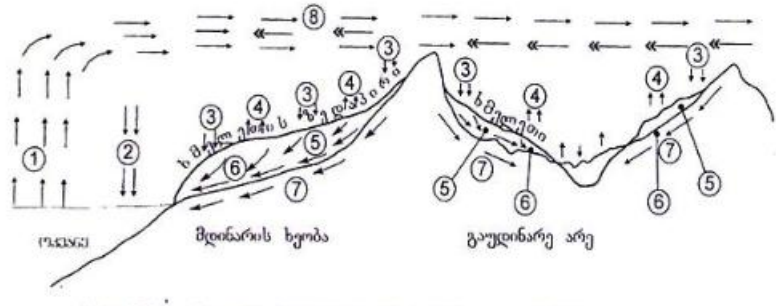
ნახ. XI.1. ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის სქემა.
ხედი ზევიდან. მარჯვნივ – მერედიანული ჭრილი; E და W ასოებით აღნიშნულია ქარების ჰორიზონტული მდგენელები. აღმოსავლური ქარების არეალები დაშტრიხულია. ჩრდილოეთ სუბპოლარული დეპრესიის არეში გამოსახულია მიმოცვლის ჰორიზონტული ფორმა, სამხრეთში – მიმოცვლა ზონალურია. დ - დაბალი წნევის, მ - მაღალი წნევის არეალები.

ჰაერის მუდმივი გადატანის მიუხედავად, ატმოსფერო წონასწორობის მდგომარეობას ინარჩუნებს. აღნიშნული მოძრაობები ერთმანეთთან ორგანულადაა დაკავშირებული და, საბოლოო ჯამში, გიგანტურ ატმოსფერულ წრებრუნვების წარმოშობას განაპირობებენ. ამასთან ერთად, ატმოსფეროს მექანიკური ენერგია თანდათანობით სითბურში გადადის, რომლის ნაწილი საბოლოოდ ისევ დედამიწაზე ბრუნდება და ნაწილობრივ ოკეანის ზედაპირს გადაეცემა, ხოლო დანარჩენი უფრო მაღალ ფენებში იფანტება.

ატმოსფერული ცირკულაციის მამოძრავებელ ძალებს დედამიწის ბრუნვისა და მის ზედაპირზე მზის რადიაციის მუდმივი შემოსვლის განუწყვეტელი პროცესები წარმოადგენენ. მათ გარეშე ატმოსფერული ცირკულაცია რამდენიმე დღეში შეწყვეტდა თავის არსებობას.

წყლის წრებრუნვები – გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი ძირითადი და უმნიშვნელოვანესი პროცესია. სწორედ წყლის მიმოცვლასთანაა დაკავშირებული ხმელეთის ზედაპირის გარდაქმნა, მინერალური ნივთიერებისა და სითბური ენერგიის გადატანა, მდინარეებისა და მიწისქვეშა წყლის ნაკადების არსებობა, მცენარეულობისა და ცხოველთა სამყაროს ზრდა-განვითარება, ნიადაგების ფორმირება და, საბოლოო ჯამში, ბუნებრივი კომპლექსების ჩამოყალიბება. განასხვავებენ ბუნებრივი წყლების მცირე და დიდ (ნახ.XI.2) მიმოქცევებს. მცირე წრებრუნვის შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენენ ოკეანიდან წყლის აორთქლება (1) და ატმოსფერული ნალექების მოსვლა (2) ოკეანის ზედაპირზე; წყლის ორთქლის ნაწილი ჰაერის დინებებით ხმელეთზე (8) გადაიტანება; ხმელეთის სიღრმეში მოსული ატმოსფერული ნალექებიდან ფორმირებული ზედაპირული წყლები, განიცდის რა აორთქლებას (4), ისევ ატმოსფეროს უბრუნდება; ზედაპირული წყლების მეორე ნაწილი, გრუნტში ჩაჟონვის (5) შედეგად, მიწისქვეშა ჩამონადენს (7) ქმნის; რაც შეეხება საკუთრივ დედამიწის ზედაპირზე ფორმირებულ წყლის ნაკადებს – მდინარეულ ჩამონადენს (6), მიმართულია ოკეანისაკენ და, ხმელეთის სხვა წყლებთან ერთად, დიდი წრებრუნვის ერთ-ერთ მთავარ კომპონენტს წარმოადგენს.

ბუნებაში წყლის წრებრუნვების მიმდინარეობა დაკავშირებულია მის სიჩქარეზე,



ნახ. XI.2. წყლის წრებრუნვის სქემა დედამიწაზე

1. აორთქლება ოკეანიდან; 2. ნალექები ოკეანეში;
3. ნალექები ხმელეთში; 4. აორთქლება ხმელეთიდან;
5. მდინარეთა და წყალსაცავების ქვეშა ჩამონადენი;
6–7. მდინარეული და მიწისქვეშა ჩამონადენი;
8. ორთქლის გადატანა

რომელიც უმთავრესად დამოკიდებულია (ცხრილი XI.1) წყლის აგრეგატულ მდგომარეობასა და წყალსატევის ხასიათზე. ტენის საერთო ბრუნვაში ყველაზე მოძრავი – ატმოსფერული წყალია. აქ წყლის შემცველობა 13 ათასი კმ^3-ია, ხოლო ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა 540 ათას კმ^3-ს შეადგენს. მაშასადამე, ტენის შემცველობა ატმოსფეროში წელიწადში 42-ჯერ, ანუ ყოველ 8 დღე-ღამეში იცვლება. ამ მოცულობის წყლის აორთქლებაზე იხარჯება დედამიწაზე შემოსული მზის ენერგიის 20%-ზე ოდნავ მეტი, თუმცა დახარჯული სითბო ($0,352X10^{24}$ ერგი წმ$^{-1}$) ისევ გამოიყოფა წყლის ორთქლის კონდენსაციის დროს.

ცხრილი XI.1

წყლის მარაგების განახლების პერიოდები

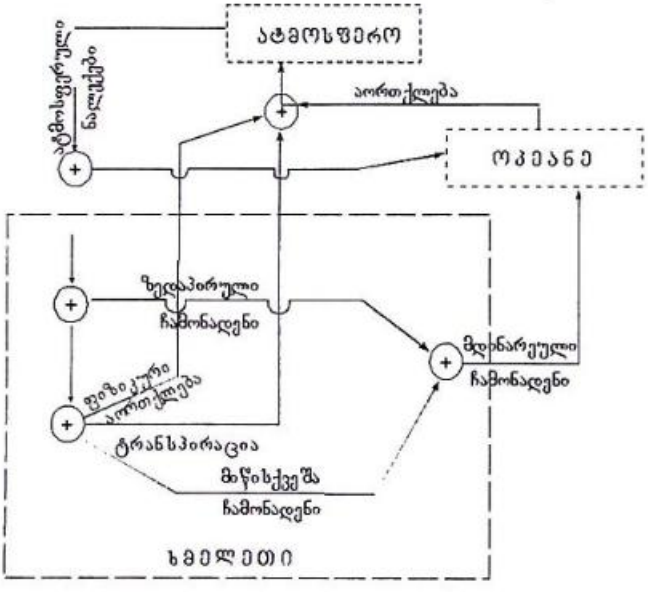
წყლის სახეები	წყლის განახლების პერიოდი
მსოფლიო ოკეანე	2500 წწ.
მიწისქვეშა წყლები	1400 წწ.
ნიადაგის ტენი	1 წწ.
პოლარული მყინვარები და მუდმივი თოვლის საბურველი	9700 წწ.
მაღალმთიანი მყინვარები	1600 წწ.
მუდმივი მზრალობის მიწისქვეშა მყინვარები	10 000 წწ.
ტბების წყლები	17 წწ.
ჭაობების წყლები	5 წწ.
მდინარეული წყლები	16 დღე-ღამე
ბიოლოგიური წყლები	რამდენიმე საათი
ატმოსფერული ტენი	8 დღე-ღამე

. მარტივი გამოთვლებით მიღებულია, რომ დედამიწის მდინარეების სადინარებში ერთდროულად არსებული წყლის მოცულობა მთლიანად იცვლება დაახლოებით ორი კვირის განმავლობაში. ზღვებსა და ოკეანეებში მოქცეული წყლის მასების მთლიანად შეცვლას კი 2500 წელიწადი სჭირდება. რაც შეეხება თანამედროვე საფარისებურ და მთიანეთების გამყინვარებათა წყლის მიმოცვლას, მხედველობაში უნდა მივიღოთ ტენის აღნიშნული წრებრუნვიდან რამდენადმე ამოვარდნა, რაც მყინვარებში მის დროებით შეჩერებასთანაა დაკავშირებული: მთების მყინვარებში წყლის შეკავება საუკუნეებს მოითვლის, ხოლო მყინვარულ ფარებში რამდენიმე ათასი წლით განისაზღვრება.

როგორც ჩანს, ბუნებაში წყლის წრებრუნვა ძალიან სწრაფად (რამდენიმე საათი) მხოლოდ ცოცხალ ორგანიზმებში მიმდინარეობს. რაც შეეხება ატმოსფერულ და ხმელეთის წყლებში წყლის მიმოცვლას, იგი რამდენადმე მეტ დროს მოითხოვს, ხოლო არცთუ იშვიათად წლობით განისაზღვრება. თუმცა წყლების განახლების სიჩქარე მყინვარულ საფარებში საკმაოდ ხანგრძლივი პროცესია. ასევე, ასეულ და ათასეული წლებით განისაზღვრება მიმოცვლის სიჩქარე მიწისქვეშა წყლებსა და, განსაკუთრებით – მსოფლიო ოკეანეში.

ბუნებაში წყლის წრებრუნვა სამი ერთმანეთისაგან განსხვავებული რგოლის (კონტინენტური, ოკეანური და ატმოსფერული) გავლას ახორციელებს. წყლის მიმოქცევის კონტინენტურ უბანზე (ნახ.XI.3) ატმოსფერული ნალექების ნაწილი ნიადაგ-გრუნტში ვერტიკალური მიმართულებით მოძრაობის (ჩაჟონვა) შედეგად, მონაწილეობს მიწისქვეშა ჩამონადენის ფორმირებაში. ნალექების დანარჩენი ნაწილი, რელიეფის დახრილობის მიმართულებით, ხმელეთის ზედაპირზე იწყებს მოძრაობას

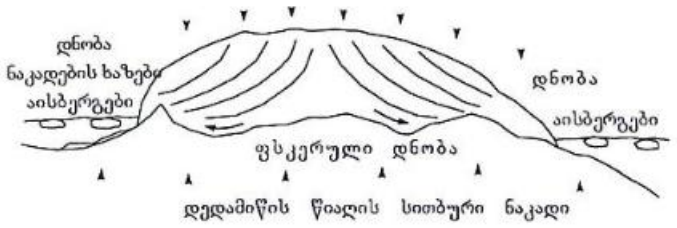
და გრავიტაციის გავლენით მდინარეული ნაკადების რთული ქსელის ჩამოყალიბებას განაპირობებს. მიწისქვეშა წყლების ნაწილი ფესვთა სისტემის მეშვეობით მცენარეთა საზრდოობაში ღებულობს მონაწილეობას. მისი მნიშვნელოვანი ნაწილი, ტრანსპირაციის გამო, ისევ უბრუნდება ატმოსფეროს. დანარჩენი წყალი კაპილარული მოვლენის საშუალებით მიწის ზედაპირამდე ამოიწევა და ჩვეულებრივად აორთქლებას განიცდის. მიწისქვეშა წყლების ნიადაგქვეშა ნაწილი უფრო ღრმა ჰორიზონტებში აღწევს ჩასვლას და წყაროების სახით ფერდობებზე, ან კიდევ ტბებისა და ზღვების ფსკერებზე იწყებენ გამოსვლას.



ნახ.XI3. წყლის წრებრუნვა. ნიეთიერებათა ნაკადების პრინციპული სქემა (პლუსი ნაკადების შეჯამების მაჩვენებელია)

რაც შეეხება კონტინენტური მყინვარების – ანტარქტიდისა და გრენლანდიის ფარებს, მათი სიმძლავრე 4 კმ-ს აღწევს. თავიანთი სიმძიმის გამო და პლასტიკური უნარიდან გამომდინარე, ეს სხეულები ცენტრიდან კიდეებისაკენ მოძრაობენ. მყინვარების განახლებას მყარი ატმოსფერული ნალექები ახდენენ. აქედან გამომდინარე, მყინვარის მასის ჭარბი დაგროვება და ამ პლასტიკური სხეულის წონასწორობის შენარჩუნების უნარი, მისი მოძრაობის მუდმივობას განაპირობებს. მყინვართა კიდეების ზოლში (ოკეანეთა სანაპიროზე) მონატეხი დიდი ზომის ლოდები აისბერგებს (ნახ.XI.4) წარმოქმნის, რომლის დნობის შედეგად მსოფლიო ოკეანეს ისევ უბრუნდება მის მიერ გაცემული წყლის მასა. თუმცა, კონტინენტურ მყინვარებში დაცული წყლის მასის მიმოცვლა მუდმივი სრულებით არ არის. ასე, მაგალითად, მეოთხეული გამყინვარების დროს ოკეანის წყალი მყინვარულ საფარებში ხანგრძლივად იყო „განამარხებული“ და უმთავრესად პოლარულ არეში იყო თავმოყრილი. დათბობის ეპოქაში პოლარული მყინვარებისაგან არაფერი დარჩა. ამჟამად დედამიწაზე გამყინვარების შემდგომი დათბობის პერიოდი დგას, თუმცა

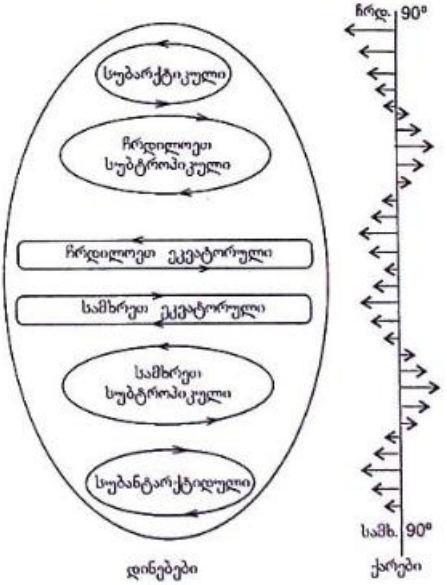
მყინვარები ჯერ კიდევ მნიშვნელოვანი გავრცელებით ხასიათდება. გამოთვლილია, რომ ანტარქტიდისა და გრენლანდიის მყინვარული საფარების ერთდროული გადნობის შემთხვევაში მსოფლიო ოკეანის დონემ 60 მ-ით უნდა აიწიოს, ხოლო მისი ფართობი 20 მლნ. კმ²-ით გაიზრდება. ცხადია, რომ დედამიწის ამგვარი, კოლოსალური ცვლილებები მის ბუნებაზე მკაფიო ანაბეჭდებს დატოვებს.



ნახ. XI.4. კონტინენტური (ანტარქტიდა) მყინვარული მასის ბიუჯეტის სქემა (ა. კაპიცას, 1970 მიხედვით)

ოკეანური წრებრუნვების უბანი მოძრაობებისა და მიმოქცევების სივრცე-დროითი მასშტაბების საკმაოდ დიდ დიაპაზონს მოიცავს. მათ შორის, დროის მიხედვით მიმოქცევები ფართო დიაპაზონში იცვლება და საკმაოდ ხანმოკლედან (წამები, წუთები, საათები, ან კვირეები) რამდენიმე ასეული წლებით განისაზღვრება. რაც შეეხება ოკეანური წყლების მიმოქცევების სივრცობრივ მასშტაბებს, მათი სიდიდეები ერთეული მილიმეტრებიდან ათასეული კილომეტრობით იზომება. აღნიშნული პარამეტრების მქონე ოკეანური წყლების მიმოქცევების მაგალითებია მოქცევა-უკუქცევის მოვლენა, ოკეანური დინებები, ტურბულენტურობა, ტალღური ფაზების მიმოცვლა და ა.შ.

ოკეანური წყლების ცირკულაცია– მოძრაობათა მსხვილმასშტაბიანი სისტემაა. მათი უმრავლესობა ძირითადად ქარების მიერაა ფორმირებული. ამიტომ ოკეანეების ზედაპირული წყლების ცირკულაციასა და ქართა სისტემას შორის მჭიდრო კავშირი შეინიშნება. ზედაპირული დინებების ზოგადი სურათიდან აშკარად ჩანს ცალკეული ოკეანეების წყლების ცირკულაციის ზოგადი (ნახ.XI.5) სისტემური ნიშნები. ამ სისტემების დამახასიათებელ ნიშნებს – წრებრუნვები წარმოადგენენ. მათ შორის ყველაზე დიდი წრეები ეკვატორსა და 40°-იან პარალელებს შორის მდებარეობენ. ამავე დროს, თითოეული მათგანი



ნახ. XI.5. ჰიპოთეტური დინებები ოკეანის ზედაპირზე

კორიოლისის ძალით ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გადახრილია საათის ისრის მიმართულებით, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში, პირიქით — საპირისპირო მხარისაკენ მიემართება.

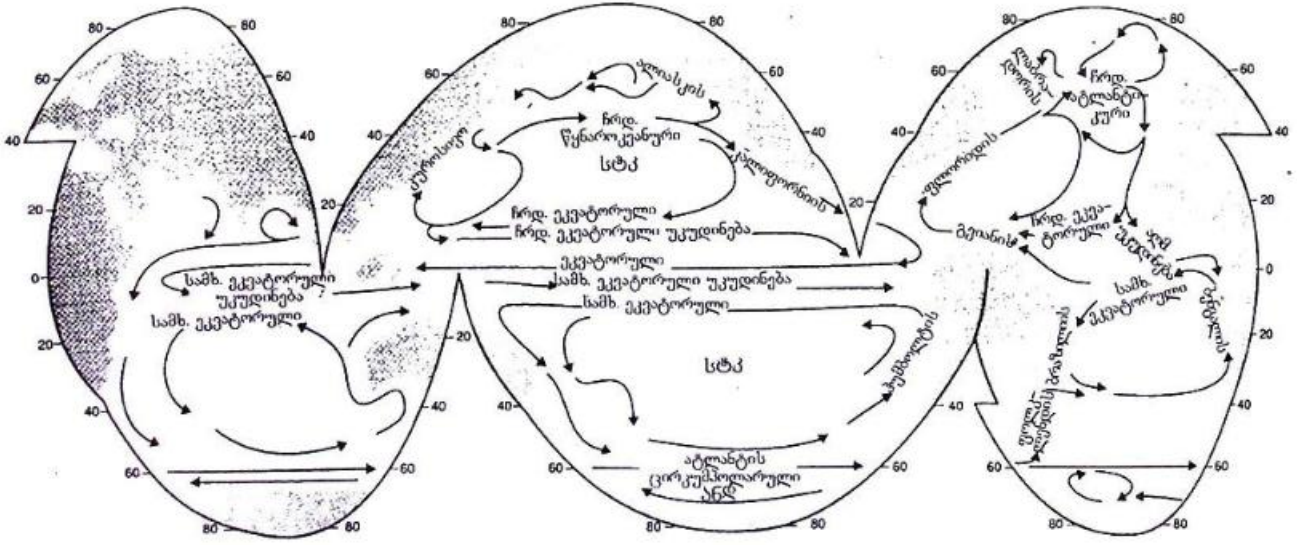
ორივე შემთხვევაში დინებათა წრეები გარს უვლიან სუბტროპიკული ანტიციკლონების არეალებს: ცირკულაციის პირველი რგოლი სარგასის ზღვის გარშემო არსებული დინებათა (ნახ. XI.6 და 7) სისტემაა. ამ ზღვას დასავლეთით ანტილისა და გოლფსტრიმის, აღმოსავლეთით — კანარის, ხოლო სამხრეთით — ჩრდილო პასატური დინებები აკრავს; მეორე რგოლი წყნარი ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილშია წარმოდგენილი. მისი სამხრეთი საზღვარი ჩრდილო პასატურ დინებას გასდევს, დასავლეთით — კუროსიო საზღვრავს, რომელიც ჩრდილოეთ წყნაროკეანურ დინებას უერთდება, ხოლო აღმოსავლეთით კალიფორნიის ცივ დინებაში გადადის; ცირკულაციის მესამე რგოლი ატლანტის ოკეანის სამხრეთ ნაწილში მდებარეობს. ამ რგოლის აღმოსავლეთ კიდეზე ბრაზილიის თბილი დინება სამხრული მიმართულებისაა, ხოლო ჩრდილოეთით პასატური დინებაა გავრცელებული; ამავე წრის აღმოსავლურ პერიფერიაზე ბენგალიის დინება, ხოლო სამხრეთ მხარეს — დასავლური ქარების ცივი დინებაა წარმოდგენილი, რომელსაც აღმოსავლური მიმართულება გააჩნია; აღნიშნული მიმოქცევის მეოთხე რგოლი — დასავლური ქარების ანუ ატლანტიკური დინება უდიდესია თავისი სივრცობრივი განფენილობით. იგი წყლის განუწყვეტელი (დედამიწის გარშემო) ნაკადის სახით წარმოდგენილია სამხრეთ ნახევარსფეროს შუა განედებში.

ზედაპირული წყლების ოკეანური ცირკულაცია თითქმის მთლიანად ასაზავს შესაბამის რეგიონებში ჩამოყალიბებულ ქართა მთავარ სისტემებს, თუმცა ოკეანური დინებების წარმოშობას ხელს უწყობს პლანეტარული მოვლენებით შეპირობებული, მისი დონის ანომალიური გადახრა და, ამის გამო, რთული ზედაპირის ფორმირება.

ოკეანური წრებრუნვების ერთ-ერთი ფორმა — დინებები დინამიკური წონასწორობის პროცესის ანარეკლს წარმოადგენენ. ნებისმიერ უბანში წყლის მასის შემცირებას თან სდევს მისი ტოლი მოცულობის შემოსვლა, ანუ კომპენსაციის დამყარება. ამგვარი ხასიათისაა გოლფსტრიმის თბილი დინება. მისი წარმოშობა დაკავშირებულია ატლანტის ოკეანის დასავლეთ ნაწილში, ჩრდილოეთ პასატური და გვიანის დინებების მიერ, წყლის დიდი მასის შემოტანასა და დაგროვებასთან.

ამრიგად, მსოფლიო ოკეანის ზედაპირული დინებები წყლის გიგანტური მასების გადაადგილებაა, რომლებიც სივრცეში ციკლონური და ანტიციკლონური წრებრუნვების სახით მონაცვლეობენ. მათი გავრცელების უმთავრესი უბნები დაახლოებით ემთხვევა ატმოსფერულ მოძრაობათა საშუალო სიდიდეებს: პასატებსა და დასავლურ ქარებს. და მაინც, ოკეანეების ზონალურ მოძრაობათა სისტემაში მერიდიანული მიმართულების (გოლფსტრიმი, კუროსიო, კანარის, კალიფორნიის, პერუს, ბრაზილიისა და სხვ.) დინებები დომინირებს.

ოკეანური წყლების ცირკულაციის ფრიად დამახასიათებელი რგოლია კომპენსაციური უკუდინებები. ამ მხრივ, საყურადღებოა ეკვატორული პასატთაშორისი უკუდინებები, რომლებიც გავრცელებულია ჩრდილოეთ და სამხრეთ პასატურ დინებებს შორის და მიმართულია დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ. მათ მიერ ადგილი აქვს იმ ჭარბი წყლის მასის საწყისი წერტილისაკენ დაბრუნებას, რომელიც მძლავრი პასატური (აღმოსავლეთიდან დასავლეთისაკენ მიმართული) დინებებით გროვდება ოკეანეების დასავლურ სანაპირო პერიფერიებზე. უკუდინებები, როგორც



ნახ. XI.6. მსოფლიო ოკეანის დინებების სურათი (ჯ. მიურეის მიხედვით, მ. ჯეაკობსონისა და სხვ. (2000 წ) წყნინდან)
ატლ – ატლანტიკური დივერგენცია; სტკ – სუბტროპიკული კონვერგენცია; არკ – არქტიკული კონვერგენცია

ნახ. XI.7. მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის ძირითადი დინებები

წესი, 50-300 მეტრის სიღრმემდე ვრცელდება. ამ მხრივ, წყნარ ოკეანეში ცნობილია ეკვატორული ზედაპირულისქვეშა უკუდინება, რომელიც კრომველის სახელს წესი, ატარებს. ხოლო ატლანტის ოკეანეში კი ლომონოსოვის უკუდინებას, სამხრეთ პასატური უკუდინების ქვეშ 5 ათასი კილომეტრის მანძილზე 35 მლნ. $მ^3წმ^{-1}$ წყალი გადააქვს. ოკეანური დინებების გლობალურ (ნახ. XI.8) განაწილებაში შეინიშნება მათი განშლადობისა (დივერგენციის) და თავშეყრის (კონვერგენციის) ფართო აკვატორიების ფორმირება. ოკეანური წყლების წრებრუნვებს გრანდიოზულობასთან ერთად, სითბური და მარილიანობის რეჟიმის განიველირების ფუნქციის შესრულება ევალება, რომლის შედეგად წყლის შერევის გამო, ხმელეთისაგან განსხვავებით, ძლიერი თერმული კონტრასტების არსებობას ადგილი არა აქვს.

ოკეანე-ატმოსფერო-ხმელეთი წრებრუნვის სისტემა. წყლის წრებრუნვის ატმოსფერული უბანი მოიცავს ტროპოსფეროს ქვედა ფენას. მისი მაღალი მოძრაობის უნარის გამო, აქ ინტენსიურ ტენბრუნვას აქვს ადგილი. დედამიწის მთლიან ზედაპირზე ყოველწლიურად მოსული ატმოსფერული ნალექების ($57,7 \times 10^{12} მ^3$) მიერ 1 მ-ის სისქის ფენა უნდა შეიქმნას. სინამდვილეში ამას ადგილი არ აქვს. საქმე იმაშია, რომ ზედაპირული წყლის დონის შენარჩუნება და ატმოსფერული ტენის რეგულარული შევსება, დედამიწიდან აორთქლების ხარჯზე მიმდინარეობს. მისი ყოველწლიური მოცულობა $5,8 \times 10^{14} მ^3$-ს შეადგენს, რომლის დიდი ნაწილი ($5,1 \times 10^{14} მ^3$) ოკეანის ზედაპირიდან (ნახ.XI.9) აორთქლდება. ატმოსფეროს ინტენსიური ცირკულაციის გამო, წყლის ორთქლის გადატანა ასეულიდან ათასეული კილომეტრის მანძილზე სრულდება.

აღწერილი დინამიკური მოვლენის გეოგრაფიული მნიშვნელობა გამოიხატება ტენის გადატანაში ოკეანიდან ხმელეთის ზედაპირზე, რომლის კონდენსაციის შედეგად კონტინენტებზე ატმოსფერული ნალექების ($119 \times 10^{12} მ^3$) ფორმირებას აქვს ადგილი. მისი ნაწილი ($72 \times 10^{12} მ^3$) ისევ ჩაბმულია აორთქლების პროცესში, ხოლო მეორე ნაწილი ($47 \times 10^{12} მ^3$) ზედაპირულ (მდინარეები, მყინვარები) და მიწისქვეშა ჩამონადენებს ქმნის, რომლებიც, საბოლოო ჯამში, ისევ ოკეანეს უბრუნდება.

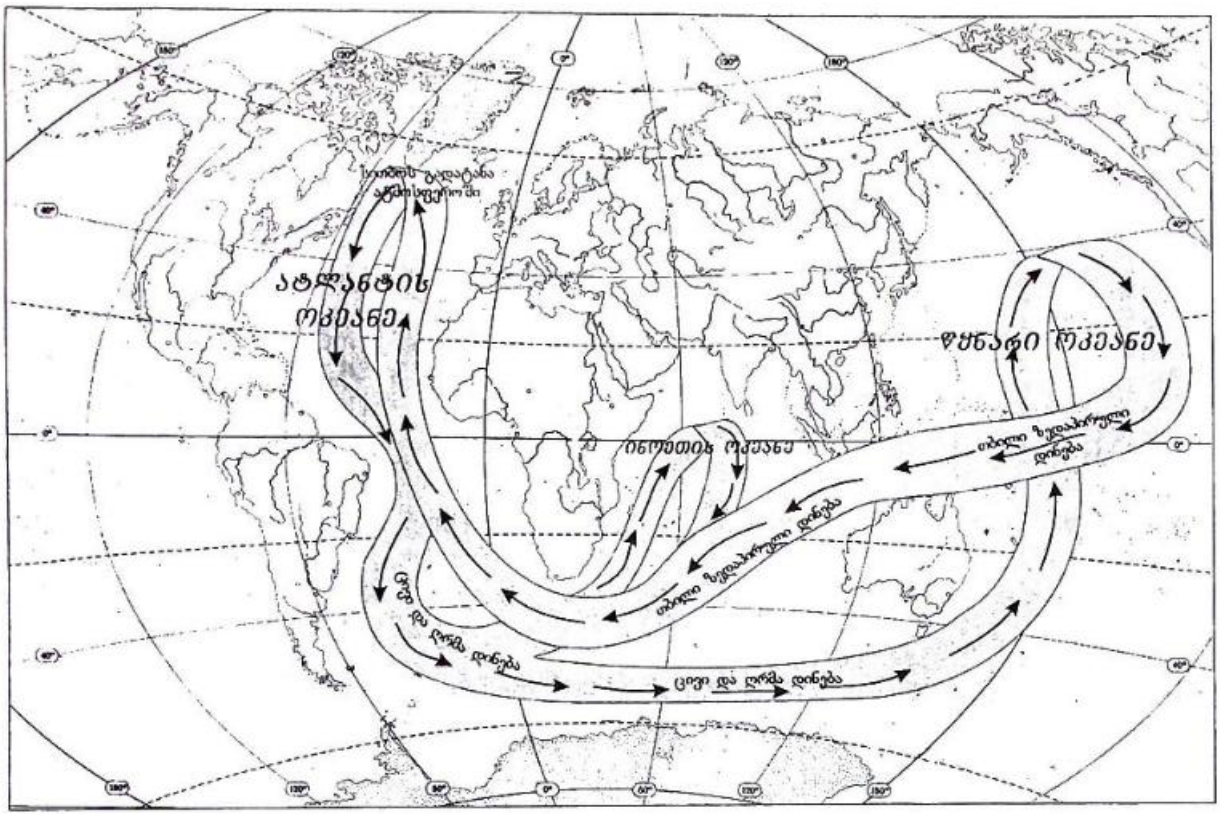
დედამიწაზე წყლის წრებრუნვის ზოგად სქემას წყლის ბალანსის განტოლების სახე ეძლევა:

$$E_o = X_o + f, \text{ მსოფლიო ოკეანის ზედაპირი}$$

$$X_c = E_c + f, \text{ ხმელეთის ზედაპირი}$$

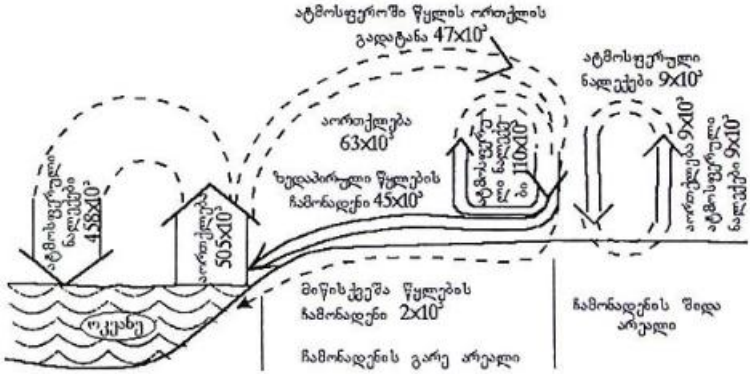
სადაც, E_o – აორთქლებაა ოკეანის ზედაპირიდან, E_c – იგივე მოვლენაა ხმელეთის ზედაპირიდან, X_o– ატმოსფერული ნალექებია ოკეანის ზედაპირზე, X_c– ატმოსფერული ნალექებია ხმალეთის ზედაპირზე, f – კონტინენტური (ოკეანური შემონაკადი) ჩამონადენია.

1. სანაპირო ანტარქტიკული; 2. ცირკუმპოლარული ანტარქტიკული: 2ა. ანტარქტიკულ-ცირკუმპოლარული დინების სამხრული შტო. ატლანტის ოკეანე: 3. ფოლკლენდის; 4. სამხრეთ ატლანტური; 5. იგოლნის; 6. ბრაზილიის; 7. ბენგელის; 8. სამხრეთ პასატური; 9. ანგოლის; 10. გვიანის; 11. ეკვატორული უკუდინება; 12. გვინეის; 13. მწვანე კონცხის; 14. ანტილის; 15. ჩრდილოეთ პასატური; 16. კანარის; 17. გოლფსტრიმი; 18. ჩრდილოეთ ატლანტიკური; 19. ლაბრადორის; 20. ირმინგერის; 21. ბაფინის; 22. დასავლეთ გრენლანდიის. ინდოეთის ოკეანე: 23. სამხრეთ ინდოეკეანური; 24. მადაგასკარის; 25. დასავლეთ ავსტრალიის; 26. სამხრეთ პასატური; 27. სომალის; 28. ეკვატორული უკუდინება; 29. დასავლეთ არაბეთის; 30. აღმოსავლეთ არაბეთის; 31. დასავლეთ ბენგალის; 32. აღმოსავლეთ ბენგალის. წყნარი ოკეანე: 33. დასავლეთ ახალზელანდიის; 34. აღმოსავლეთ ახალზელანდიის; 35. აღმოსავლეთ ავსტრალიის; 36. სამხრეთ წყნარიკეანის; 37. პერუს; 38. სამხრეთ პასატური; 39. პერუ-ჩილეს; 40. ეკვატორული უკუდინება; 41. მინდანაო; 42. ჩრდილოეთ პასატური; 43. მექსიკის; 44. კალიფორნიის; 45. კურისიო; 46. ჩრდილოეთ წყნარიკეანური; 47. ოიასიო; 48. ალეუტიის; 49. ალასკის; 50. აღმოსავლეთ ბერინგის ზღვის. ჩრდილოეთი ყინულოვანი ოკეანე: 51. ნორვეგიის; 52. ნორდკაპის; 53. აღმოსავლეთ გრენლანდიის; 54. დასავლეთ არქტიკული.



ნახ.XI.8. ოკეანური წყლის დინების ერთიანი სისტემა (მ. ვაკობსონის მიხედვით, 2000 წ.)

აღნიშნული სქემა ზოგადი ხასიათისაა. არცთუ იშვიათად დედამიწის ცალკეულ ზონებში ოკეანიდან აორთქლებული წყლის ორთქლი ხმელეთზე მოსულ ატმოსფერულ ნალექებს ყოველთვის ვერ სჭარბობს და ხშირად ნაკლებიცაა. ამის მაგალითია საშუალო და პოლარული განედების, აგრეთვე ეკვატორულისპირა ზოლის არეალები, სადაც ნალექები უფრო მეტი მოდის, ვიდრე ოკეანის ზედაპირზე (აორთქლებას აქვს ადგილი).



ნახ. XI.9. ოკეანე–ატმოსფერო–ხმელეთი სისტემის ტენბრუნვა (კმ³–ში)

წყლის წრებრუნვა მოიცავს აგრეთვე სამეურნეო სისტემის გავლას. მისი მოცულობა მნიშვნელოვნად ჩამორჩება აღნიშნული ძირითადი ბუნებრივი რგოლების მიმოქცევის სიდიდეებს, მაგრამ სასმელი წყლის ბალანსში უდიდესი როლი ენიჭება. ამ მხრივ, აღსანიშნავია სასმელი (მტკნარი) წყლის ისეთი დიდი მომხმარებლები, როგორიცაა სოფლის მეურნეობა და მოსახლეობა. პირველ მათგანში წყლის უმეტესი ნაწილი სარწყავად ($3,4 \times 10^{12}$მ³ წწ⁻¹) გამოიყენება, რომლის 80%-ზე მეტი მდინარეებს სამუდამოდ ჩამოშორდება ხოლმე. წყლის ნაწილი იხარჯება კომუნალურ მეურნეობაში ($0,44 \times 10^{12}$მ³ წწ⁻¹), მრეწველობაში ($1,9 \times 10^{12}$მ³ წწ⁻¹), აორთქლებაზე წყალსატევების ($0,24 \times 10^{12}$მ³ წწ⁻¹) ზედაპირიდან. ამდენად, წყლის მოხმარების ჯამური მაჩვენებელი (6×10^{12}მ³ წწ⁻¹) ხმელეთის სუმარული ჩამონადენის 13%-ს ტოლია. აქედან კი, მიმოქცევიდან სრულიად ამოვარდნილად უნდა ჩაითვალოს 3×10^{12}მ³ წწ⁻¹ მოცულობის მტკნარი წყლის მარაგი. თანამედროვეობის ერთ-ერთ პრობლემას მტკნარი წყლების გაბინძურება წარმოადგენს. მისი მოცულობა ყოველწლიურად იზრდება და ამჟამად $0,45 \times 10^{12}$მ³წწ⁻¹ შეადგენს, რომლის გაუნებელყოფისათვის 5-7x 10^{12}მ³ წწ⁻¹ მტკნარი წყალი იხარჯება.

ბიოლოგიურ და ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვებთან დაკავშირებული გეოგრაფიული პროცესების მსვლელობას ლანდშაფტურ გარსში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს. პირველი მათგანი მოიცავს ორგანულ ნივთიერებათა შექმნისა და დაშლის ურთიერთსაწინააღმდეგო მიმართულების პროცესების განუყრელ ერთობლიობას. თუკი ამავე პროცესებს განვიხილავთ იმ ქიმიური ელემენტების (C, N, O, H, Ca, P, Fe და სხვ.) მიგრაციის თვალსაზრისით, მაშინ საქმე გვექნება ბუნებაში მიმდინარე ბიოგეოქიმიურ წრებრუნვებთან.

ბიოლოგიური წრებრუნვების უმნიშვნელოვანესი პროცესი ფოტოსინთეზის მსვლელობაა. ამ მხრივ, მზის სხივების მოქმედებითა და ქლოროფილის მონაწი-

ლეობით, აგრეთვე ნახშირბადის დიოქსიდისა და წყლის ურთიერთქმედებით მიმდინარეობს ორგანული შენაერთის სინთეზი, ხოლო ბუნებაში ადგილი აქვს წყლის დაშლის პროდუქტის – თავისუფალი ჟანგბადის, აგრეთვე, ორგანული ნივთიერების გამოყოფას. ყოველ მცენარეში ფოტოსინთეზთან ერთად უკუპროცესიც (სუნთქვა) მიმდინარეობს. ამავე დროს, ამ ბიოლოგიური პროცესის მსვლელობისას წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერება, როგორც წესი, უმეტესად ჭარბი აღმოჩნდება ხოლმე, ვიდრე სუნთქვისას დაშლილი ნივთიერების რაოდენობა. ამ განსხვავებას ფოტოსინთეზის წლიურ პროდუქციას უწოდებენ.

ფოტოსინთეზი ბიოლოგიური წრებრუნვის საწყისი შტოა, რომლის შემდგომი რგოლი ორგანიზმების იმ თანმიმდევრულ რიგს შეადგენს, რომელთა ყოველი მომდევნოსათვის წინა მათგანი კვების წყაროს წარმოადგენს. ამგვარი, ერთმანეთთან დაკავშირებული რგოლები – ტროფიულ (საკვებ) ჯაჭვს ქმნის, რომელიც მოიცავს პროდუცენტებს, კონსუმენტებსა და რედუცენტებს (იხ. თავი IX).

ბიოლოგიური მიმოქცევის ზოგადი სქემა შემდეგნაირია: 1. მზის სინათლეზე მწვანე მცენარეულობაში მიმდინარე ფოტოსინთეზი მოიცავს ქლოროფილის მარცვლებში წყლის დაშლას, წყალბადის გამოყენებას ორგანულ ნაერთთა შესაქმნელად და ჟანგბადის გამოყოფას ატმოსფეროში; 2. მცენარეული და ცხოველური ორგანული ნივთიერებების კვდომის შემდგომ ეტაპზე მიკრობებით დაშლა უმარტივეს (CO_2, H_2O, NH_3 და სხვ.) ნაერთებად; 3. მარტივი მინერალური ნაერთების ხელახალი შთანთქმა მცენარეების, ცხოველების, მიკრობების მიერ და ისევ ახალი რთული ორგანული ნივთიერებების წარმოქმნა.

ამდენად, ბიოლოგიური წრებრუნვების მიმდინარეობაში ერთი და იგივე მინერალური ელემენტი არაერთხელ წარმოქმნის ცოცხალი ორგანიზმების ორგანულ ნაერთებს და, ამავე დროს, ისევ გადადის თავდაპირველად – მინერალურ მდგომარეობაში. ამასთან ერთად, ბიოლოგიური მიმოქცევის ტემპები განსაზღვრავს გეოგრაფიული გარსის ქიმიური ელემენტების მიგრაციის უმნიშვნელოვანეს ნიშნებსა და გეოსფეროებს შორის კავშირების ხასიათს.

ორგანულ ნივთიერებებს წარმოშობასთან ერთად რედუცენტების გავლენით დაშლის აშკარა უნარიც გააჩნიათ. მკვდარი მასა თანდათან მინერალიზაციას განიცდის და ქვანახშირის, ტორფის, ნავთობის, საწვავი აირების სახით გროვდება. ამდენად, ორგანული ნივთიერების მუდმივი მიმოქცევა ბალანსური (სისტემური) ხასიათისაა. მისი კომპონენტებია:

ბიომასა – ცოცხალი ორგანული ნივთიერებების სრული (მიწისქვეშა, მიწისზედა და წყლის ფენებში) რაოდენობაა;

მკვდარი მასა – ორგანული ნივთიერების რაოდენობაა, რომელიც მკვდარი მცენარეულობისა და ცხოველების სახით მოქცეულია ტყის ქვეშ, ტორფის ჰორიზონტებსა და სხვა ფენებში;

ჩამონაცვენი – დროის მანძილზე (ჩვეულებრივ, ერთი წელიწადი) წარმოქმნილი მკვდარი ორგანული ნივთიერების რაოდენობაა;

პროდუქცია – დროის მონაკვეთში წარმოქმნილი ორგანული ნივთიერებაა.

გეოგრაფიული გარსის ცალკეულ კომპონენტებში ორგანული ნივთიერების ბალანსის ელემენტები არათანაბრადაა (ცხრილი XI.2) გავრცელებული. მათი ჯამური რაოდენობა (მშრალი წონა) დედამიწაზე $2,4-3,6 \times 10^{12}$ ტონითაა შეფასებული. ოკეანის ბიომასა ხმელეთის ანალოგიური წარმონაქმნის მნიშვნელობას

საგრძნობლად ჩამოუვარდება. ამავე დროს, წლიური პროდუქტიულობის მიხედვით ეს განსხვავება (2,5-ჯერ) შედარებით უმნიშვნელოა.

ცხრილი XI.2.

ცოცხალი ნივთიერების განაწილება დედამიწაზე (ტონებში)

ბიომასები	მშრალი მასა	
	ხმელეთი	ოკეანე
პროდუცენტები (ფიტომასა და ფიტოპლანქტონი)	$2,6 \times 10^{12}$	$0,18 \times 10^{9}$
კონსუმენტები (პლანქტონი, ბენთოსი, ნექტონი, ხმელეთის ბიომასა)	2×10^{9}	$6,83 \times 10^{9}$
ცოცხალი ნივთიერება	$2,6002 \times 10^{12}$	$7,01 \times 10^{9}$

რაც შეეხება წლიური პროდუქციის შეფარდებას მთელ ბიომასასთან, ხმელეთზე ეს სიდიდე 0,069-ს შეადგენს, ხოლო ოკეანეში იგი 11,4-ის ტოლია, ანუ ხმელეთის წლიური პროდუქტიულობა მისი ბიომასის მხოლოდ 7%-ია, ოკეანეში კი მის ერთჯერად ბიომასას 11-ჯერ აღემატება.

ხმელეთზე ორგანული ნივთიერებები ასევე არათანაბრადაა განაწილებული. ასე, m a g a l i T 7×10^{6} კმ²) მშრალი ბიომასის სიდიდე 70 კგმ$^{-2}$ შეადგენს, ნოტიო სუბტროპიკულ ტყეებში იგი 45 კგმ$^{-2}$-მდეა, ზომიერი სარტყლის ფართოფოთლოვან ტყეებში 40 კგმ$^{-2}$, ხოლო ტაიგაში 35 კგმ$^{-2}$-ის ტოლია; საკმაოდ მცირეა ორგანული ნივთიერებები სავანებსა (2–4 კგმ$^{-2}$) და სტეპებში (1–2,5 კგმ$^{-2}$); ტუნდრასა და უდაბნოებში მშრალი ბიომასა ძალზე უმნიშვნელოა. დაბალი ბიომასით გამორჩეულ ზონებში ცოცხალი ნივთიერების ძირითადი მასა (80%) მიწის ქვეშაა მოქცეული, რაც მიწისზედა ფენებში არახელსაყრელი პირობების არსებობით აიხსნება.

წლიური პროდუქციის უმეტესი ნაწილი (2,5 –3,5 კგმ$^{-2}$) ნოტიო ტროპიკულ ტყეებში შეიმჩნევა. თუმცა სავანებისა და სტეპების ორგანული ნივთიერების პროდუქტიულობაც ანალოგიურ სიდიდეს უმნიშვნელოდ ჩამორჩება. ბიოლოგიური წრებრუნვების სიჩქარე განსაზღვრულია ორგანული ნივთიერების დაშლის ინტენსივობით, რომელიც მიიღება ჩამონაცვენისა და მკვდარი მასის შეფარდებით. მეცნიერთა გამოთვლებით ეს სიდიდე სხვადასხვა ბუნებრივ ზონებში ძალზე ცვალებადია: ტუნდრაში იგი 90-ზე მეტია, ტაიგაში – 10-12, ფართოფოთლოვან ტყეში–3-4-ს შეადგენს, სტეპებში 1-1,5-ია, სუბტროპიკულ ტყეებში მხოლოდ 0,7-ია, ხოლო ნოტიო სუბტროპიკულ ტყეებში სრულიად უმნიშვნელო (0,1) სიდიდისაა.

ამ მაჩვენებელთა გაცნობისას ცხადი ხდება, რომ აღნიშნული შეფარდების მაღალი მაჩვენებლები ნივთიერების გახრწნის შენელებულ პროცესზე მიუთითებს: ტუნდრისა და ტაიგის ჩამონაცვენის სუსტი გახრწნა, დაბალი ტემპერატურის პირობებში მიკროორგანიზმების შენელებული აქტიურობითაა გამოწვეული; იგი უფრო მაღალ ინტენსიურობას სტეპებსა და სავანებში აღწევს; ტროპიკული ტყეების სწრაფი მინერალიზაცია და გახრწნის დიდი სიჩქარე მაღალი ტემპერატურისა და კარგი დანესტიანების თანაშეთანხმებითაა განპირობებული.

როგორც ჩანს, ხმელეთზე ორგანული ნივთიერების ბალანსის კომპონენტების ტერიტორიულ კანონზომიერ განაწილებას, ბუნებრივი კომპლექსების სითბოსა და სინოტივის რეჟიმის ხასიათი განსაზღვრავს. აღნიშნული ორი კომპონენტის

თანაფარდობითაა გამოწვეული ფოტოსინთეზის ინტენსიურობა, ბიოცენოზის სტრუქტურა და მინერალიზაციის ხარისხი.

ოკეანეების ბიომასა და პროდუქტიულობა უფრო რთული კომპლექსითაა განსაზღვრული. მისი დიდი ნაწილი (74%) ზოოპლანქტონს (ცოცხალი მასა $21{,}2 \times 10^{12}$ კგ) უკავია, თუმცა წლიური პროდუქციის მნიშვნელოვან (96%) ნაწილს ფიტოპლანქტონი ($0{,}9 \times 10^{12}$ კგ) იძლევა, რომლებსაც უმთავრესად კონსუმენტები (ზოოპლანქტონი, ზოობენთოსი, ნექტონი) მოიხმარს. ოკეანეების წყლებში ორგანული ნივთიერების გავრცელების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ბიომასისა და პროდუქტიულობის მაღალი მაჩვენებლების კონტაქტურ (შელფი, აპველინგის უბანი) ზონებთან დამთხვევა სასაზღვრო (საკონტაქტო) ზოლების ნივთიერებათა ენერგიული ცვლის მაღალი უნარითაა განპირობებული.

დედამიწაზე ცოცხალი ნივთიერების რაოდენობა დამოკიდებულია, აგრეთვე, ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობასთან. მისი ნეგატიური გამოვლინების რაოდენობრივი მაჩვენებლები ცხრილშია (XI.3) ასახული.

ცხრილი XI. 3.

ორგანული ნივთიერების მოხმარება
(ციცქიშვილი და სხვ. წიგნიდან, 1997 წ.)

ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა	არაორგანული ნივთიერების დანაკარგი (მლრდ. ტ. წწ$^{-1}$)
ტყეების გაჩეხვა	4,5
ნიადაგის ეროზია	0,45
ჰუმუსის დაჟანგვა მიწების დამუშავებისას	0,3
საძოვრების ჭარბი გამოყენება	0,7
სხვა მიზეზები	1–2
ჯამური დანაკარგები	5–6

როგორც ჩანს, ბიომასის ყოველწლიური მოხმარება 5-6 მლრდ. ტონას შეადგენს. მათ შორის, ფიტომასის წლიური ხარჯი 4,5-5,0 მლრდ. ტონაა. მიწისზედა ფიტომასის ჯამი კი მხოლოდ $2{,}6 \times 10^{12}$ ტონაა და კრიტიკულ ზღვართან საკმაოდ ახლოსაა. აქედან გამომდინარე, ცოცხალი ნივთიერების შენარჩუნებასთან ერთად, ბიოგეოცენოზებში მნიშვნელოვანი როლი სწორედ მწვანე მცენარეულობას ენიჭება, რომელიც ბიომასის ძირითად ნაწილს ქმნის, ხოლო ფოტოსინთეზის წყალობით ხელს უწყობს ჟანგბადისა და ნახშირბადის დიოქსიდის ბალანსის შენარჩუნებას, წყლის წრებრუნვასა და ბიოგენურ მიგრაციებს.

ცოცხალი სამყაროს ძირითადი ქიმიური ელემენტი ნახშირბადია. მის მიერ წარმოქმნილი ორგანული შენაერთები მდგრადია დედამიწისეული თერმოდინამიკური პირობების მიმართ. უსიცოცხლო სფეროში ეს შენაერთები უმნიშვნელოდ იცვლებიან და მონაწილეობენ ქვანახშირის, ტორფის, ნავთობის აგებულებაში.

ბიოლოგიურ წრებრუნვაში ნახშირბადის მონაწილეობის ერთი უბანი (ფოტოსინთეზი) ჩვენთვის უკვე ცნობილია. ამ მხრივ, აღსანიშნავია მწვანე მცენარეების მიერ წლის განმავლობაში შთანთქმული ნახშირბადის ატმოსფერული შემცველობის მთლიანი მარაგი და ორგანიზმების სუნთქვის, ასევე მათი ნარჩენების გახრწნის, ბუნებრივი (ვულკანიზმი) და ტექნოგენური (სათბობის წვა) რეაქციების წყალობით ფორმირებული ნახშირბადის რაოდენობა თითქმის ერთმანეთის ტოლია.

ნახშირბადის წრებრუნვა შეუქცევადი პროცესია. მისი ატომების ნაწილი – ორგანული (ჰუმუსი, ტორფი, საპროპელი) და არაორგანული (კარბონატები)

ნაერთები ხანგრძლივი დროის განმავლობაში განამარხდებიან. ღრმა ფენებში მოხვედრილი 10^{16} ტონა ნახშირბადი (ქვანახშირი, ნავთობი, კირქვები) მილიონობით წელიწადი ამოვარდნილია წრებრუნვიდან. ვულკანიზმი აბრუნებს განმარხებულ ნახშირბადს დედამიწის გეოგრაფიულ გარსში. ამდენად, იგი ისევ აგრძელებს ბიოლოგიურ მიმოქცევაში მონაწილეობას.

განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობისაა თავისუფალი ჟანგბადის მონაწილეობა ბუნებრივ პროცესებში. დაჟანგვა ხომ ბუნებაში ფრიად გავრცელებული მოვლენაა. ჟანგბადი შედის ქანების, ნიადაგების, წყლის შემადგენლობაში. თავისუფალი ჟანგბადი დედამიწაზე ამ 3 მლრდ. წლის წინათ გაჩნდა. მოგვიანებით, ჟანგბადის ზრდამ გამოიწვია ოზონის ეკრანის წარმოშობა. ოზონის ეკრანი აჩერებს რა ულტრაიისფერი სხივების შემოჭრას, ხელს უწყობს ცოცხალი ორგანიზმების სწრაფ გავრცელებას დედამიწაზე. გეოგრაფიული გარსის ისტორიის მანძილზე ჟანგბადი დაგროვდა მიწის ქერქის ზედა ფენაში, გამოფიტვის ქერქსა და ნიადაგებში.

მწვანე მცენარეულობის არსებობით ატმოსფეროში დაგროვილი თავისუფალი ჟანგბადი $1{,}18 \times 10^{15}$ ტონას შეადგენს. ამჟამად თავისუფალი ჟანგბადის ყოველწლიური ნამატი $1{,}55 \times 10^{9}$ ტონაა, ხოლო მისი ხარჯვა $2{,}16 \times 10^{10}$ ტონას აღწევს. მათ შორის ტექნოლოგიურ პროცესებში ყოველწლიურად 9×10^{9} ტონა ჟანგბადი იხარჯება. ჩანს, რომ ჟანგბადის ბალანსში შემოსავალი ერთი რიგით დაბალია გასავალთან შედარებით, რომელსაც გარემოში უარყოფითი შედეგები მოსდევს. ამიტომ იგი განიხილება როგორც გადაუდებელი ზოგადსაკაცობრიო პრობლემა, რომლის ლიკვიდაციის გარეშე დატოვება სოციალურად გაუმართლებელი და ეკოლოგიურად სახიფათოა, სასიცოცხლო გარემოს გაუარესებისა და დეგრადაციის მომასწავებელია.

ბიოლოგიურ წრებრუნვებში მონაწილეობენ აგრეთვე კალციუმი, აზოტი, გოგირდი და სხვა ელემენტები. პირველი მათგანი შედის კირქვების შემადგენლობაში. კირქვიანი ქანების წყალში გახსნის გამო, მდინარეების მიერ ყოველწლიურად ხმელეთიდან ოკეანეებში 5×10^{8} ტონა კალციუმი გადაიტანება. თბილი ზღვების ორგანიზმები (მარჯნები) მას ინტენსიურად გარდაქმნიან თავიანთი ჩონჩხის შესაქმნელად. მათი ნარჩენებისაგან ზღვის ფსკერზე დანალექი ქანების (კირქვები) დაგროვებას აქვს ადგილი. ზღვის დონის დაწევის, ანუ რეგრესიის, ან კიდევ ტექტონიკური აზევების შედეგად კირქვების ხმელეთზე გაშიშვლებაა მოსალოდნელი, რომელიც ისევ სუბაერალური გარდაქმნის არეში მოექცევა. კალციუმის მიმოქცევაც შეუქცევადი პროცესია. ამასთან, ხელახლა მიღებული კარბონატების ქიმიური შემადგენლობა ერთნაირად სრულებით არ არის. ასე, მაგალითად, პალეოზოური კირქვები მაგნიუმით მდიდარია. ამიტომ მას თან დოლომიტები ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) ახლავს. უფრო ახალგაზრდა და თანამედროვე კირქვები კი მაგნიუმს ნაკლებად ან იშვიათად შეიცავს. შესაბამისად, ასეთი კარბონატები დოლომიტებით საკმაოდ ღარიბია.

აზოტი უფრო ატმოსფეროშია გავრცელებული (4×10^{15} ტონა). იგი შედის ქვანახშირის (1–2,5%), ნავთობის (1,5%-მდე), აგრეთვე ნიადაგებისა (0,1%) და ცოცხალი ორგანიზმების (0,3%) შემადგენლობაში. ატმოსფერული აზოტი მცენარეულობისა და ცხოველების მიერ ნაკლებად ხელმისაწვდომია. აზოტის ბიოლოგიურ წრებრუნვაში მონაწილეობა ორი გზით ხდება: ერთი, აზოტის ოქსიდების წვიმის წყალში გახსნისა და, მეორე, მიკროორგანიზმების მიერ ფიქსირების შედეგად.

გოგირდის ბიოლოგიურ წრებრუნვებში მონაწილეობა მიმდინარეობს ვულკანური ამოფრქვევის მასალის, ატმოსფერული ნალექების მეშვეობით, ოკეანის წყალში

დაბრუნების გზით. გოგირდი შედის ცოცხალი ორგანიზმების შემადგენლობაში. ამიტომ გოგირდის ნაერთებით გარემოს გაბინძურების აღსაკვეთად მიზანშეწონილია წყალმცენარეების, სოკოებისა და ბაქტერიების მიერ, ამ ელემენტის ავტოტროფული შეთვისების უნარის გამო, გარემოს თვითგაწმენდის მექანიზმის ამუშავება.

გეოგრაფიული გარსის განვითარების ისტორიაში ბიოგეოქიმიური წრებრუნვების მუდმივმა პროცესმა ჟანგვა-აღდგენითი კონტრასტების არეალების წარმოშობა განაპირობეს. სიცოცხლის წარმოშობამდე დედამიწაზე გაბატონებული იყო მხოლოდ სუსტი აღდგენითი გარემო. ამჟამად დაჟანგვითი გარემო გეოგრაფიული გარსის ზედა ჰორიზონტებზე (ჭაობები, შლამიანი ნალექები, ქანები, წყლები) მდებარეობს, სადაც თავისუფალი ჟანგბადის დაგროვებას აქვს ადგილი. იმავე მოვლენას უფრო ღრმადაც — ანაერობულ სივრცეში აქვს ადგილი. აქ მიმდინარეობს გოგირდწყალბადის, მეთანის, სულფიდების წარმოქმნა.

ინტენსიური ბიოგეოქიმიური წრებრუნვები მიმდინარეობს ნოტიო ტროპიკების ლანდშაფტებში. აქ ორგანული ნივთიერება არა მარტო სწრაფად წარმოიქმნება, არამედ ჩქარა იხრწნება კიდევაც. უხვ ატმოსფერულ ნალექებს ნიადაგებიდან სწრაფად გამოაქვთ ადვილადხსნადი ელემენტები (გოგირდი, ქლორი, კალიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი). ამავე დროს, გრუნტის წყლებს საკმაოდ ნელა გამოაქვთ რა ნიადაგიდან რკინა და ალუმინი, ამ ელემენტების ოქსიდების წარმოქმნას, დაგროვებას და, შესაბამისად, წითელმიწებისა და ყვითელმიწების ფორმირებას აქვს ადგილი.

ტაიგის ლანდშაფტებში, მზის სუსტი ენერგიის გამო, გამოფიტვა და ნიადაგწარმოშობა ნელა მიმდინარეობს. შედარებით ინტენსიურია ამ ნიადაგების გამოტუტვის პროცესი, რაც კალციუმის, კალიუმისა და ფოსფორის მინერალური შენაერთების დეფიციტის შემქმნელია. ქიმიური ელემენტები არა მარტო ბიოგენური გზით, არამედ ჰაერისა და წყლის ნაკადებითაც მოძრაობენ. ჰაერის მიგრანტებია: წყალბადი, ჟანგბადი, აზოტი, ნახშირბადი; წყლის მიგრანტები (ნატრიუმი, მაგნიუმი, ალუმინი, ფოსფორი, გოგირდი, რკინა) მოძრაობენ იონების, მოლეკულებისა და კოლოიდების სახით. ზოგიერთ მათგანს (S, Cl, K, Na, Mg, Ca) მოძრაობის მაღალი უნარი აქვს. ამიტომ ნიადაგებში იშვიათად რჩებიან და მხოლოდ მშრალი ჰავის პირობებში განიცდიან დაგროვებას. სტეპებში ტენის უკმარისობა ნიადაგების მინერალური ნაერთებით გამდიდრებას განაპირობებს; ამავე დროს, მდინარეთა წყლებს აქ შედარებით მაღალი (500 – 1000 მგ $ლ^{-1}$) მინერალიზაცია ახასიათებთ.

ქიმიური ნაერთებისაგან განსხვავებით, მინერალური ნაწილაკები ჰაერს, წყლებს, მყინვარებს გადააქვს. მათ მიერ დედამიწის უსწორმასწორო ზედაპირის მოგლუვებას აქვს ადგილი. დედამიწის ზედაპირზე მიმდინარე წყლების მიერ მყარი ჩამონაღენის ყოველწლიური მასა 14 მლრდ. ტონას შეადგენს. წყალში გახსნილ ნივთიერებათა სიდიდე კი 2 მლრდ. ტონითაა შეფასებული. ცხადია, რომ ინტენსიური დენუდაცია უფრო მთიანი ქვეყნებისთვისაა დამახასიათებელი. ასევე მნიშვნელოვანია მყინვარული დენუდაციის (ეგზარაციის) როლი, რომელიც განსაკუთრებით ანტარქტიკასა და გრენლანდიაშია გავრცელებული.

კონტინენტებიდან ნივთიერებათა გამოტანასთან ერთად შემოსვლასაც აქვს ადგილი. ნივთიერებათა ძირითადი მასა შემოდის მიწის წიაღიდან (ვულკანიზმი), აგრეთვე, გამოფიტვის პროდუქტებისა და ზღვიური მარილების დალექვის შედეგად. ხმელეთის მინერალური ნივთიერების ბალანსი (ცხრილი XI.4) გვიჩვენებს კონტინენტური

გადარეცხვის უპირატესობას (7-ჯერ) მასალის დალექვასთან შედარებით. მათ შორის განსაკუთრებით აქტიურია ეროზიული გადარეცხვა. დედამიწის ამგებელი ქანების ნელი მოძრაობის მიუხედავად, სახეზეა მათი მიმოცვლის მაღალი ინტენსი-

ცხრილი XI. 4.

ხმელეთის მინერალურ ნივთიერებათა ბალანსი

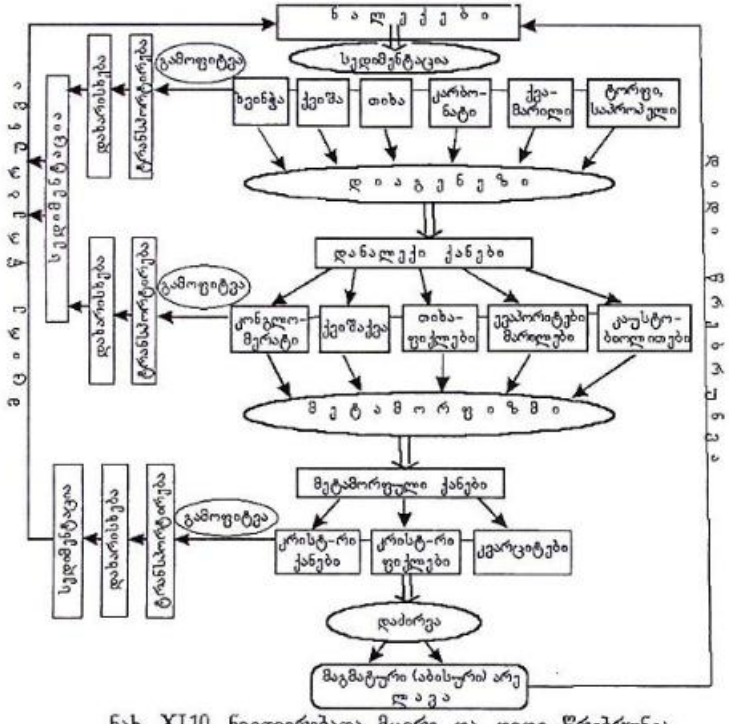
გასავალი	სიდიდე x 10^{12} კგწწ$^{-1}$	შემოსავალი	სიდიდე x 10^{12} კგწწ$^{-1}$
მყარი ჩამონადენი	14,1	გამოფიტვის მასალა	0,1–1,6
იონური ჩამონადენი	1,6–1,7	ვულკანური აკუმულაცია	1,8
მყინვარული ჩამონადენი	2,2–2,3	ბიოგენური აკუმულაცია	1,0
ზღვიური აბრაზია	0,7–1,1	კოსმოსური ნივთიერება	0,02
ეოლური გადატანა	2,0–4,0		
სათბობის წვა	2,6		
სულ	23,2–25,7	სულ	2,9–4,4

ურობა. ასე, მაგალითად, დედამიწის წიაღიდან ამოფრქვეული ლავის გაცივების შედეგად ვულკანური ქანების ფორმირებას აქვს ადგილი; დროთა განმავლობაში ისინი დესტრუქციას განიცდიან, ნგრეული მასალა კი გრავიტაციის ძალით უფრო დაბალი ჰიფსომეტრიული არეალებისაკენ გადაადგილდება; სხვა გარემოში (წყალსატევების ფსკერზე) ისინი დანალექ ქანებად გარდაიქმნება, ხოლო დიაგენეზის წყალობით თანდათანობით გამკვრივების განიცდის. ამ პროცესის ხანგრძლივი და უწყვეტი მიმდინარეობისა, აგრეთვე, სულ უფრო ახალი შრეების დალექვის, საბოლოოდ მათი დაძირვისა და მაღალი წნევის პირობებში მოხვედრის გამო ქანები მეტამორფიზმს განიცდის. მაღალი ტემპერატურის არეში კი მეტამორფული ქანების გალღვობას ექნება ადგილი. ასეთი სხეული ვულკანიზმის შედეგად ისევ ბრუნდება დედამიწის ზედაპირზე. დედამიწის ხანგრძლივი ასაკი მიგვანიშნებს, რომ ქანების მიმოცვლაც შეუქცევადი მოვლენაა. ამას ადასტურებს თუნდაც, მაგმის გაცივებასთან ერთად აქროლადი ელემენტების უკან მოუბრუნებელი გაბნევა ატმოსფეროსა და ახლო კოსმოსურ სივრცეში.

მინერალურ ნივთიერებათა გადაადგილებას ანთროპოგენური პროცესებიც უწყობენ ხელს. მათ შორისაა მიწათმოქმედება, ტყის ჩეხვა, სამთომომპოვებელი საქმიანობა. მათი ჯამური ეფექტი 6–10 მლრდ. ტონა წწ$^{-1}$-ის ფარგლებში მერყეობს, რაც პლანეტარული დენუდაციის 40%-ზე მეტია. შესაბამისად, ანთროპოგენური ფაქტორის როლი, ნივთიერებათა მიმოცვლაში, ბუნებრივი პროცესების მაჩვენებლებთან შესაბამისობაში მოდის. ამავე დროს, ადამიანის ნეგატიური მოქმედებით ადგილი აქვს ბუნებრივი ფაქტორების მიერ ნივთიერებათა გადატანის პროცესის კიდევ უფრო გააქტიურებას, ხოლო მასალის ინტენსიურ გადაადგილებას – თვით ბუნებრივი ფაქტორები (ზედაპირული წყლები, ქარი, მყინვარები) ასრულებენ.

როგორც ჩანს, ლითოსფეროს ამგებელი ნივთიერება ინტენსიურ გარდაქმნას განიცდის. განასხვავებენ ამ ნივთიერებათა მცირე და დიდ (ნახ. XI.10) მიმოქცევებს. მცირე წრებრუნვა მოიცავს მყარი ნივთიერების დაშლას, მის ტრანსპორტირებას, დიაგენეზსა და მეტამორფიზმს. ამ ქანების ისევ გამოფიტვის არეში მოხვედრა, მათ ხელახალ დაშლა-დაქუცმაცებასა და ახალ ციკლში ჩაბმას იწვევს. ლითოსფეროს ნივთიერებათა დიდ წრებრუნვაში მონაწილეობს აგრეთვე მეტამორფული ქანები, თუმცა მათი შემდგომი დაძირვა მაგმატურ არეში მოხვედრასა და ვულკანური ამოფრქვევის ციკლში მონაწილეობას მოიცავს.

დედამიწის ნივთიერებათა წრებრუნვები სტრუქტურული ნიშნებით ხასიათდება, რომელიც გეოგრაფიული გარსის შემადგენელი ნაერთების სახესხვაობის გამო, მიმოქცევის არაერთგვაროვნებას ამყარებს. ნივთიერებათა წრებრუნვები თავიანთი



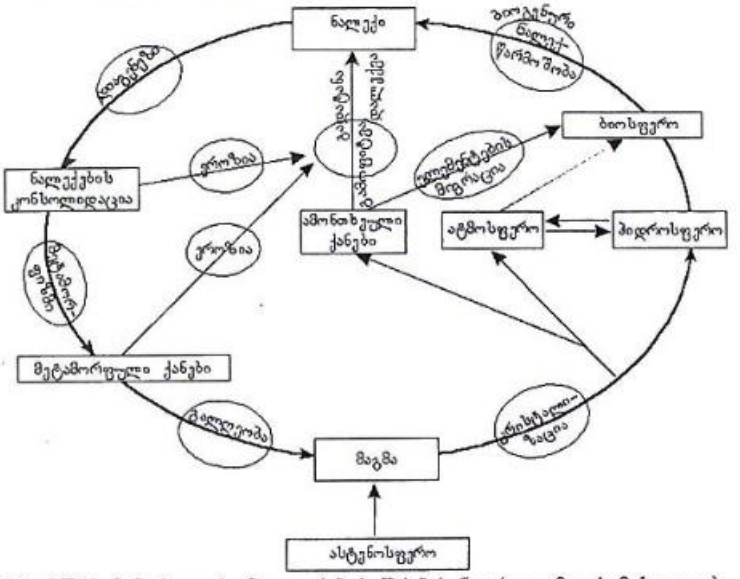
ნახ. XI.10. ნივთიერებათა მცირე და დიდი წრებრუნვა

ციკლების არაერთგვაროვანი ხანგრძლივობით გამოირჩევა. იგი მოიცავს დროის იმ მონაკვეთს, რომელიც საჭიროა ამა თუ იმ ნივთიერების ერთჯერადი და სრული წრებრუნვის მისაღწევად. მიმოქცევათა ხანგრძლივობის ცოდნას დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია, რადგან მოძრავი და მცირე დროში განახლებული ნივთიერებები უფრო სწრაფად გარდაიქმნებიან, ხოლო ნეგატიური გზით მათი წარმართვის შემთხვევაში მეტი ზიანის მოტანა შეუძლიათ. ამიტომ ისინი ფაქიზ ყურადღებასა და ადამიანის გონივრულ ჩარევას მოითხოვენ.

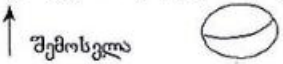
ამრიგად, გეოგრაფიული გარსის დინამიკურობის ერთ-ერთი საფუძვლიანი გამოხატულება — ნივთიერებათა განუწყვეტელი მიმოცვლა დაკავშირებულია რა დედამიწის ფიზიკურ თვისებებთან, წრებრუნვის ხასიათის მატარებელია, რომლის მუდმივი შეუქცევადობა განსაზღვრავს გარსის ცვლილების მიმართულების (ნახ.XI.11) ხასიათს, რის შედეგადაც ადგილი აქვს მის განვითარებასა და უფრო რთული სტრუქტურის ჩამოყალიბებას.

ენერგიის წრებრუნვები. ბუნებაში მიმდინარე მიმოქცევების ღრმა ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გეოგრაფიულ გარსში ნივთიერებათა და ენერგიის წრებრუნვები საკმაოდ შესამჩნევად მიმდინარეობს. ამავე დროს, აღნიშნული სახის მიმოქცევები მიმდინარეობს როგორც კოსმოსურ სივრცესთან, ისე მიწის წიაღთანაც. თვით

ბუნებრივ გარსში კი ამ ნივთიერებათა და ენერგიების რთული გარდაქმნები სრულდება. ენერგიათა წრებრუნვის მექანიზმი ნივთიერებათა მიმოქცევების შინაარსში დევს. აქ ნათლად ჩანს, რომ როგორც ნივთიერებათა მოძრაობაა შეუქცევადი, ასევე შეუქცევადი უნდა იყოს მათი გამომწვევი და მამოძრავებელი ენერგიაც. თუკი ნივთიერებათა წრებრუნვები გეოგრაფიული გარსის განვითარებას იწვევენ, ცხადია, ენერგიათა ანალოგიური ქცევები ამ ნივთიერების ინტენსიურობის განმსაზღვრელ როლში უნდა გამოვიდეს.



ნახ. XI.11. მინერალური ნივთიერების წრებრუნვა (ი. დემეკის მიხედვით)



აღნიშნული ვარაუდის დადასტურების მიზნით, განვიხილოთ ნივთიერებათა ყოველი მიმოქცევის მამოძრავებელი ენერგიის შემოსვლისა და მისი მუშაობის ასპექტები. გეოგრაფიულ გარსში შემოსული ენერგიის ძირითადი წყაროებიდან უმთავრესია მიწის წიაღი, დედამიწის ღერძის გარშემო ბრუნვა და მზის გარშემოვლა, აგრეთვე, მზის რადიაცია. გეოგრაფიულ გარსში შემოსულ ენერგიათა შორის აღსანიშნავია დედამიწის შინაგანი სითბო. აკად. ა. მონინის გამოთვლებით, დედამიწის განვითარების ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე გამოთავისუფლებული ენერგია $1{,}6x10^{31}$ ჯოულს შეადგენს. დედამიწის შინაგანი ენერგიის მეორე წყაროა რადიოგენური ენერგია, რომელიც მიღებულია ზოგიერთი ქიმიური ელემენტის რადიაქტიური დაშლის შედეგად. დადგენილია, რომ ამ გზით მიწის წიაღში უკვე გამოიყო $0{,}9x10^{31}$ ჯოული, ხოლო წიაღიდან ზედაპირზე შემოსვლამ $0{,}74x10^{31}$ ჯოული შეადგინა.

წიაღში დაგროვილი ენერგიის ნაწილი დედამიწის ზედაპირიდან დანალექი ქანების სიღრმეში გადასვლასთანაცაა დაკავშირებული. ამ მოვლენას ადასტურებს ზედაპირული თიხოვანი შრეების შინაგანი ენერგიის დიდი მარაგი. ამ ნალექების

ღრმად დაძირვისა და გათბობის შემთხვევაში, დედამიწის ზედაპირზე შთანთქმული ენერგია – წიაღში გამოიყოფა. ამდენად, თიხოვანი მინერალები „სათბობი წიაღისეულის“ როლში გამოდიან, რომელთა შინაგანი ენერგიის გამოყოფა მაღალ (გალღვობის) ტემპერატურაზე იწყება. ანალოგიური თვისებისაა ქვანახშირიც. ასეთი ნიშნების მატარებელ სხეულებს „გეოქიმიურ აკუმულატორებს“ უწოდებენ.

მიწის წიაღიდან გეოგრაფიულ გარსში ენერგია შემოდის აგრეთვე სითბური ნაკადების სახით. გამოთვლებით დადგენილია (0,006 ჯმ$^{-2}$წმ$^{-1}$) ამ ნაკადის სიდიდე. მისი ინტენსიურობა განსაკუთრებით მაღალია დედამიწის მოძრავ (წყნაროკეანური, ხმელთაშუაზღვიური და რიფტული ზონები) არეალებში. კიდევ უფრო მაღალია იგი წითელი ზღვის მიდამოებში, ვულკანური ამოფრქვევებისა და ტექტონიკური დისლოკაციის ზოლებში.

შესამჩნევი ენერგია შემოდის გეოგრაფიულ გარსში დედამიწისა და კოსმოსურ სხეულებს (მზე და მთვარე) შორის ურთიერთმოქმედების შედეგად. მოქცევითი ხახუნის ენერგიის რაოდენობა 3,5x10^{3}ჯკმ$^{-2}$წმ$^{-1}$ შეადგენს. წარსულში ეს სიდიდე რამდენადმე მეტი ძალით იყო გამოვლენილი, რაც დედამიწის ბრუნვის მეტი სიჩქარითა და მთვარემდე ნაკლები მანძილით იყო გამოწვეული. ბუნებრივია, რომ ამ მოვლენას წარსულის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პროცესებზე დიდი გავლენა უნდა მოეხდინა. ამჟამად კი მოქცევა და უკუქცევა თანდათანობით ანელებენ დედამიწის ღერძულ ბრუნვას, რაც, თავის მხრივ, ამცირებს კორიოლისის ძალასა და ზრდის დღის ან ღამის ხანგრძლივობას. ამის შედეგად ადგილი აქვს ატმოსფერული ცირკულაციის შესაბამისი სურათის ჩამოყალიბებას, ჰაერის ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექებისა და წლიური, სეზონური და დღეღამური ახალი რეჟიმების ფორმირებას.

გეოგრაფიულ გარსში შემოსული მზის ენერგია (2,3 x 10^{2}ჯმ$^{-2}$წმ$^{-1}$) რამდენიმე ათასჯერ ჭარბობს ენერგიის სხვა (ცხრილი XI.5) ნაკადებს, თუმცა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების მსვლელობა დამოკიდებულია არა მარტო ენერგიის ნაკადის სიმძლავრეზე, არამედ მისი შემოსვლის ფორმაზეც.

ცხრილი XI. 5.

გეოგრაფიულ გარსში შემოსული ენერგიის ნაკადების თანაფარდობა

ენერგიის ნაკადები	ენერგია, ჯმ$^{-2}$წმ$^{-1}$
მზის ენერგია (შთანთქმული ატმოსფეროსა და მიწის ზედაპირის მიერ)	2,3x10^2
კოსმოსური ენერგია	2x10^{-6}–3x10^{-6}
ენერგიის ანთროპოგენური წარმოება	16–20x10^{-3}
რადიაქტიური იზოტოპების დაშლა	~7x10^{-3}
ელექტრონული განმუხტვების ენერგია	~4x10^{-3}
მოქცევითი ხახუნის ენერგია	3,5x10^{-3}
ორგანული ნივთიერებების დაშლისა და ჟანგბადის შეკავშირების ენერგია	0,4–0,6
ბიოთერმული სითბო	~0,1
ტექტონიკური ენერგია	~10^{-3}

გეოგრაფიულ გარსში შემოსული მზის ენერგია მრავალგვარ (არეკვლა, შთანთქმა, გაბნევა) გარდაქმნას (თავი VI) განიცდის. შემოსული ენერგიის წლიური რაოდენობა 3,16x10^{9}ჯ მ$^{-2}$-ს შეადგენს. ამასთან, პოლარულ მხარეში იგი უარყოფითია, მნიშვნელობისაა, ეკვატორულ ზოლში კი 4,8x10^{9}ჯმ$^{-2}$წწ$^{-1}$-მდე იზრდება. ამიტომ მისი საშუალო მრავალწლიური მაჩვენებელი მაღალი განედების მიმართულებით სწრაფად

იზრდება. მნიშვნელოვან ცვლილებას განიცდის, აგრეთვე, დედამიწის ზედაპირის დღეღამური და სეზონური რადიაციული ბიუჯეტი.

ქვეფენილი ზედაპირის რადიაციული ბიუჯეტი ენერგიის ის ნაწილია, რომელიც იხარჯება აორთქლების, მყინვარების დნობის, წყლისა და ჰაერის გათბობის, გამოფიტვის, ფოტოსინთეზის, ეროზიის, ჰაერისა და წყლის მასების მოძრაობის წარმართვისათვის.

ატმოსფეროს რადიაციული ბიუჯეტი, მიწის ზედაპირისაგან განსხვავებით, უარყოფითია. ეს იმას ნიშნავს, რომ ატმოსფერო (კოსმოსისა და დედამიწის მიმართულებით) უფრო მეტ ენერგიას ასხივებს, ვიდრე შთანთქავს მას. ამავე დროს, ატმოსფეროს რადიაციული ბიუჯეტის საშუალო მნიშვნელობა ($3{,}16 \times 10^9$ ჯ $მ^{-2}წ^{-1}$) დედამიწის ზედაპირზე რადიაციული ბიუჯეტის აბსოლუტური სიდიდის ტოლია.

დედამიწის ზედაპირის რადიაციული ენერგიის ნამეტის ხარჯვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების მსვლელობას განაპირობებს. ატმოსფეროს რადიაციული ენერგიის დეფიციტის შევსება დედამიწის ზედაპირიდან მომდინარეობს. ენერგიის კომპენსაცია წყლის ფაზური გადასვლითა (აორთქლება – კონდენსაცია, 83%) და ტურბულენტური სითბოგაცვლით (რადიაციული ბიუჯეტის 17%) ხორციელდება. საერთოდ, დედამიწის, როგორც პლანეტის რადიაციული ენერგიის შემოსული და გასული (გაცემული) ნაწილები ერთმანეთის ტოლია, ანუ დედამიწა რადიაციული წონასწორობის მდგომარეობაში იმყოფება. თუმცა ეს წონასწორობა შეფარდებითია, რადგან ენერგიის მნიშვნელოვანი ნაწილი ფოტოსინთეზის მსვლელობისას, ქიმიური კავშირების ენერგიის სახით, წრებრუნვებიდან ამოვარდნილია და დროებით მიწის ქერქის ფენებშია განამარხებული.

სახელმძღვანელოში, განხილული სითბური მანქანების მუშაობის პრინციპისა და მისი გეოგრაფიული შედეგების პარალელურად, შევეხოთ მის ენერგეტიკულ მხარეს. გეოგრაფიული გარსის სითბური მანქანების მარგი ქმედების კოეფიციენტი საკმაოდ მცირე მნიშვნელობისაა. იგი განსაზღვრულია როგორც „გამათბობელისა" და „მაცივრის" შორის ტემპერატურათა მცირე სხვაობით, ასევე გარემოში ენერგიის დიდი დანაკარგებით. ამის მიუხედავად, ჰაერის მასების გადაადგილებებს საკმაოდ დიდი გეოგრაფიული მნიშვნელობის მუშაობის შესრულება აკისრიათ. მათ მიერ სითბოსა და სინოტივესთან ერთად, დიდძალი ენერგია მიმოიქცევა. ოკეანის ზედაპირიდან $505 \times 10^{12} მ^3$ წყლის აორთქლებაზე (თბილ პერიოდში აორთქლებაზე იხარჯება $1{,}3-2{,}5 \times 10^9$ ჯ$მ^{-2}$ ენერგია) დახარჯული სითბური ენერგია ($2{,}62 \times 10^9$ ჯ$მ^{-2}წ^{-1}$) იმავე ორთქლში იმყოფება ფარული სითბოს სახით. ორთქლის ხმელეთის ზედაპირზე გადაადგილებას თან სდევს მისი კონდენსაცია ($119 \times 10^{12} მ^3$) და აორთქლებაზე დახარჯული სითბოს გამოთავისუფლება. ამიტომ წვიმის ან თოვლის მოსვლის დროს ოკეანის ზედაპირიდან შემოსული სითბო ხმელეთის ზედაპირზე გარემოს რამდენადმე „ათბობს" კიდეც. თუ ვივარაუდებთ საქართველოში ატმოსფერული ტენის შავი და ხმელთაშუა ზღვების, ან კიდევ, ნაწილობრივ ატლანტის ოკეანის აკვატორიებიდან შემოსვლას, მაშინ უნდა დავასკვნათ, რომ აქ ატმოსფერო ენერგიის გარკვეულ ნაწილს აღნიშნული წყალსატევებიდანაც ღებულობს.

მუდმივი ენერგომიმოცვლა მიმდინარეობს აგრეთვე ოკეანეებსა და ატმოსფეროს შორის, რაც მათი სითბური არათანაბრობითაა გამოწვეული და მიმართულია ამ გეოგრაფიული ობიექტების ტემპერატურათა გათანასწორებისაკენ. ამავე დროს,

ოკეანესა და ჰაერს შორის წონაწორობის მიღწევა არა მარტო მათი ტემპერატურული, არამედ ჰაერის ორთქლით გაჯერების პირობების თანასწორობითაა შესაძლებელი. ამასთან, ოკეანესა და ჰაერის მასებს შორის სითბოგაცვლის ფიზიკური მექანიზმით განისაზღვრება მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული შედეგი: შედარებით მაღალი ტემპერატურის ჰაერის გათბობა უფრო მეტი სითბოს დახარჯვას მოითხოვს. ამიტომ ტროპიკული სარტყლების ჰაერის მაღალი ტემპერატურის შენარჩუნება უფრო მეტ ენერგიას მოითხოვს, ვიდრე პოლარული მხარეების ჰაერის მასებისა (პ. ვეილი, 1977).

როგორც ჩანს, ოკეანის ზემოთ ჰაერი მუდმივად ახლოსაა წყლის ორთქლით გაჯერებასთან. ხმელეთზე კი ეს მოვლენა პირიქითაა. ვინაიდან ჰაერის კონვექცია ნიადაგისა და მცენარეული საფარის არეალებიდან სრულდება, ჰაერი დაბალი შეფარდებითი სინოტივით ხასიათდება და ფარული სითბოს მცირე რაოდენობას ღებულობს. მისი გათბობა უფრო ადვილია და, ამიტომ, ხმელეთზე ჰაერის ტემპერატურა ზაფხულში, ოკეანესთან შედარებით, უფრო მეტია. ტროპიკების ოკეანური ჰაერის გათბობის შეზღუდულობა განსაზღვრულია ორთქლადქცევის სითბოს ხარჯვასთან, რაც მისი ტემპერატურის „პიკების ჩამოჭრას" განაპირობებს. ამდენად, დედამიწა „მშრალი" პლანეტა რომ ყოფილიყო, ტროპიკების ჰაერის ტემპერატურა ფაქტობრივთან შედარებით გაცილებით მეტი იქნებოდა.

ჰაერის მოძრაობა ოკეანის ზედაპირზე ტალღების გენერაციას (რყევით მოძრაობას) იწვევს: ჰაერის ნაკადის ენერგია ოკეანის წყალს გადაეცემა და მის ზედაპირს როგორც პოტენციურ, ისე კინეტიკურ ენერგიებს ანიჭებს, რაც ტალღების ფორმირებასთანაა დაკავშირებული. მათი ჯამური ენერგია (E) ფართობის ერთეულზე შემდეგნაირად განისაზღვრება:

$$E = 125\ H^2 \text{ერგი } სმ^{-2},$$

სადაც H – ტალღის სიმაღლეა. ცხადია, რომ ქარის სიჩქარის ზრდასთან ერთად მატულობს ტალღის სიმაღლე და, შესაბამისად, მისი ენერგიაც. ამ უკანასკნელის გადატანა (გადაადგილება) კი რამდენიმე ასეულიდან ათეული ათას (ანტარქტიკიდან ალიასკამდეც კი) კილომეტრამდე მერყეობს. მაღალი ენერგიის ოკეანური ტალღები სანაპიროებზე ხშირად კატასტროფულ ნგრევას იწვევს.

გაბატონებული ქართა სისტემები მსოფლიო ოკეანის უმთავრესი დინებების გამომწვევი მიზეზთაგანია, თუმცა დამატებით ფაქტორებად წყლის ტემპერატურა და მარილიანობაც გვევლინება, რაც, საბოლოო ჯამში, მის სიმკვრივეს განსაზღვრავს.

ოკეანური დინებები გიგანტური არხების „სისხლძარღვთა" სისტემას მოგვაგონებს: დინებებს გადააქვთ სითბური ენერგია, მარილები, საკვები; დინებები ასრულებენ იმ ფუნქციებს, რაც ცოცხალი ორგანიზმის სისხლძარღვებს აქვთ დაკისრებული. ამასთან, ოკეანესა და ატმოსფეროს შორის ენერგომიმოცვლის მუდმივი კავშირები არსებობს. ატმოსფერო აღძრავს ოკეანურ დინებებს, თუმცა საკუთარი ენერგიის უდიდეს ნაწილს (83%) ოკეანისაგან ღებულობს. ასე, მაგალითად, გოლფსტრიმისა და კუროსიოს დინებების ფარგლებში სითბური ენერგიის გადაცემა ატმოსფეროში იმდენად დიდია, რომ წყლის ორთქლს ატმოსფეროს ძირითად „სათბობს" ადარებენ.

ოკეანეს დიდი სითბური და დინამიკური ინერციულობაც ახასიათებს. ატმოსფეროდან მიღებული ენერგია ოკეანის წყალში საკმაო ხანგრძლივობით შემოინახება. ასე, მაგალითად, ქარის ენერგია ოკეანის წყლის ტალღურ გენერაციას რამდენიმე დღე-ღამე აგრძელებს, თუმცა მისი გამომწვევი მიზეზი უკვე დიდი ხანია ჩაცხრა. ოკეანე, აკად. ა. მონინის ხატოვანი გამოთქმით „დამამახსოვრებელი მოწყობილობა",

ანუ ახლებურად რომ ვთქვათ, „კომპიუტერული ტექნიკაა“, რომელიც გასული დროის ატმოსფერული აღელვებების „ნაკვალევს“ შემოინახავს, თუმცა დროის არცთუ ხანგრძლივ პერიოდში.

ენერგიის წრებრუნვას ადგილი აქვს ბიოსფეროშიც. ცოცხალი ორგანიზმების სფეროში (მასა $2,5-3,0 \times 10^{24}$ გრ) ენერგიის ყოველწლიური დაგროვება $3,5 \times 10^{21}$ ჯოულს შეადგენს. ამ მხრივ, ფოტოსინთეზისა და ნიადაგწარმოქმნის პროცესებში ენერგიის ხარჯვა რადიაციული ბიუჯეტის 1%-ზე ნაკლებია და დედამიწის სითბურ რეჟიმზე მნიშვნელოვან გავლენას ვერ ახდენს. თუმცა უნდა გავითვალისწინოთ გეოლოგიურ დროში ამ პროცესებზე დახარჯული ენერგიის დაგროვების უნარი. გეოგრაფიული გარსის არსებობის განმავლობაში ქვანახშირის, ტორფის, ნავთობის, საწვავი ფიქლებისა და სხვა ორგანული ნივთიერებების შემადგენლობაში დაგროვილია კოლოსალური (11×10^{14} ჯმ$^{-2}$) ენერგია, რომელიც ენერგეტიკული ბალანსის მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს.

ლითოსფერული მიმოქცევების (თავი IV) ენერგეტიკულ კოლოსალურობაზე მიუთითებს ვულკანიზმი (ამჟამად მოქმედი 800 ვულკანი ყოველწლიურად ამოაფრქვევს 3–6 მლრდ. ტონა ნივთიერებას), მიწისძვრები, მიწის ქერქის ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მოძრაობა. დედამიწის გეოლოგიურ ისტორიაში ზედაპირზე ამონთხეული ვულკანური პროდუქციის რაოდენობა $13,5-27 \times 10^{18}$ ტონას შეადგენს. მუდმივად მიმდინარეობს მიწის ქერქის დანაჭრება, ეპეიროგენეტური და ფილების მოძრაობა. ცხადია, რომ ეს მოძრაობა ენერგიის ხარჯზე მიმდინარეობს. გავიხსენოთ, რომ დედამიწის გეოლოგიურ ისტორიაში წიაღის გრავიტაციული დიფერენციაციისა და ნივთიერებათა გამკვრივების პროცესში გამოთავისუფლებული სითბური ენერგია, აკად. ა. მონინის გამოთვლებით, $1,6 \times 10^{31}$ ჯოულს შეადგენს, ხოლო რადიოგენური გზით – $0,9 \times 10^{31}$ ჯოულს. წიაღის ამგებელი ქანების შენაერთების ატომებშიდა კავშირების ენერგიასთან ($0,24 \times 10^{31}$ ჯოული) ერთად დედამიწის წიაღის ჯამური ენერგია $2,74 \times 10^{31}$ ჯოულ სითბოს შეადგენს. მიწის წიაღიდან გაბნეული ($0,74 \times 10^{31}$ ჯოული) ენერგიის გათვალისწინებით უნდა ვივარაუდოთ, რომ პლანეტის შიგნით უკვე დაგროვილია 2×10^{31} ჯოული სითბური ენერგია, რომლის შედეგად წიაღის ავტონომიური გათბობა და ნაწილობრივი გალღვობაა გამოწვეული.

მიმოქცევების საფუძვლები და შედეგები. გეოგრაფიულ გარსში ენერგომასების მიმოცვლის საფუძველს ქიმიური ელემენტების მიგრაცია და გადანაწილება წარმოადგენს, რომლის გამომწვევი მიზეზი ნივთიერებათა მოძრაობის უნარით აიხსნება. მიგრაციის ხარისხს განსაზღვრავენ k კოეფიციენტით. არჩევენ ჰაერის, წყლისა და ბიოგენურ მიგრანტებს. მიგრაციის მაღალი უნარით ხასიათდება ის ქიმიური ელემენტები, რომლებსაც რეაქციებში შესვლა ადვილად შეუძლიათ. განსაკუთრებით აქტიურ ელემენტებს მიეკუთვნება წყალბადი, ჟანგბადი, ნახშირბადი, აზოტი. წყლის მიგრანტებიდან აღსანიშნავია გოგირდი, ქლორი ბორი, ბრომი. ისინი ადვილადხსნად მარილებს წარმოშობენ, ხოლო წყლის აორთქლებისას ასევე ადვილად გამოკრისტალდებიან სხვადასხვა მარილების – თაბაშირის, მირაბილიტისა და სხვ. საბით. შედარებით ნაკლები მიგრაცია ახასიათებთ კალიუმს, ნატრიუმს, სტრონციუმს, რადიუმს, ფტორს. მათი გამოკრისტალება კალციტისა და თაბაშირის მარილებს იძლევა. სუსტად მოძრავი ელემენტებია ბარიუმი, რუბიდიუმი, ბერილიუმი, სილიციუმი, ფოსფორი.

ელემენტების მიგრაციის ხარისხი მხოლოდ წყალში ხსნადობით როდი განისაზღვრება. მიგრაციის უნარს ასუსტებს აგრეთვე, მათი შთანთქმა ორგანიზმების მიერ (ბიოლოგური აკუმულაცია), ან კიდევ კოლოიდების გავლენა, ადსორბციისა და დალექვის შემთხვევები. მიგრაციის უნარს აძლიერებს ორგანული ნაერთების მინერალიზაციის, გახსნისა და დესორბციის პროცესები.

მიმოქცევების სრული შეუკვრელობა, რომლის მრავალი ფაქტი უკვე მოტანილი გვაქვს, რამდენადმე დისკრეტული მდგომარეობის ფორმირების საწინდარია. წრებრუნვების დისკრეტულობა ბუნებრივი მოვლენების მიმართული შეცვლისა და გარდაქმნის, ანუ განვითარების ვექტორის წარმოშობის წინაპირობაა.

განვითარების ვექტორის (მიმართულების) არსებობა არა მარტო ბუნებრივი პროცესის მსვლელობის ხასიათს განსაზღვრავს, არამედ მისი პარამეტრების წლიდან წლამდე ცვლილების რაოდენობრივ მაჩვენებლებსაც განაპირობებს, რომელიც, საბოლოო ჯამში, გეოგრაფიული ობიექტების თვისებრივი გარდაქმნების ვიზუალურ ასახვას მოასწავებს. განვითარების ვექტორი გეოგრაფიული ობიექტების გარდაქმნის ის მიმართულებაა, რომელიც განსაზღვრავს ამ ობიექტების განვითარების ტენდენციას, მისი რაიმე მიმართულებით გარდასახვის მიდრეკილებას.

გეოგრაფიული გარსის ობიექტების განვითარების ტენდენციის თვალსაჩინო მაგალითების მოტანა ძნელი არ არის. ასე, მაგალითად, ახალგაზრდა მთიანი სისტემა ძლიერი დანაოჭებითა და ტექტონიკური აღმავალი მოძრაობით, აგრეთვე ვულკანიზმითა და სეისმური მოვლენებით ხასიათდება. ყოველწლიურად მატულობს მისი ნიშნულების სიმაღლეები. ასეთი მთიანეთის შესახებ იტყვიან — აზევების ტენდენცია გააჩნია. წინააღმდეგ შემთხვევაში კი დაძირვის ტენდენციაა გამეფებული. ასეა ჩამოყალიბებული ცნებები: გარეცხვის, გაუდაბნოების, დათბობის, გამყინვარებისა და სხვ. ტენდენციები.

გეოგრაფიული ობიექტების განვითარების ტენდენციის გარკვევას უდიდესი თეორიული და პრაქტიკული მნიშვნელობები აქვს. სწორედ განვითარების ტენდენციის დადგენა, ბუნების ობიექტების სასურველი მიმართულებით ხელოვნურად რეგულირების მექანიზმების ჩართვის საშუალებას იძლევა. განვითარების ტენდენციის პლანეტარული მასშტაბის ზოგიერთი გზა თეორიული მნიშვნელობისაცაა: დედამიწის ნივთიერებათა დიფერენციაციისა და რადიოგენური დაშლით მიღებული სითბოს მიერ წიაღის გახურებამ და მანტიის წარმოქმნამ განაპირობა რა ვულკანიზმისა და მთათაწარმოშობის პროცესების მსვლელობა, საბოლოოდ დედამიწის პირველადი რელიეფის ფორმირება გამოიწვია; ამავე დროს, მანტიის ნივთიერების მიმოცვლა გეოგრაფიული გარსის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ფაქტორია, რომლის შედეგად მიმდინარეობს დედამიწის ზედაპირის CO_2-ით გამდიდრება; განსაკუთრებით მაღალია CO_2-ის შემოსვლა ვულკანიზმის აქტიურობის პერიოდში. თუკი დედამიწაზე ბაქნური რეჟიმი დამყარდება და ვულკანური ამოფრქვევები შეწყდება, ცხადია CO_2-ის კონცენტრაციაც შემცირდება, დაბოლოს, შეწყდება კიდეცაც, რაც რამდენიმე ასეული მილიონი წლის შემდეგ დედამიწაზე სიცოცხლის დასრულებას გამოიწვევს.

ამდენად, მუდმივად მშფოთვარე და დაუცხრომელი დედამიწა, თავისი განუწყვეტელი მოძრაობითა და გარდაქმნებით გეოგრაფიული გარსის არა მარტო რთული სტრუქტურის ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს, არამედ თვით სიცოცხლის შესაძლებლობასაც განსაზღვრავს მანამ, სანამ პლანეტის აქტიურობა და ენერგომასების მიმოცვლა მიმდინარეობს დედამიწის წიაღსა და ზედაპირს შორის.

გეოგრაფიული გარსის ნივთიერებათა მიმოქცევები, თავისი სისტემური ხასიათის გამო, ფუნქციონირების ნიშნების მატარებელია. მიმოქცევების მიმდინარეობისას სისტემის ყოველ შემადგენელ ნაწილს თავისი დანიშნულება გააჩნია. ამდენად, სისტემის შიგნით, კომპონენტებს შორის მიღწეულია „შრომის ფუნქციონალური გადანაწილება". ასე, მაგალითად, ჟანგბადს აერობული ორგანიზმები მოიხმარებენ, ხოლო ამ ელემენტის „წარმოება" მხოლოდ მწვანე მცენარეულობის ხვედრია; ბიოგეოცენოზის სისტემაში პროდუცენტებს ნივთიერებები მინერალურიდან ორგანულში გადაჰყავთ, კონსუმენტები – მათ მოიხმარებენ, ხოლო რედუცენტები შლიან ორგანულ წარმონაქმნებს და ქმნიან მინერალურ ნაერთებს.

მიმოქცევები განსხვავდებიან, აგრეთვე, მათი მიმდინარეობის სირთულის მიხედვით. ამ მხრივ, განარჩევენ წრებრუნვების შემდეგ სახეებს: წრიული, მექანიკური მოძრაობის (ჰაერის, ზღვიური დინებების), აგრეგატული მდგომარეობის შეცვლა (წყლების მიმოქცევა), ნივთიერების ქიმიური ტრანსფორმაცია (ბიოლოგიური მიმოქცევა) და სხვ.

ვამთავრებთ რა გეოგრაფიული გარსის ტრანსფორმაციის ძირითადი თავისებურებების განხილვას, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ეს ბუნებრივი სისტემა წარმოადგენს აღნიშნული წრებრუნვების ცენტრალურ კვანძს, რომელშიც კოსმოსური და წიაღისეული ენერგომასების ნაკადები არა მარტო მიმოიცვლებიან (მოძრაობენ), არამედ მიმდინარეობს კიდევ მათი საფუძვლიანი გარდაქმნები. მოძრაობათა მიმოქცევითი ფორმა მათ განუწყვეტლობას (უწყვეტობას) განსაზღვრავს. წრებრუნვის ციკლი ნივთიერებათა მოძრაობის ელემენტარული ერთეულია, თუმცა მათ სრულ გამეორებას ადგილი არა აქვს. აქედან გამომდინარე, ენერგეტიკული და ნივთიერი ნაკადები შემადგენლობის (სტრუქტურის) მუდმივ და მიმართულ ცვლილებებს განიცდიან, რომლებიც გეოსფეროების (საბოლოოდ, გეოგრაფიული გარსის) საფუძვლიან გარდაქმნას მოასწავებს.

დასკვნები

1. გეოგრაფიული გარსის ნივთიერებებისა და ენერგიის (ენერგომასების) მოძრაობით გამოწვეული შემხები სისტემების ინდუქციური, ურთიერთდაკავშირებული გადაადგილებებით განპირობებულია მიმოქცევათა (წრებრუნვების) ერთიანი სისტემის ფორმირება.

2. გეოგრაფიული გარსის ენერგომასების მოძრაობათა (წრებრუნვათა) საბოლოო ფაზების სივრცობრივი დისკრეტულობითა და ტრაექტორიის სივრცე-დროითი ცვლილებების მასშტაბების სხვადასხვაობით გამოწვეულია მიმოქცევების (ან ცალკეული ნაკადების) შედარებით დამოუკიდებელი (ავტოქრონული) სისტემების ანუ ციკლების ფორმირება.

3. მიმოქცევების მსვლელობაში, მოძრაობის ყოველ ელემენტარულ ნაბიჯზე, ენერგომასების მუდმივობის შეუნარჩუნებლობით განპირობებული, ტრაექტორიის უმნიშვნელო სიდიდის დისკრეტულობა (შეუკვრელობა), გეოგრაფიული გარსისა და მისი ცალკეული ქვესისტემების ცვლილებათა შედეგად, განვითარების მიმართულების ვექტორის ჩამოყალიბებას განაპირობებს, რაც გეოგრაფიული გარსისა და მისი შემადგენელი უფრო დაბალი რანგის ქვესისტემების განვითარების ტენდენციას ანუ მისი რაიმე მიმართულებით გარდასახვის მიდრეკილების ვიზუალურ ასახვას განსაზღვრავს.

4. გეოგრაფიული გარსის არაერთგვაროვანი თბოენერგეტიკული არეალების – თბოშემცველი „სითბური ნაკადების", გლობალური და ლოკალური (ელემენტარული) სისტემების ფორმირებას ბარიული რელიეფი განაპირობებს.

5. გეოგრაფიული გარსის გეოსფერული სისტემების მცირე და დიდი მიმოქცევებით მუდამ მშფოთვარე და განუწყვეტელი მოძრაობები განსაზღვრავს რთული სტრუქტურის სისტემის განახლების პერიოდებსა და თვისებრივი (ოკეანური დინებები, ლითოსფერული დრეიფები, ჰაერის ცირკულაცია და სხვ.) გარდაქმნების გეოგრაფიულ შედეგებს, რაც, საბოლოო ჯამში, ენერგომასების მიმოცვლის აქტიურობით, სასიცოცხლო გარემოს – ეკოსფეროს მდგომარეობას (ბალანსირებას) განაპირობებს.

6. გეოგრაფიული გარსის ნივთიერებათა დიფერენციაციის თანდათანობითი და განუწყვეტელი ზრდა განსაზღვრავდა რა ერთგვაროვანი მანტიის გეოსფეროებად გარდაქმნას, მათ შემდგომ გართულებასა (დანალექი ფენის, მიწისქვეშა წყლების, მყინვარების, ნიადაგების წარმოშობის) და ორგანული სამყაროს დაყოფას, გეოგრაფიული ობიექტების მიმოქცევათა დროითი ციკლების გართულებისა და სტადიური პროცესების ჩამოყალიბების წინაპირობას წარმოადგენს.

7. ენერგიის ფორმების სივრცობრივი (კონტინენტური, ოკეანური, ატმოსფერული) და დროითი (ენერგომასების სიჩქარე) არათანაბარი ტრანსფორმაცია გეოგრაფიული გარსის არა მარტო გარდამქმნელ, არამედ დამგროვებელ (კუმულაციურ) ფუნქციას განაპირობებს.

8. გეოგრაფიული გარსის ენერგომასების ფორმისა და თვისებრივი (მოძრაობა, დამოკიდებულება, ხარისხი) მაჩვენებლების კონცენტრაციისა და მოწესრიგებულობის, გარდაქმნების, დაგროვებისა და კუმულირების სისტემური შეფასება განსაზღვრავს კოსმოსურ, ქიმიურ და მექანიკურ ენერგიათა მუშაობის (ფუნქციონირების) მაღალ პოტენციალს.

9. ენერგიის ნაკადების ეფექტურობა გეოგრაფიულ გარსში განსაზღვრულია არა მხოლოდ კონკრეტულ პროცესში მონაწილეობით, არამედ მისი თვისებრივი ხასიათით – შემოდინების ფორმითა და გეოგრაფიულ პროცესებთან შესაბამისობის ხარისხით.

10. გეოგრაფიული ობიექტების განვითარების ტენდენცია არა მარტო მათი პროგნოსტიკული მოდელის შემუშავების, არამედ სასურველი მიმართულებით მართვის შესაძლებლობასაც განსაზღვრავს.

თავი XII. რიტმული მოვლენები

ზოგადი ცნობები. იძულებითი რყევები. შიდასაუკუნეობრივი და ზესაუკუნეობრივი რიტმები. გეოლოგიური ციკლები. გეომორფოლოგიური ციკლები. ავტონომიური რყევები. გეოგრაფიული სტადიალურობა. გეოგრაფიული პროგნოზირება. გეოგრაფიული გარსის თვითრეგულირება. რიტმულობის კანონი. დასკვნები.

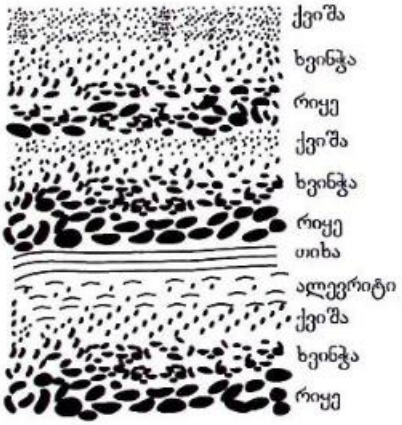
ზოგადი ცნობები. გეოგრაფიული გარსის ენერგომასების მოძრაობათა ხასიათის მიხედვით, სახელმძღვანელოს XI თავში განხილული იყო უმთავრესი მიმოქცევები (წრებრუნვები). ისინი ერთმანეთისაგან დინამიკური რეჟიმის ხასიათით განსხვავდებიან, რის საფუძველზე სისტემის პარამეტრის დროითი ცვლილების შესაბამისად, ადგილი აქვს მოვლენათა რეჟიმის პერიოდების გამოვლენას. დინამიკურ რეჟიმებს შორის, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, აღნიშნავენ პერიოდულ წრებრუნვებს. ამ შემთხვევაში, დროის ტოლ მონაკვეთში სისტემა ერთი და იმავე მდგომარეობას გაივლის. თუმცა, ბუნებაში პერიოდულობა მკაცრად არ არის დაცული. ამიტომ, უფრო მიზანშეწონილია „კვაზიპერიოდულობაზე" (კვაზი – თითქოს, მოჩვენებითი) ვილაპარაკოთ. სწორედ, მიმოქცევათა დინამიკური რეჟიმის ცალკეული, ერთმანეთის მსგავსი სახესხვაობები – რიტმული მოვლენების შინაარსის მატარებელია.

მოვლენათა კომპლექსების დროში განმეორადობასა და მის მიხედვით ამ მოვლენების ერთი მიმართულებით განვითარებას – რიტმული მიმოქცევები ანუ, უბრალოდ, რიტმები ეწოდება. არჩევენ რიტმიკის ორ – პერიოდულ და ციკლურ ფორმებს. პირველ მათგანში გულისხმობენ მოვლენის განმეორებათა შეუცვლელ და მკაცრად განსაზღვრულ შუალედებს, ანუ ერთნაირი ხანგრძლივობის რიტმებს, ხოლო მიმოქცევების ცვალებად პერიოდებს – ციკლებს უწოდებენ.

გეოგრაფიულ გარსში მოვლენათა პერიოდულობა საკმაოდ ხშირი და ფრიად დამახასიათებელი თავისებურებაა. ესაა ტექტონიკური, მაგმატური, დიაგენეზის, კლიმატური, ჰიდროლოგიური და მრავალი სხვა პერიოდული ცვლილებები. მაგრამ პერიოდული რიტმების მაგალითებად გამოდგება მხოლოდ დედამიწის ღერძის გარშემო შემობრუნებისა და მზის ირგვლივ შემოვლის პერიოდები. პირველი – დღელამურ, ხოლო მეორე – წლიურ რიტმიკას ქმნის. ციკლური რიტმების შესაბამისი დროის მონაკვეთებით ყოველთვის აღნიშნავენ მათ საშუალო ხანგრძლივობას. ასე, მაგალითად, ცნობილია მზეზე ლაქების პერიოდული გაჩენა და გაქრობა. მას თან ახლავს მაგნიტური ველის დაძაბულობის რყევები, რომელთა გამეორებას 11-წლიანი პერიოდი ემთხვევა. თუმცა, სინამდვილეში, იგი 9-14 წლის ფარგლებში მერყეობს. ორმაგი ციკლის საშუალო ხანგრძლივობა კი 22 წელიწადს შეადგენს, რეალური კი 19-25 წლამდე იცვლება.

ჰავის რყევების დამადასტურებელი ფაქტების არსებობა დაკავშირებულია დედამიწის ორბიტის პარამეტრების, მზის აქტივობის, მოქცევაწარმომშობი ძალების პერიოდულ ცვლილებებთან. მათ შესახებ საკმაოდ სარწმუნოა გეოლოგიური, გლაციოლოგიური, არქეოლოგიური და ისტორიული ფაქტები: საყოველთაოდ

ცნობილია კლიმატური რყევების 35-წლიანი პერიოდი; საყურადღებოა საჰარის უდაბნოს ნოტიო და მშრალი ეპოქების (1800 წლიანი) მორიგეობა. მყინვარების პერიფერიული ტბების ფსკერზე შრებრივი თიხების დალექვას, მყინვარის დინამიკის სეზონურობა განსაზღვრავს: ზაფხულში, როცა მყინვარი დნება, ტბაში უფრო მსხვილმარცვლოვანი მასალა გროვდება, ხოლო ზამთარში მას თიხოვანი (წვრილმარცვლოვანი) შრე ედება. ყოველი წყვილი დანალექი ფენა – ერთი წლის მონაცვლეობას შეესაბამება. ცნობილია, რომ ადრინდელი (პალეოზოური ერა) წლების დღე-ღამეთა მორიგეობის რიცხობრივი მაჩვენებელი, ახლანდელი მნიშვნელობისაგან ოდნავ განსხვავებული იყო. იგი დედამიწის ღერძული ბრუნვის თანდათანობითი შენელებითაა გამოწვეული. ამ სიდიდეთა შორის სხვაობა უკანასკნელი 400 მილიონი წლის განმავლობაში 10-11%-ით განისაზღვრება. ამის დასტურია დევონური პერიოდის დღეღამური მორიგეობის წლიური მნიშვნელობის 35 დღე-ღამით გადამეტება თანამედროვესთან შედარებით. ტრიასულში ეს მნიშვნელობა, ცხადია, უფრო ნაკლები (380 დღე-ღამე) იყო.



ნახ. XII.1. სუსპენზიური (მღვრიე) ნაკადების ნალექები, გრადაციული (ფლიში) შრეებრიობა

აღნიშნული მოვლენა უფრო ნათლად ჩანს ფლიშური ნალექების (ნახ.XII.1) განლაგებაში. ასე, მაგალითად, კავკასიაში ფლიშური ნალექების კანონზომიერი მონაცვლეობა ერთგვარად შეთანაწყობილია შემდეგნაირი შაბლონის მიხედვით: თიხა, მერგელოვანი თიხა, კირქვა. შრეების თითოეული შეთანაწყობის სიმძლავრე 12 მ-ს არ აღემატება, თუმცა მათი ფორმირების ხანგრძლივობა ასეულიდან რამდენიმე ათას წლამდე იცვლება.

ფლიშური ნალექების ფორმირება ჰავის სეზონურ ცვლასთანაა დაკავშირებული. მათი დალექვა შესაძლებელია სუსპენზიური ნაკადების (ოკეანის ფსკერული დენადი ნაყარი მასალა) მიერ ნალექთდაგროვების შემთხვევაშიც. წყალქვეშა კანიონების გასწვრივ ნაყარი მასალის მოძრაობა დისკრეტული (წყვეტილი) ხასიათისაა. სქელი და დენადი ნაყარი მასალა კანიონის ქვედა ნაწილში (შესართავის ფარგლებში) განიცდის დალექვას, სადაც გამოზიდვის კონუსის ფორმირებას აქვს ადგილი. ცხადია, რომ თავდაპირველად მსხვილმარცვლოვანი (რიყე და ხვინჭა) მასალა ილექება, ხოლო შემდეგ შედარებით წვრილი (ქვიშა და თიხა) ფრაქცია ეფინება თავზე. ასეთი წყებების განმეორება სუსპენზიური ნაკადების ხელახალ შემოდინებასთანაა დაკავშირებული, რომელიც ამინდის პირობების სეზონური ცვლილებითაა გამოწვეული.

მოვლენათა პერიოდულობა დამახასიათებელია აგრეთვე ტექტონიკურ-მაგმატური პროცესებისათვის: აზევება და დაძირვა, მიწისძვრები და ვულკანიზმი, დანაოჭებები – ბუნების ხანგრძლივი პერიოდული გამოვლინებებია. ტექტონიკურ-მაგმატურ

ეპოქათა შემდგომ შედარებითი წყნარი (50-150 მლნ. წ.) პერიოდები გამოვლინდება. პერიოდულობა ეტყობა მიწის ქერქის გეოლოგიურ აღნაგობასაც.

როგორც ჩანს, რიტმულობა გეოგრაფიული გარსის განუყოფელი ნიშან-თვისებაა. ნებისმიერი ლანდშაფტი ერთმანეთისაგან არა მარტო რელიეფის, ნიადაგ-მცენარეული საფარისა და სხვა ძირითადი კომპონენტების შეთანწყობით გამოირჩევა, არამედ აშკარაა რიტმული მორიგეობის ფრიად გამორჩეული ხასიათიც. რიტმულობა ლანდშაფტის სტრუქტურის დამახასიათებელი ნიშანია, რომელშიც ორგანულ კავშირებს კომპონენტთა ურთიერთმოქმედებები განსაზღვრავენ. ისინი დროითი ცვლილებებისა და ორგანიზებულობის გამო, მტკიცე თანმიმდევრობით გამოირჩევიან და კონკრეტული ნიშნები გააჩნიათ. ლანდშაფტების სტრუქტურისა და ფუნქციონირების ფორმას დროის კონკრეტულ მონაკვეთში მისი მდგომარეობა ეწოდება. არჩევენ ხანმოკლე, საშუალო ხანგრძლივობის (სეზონურ) და გრძელვადიან მდგომარეობებს. ხანმოკლე (დღეღამური) მდგომარეობას სტექსს უწოდებენ.

გეოგრაფიული გარსის მოვლენების პერიოდულობა განსაზღვრულია გარეგანი ფაქტორებითა (იძულებითი რყევები) და განვითარების შინაგანი (ავტონომიური რყევები) კანონზომიერებებით. გარეგან ფაქტორებს მიეკუთვნება მზის სისტემის მდებარეობა ჩვენს გალაქტიკაში, დედამიწის ორბიტის ექსცენტრისიტეტის რყევა, ან კიდევ, მისი ბრუნვის ღერძის დახრილობა და ა.შ. გალაქტიკური წელიწადის განმავლობაში მზის სისტემა გაივლის ნივთიერებათა სხვადასხვა სიმკვრივის სივრცეთა ფრაგმენტებს. ამის გამო იცვლება გრავიტაციული ველის სიდიდე, ატმოსფერული და ოკეანური სისტემის ცირკულაციის რყევები, ბრუნვის ელიფსიოდის შეკუმშულობა, გეოიდის ზედაპირის ხასიათი და სხვ. მათი გავლენა ძალიან დიდია ხმელეთისა და ოკეანის განაწილების, ნალექთდაგროვებისა და სხვა პროცესების მსვლელობაში.

იძულებითი რყევების კლასიკური მაგალითებია დღეღამური და წლიური რიტმები. ისინი დაკავშირებულია მზის რადიაციის ინტენსიურობის რეჟიმთან, რასაც დედამიწის ორი პლანეტარული თავისებურება – ღერძული და ორბიტალური ბრუნვები განაპირობებენ. მზის რადიაციის ბუნებრივ პროცესებზე ძლიერი ზემოქმედების გამო, დღეღამური და წლიური რიტმული მიმოქცევები დამახასიათებელია პრაქტიკულად ყველა ფიზიკურ-გეოგრაფიული მოვლენისათვის.

დღისა და ღამის მონაცვლეობით გამოწვეული მოვლენების ცვლილების მრავალი მაგალითი არსებობს. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ჰაერის ტემპერატურის, აბსოლუტური და შეფარდებითი სინოტივის, ფოტოსინთეზისა და სხვათა რიტმული მორიგეობა. დღეღამური რიტმის გამოვლინება ახასიათებს აგრეთვე ცოცხალ ორგანიზმებს: ზოგი მცენარის (თამბაქო) ყვავილი მხოლოდ მზის ჩასვლის შემდეგ იშლება, ხოლო დღისით თავჩაქინდრულია. საინტერესოა ზაფხულში მიწისპირა ზოლის აორთქლებისა და კონდენსაციის დღეღამური მონაცვლეობა: დღისით წარმოქმნილი ორთქლი, ატმოსფეროს მიწისპირა ზოლში, ღამით ყველაზე ადრე ცივდება, განიცდის კონდენსაციას და, ეკვრება რა ბალახის ღეროებს, ნამის წარმოშობას განაპირობებს. ეს მოვლენა ბალახეული საფარის წყლით უზრუნველყოფას განაპირობებს. დღისით ნამი სწრაფად ორთქლდება, მაგრამ მცენარე თავის მასაზრდოებელ წყალს (ნამის სახით) მეორე დილამდე ელოდება.

ცხოველთა ერთი ნაწილი (ღამურა, ბუ, მაჩვი, ღამის პეპლები, მოსკიტები) ღამის წყვდიადში მოქმედებენ, ხოლო მეორენი – დღის სინათლეზე; ზოოპლანქტონი დღე-ღამის განმავლობაში განიცდის მიგრაციას წყალსატევების ღრმა და ზედაპირულ

ფენებში. ადამიანიც დღეღამური რიტმით ცხოვრობს: დღისით აქტიურია, ღამით ისვენებს.

მთიანეთების ყოველმა მცხოვრებმა კარგად იცის, რომ მთის ნაკადულებში გამთენიისას (დილის საათებში) ფეხით გადასვლა უფრო მოხერხებულია, ვიდრე ნაშუადღევს, როდესაც მყინვარების დნობის შედეგად მიღებული წყალი უფრო ციცია. ზღვისპირეთების მოსახლეობას შენიშნული აქვს: ზღვის გრილი ნიავი შუადღის საათებში დაუბერავს ხმელეთისაკენ, გვიან საღამოს კი, პირიქით — ზღვისკენ შებრუნდება ხოლმე; ასევე იცვლის მიმართულებას მთა-ხეობური ქარები. დიდია დღეღამური რიტმის როლი გამოფიტვისა და ნიადაგწარმოშობის პროცესებში, რომელიც ჰაერის გათბობისა და გაცივების (გაფართოება და შემცირება) ზეგავლენით მიმდინარეობს. თუმცა ეს რყევები დამკვირვებელისათვის შეუმჩნეველია.

წლიური (სეზონური) რიტმული მონაცვლეობა გეოგრაფიულ გარსში გამოწვეულია წელიწადის დროთა ცვლით. გეოგრაფიული ობიექტების დინამიკური ასპექტების სეზონური მონაცვლეობა დამახასიათებელი ნიშანია ნებისმიერი ბუნებრივი ზონისათვის. თუმცა ზოგიერთ მათგანში იგი უფრო მკაფიოდაა გამოხატული, ხოლო სხვაგან შედარებით სუსტია. თუკი ცხელ ქვეყნებში სეზონური მიმოცვლა უმთავრესად ატმოსფერული სინოტივით განისაზღვრება, ხოლო საშუალო განედებში სეზონურობა ჰაერის ტემპერატურის მსვლელობას უკავშირდება, პოლარულ მხარეებში კი დიდ როლს სინათლის რეჟიმი (ხანგრძლივი დღეები და ღამეები) ასრულებს. სეზონურ მორიგეობაში გეოგრაფიული ასპექტების მონაცვლეობა უფრო მკაფიოდ ზომიერ სარტყელშია (ოთხი მკვეთრად გამოხატული სეზონით) გამოვლენილი, ხოლო შედარებით სუსტია პოლარულ (ზამთრისა და ზაფხულის სეზონები) და დაბალ (მხოლოდ ერთი სეზონი) განედებში.

რიტმული მორიგეობა სეზონების მიხედვით ადვილად შეიმჩნევა კლიმატური ელემენტების, ჰიდროლოგიური მოვლენების (წყალდიდობა, ყინულსვლა), ფრინველთა გადაფრენის, ცხოველთა ზამთრის ძილისა და სხვათა წლიურ მსვლელობაში. ზოგი ცხოველი გაურბის გარემოს სეზონურ არახელსაყრელ (სიცივე, საკვების სიმცირე) პირობებს და სხვაგან გადაადგილდება (მიგრაციები), ზოგი ფიზიოლოგიურად ეგუება მას და ხანგრძლივ ძილს მიეცემა. ზაფხულის ძილი წლის მშრალი პირობითაა გამოწვეული და დამახასიათებელია ტროპიკული ტანრეკებისათვის, ორმაგადმსუნთქავი თევზებისათვის, ასევე ზომიერი სარტყლის ცხოველებისათვის (ზოგიერთი თრია) და ა.შ. ზამთრის ძილი — ეს ცხოველის ერთგვარი გაშეშებაა ჭარბი სიცივის მოლოდინში. ცხოველთა სეზონური ძილის დროს (ბურუნდუკი, ძილისგუდა, ციყვი, ზღარბი, ღამურა, მურა დათვი, ხვლიკი, მწერები) მათი სხეულის ტემპერატურა ეცემა, სუნთქვა შენელებულია, ეცემა ჟანგბადის ხარჯვა. ამ შენელებული სიცოცხლის დამცავ ძირითად წყაროს, ცხოველის ძილად მივარდნამდე, დაგროვილი ცხიმის მარაგი წარმოადგენს. თევზების მიგრაცია ხშირად დაკავშირებულია ტოფობის პერიოდთან და უფრო მკაფიოდ შეიმჩნევა ზღვის ბინადარ თევზებში, რომლებიც ქვირითის დასაყრელად მდინარეებში რამდენიმე ასეულ კილომეტრზე შედიან.

სეზონური რიტმების მონაცვლეობა კარგად ჩანს ევრაზიის სტეპების ფართო ზოლში. აქ, გაზაფხულის მოახლოება და თოვლის საფარის დნობა ეფემერებისა და ეფემერიოდების (თეთრი ქუდუნა, ყვითელი მატიტელა) აყვავებას მოასწავებს; აპრილში ყვავის ცოცხლადმშობი თივაქასრა, სტეპის ისლი, ტიტა; მაისის დასაწყისში

კი – ლურჯი და ყვითელი ზამბახი, სტეპის კატაბალახა, გლერძა, ბაია, მეწამული და ცისფერი სუმბული. მაისში ყველგან ყვავის სტეპის წივანა, ფრთისებრი ვაციწვერა, კეწეწურა და კაპუეტა. აპრილ-მაისში ნიადაგი ჯერ კიდევ ნოტიოა, ამიტომ ბალახი ყველგან ხასხასაა და მწერებიც (მინდვრის ჭრიჭინები, კუტკალიები) მრავლადაა.

ზაფხულის დასაწყისში სტეპი ჯერ შეხმება, ხოლო მეორე ნახევარში გადაიწვება კიდევაც. თავდაპირველად ნაზი ბალახი იღუპება, თუმცა, ჯერ კიდევ ყვავის ფარვანასებრნი, სალბი, მიხაკი. შუა ზაფხულში ფართოდ ღვივის ვაციწვერა, რომლის მცირე ფრაგმენტები ღიღილოსა და მაჩიტას მკაფიო ლაქებს უკავია. ზაფხულის ბოლოს სტეპის მიწა სიმშრალისაგან სკდება, ხოლო ცხელ ჰაერში ხშირია მირაჟები.

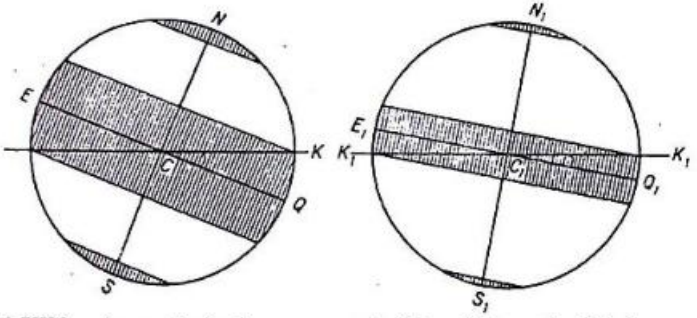
გეოგრაფიული გარსისათვის დამახასიათებელი მოვლენების უმრავლესობა რიტმული მოვლენების ნიშნების მატარებელია. არაერთგვაროვანია მათი წარმოშობის მიზეზები და ცვლილებების ხანგრძლივობა. ცხადია, რომ რიტმული ცვლილებების ტალღათა პიკების დამთხვევა – მათ ინტერფერენციას და, შესაბამისად, რიტმების გაძლიერებას გამოიწვევს. საპირისპირო შემთხვევაში, პირიქით, რიტმების ურთიერთდასუსტებას ექნება ადგილი.

გეოგრაფიული გარსის ცალკეული ქვესისტემების გარეგან რიტმულ მოქმედებებზე საპასუხო რეაქცია საკმაოდ არაერთგაროვანია. იგი დამოკიდებულია არა მხოლოდ გარეგან მიზეზებზე, არამედ ამ ქვესისტემების შინაგანი მობილიზაციითაცაა (მზადყოფნა, უპასუხოს გარეგან ზემოქმედებას) განმტკიცებული. ხშირად, შინაგანი (სტრუქტურული) მოუმზადებლობის გამო, აღნიშნული ქვესისტემები გარემოს ზემოქმედებებს უპასუხოდ (უკურეაქციის გარეშე) ტოვებენ. ასე, მაგალითად, წელიწადის ცივ სეზონში, როცა ბუნება „ისვენებს", ადგილი აქვს თბილი ჰაერის მასების ეპიზოდურ და უეცარ შემოჭრას, რასაც თან ახლავს ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი აწევა. ამის მიუხედავად, ტემპერატურის ეპიზოდურ ზრდას არ მოჰყვება მცენარეთა უეცარი ვეგეტაცია, ქვედა იარუსის მცენარეთა გაღვივება, ფრინველების გადაფრენიდან უკან მობრუნება, მდინარეთა ადიდება და სხვა, რაც გაზაფხულისათვის დამახასიათებელ მდგომარეობათა კანონზომიერი გამოვლინებაა, ანუ ქცევაა.

ᲖᲘᲓᲐᲡᲐᲣᲙᲣᲜᲝᲑᲠᲘᲕᲘ ᲓᲐ ᲖᲔᲡᲐᲣᲙᲣᲜᲝᲑᲠᲘᲕᲘ ᲠᲘᲢᲛᲔᲑᲘ. იძულებითი რყევების გეოგრაფიული შედეგები, დღეღამურ და სეზონურ რიტმებთან ერთად, უფრო ხანგრძლივ მიმოქცევებსაც წარმოშობენ. ამგვარი რიტმების არსებობა დედამიწის პლანეტარული ნიშნებით განისაზღვრება და დროის განსხვავებულ პერიოდებს მოიცავს. ამ მხრივ, საინტერესოა ბუნიობათა დადგომის პერიოდი, რომელიც 21 ათას წელიწადს მოიცავს, ან კიდევ, დედამიწის ბრუნვის ღერძის ეკლიპტიკისადმი დახრის კუთხის ცვლილების (21°58′-დან 24°36′-მდე) დრო 40 ათასი წელიწადს, ხოლო დედამიწის ექსცენტრისიტეტის (0-სა და 0,068 შორის) მონაცვლეობა 92 ათას წელიწადს შეადგენს. შესაბამისად, გეოგრაფიულ გარსში აღბეჭდილია მზის რადიაციის გავრცელების არაერთგვაროვნება. ჩამოთვლილი მახასიათებლების სუსტი და ნელი ცვლილების მიუხედავად, რყევათა ფაზების ურთიერთდამთხვევის პერიოდში, მათი ერთობლივი მოქმედება საკმაოდ დიდია და კლიმატური ცვლილებების ერთერთ მიზეზადაც კი შეიძლება გამოდგეს.

კლიმატური ცვლილების თვალსაზრისით, ყველაზე შესამჩნევია 40 ათასი წლიანი რიტმი, რაც ეკლიპტიკის დახრილობასთანაა დაკავშირებული. ეკვატორის სიბრტყის დახრა დედამიწის ორბიტის სიბრტყესთან ამ ნახევარი საუკუნის (1950წ.)

წინ 23°26´45" შეადგენდა. მისი ყოველწლიური შემცირება 0",47-ის ტოლია. ცხადია, რომ 2003 წელს ეს სიდიდე 23°26´03"-ს შეადგენს. ამ კუთხის შემცირება იწვევს ტროპიკებისა და პოლარული წრეების მდებარეობის ცვლას: ორივე ტროპიკი ეკვატორის მიმართულებით გადადგილდება, ხოლო ორივე პოლარული წრე – პოლუსებისაკენ იწყებენ გადანაცვლებას. შესაბამისად, დედამიწის ბრუნვის ღერძის „გამართვა" ცხელი და ცივი კლიმატური სარტყლების შემცირებისა და ზომიერი ჰავის არეალების (ნახ. XII.2) გაფართოების მომასწავებელია. ბოლო 2 ათასი წლის მანძილზე ცხელი სარტყლის ფართობი 2260 ათასი კმ²-ით შემცირდა.



ნახ.XII.2. ცხელი, ზომიერი და ცივი სარტყლების ფართობებისა და ეკლიპტიკის დახრილობის კუთხის ცვლილებათა ურთიერთ-კავშირები

KK და K_1K_1 – ეკლიპტიკის სიბრტყე;
NS და N_1S_1 – დედამიწის ღერძი;
EQ და E_1Q_1 – ეკვატორის სიბრტყე;
KCQ და $K_1C_1Q_1$ – ეკლიპტიკის დახრილობის კუთხეები

აღნიშნულიდან გამომდინარე ჩანს, რომ ეკლიპტიკის დახრილობის კუთხის ცვლა დედამიწის გეოგრაფიულ გარსში ზომიერი სარტყლის დამახასიათებელი პირობების გაბატონებასა და მისი პარამეტრების მინიმუმამდე შემცირების მონაცვლეობაშია გამოხატული. ამ მხრივ, აშკარაა უკანასკნელი გამყინვარების 35 ათასწლიანი რიტმები, რომელიც საკმაოდ ახლოსაა ეკლიპტიკის დახრილობის რყევის პერიოდებთან.

იძულებითი რყევების წარმოქმნა დაკავშირებულია აგრეთვე მოქცევაწარმომშობ ძალებთან, ანუ მიზიდულობის (გრავიტაციის) უთანაბრობასთან, რომელთა მიერ ინდუცირებული რიტმების ხანგრძლივობა, ერთეული წლებიდან ათეულ წლებამდე მერყეობს. მზის ფიზიკური ცვლილებების ერთობლიობა ანუ აქტივობა განსაზღვრავს მაგნიტური და ატმოსფერული აღელვებების 2-3-წლიან, 5-6-წლიან, 11-წლიან, 22-23-წლიან, 30-35-წლიან, 80-90-წლიან და უფრო ხანგრძლივ რიტმებს. მზის აქტივობასთან დაკავშირებული რიტმული მოვლენები ჯერ კიდევ არქეულ-პროტეროზოული პერიოდის საზღვარზე დალექილ მერგელების შრეებშიც შეინიშნება: სამხრეთ-დასავლეთ აფრიკაში, ერთი მილიარდი წლის ასაკის თიხები, წლიურ პერიოდულობასთან ერთად, 11,5-წლიან რიტმულ მორიგეობასაც გამოხატავენ; მსგავსი რიტმები შეინიშნება აგრეთვე აშშ-ის იუტასა და კოლორადოს შტატების ეოცენურ თიხოვან შრეებში, მდინარეების ლენასა და ვიტიმის აუზებში და ა.შ.

ამგვარად, მოვლენათა პერიოდულ მონაცვლეობასა და სისტემის სივრცობრივი

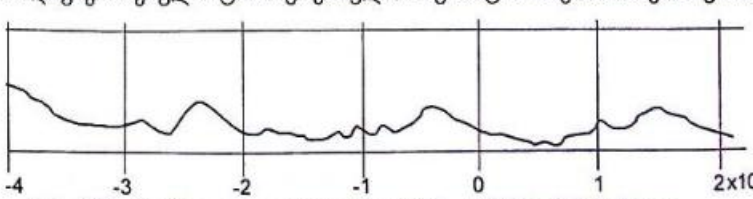
ადგილმდებარეობის ცვლილებას შორის ყოველთვის შეინიშნება მიზეზშედეგობრივი კავშირურთიერთობათა არსებობა. ასე, მაგალითად, მზის რადიაციის დღეღამური და სეზონური პერიოდულობა ხომ მზის მიმართ დედამიწის მდგომარეობით განისაზღვრება; ან კიდევ, მოქცევაწარმომშობი ძალების სიდიდის 1800-წლიანი რყევაც მზის, დედამიწისა და მთვარის ურთიერთგანლაგებითაა გამოწვეული. როგორც ჩანს, დედამიწის გეოგრაფიული გარსისა და მისი პლანეტარული თავისებურებების კავშირურთიერთობანი სივრცისა და დროის ერთიანობითაა გამომჟღავნებული. სისტემის დროითი მახასიათებლები — რიტმები და პერიოდები, ობიექტების სივრცობრივ მოძრაობათა ასპექტების გამოძახილს წარმოადგენენ.

შიდასაუკუნეობრივ რიტმებს შორის ყველაზე მკაფიოდ 11 და 20-50-წლიანი ხანგრძლივობის მიმოქცევები ჩანს. ისინი მრავალ მოვლენაში შეინიშნება. მათ შორის, ყველასათვის ნათელია ხემცენარეთა წლიური რგოლები, ტბების თიხოვანი ნალექების შრეები, ეპიდემიების აფეთქებები, კალიების მასობრივი გამრავლება და სხვ. ამავე დროს, გეოგრაფიული თვალსაზრისით, უფრო მნიშვნელოვანია ჰავის დროითი ცვლილებები. ასე, ევროპის ჰავის ცივი ფაზები ემთხვეოდა XVIII საუკუნის 80-იან წლებს, 1800-1815 წლებს, XIX საუკუნის 40-იან და 80-იან წლებს, XX საუკუნის დასაწყისსა და 40-იან წლებს; მსგავსი რიტმები კონსტატირებულია ატლანტის ოკეანის წყლის ტემპერატურისა და ყინულიანობის, მსოფლიო ოკეანის დონის რყევის, მთის მყინვარებისა და სხვა მოვლენების ცვლილებებში.

გასული საუკუნის 20-30-იან წლებში დედამიწის დიდ სივრცეში ჰავის დათბობა დაიწყო. უფრო შესამჩნევად ატლანტის არქტიკული სექტორი გათბა. მოიმატა ზამთრის საშუალო ტემპერატურამ, შემცირდა ზღვების ყინულიანობა, უკან დაიხია მყინვარებმა, ტუნდრაში შეიჭრა წავი და მელა, ხოლო ლოსი ჩრდილოეთის ზღვების სანაპიროებამდე გავრცელდა, სანკტ-პეტერბურგში (1801-1931 წწ.) ჰაერის ტემპერატურა 1^0-ით გაიზარდა. ამასთან ერთად, ჰავის დათბობა არ შეეხო აზიის ცენტრალურ რაიონებს, ანტარქტიდას, ხოლო ავსტრალიაში აციედა კიდეც. ასევე აციდა გრენლანდიის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილსა და, საბოლოოდ, მთლიანად არქტიკაში, თუმცა, შუა და დაბალ განედებში (განსაკუთრებით სამხრეთ ევროპაში) დათბობა ისევ გრძელდებოდა.

ყურადღებას იქცევს ზოგიერთი რიტმის საშუალო ხანგრძლივობათა შორის თანაფარდობის ჯერადობა. ასე, მაგალითად, 30-35-წლიანი რიტმი მზის აქტივობის სამჯერადი, ხოლო 90-110-წლიანი — ექვსჯერადი პერიოდებია. სავარაუდოა, რომ ყოველი უფრო ხანგრძლივი რიტმი, ალბათ, მოკლე დროის პერიოდების ინტერფერენციითაა მიღებული.

განსაკუთრებით მკვეთრია ზესაუკუნეობრივი რიტმები, რომელთა ხანგრძლივობა 1800-1900 წელიწადს (ნახ. XII.3) შეადგენს. თითოეულ ასეთ რიტმში სამ-სამი ფაზაა დაფიქსირებული: ტრანსგრესიული, ანუ ნოტიო ჰავის თითქმის გრილი ფა-



ნახ. XII. 3. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს დანესტიანების რყევა ბოლო 6 ათასი წლის მანძილზე

ზა (300-500 წ.); რეგრესიული, ანუ მშრალი და თბილი ჰავის (600-800 წ.) ფაზა; გარდამავალი (700-800 წ.) ფაზა. პირველ მათგანში იზრდება მდინარეთა ჩამონადენი, ძლიერდება გამყინვარება, მაღლა იწევს ტბების დონე. რეგრესიულ ფაზაში კი აღნიშნული მოვლენები დიამეტრალურად საწინააღმდეგო ნიშნებით ხასიათდება.

ზესაუკუნეობრივი რიტმები მრავალია. მათ შორისაა, გამყინვარების სტადიების მაქსიმალური პიკების ან ზღვის დონის რყევების დროითი გამოვლინება. ასე, მაგალითად, ალტაის გამყინვარების სტადიების მაქსიმუმები შეესაბამება: 13000-13300 წწ., 11200-11400 წწ., 9400-9600 წწ., 7600-7800 წწ., 5700-5800 წწ., 3900 წ., 2000 და 1900 წლების პერიოდებს. არალის ზღვის ტრანსგრესიული ფაზები ემთხვევა 4800-4300 წწ., 3000 და 2000 წწ-სა და 1600-1400 წლებს. ამ ზღვის რეგრესიული ფაზები 3600-2800 წწ-სა და 1500-700 წწ. მოიცავს, ხოლო უკანასკნელი ფაზა 300 წლიდან დღემდე გრძელდება და სავარაუდოდ რამდენიმე ასეულ წელს კიდევ უნდა გაგრძელდეს.

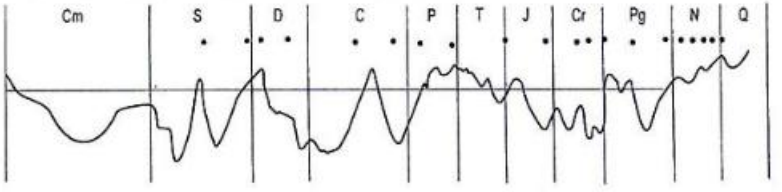
გეოგრაფიულ გარსში ზესაუკუნეობრივი რიტმების გამოვლინება (ბოლო 2000 წლის მანძილზე) შემდეგი თანმიმდევრობით მიმდინარეობდა: 1. ახალი წელთაღრიცხვიდან დაწყებული XIV საუკუნემდე დროის მონაკვეთში კასპიის ზღვას დაბალი (რეგრესიული) დონე შეესაბამებოდა. მაშინ არქტიკულ სარტყელში მცირე ყინულიანობა იყო დამახასიათებელი, დედამიწის მყინვარული საფარები გამალებით უკან იხევდნენ, მიმდინარეობდა გრენლანდიის სწრაფი კოლონიზაცია, მსოფლიო ოკეანის დონე მაღლა იწევდა და სახეზე იყო საჰარის გაშრალება. 2. ამ 600-200 წლის წინათ მატულობდა არქტიკის ყინულიანობა, მიმდინარეობდა ე.წ. „მცირე ბორეალური პერიოდის“ მყინვარული შემოტევა და გრენლანდიის ინტენსიურმა გამყინვარებამ („ბლოკადა“) დასახლებათა გაქრობას შეუწყო ხელი. 3. ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე სახეზეა მთების მყინვარული ფრაგმენტების უკან დახევა, ვაკეების ტბების დონეთა დაწევა, არქტიკის ყინულიანობის ზრდა, მსოფლიო ოკეანის ნელი ტრანსგრესია.

ზესაუკუნეობრივ რიტმებს უკავშირებენ მოქცევაწარმომშობი ძალების ცვლას, რომელიც ყოველი 1800 წლის შემდეგ გამოვლინდება. ამ დროს მზე, დედამიწა და მთვარე, შესაძლოა სხვა პლანეტებიც, ერთ სიბრტყეში ექცევა და ერთ სწორ ხაზზე განლაგდება. მათ შორის უმოკლესი მანძილების გამო, მაღალია მიზიდულობის ძალები. ამიტომ ადგილი აქვს წყლის მასების წონასწორობის დარღვევას. ასეთი მოვლენა შემჩნეული იყო ჩვ. წ. აღ-მდე 4100 და 2360 წლებში, რომელიც ძვ.წ. აღ-ით 1433 წელსაც განმეორდა. პლანეტების ასეთი მომდევნო განლაგება მხოლოდ XXIV საუკუნეშია მოსალოდნელი. ამ მოვლენასთან დაკავშირებულ ჰიდროსფერული აღელვებების გავლენით შესაძლოა ზღვის წყლის მახასიათებლების სწრაფი შეცვლა, ატმოსფეროს სითბური რეჟიმისა და სხვა ბუნებრივი კომპონენტების რიტმული რყევა მოჰყვეს.

გეოლოგიური ციკლები დედამიწის განვითარების ისტორიას ასახავს. ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მეორე ნახევარში მეცნიერები მიუთითებდნენ მთიანეთების წარმოშობის სხვადასხვა ასაკზე. ასე, მაგალითად, ევროპის მთიანი სისტემები (სკანდინავიისა და შოტლანდიის მთები) ქმნიდა პალეოზოური დროის წარმონაქმნებია; ზედა პალეოზოური ასაკის წარმონაქმნებს მიეკუთვნება ვოგეზები, შვარცვალდი, ჰარცი, არდენები, ბრეტანი, ურალი; მესამეულში კი პირინეები, აპენინები, ალპები,

კარპატები, ბალკანები წარმოიქმნენ. პირველი ჯგუფის მთებს კალედონური, მეორეს – ჰერცინული და მესამეს – ალპური ნაოჭა სისტემები ეწოდება. თითოეულ ასეთი სისტემის წარმომქმნელ პროცესს – ოროგენეტული ციკლი უწოდეს. პირველი მათგანის (კალედონური) ხანგრძლივობა 200 მლნ. წელიწადს, მეორისა – 150-190 მლნ. წელიწადსა და მესამის (ალპური) დაახლოებით 240 მლნ. წელიწადს მოიცავდა.

გეოლოგიური ციკლების ცალკეული ეტაპის ხანგრძლივობის არაერთგვაროვნების მიუხედავად, მათ საერთო ნიშნებიც გააჩნია: თითოეული ეტაპის დასაწყისი დედამიწის ქერქის დაძირვით, დასასრული კი – აზევებით აღინიშნება. დაძირვას ზღვიური რეჟიმი და ერთგვაროვანი ნოტიო ჰავა შეესაბამება, ხოლო აზევების ეპოქაში მძლავრი დანაოჭება, ფართო და მაღალი ხმელეთი და ჰავის სივრცობრივი დიფერენციაციაა გაბატონებული. დედამიწის ქერქის აზევებისა და დაძირვის ეპოქებს (ნახ. XII.4) მეორე რიგის რიტმები შეესაბამება, რომელთა ხანგრძლივობა 30-40 მლნ. წლით განისაზღვრება. უფრო დაბალი რიგის რიტმების მიმოცვლა 10-15 მლნ. წლისაა. ამავე დროს, მცირე პერიოდების სრული წრებრუნვები ათასობითა და რამდენიმე ასეული წლებით განისაზღვრება.



ნახ. XII. 4. დედამიწის ქერქის მოძრაობა პალეოზოურ, მეზოზოურ და კაინოზოურ პერიოდებში. შავი წერტილები – დანაოჭების ფაზებია.

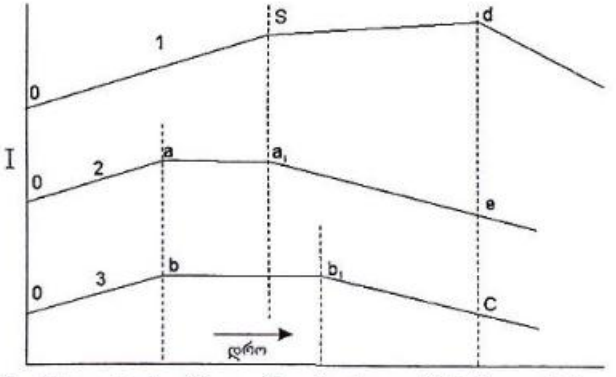
გეოლოგიური ციკლების მიზეზებს დედამიწის წიაღში ეძებენ. კერძოდ, ტექნოგენეზის ციკლურობას მინერალების პოლიმორფულ შემჭიდროებასთან აკავშირებენ. ვარაუდობენ, რომ ამგვარ შემჭიდროებას განუწყვეტლივ, მაგრამ არათანაბრად ჰქონდა ადგილი. შესაძლოა, რომ ნივთიერებათა ფაზური გარდაქმნების არაერთგვაროვნებითაა გამოწვეული კონტინენტების ვერტიკალური რყევა და, შესაბამისად, ოკეანეთა ტრანსგრესიული და რეგრესიული ციკლების მორიგეობა. გეოლოგიურ მიმოქცევებთან აკავშირებენ აგრეთვე კოსმოსურ ფაქტორებს. ასე, მაგალითად, არაერთგვაროვანი აგებულების მზის სისტემა, გალაქტიკურ ორბიტაზე მოძრაობისას, კოსმოსური გრავიტაციული ველის გავლენით, ჩვენი პლანეტის ფიზიკური პარამეტრების (ბრუნვის ღერძის დახრილობა და ექსენტრისიტეტი) აღელვებებს იწვევს. დედამიწისმიერი გალაქტიკური გარშემოვლის პერიოდი 200-220 მლნ. წელიწადს შეადგენს, ანუ უახლოვდება გეოლოგიური ციკლის ხანგრძლივობას.

იმავე გალაქტიკური წლის მონაცვლეობას უკავშირებენ დედამიწაზე გამყინვარებათა (190-200 მლნ. წელი) ციკლებსა („კოსმოსური ზამთრები") და ორგანული სამყაროს განვითარების („სიცოცხლის ტალღები") პერიოდებს. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ორგანიზმების გაჩენის, აყვავებისა ან გადაშენების ეპოქათა მორიგეობა. ასე, მაგალითად, მეზოზოურმა რეპტილიებმა იურულ და ცარცულ პერიოდებში მოიცვეს ხმელეთი, წყალი და ჰაერი; ძუძუმწოვრებმა და ფრინველებმა, პალეოგენურ და ნეოგენურ პერიოდებში, ფართო გავრცელება პოვეს. ამ მხრივ, მცენარეულობის განვითარების მიხედვით არჩევენ: წყალმცენარეების (შუა დევონურამდე),

გვიმრანაირების (შუა პერმულამდე), შიშველთესლიანთა (შუა ცარცულამდე) და ფარულთესლიანთა (ცარცულიდან დღემდე) საყოველთაო გაფურჩქნის პერიოდებს.

გეომორფოლოგიური ციკლები რელიეფის გარდაქმნისა და განვითარების ეტაპებს მოიცავს. ამ თვალსაზრისით, ცნობილია რელიეფის გარდაქმნის უ. დევისისეული ეროზიული, უდაბნოს, მყინვარული და ზღვიური ციკლები. თითოეული მათგანი, დენუდაციის შესაბამისი აგენტის მიერ, რელიეფის მოსწორებით მთავრდება. ამ კონცეფციის მიხედვით ეროზია იწყება მხოლოდ ტექტონიკური აზევების შეწყვეტის შემდეგ, ანუ რელიეფის აზევება და დენუდაცია დროის მიხედვით ერთმანეთისაგან გამოყოფილია, რაც სინამდვილეს არ შეესაბამება. როგორც ამას რელიეფის განვითარების შესახებ ზოგადი წარმოდგენა გვიჩვენებს, მის გარდაქმნის ინტენსიურობას განსაზღვრავს აზევების სიჩქარე, ხეობების გაღრმავებისა და წყალგამყოფების დადაბლების ინტენსივობა, აბსოლუტური და შეფარდებითი სიმაღლეთა ცვლილებები. მთავარი ფაქტორი ტექტონიკური მოძრაობაა, რომელიც საკმაოდ ხშირად იცვლის თავის ნიშანს. ამ კონცეფციის აღქმის მიზნით, განვიხილოთ ორი შემთხვევა: 1. აზევება დამთავრდა, მაგრამ მას დაძირვა ჯერ კიდევ დიდი ხანია არ მოჰყოლია; 2. აზევების დამთავრება სწრაფი დაძირვით შეიცვალა.

პირველ შემთხვევაში (ნახ. XII.5), სანამ დენუდაცია აზევებას ჩამორჩება, რელიეფის აბსოლუტური სიმაღლეების ზრდას (Oa) ექნება ადგილი. ამავე დროს, სიმაღლეთა ზრდა ეროზიის ბაზისის შედარებით დაწევას გამოიწვევს და დენუდაციის სიჩქარე გაიზრდება, რაც რელიეფის ნიშნულების სიმაღლეში ზრდას შეაჩერებს, თუმცა მიწის ქერქი ჯერ კიდევ განიცდის აზევებას. შემდგომში, ტექტონიკური მოძრაობის შეწყვეტა (S) აბსოლუტური სიმაღლეების კიდევ უფრო შემცირებას ანუ დაწევას (a,e) განაპირობებს. ამავე დროს, საინტერესოა ვნახოთ თუ როგორ შეიცვლება შეფარდებითი სიმაღლეები.

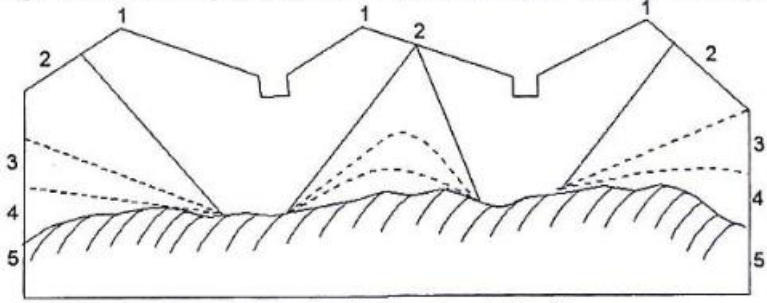


ნახ. XII.5. აბსოლუტური (2) და შეფარდებითი (3) სიმაღლეების ცვლილება ტექტონიკური მოძრაობის ხასიათის (1) მიხედვით

S – ტექტონიკური აზევების შეწყვეტა;
a და b – სიმაღლეთა ცვლილების მომენტები;
a, და b, – სიმაღლეების მკვეთრი შემცირების მომენტი;
d – ტექტონიკურ დაძირვაში გადასვლის დრო;
a,e და b,c – სიმაღლეთა დაწევის სტადიები.

თავდაპირველად, ახალგაზრდა ხეობებს ვიწრო გარდიგარდმო პროფილი ახასიათებთ, ხოლო წყალგამყოფების თხემები შედარებით ფართო და ბრტყელი მოყვანილობისაა. თხემების ზედაპირის დენუდაცია შედარებით სუსტია, ვიდრე ხეობის ჩაჭრის ინტენსიურობა. ამის გამო, რელიეფის შეფარდებითი სიმაღლეები (ob) ჯერ კიდევ მატულობს. როცა ხეობები საკმარისად გაფართოვდება, ხოლო წყალგამყოფები მახვილ თხემებად გადაიქცევა – ხეობების ჩაჭრისა და თხემების დაწევის ინტენსიურობა ერთმანეთს გაუტოლდება. ეს კი შეფარდებითი სიმაღლეების ზრდის შეჩერებას (b და b_1) განსაზღვრავს, რაც ხეობის ჩაჭრის დამთავრებამდე გაგრძელდება. წყალგამყოფების გადარეცხვა ჯერ კიდევ მიმდინარეობს, თუმცა ტექტონიკური აზევება უკვე სიწყნარის სტადიაშია გადასული. წყალგამყოფების გადარეცხვა გრძელდება და შეფარდებითი სიმაღლეები პროგრესული დაწევის (b,c) სტადიაში გადადის.

ამრიგად, ინტენსიური ტექტონიკური აზევება თავდაპირველად სილრმითი ეროზიის გააქტიურებასა და რელიეფის ღრმა დანაწევრებას იწვევს, რაც მთიანი სისტემის ფორმირებით მთავრდება. შემდგომ, გვერდითი ეროზიის გაბატონების ეტაპზე, მთიანი ქვეყანა თანდათან დაბლა დაიწევს და მის ადგილზე დენუდაციური ვაკე – პენეპლენი (ნახ. XII.6), სუსტად ტალღობრივი, თითქმის ვაკე ზედაპირი წარმოიქმნება.

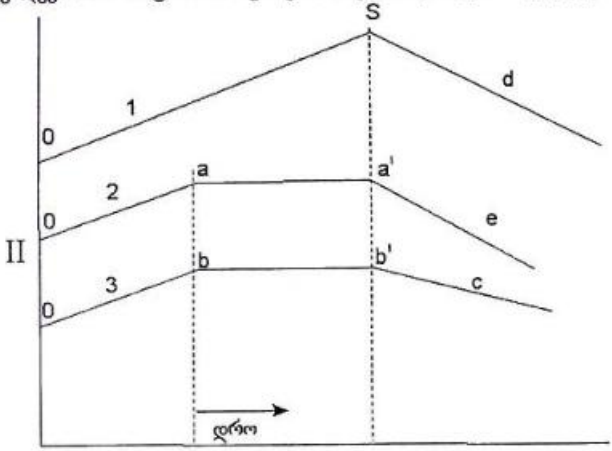


ნახ.XII.6. ზედაპირის დაწევა ხეობების განვითარების შედეგად
1 და 2 – სტადიები წონასწორობის პროფილის გამომუშავებამდე;
3 და 4 – წონასწორობის პროფილი გამომუშავებულია, მიმდინარეობს ხეობის გაფართოება;
5 – პენეპლენის ზედაპირი.

ტექტონიკური რეჟიმის მეორე შემთხვევისას (ნახ. XII.7), როცა აზევებითი პროცესი სწრაფი დაძირვით იცვლება, ჯერ კიდევ დაძირვის დაწყებამდე, აბსოლუტური სიმაღლეების მატება (Oa) რამდენადმე შენელდება, დაბოლოს, შეჩერდება (aa^1) კიდევაც. ამ სტადიაში გადასვლას, სიმაღლეთა განუწყვეტელი ზრდა და დენუდაციის მაღალი ინტენსიურობის მიღწევა იწვევს. ტექტონიკური აზევების შეჩერებისა და დაძირვის სტადიაში აბსოლუტური სიმაღლეები სწრაფად დაღმავალ ფაზაში გადადის. რაც შეეხება შეფარდებითი სიმაღლეების ზრდას – ისიც შენელდება (bb^1), ხოლო ტექტონიკური დაძირვა გამოიწვევს რა ეროზიის ბაზისის აწევასა და ხეობის ფსკერზე აკუმულაციური პროცესის ზრდას, სიმაღლეებიც თავიანთ ნიშნულებს მცირე ინტენსიურობით დაკარგავენ. პენეპლენის სტადიის ფორმირება, პირველთან შედარებით, ამ მეორე შემთხვევაში უფრო სწრაფად დადგება.

გადმოცემული მასალა მხოლოდ ზოგადი სურათის დამახასიათებლად თუ გამოდგება. სინამდვილეში, რელიეფის განვითარების ბედი საკმაოდ რთულია და

მრავალი ფაქტორის მონაწილეობით განისაზღვრება. მათ შორისაა: გეოსინკლინური და ბაქნური არეალების რეჟიმები, გეოლოგიური აგებულებისა და ტექტონიზმის ხასიათი, ან კიდევ მათი ისტორიის ფაზები, ჰავისა და თვით რელიეფის ნიშნები.



ნახ. XII.7. აბსოლუტური (2) და შეფარდებითი (3) სიმაღლეების ცვლილება ტექტონიკური მოძრაობის ხასიათის მიხედვით
S – ტექტონიკური აზევების შეწყვეტა;
a და b – სიმაღლეთა ზრდის შეწყვეტა;
a_1 და b_1 – სიმაღლეების მკვეთრი შემცირების მომენტი;
d – ტექტონიკური დაძირვა;
a'e და b'c – სიმაღლეთა დაწევის სტადიები.

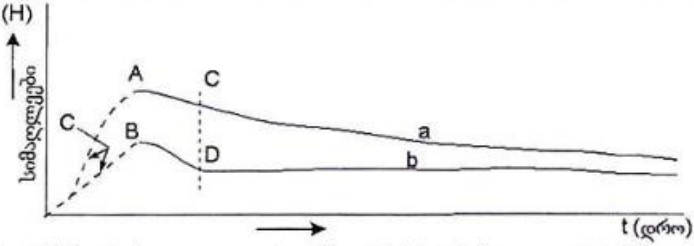
პენეპლენის ფორმირება ხანგრძლივი და ნელი პროცესია. მას რამდენიმე ათეული მილიონი წელიწადი სჭირდება. ამის მიუხედავად, პენეპლენების მაგალითები საკმაოდაა: დონეცკისა და ტამანის დაბალი სერები, ჩრდილოეთი როდეზია და კატანგა (აფრიკა), ფინეთის დიდი ნაწილი, მდ. წმინდა ლავრენტის ჩრდილოეთი მხარე, ბრაზილია-გვიანის მასივი და ა.შ.

რელიეფის განვითარების ციკლური თეორიებიდან აღსანიშნავია უ. დევისის, ვ. პენკის, ლ. კინგისა და კ. მარკოვის შეხედულებები. ამ მხრივ, პირველი მათგანი მიუთითებდა ეროზიული, უდაბნოების, მყინვარული და ზღვიური ციკლების არსებობას. უ. დევისის მიერ შემოთავაზებული ყოველი ციკლის დასასრულს (ნახ. XII.8) რელიეფის საბოლოო მოსწორება შეესაბამება.

ვ. პენკის მიხედვით კი ეროზიული ციკლის სქემაში (ნახ. XII.9) დენუდაცია და აზევებითი პროცესები ერთდროულად მიმდინარეობს. მიღებულია, რომ პენეპლენიზაციის პროცესი არ მოითხოვს აუცილებელ ტექტონიკური სიწყნარის ციკლს. პენეპლენი ორი სტადიური პროცესია: პირველი მათგანი მოიცავს ჰიდროგრაფიული ქსელის მრავალჯერადი გარდაქმნით პირველადი რელიეფის დანაწევრებას; მეორე სტადია კი საბოლოო მოსწორებას გულისხმობს.

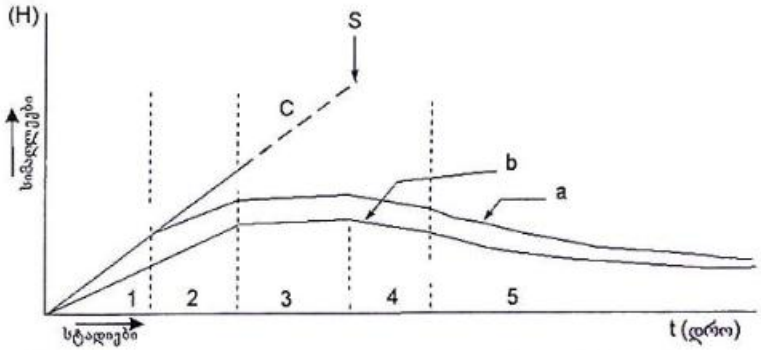
ლ. კინგის შეხედულებით, ხანგრძლივი დენუდაცია ბრტყელ ზედაპირებს – პედიპლენებს წარმოშობს. ისიც, როგორც პენეპლენი, რელიეფის განვითარების საბოლოო სტადიას შეესაბამება. ამ ორ პრინციპს შორის დიდი განსხვავება არ არის: თუკი პენეპლენიზაცია მთიანეთის შეფარდებითი სიმაღლეთა შემცირების,

ანუ რელიეფის უსწორმასწორობებს ზემოდან გადაჭრის, ანუ მთის მწვერვალების ძირს დაწევის პროცესია, მაშინ პედიპლენიზაცია რელიეფის მოსწორება-მობრტყელებას, ფერდობების უკან დახევის გზით აღწევს. ეს უკანასკნელი ეროზიის



ნახ. XII8. ეროზიული ციკლის განვითარების სქემა ვ. დევისის მიხედვით
AB – სიმაღლეთა თავდაპირველი სხვაობა;
CD – სიმაღლეთა უდიდესი სხვაობა;
a – წყალგამყოფები; b – ხეობის ფსკერი; c – აზევების ხაზები.

ბაზისის შეუცვლელ პირობებში მიმდინარეობს და გრძელდება მანამ, სანამ საწინააღმდეგო მხრიდან მოძრავი ფერდობი მას არ შეუერთდება. ამასთან, მთიანეთი თანდათანობით დეგრადაციას განიცდის, ხოლო მის ადგილს ბრტყელი პედიმეტი იკავებს, რაც ვრცელი პედიპლენის ფორმირების საწინდარია.



ნახ. XII9. ეროზიული ციკლის განვითარების სქემა ვ. პენკის მიხედვით
a – წყალგამყოფები; b – ხეობების ძირი (ფსკერი); C – აზევების ხაზი; S – აზევების შეწყვეტის მომენტი

ფერდობების მოხაზულობათა (ამობურცული, სწორი, ჩაზნექილი) მიხედვით შესაძლებელია გეომორფოლოგიური ფაზების (ციკლების) შესახებ მსჯელობა. ფერდობების აღნიშნულ ფორმებს რელიეფის განვითარების სხვადასხვა ფაზები შეესაბამება: ჩაზნექილი ფერდობი სტაციონარული ეროზიის ბაზისის შედეგია, რელიეფი კი განუწყვეტლივ დაბლა იწევს. ამ მდგომარეობას რელიეფის განვითარების დაღმავალი ფაზა შეესაბამება; სწორი ფერდობი ეროზიისა და გადარეცხვის პროპორციულობაზე მიუთითებს; აზევებას შეფარდებითი სიმაღლეების უცვლელობა შეესაბამება და, ამ შემთხვევაში, რელიეფის მუდმივი (ერთგვაროვანი) განვითარების ფაზაზე ლაპარაკობენ; ამობურცული ფერდობები ინტენსიური ეროზიული პროცესის მსვლელობაზე მიუთითებს; ტექტონიკურ აზევებას კი, ძლიერი სიღრმითი ეროზია

და შეფარდებითი სიმაღლეების ზრდა მოსდევს. შესაბამისად, რელიეფის განვითარების ალმავალი ფაზა ბატონობს.

ციკლური (სტადიალური, ფაზური) განვითარება გეოგრაფიული გარსის სხვა ქვესისტემებსაც ახასიათებს. ასე, მაგალითად, ჰიდროსფეროს განვითარება ფართოდ მოიცავს სტადიალურობის დამამტკიცებელ გამოვლინებებს. ამ მხრივ სამ სტადიას გამოყოფენ: 1. მსოფლიო ოკეანის ჰიდროკრატიული ტრანსგრესიის გაბატონების სტადია; 2. ჰიდროსფეროს მოცულობის შეფარდებითი სტაბილიზაციის სტადია; 3. კონტინენტური ჰიდროსფეროს გაბატონების სტადია.

პირველ სტადიაში გეოსინკლური რეჟიმის გამეფებამ, ოკეანეებში სიღრმული წყლის შემოსვლა უნდა განაპირობოს. ცხადია, რომ ოკეანეთა ზრდა უსაზღვრო არ არის. თუმცა ამ ცვლილებებს კონტინენტების საწინააღმდეგო მიმართულებით განვითარება უნდა გამოეწვია. მეორე სტადიაში ჰიდროსფეროს მოცულობა შეფარდებით სტაბილიზაციას აღწევს. ოკეანის მოცულობის ზრდის შენელება, გრანიტის ფენის წარმოქმნისა და მაგმის ამონთხევის გაძნელებასთანაა დაკავშირებული. ამავე დროს, ატმოსფეროს მკვრივი ფენისა და ოზონის ეკრანის ფორმირება რამდენადმე ამცირებს წყლის მოლეკულის H-ისა და O_2-ის ატომებად დაშლილი ელემენტების კოსმოსურ სივრცეში დისიპაციას (გაფანტვას). მესამე სტადიაში ბაქნური რეჟიმის გაბატონებამ და გეოსინკლინური არეალების შემცირებამ უნდა გამოიწვიოს შესაბამისი ჯაჭვური რეაქცია: ჰიდროსფეროში ჰიდრატაციის ზრდა, გამოფიტვისა და ნიადაგ-მცენარეული საფარის ფორმირება, სხვა გეოსფეროებთან აქტიური მიმოქცევის პროცესში ჰიდროსფეროს მოცულობის შემცირება, ქიმიური შემადგენლობის (კალციუმის ხვედრითი წონის ზრდა) ცვლილება და ცოცხალი ორგანიზმების კარბონატული შედგენილობის ჩონჩხის გაბატონება უწინდელ სილიკატურ ეტაპთან შედარებით.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის ცალკეული კომპონენტების სტადიალური განვითარება ეჭვს არ იწვევს. ფაზური გადასვლები ბუნების ფრიად დამახასიათებელი ნიშან-თვისებაა. მისი ფაქტები მრავლადაა: ცნობილია ტყის გადასვლა მდელოში, ამ უკანასკნელისა კი ჭაობში; ნიადაგმცოდნეები მიუთითებენ ნიადაგის ერთი ტიპის მეორეში გადასვლას; ჰიდროლოგების მიერ შემჩნეულია მდინარეთა ჩამონადენის სტადიალურობა, რაც, თავის მხრივ, ლითოსფეროსა და ბიოსფეროს ანალოგიურ ცვლილებებზე მეტყველებს; განვითარების ციკლური ხასიათის მატარებელი გამოდგა აგრეთვე გეოსინკლინური რეჟიმის ჩამოყალიბებისა და მისი ბაქნურით შეცვლის პლანეტარული მოვლენა. ასე რომ, ბუნების სტადიალური განვითარების უნარი, მისი მსვლელობის აშკარა გამოვლინება და ხანგრძლივი შენარჩუნება, ბუნებრივი მოვლენების განვითარების ისტორიული პროცესის შეცნობის ერთ-ერთი უმთავრესი წინაპირობაა, წარსულის აღდგენისა და მომავლის განჭვრეტის საწინდარია.

როგორც ჩანს, ტექტონიკური მოძრაობები და ეროზიის ბაზისის ცვლა, საბოლოოდ რელიეფის ფორმების ფერდობების მორფოლოგიურ თავისებურებებშია აღბეჭდილი. რელიეფის ყოველი უბნის ნიშნები თავის განვლილ ისტორიას გვამცნობს, რომელიც მის უსწორმასწორობათა „მიკროსქემებშია დამახსოვრებული". მათი ამოკითხვა კი განვითარების ციკლების, სტადიების, ფაზებისა და სხვა წრიული მიმოქცევების განვლილ პროცესთა მსვლელობის „ჩანაწერთა ბანკის" გაშიფვრითაა შესაძლებელი.

რელიეფის განვითარების დინამიკურობა ასახულია კ. მარკოვის გეომორფოლოგიური დონეების კონცეფციაშიც. ამ მეცნიერის მიერ გამოყოფილია ოთხი

(აბრაზიულ-აკუმულაციური, დენუდაციური, თოვლის ხაზისა და მწვერვალთა ზედაპირების) გეომორფოლოგიური დონე. ეს კონცეფცია არ ეწინააღმდეგება უ. დევისისეულ ციკლების პრინციპებს. უ. დევისის ციკლების მიხედვით, გეომორფოლოგიური პროცესები (ფაზები, სტადიები) ერთმანეთის გვერდითაა მოქცეული, მაშინ, როცა კ. მარკოვისეული დონეები ერთიმეორეზე დაწყობას (დალაგებას) გულისხმობს. ამავე დროს, მათ იდენტურობაზე მიუთითებს, მაგალითად, დეფლაციურ-აკუმულაციური (უდაბნოში) დონე, რომელიც მას პენეპლენებთან, ან კიდევ პედიპლენებთან გვერდით მოაქცევს. გეომორფოლოგიური დონეები, რელიეფის ციკლურობასთან ერთად, ასევე მიუთითებენ რელიეფის განვითარების მიმართულებაზე, რაც მისი (რელიეფის) პროგნოსტიკული მოდელირების საშუალებას იძლევა.

ავტონომიური რყევები. გარეგანი ფაქტორებით გამოწვეულ რიტმებთან ერთად გეოგრაფიულ გარსში ავტონომიური რყევებიცაა დამახასიათებელი. ასეთი მიმოცვლა ნიშანდობლივია ინერტიული წრეების მქონე სისტემებისათვის (ობიექტებისათვის), რომელთა პარამეტრებზე უეცარი ზემოქმედების შედეგად, საპასუხო რეაქცია ხორციელდება არა მყისიერად, არამედ თანდათანობით, გარდამავალი პროცესის გავლის შედეგად. ცხადია, რომ რაც უფრო ხანგრძლივია გარდამავალი პროცესი, მით უფრო ინერტულია ობიექტი. ზუსტად რომ ვთქვათ, ყველა გეოგრაფიული ობიექტი ინერტული სისტემაა, თუმცა მათი ინერტულობა ძალიან მცირეა და წუთებით, საათებითა და დღე-ღამეებით იზომება. ამავე დროს, გეოგრაფიული გარსის დიდი სისტემები — ოკეანეები და კონტინენტები გარეგანი ძალების ზემოქმედებით საკმაოდ ნელა გარდაიქმნებიან. ცნობილია, რომ ოკეანე ნელა თბება და ასევე ნელა ცივდება, რაც არა მარტო წელიწადის თერმული რეჟიმის სეზონურობას, არამედ უფრო ხანგრძლივ (მყინვარული ეპოქის სიცივე ოკეანეს დღემდე შეუნარჩუნდა) პერიოდს (ათეული ათასი წლები) ემჩნევა.

ავტომატური რეგულირების თეორია გვასწავლის, რომ უარყოფითი უკუკავშირების სქემით ურთიერთმოქმედი ორი ან მეტი ინერტული ქვესისტემა, როგორც წესი, ავტორყევითი მოვლენების ფორმირების არეალს წარმოადგენს. რყევების წარმოქმნა აქ აშკარად მუდმივია. ამიტომ მათ გარე ძალების მოქმედების მიუხედავად, ავტონომიურს, ანუ წარმოქმნილს უწოდებენ. ავტონომიური რყევითი ხასიათი უნდა ჰქონოდა მეოთხეულის ჰავის ცვლილებებსა და გამყინვარების სტადიალურობას.

სითბოსა და სინოტივის მიმოქცევების მიმდინარეობა მყინვარი-ოკეანე-ატმოსფეროს სისტემაში, ურთიერთდაკავშირებული ელემენტარული პროცესების ფუნქციონალური ურთიერთმოქმედებაა, რაც აღნიშნულ სისტემას ავტონომიური რყევის უნარს ანიჭებს. იგი წარმოიქმნება მასისა და ენერგიის გადატუმბვით ორ ინერციულ სისტემას (ოკეანე-მყინვარი) შორის. ამასთან, ოკეანის ინერტიულობა განსაზღვრულია მისი მაღალი სითბოტევადობით. რაც შეეხება მყინვარების ინერტულობას, ეს მოვლენა, მათი საფარების დაგროვებისა და გალღვობის დაბალ სიჩქარებთანაა დაკავშირებული. ინერტული სისტემები პირდაპირი და უკუკავშირებით ერთიანდება, რაც მყინვართა მასის, ჰაერის ტემპერატურისა და სინოტივის აშკარა ასიმეტრიულობას განაპირობებს. ამ მხრივ, საზეზეა დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილების დაგვიანება მყინვარის მასის შეცვლასთან შედარებით. ასე, მაგალითად, გვიან პლეისტოცენში ამგვარი დაგვიანება 1-3 ათასი წლით იყო განსაზღვრული. ასე რომ, გამყინვარება არა მხოლოდ ტემპერატურის კონტროლს ექვემდებარება, არამედ ადგილი აქვს ერთგვარ ინერტულობას.

ასიმეტრიულობის ნიშნების არსებობას ვარაუდობენ აგრეთვე მყინვარული ციკლებისა და ჰაერის სინოტივის ცვლილებებში: გამყინვარებათაშორისი და გამყინვარების საწყისი ფაზები შედარებით ნოტიო კლიმატით ხასიათდება. გამყინვარებისა და დათბობის წინა ეპოქებში მშრალი ჰავა ბატონობს. ამინდის ცვლილებები კი დაკავშირებულია მზის რადიაციის არა მხოლოდ ინტენსიურობასთან, არამედ განსაზღვრულია ატმოსფეროს, ოკეანის, კონტინენტებისა და მყინვარების ურთიერთმოქმედებით, მოლრუბლულობითა და ატმოსფერო-ოკეანის თერმოდინამიკური მახასიათებლებით. ამავე დროს, ოკეანის მაღალი ინერციულობა (ნელი უკურეაქცია) მისი ყველა პარამეტრის (მახასიათებლის) დროში გადაწევას (დაგვიანებას) განაპირობებს. ბუნებრივი სისტემების ადრინდელი მდგომარეობებისა და პროცესების შესახებ ინფორმაციის შენახვის თვისებაზე, ანუ „დამამახსოვრებელ უნარზე“ ჩვენ უკვე (თავი XI) მივუთითებდით.

გეოგრაფიული სტადიალურობა. სტადიალურობის ცნების ქვეშ იგულისხმება ბუნებრივი სისტემების დროის მიხედვით ხარისხობრივი ცვლილებები, რომლებიც გეოგრაფიული გარსის განვითარების ცალკეული, მკვეთრად გამოხატული ეტაპებითაა განსაზღვრული. თითოეული მათგანის განვითარების მიმდინარეობა მოიცავს რა ბუნებრივი პროცესის ცალკეულ ეტაპებს, ახასიათებს მის სივრცე-დროით ცვლილებებს და იკავებს დროს, ბუნებრივი სისტემის ჩამოყალიბების ჩანასახობრივი მდგომარეობიდან განვითარების საბოლოო ჩაქრობის ფაზამდე. ბუნებრივი სისტემის განვითარების სტადიალურობის აღქმის უმთავრეს მნიშვნელობებს მიეკუთვნება მათი ფორმირების ზოგადი კანონზომიერების დადგენა, წარსული დროის სტადიების წარმოჩინება, თანამედროვე ეტაპის ევოლუციის მახასიათებელი ნიშნების შეცნობა, შემდგომი პროგნოსტიკული მოდელების შემუშავებისა და ობიექტების ასაკის დადგენის მეცნიერული დასაბუთება.

თანამედროვე გეოგრაფიული ცოდნა ბუნებრივი გარემოს შეცნობის ისეთ დონეზეა აყვანილი, რომ ადვილად შესაძლებელია გეოგრაფიული გარსის, როგორც კანონზომიერი სისტემის, განვითარების ერთი სტადიიდან მეორეში გადასვლის თვალნათლივ ასახვა. აღნიშნული ბუნებრივი სისტემა შედგება რა სტადიალურად განვითარებადი ქვესისტემის იერარქიისაგან, განსაკუთრებულად რთული წარმონაქმნია და სტადიალური განვითარების, მარტივად მოწესრიგებული, დაბალი რანგის სისტემებისაგან შედგება. ამ მხრივ, საყურადღებოა მიწის ზედაპირის შედარებით თხელი ფენა, რომელშიც თავს იყრის ბუნებრივი სისტემის მჭიდროდ ურთიერთდაკავშირებული ელემენტები – გამოფიტვის ქერქი, ნიადაგები, ჰავა, რელიეფი, მცენარეულობა, ცხოველთა სამყარო. გეოგრაფიული შესწავლის საფუძველზე, ჯერ კიდევ XVIII-XIX საუკუნეებში (ვ. ბაგრატიონი, ა. ჰუმბოლდტი, ვ. დოკუჩაევი), შემუშავდა აღნიშნული ფენის სისტემური აღქმის საფუძვლები, რომლის შედეგად შეიქმნა ბუნების განვითარების ზონალურ-პროვინციალური პრინციპი და მოძღვრება მისი სტადიალური გარდაქმნის შესახებ, რომლის დამადასტურებელი მაგალითები ბუნებაში მრავლადაა.

ბუნების ხანგრძლივი განვითარების პროცესში დედამიწაზე განსაკუთრებული სისტემა – ჰილეა ჩამოყალიბდა, რომელსაც ლანდშაფტური გარსის გარდაქმნის ესა თუ ის სტადია შეესაბამება და, თავისი მახასიათებელი ნიშნების გამო, ენერგიის მუდმივი მიმოცვლით ხასიათდება. ნივთიერებისა და ენერგიის ცვალებადობა შეინიშნება ბუნებრივი სისტემის, როგორც ცალკეულ ნაწილებს შორის, ისე თვით

ჰილეასა და მის გარემომცველ გარსებს შორის. ჰილეა საკმაოდ მაღალი პროდუქტიულობის (200ტჰა$^{-1}$) ბუნებრივი წარმონაქმნია. მას უდიდესი როლი აქვს დედამიწის ჰაერის გაახალგაზრდავების საქმეში, რაც ჰილეას პლანეტარულ ფუნქციას აკისრებს: ჰილეას როლი ხომ ატმოსფერული ჟანგბადის შთანთქმასთან ერთად მისი ერთიორად მეტი წილის დაბრუნებაცაა ჰაერში. ამ ფუნქციას ჰილეა უკვე მესამეული პერიოდიდან დღემდე ასრულებს.

ამავე დროს, სავარაუდოა ჰილეას დროითი ცვლილებები, რომელსაც სტადიალურობის ნიშნები უნდა ჰქონდეს. მართლაც, სამხრეთ ამერიკის (მდ. ამაზონის აუზი) ჰილეას სტადიალურობა ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში (ბოტანიკოსი იუბერი) იყო შემჩნეული: ამ მდინარის ერთ-ერთი შენაკადის (მდ. პურუსი) ფრაგმენტზე ზედაპირული ნაკადები უმთავრესად მასალის დალექვას აწარმოებდნენ, ხოლო ეროზიულ-დენუდაციური პროცესები დამორჩილებულ როლს ასრულებდნენ; ამ მოვლენას ქვიშიანი მეჩეჩების (პირველი სტადია) ფორმირება მოჰყვა: აკუმულაციურ ფრაგმენტებზე სწრაფად ფეხს იკიდებს ბალახეულობა, რაც უკვე მეორე სტადიის ფორმირებაზე მიუთითებდა; მოგვიანებით, მეჩეჩებზე ნიადაგი ჩნდება და ბუჩქნარების გაჩენაც არ აგვიანებს; მას კი, თავის მხრივ, იუმბაუმბას – დაბალი ტყის (უკვე ჰილეას) სტადიის ჩამოყალიბება ცვლის; შემდგომ, შერეული გარდამავალი ტყე ჩამოყალიბდა, რომელიც თანდათანობით ტყის სტადიაში გადავიდა; ბოლოს, ურუკურის იშვიათი დატბორვის ტყის სტადიის გამეფებას ქონდა ადგილი.

ამგვარად, თანამედროვე ჰილეა წარმოადგენს სხვადასხვა ასაკის სტადიების მორიგეობათა სისტემას, რომლის ხანგრძლივი განვითარების მანძილზე (დაწყებული მესამეულიდან) სტადიათა მორიგეობაში მცენარეთა თუ ცხოველთა ეტაპობრივი ცვლის ცალკეულ ფაზებს როგორც ძველი, ისე ახალი სისტემატიკური ერთეულები შეესაბამებათ.

ანალოგიური ნიშან-თვისებების მატარებელია კარსტული არეალები, რომლებსაც ათასწლეულების მანძილზე დენუდაციური გარდაქმნა შეესაბამებათ. ჩრდილო-დასავლეთი ევროპის კარსტწარმოქმნის სტადია რელიეფის განვითარების სუბაერალურ ფაზას შეესაბამება, რომელიც მეოთხეულამდელი ეტაპიდან ანთროპოგენურშიც კი გრძელდებოდა. კრისტალური საფუძველი, რომლითაც აგებულია ჩრდილოეთი ევროპული კარსტული არეალი – 2 მლრდ. წლისაა, ხოლო მის ზედაპირზე დალექილი ფენები ბოლო ნახევარი მილიარდი წლის მანძილზე გროვდებოდა. ამ კრისტალურ (ბალტიის ფარი) საფუძველსა და მის რელიეფს რამდენიმე ტრანსგრესიული და სუბაერალური სტადია აქვს გამოვლილი: პირველი სუბაერალური სტადია კემბრიულის შემდგომ დროს მოიცავს; მეორე – ზღვიური მოკლევადიანი ფაზაა. მას ინტენსიური ეროზიული მესამე ეტაპი შეესაბამებოდა; ზედა დევონურში – მეოთხე თბილი ზღვის ფაზა, ხოლო სუბაერალური ფაზა ფამენურ დროში იყო გამეფებული; მომდევნო, მეექვსე ეტაპი ისევ ზღვიური ფაციესით ხასიათდება. აღნიშნული სტადიები კარსტის განვითარების „მოსამზადებელ სტადიებად“ შეიძლება განვიხილოთ.

ფამენური დროის სუბაერალურ ეტაპზე დაიწყო კარსტის განვითარების პირველი ფაზა: მას შეესაბამება მრავალი განამარხებული კარსტული ძაბრი და მღვიმეები. კარსტული სიცარიელეები ამჟამად კლასტური მასალითაა ამოვსებული. კარსტის განვითარების მეორე სტადიას საკმაოდ ხანგრძლივი (200 მლნ. წელი) დრო შეესაბამება და ქვედა იურიულიდან ანთროპოგენამდე გრძელდება; მესამე სტადია

მეზოპლეისტოცენურ ეპეიროგენეტურ აზევებასა და ეროზიის ბაზისის დაწევას შეესაბამება; კარსტის განვითარების შემდგომი სტადიები დაკავშირებული იყო გამყინვარების დიფერენცირებულ გამოვლინებებთან და როგორც ინტენსიურობით, ისე სივრცობრივი გავრცელებით საკმაოდ მოკრძალებული მნიშვნელობისაა; ბოლო – მეხუთე ეტაპი კი ამ მხარის კარსტის „ახალგაზრდული" განვითარების სტადიაზე მიუთითებს.

ამგვარად, ბუნებრივი სისტემების განვითარების მსვლელობაში დაფიქსირებული სტადიალურობა სხვა არაფერია თუ არა გეოგრაფიული ობიექტის გარეგანი ზემოქმედებების შედეგად გამოწვეული, პარამეტრების რაოდენობრივი ცვლილებების ხარისხობრივი გარდაქმნა და მათი ახალი თვისებრიობის ჩამოყალიბება, რომელსაც ძველ ნიშან-თვისებებზე დამყარებული ახალი ასპექტების გაბატონება მოსდევს. საბოლოოდ სახეზეა ბუნებრივი ობიექტების ეტაპობრივი განვითარება, როცა შემონახულია მათ მიერ განვლილი გზები და დასახულია განვითარების ახალი მიმართულება.

გეოგრაფიული პროგნოზირება. როგორც განხილული მასალიდან ჩანს, გეოგრაფიული გარსის ისეთი მახასიათებელი ნიშნები, როგორიცაა წრებრუნვითი მიმოქცევები, შეუკვრელობა, მოვლენათა განვითარების ტენდენცია, მიმართულება და სხვა კანონზომიერი გამოვლინებები – ბუნებრივი პროცესების მსვლელობის გეოგრაფიული აღწერის საშუალებას იძლევა. მხედველობაში გვაქვს ბუნებრივი სისტემების ცვლილებათა (ამასთან ერთად, განვითარების) ობიექტური შეცნობა, რომლის შედეგად შესაძლებელია პროცესის თვალყურის დევნება და მიმდინარე პროცესის ზედმიწევნითი აღქმა.

ცხადია, რომ გეოგრაფიული გარსის მოვლენათა რიტმულობა ერთიანი და მთლიანი სისტემის თავისებური „სუნთქვის" ფორმაა, რომელშიც მუდამ მოინახება კავშირი როგორც „მახლობელ", ისე „შორეულ" რიტმებს შორის. ამდენად, ბუნებრივი მოვლენების რიტმების გამოვლენას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს სისტემის განვითარების ტენდენციის გამორკვევისა და, შესაბამისად, მისი პროგნოსტიკული მოდელის შესამუშავებლად. როგორც უკვე მკითხველისათვის ცნობილია, რიტმულობა დროში გამეხატული მოვლენათა განმეორებაა: თუ განსაზღვრულია წარსულის მოვლენათა საკმაოდ მდგრადი განმეორების თანმიმდევრობა, მაშინ ძალიან დიდია მათი მომავალში განმეორების ალბათობა. აქედან გამომდინარე, გეოგრაფიული გარსის განვითარების პროგნოზირების საფუძველი, მისი წინამორბედი მდგომარეობის ცოდნაშია. წარსული – მომავლის შეცნობის გასაღებია. წარსულის ანალიზი, ბუნებრივი პროცესების განვითარების მდგრადი ტენდენციების დადგენისა და მათი ექსტრაპოლაციის – ამ ტენდენციის მომავალში გადატანის შესაძლებლობას იძლევა.

ბუნებრივი მოვლენების რიტმული მორიგეობის გათვალისწინებით გამოთვლილი პროგნოზირების მაგალითები უამრავია. მათ მიეკუთვნება ამინდის პირობების სეზონური ცვლილების ზოგადი სურათის წარმოდგენა, მდინარის ჩამონადენის მახასიათებლების შიდაწლიური განაწილება, მცენარეული საფარის განვითარებისა და სხვა მოვლენების წინასწარი განჭვრეტა. ასევე წარმატებით ახდენენ მოვლენათა დღეღამური დინამიკის პროგნოზირებას. უკვე არსებობს რიტმული მოვლენების პროგნოზის წარმატებული ცდები. ასე, მაგალითად, გამართლდა კასპიის ზღვის დონის საუკუნეობრივი (XX ს-ის 70-იანი წლები) დაწევის ტენდენციის ინტენსიური აწევით შეცვლა; არალის ზღვის დონის კატასტროფული დაწევაც პროგნოზისამებრ

მიმდინარეობს; პროგნოზირებადია მრავალი ანთროპოგენური (აბრაზია, ეროზია, მეწყრული მოვლენები, გაუდაბნოება და სხვ.) ნეგატიური მოვლენა.

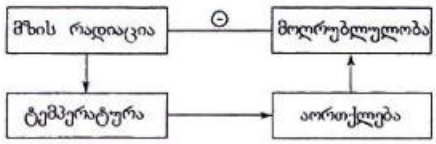
გეოგრაფიული გარსის თვითრეგულირება ანუ ავტომატური რეგულირება, მისი დინამიკური თავისებურებისა და სტრუქტურის მახასიათებელი ნიშანია. რეგულირების წყალობით გეოგრაფიული გარსის პარამეტრების უმრავლესობას შენარჩუნებული აქვს დინამიკური წონასწორობის მდგომარეობა. აღნიშნულის დამადასტურებელი მაგალითია ოკეანის მარილიანობის შედგენილობა: ოკეანის ზედაპირზე, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობისა და განაწილების, აორთქლებისა და მდინარეული ჩამონადენის სივრცე-დროითი არათანაბრობის მიუხედავად, მარილების თანაფარდობა მუდმივია. მისი მიზეზი ნივთიერებათა კონცენტრაციის საყოველთაო ურთიერთდაკავშირებულობაში მდგომარეობს. სისტემური თეორიის პრინციპების მიხედვით, სისტემის ერთ-ერთი კომპონენტის კონცენტრაციის შეცვლა შეუძლებელია სხვა დანარჩენი შემადგენელი ნაწილების შეუცვლელად: თუ მდგრადი წონასწორობის სისტემაზე ადგილი აქვს გარეგან ზემოქმედებას, მაშინ სისტემაში აღიძვრება ზემოქმედის შემასუსტებელი პროცესი და წონასწორობა მისი მიმართულებით გადაინაცვლებს. ამავე დროს, რაც უფრო რთულია სისტემა, მით უფრო გარეგანი ზემოქმედებებისაგან საიმედოდაა იგი დაცული.

გეოგრაფიული გარსი საკმაოდ რთული სისტემაა. ამის გამო მას თავდაცვითი რეაქციისა და თვითრეგულირების მაღალი უნარი გააჩნია. ამ მხრივ, აღსანიშნავია სითბური რეგულაციის თვისება: დედამიწაზე ტემპერატურათა რყევის მნიშვნელოვნად მცირე სიდიდე, მთვარესთან შედარებით, გამოწვეულია ოკეანისა და ატმოსფეროს მარეგულირებელი ფუნქციით, რომელსაც მთვარე ან კიდევ მისი მსგავსი „უწყლო" პლანეტები მოკლებულია. მოვიტანთ კიდევ ერთ მაგალითს: თავისუფალი ჟანგბადის დიდი რაოდენობის ხარჯვის მიუხედავად, ჟანგვითი პროცესის მიმდინარეობაზე, ფოტოსინთეზის მიერ მისი ატმოსფეროში მუდმივად შემოტანის გამო, ამ აუცილებელი ელემენტის კონცენტრაცია თითქმის ბალანსირებულ მდგომარეობას ინარჩუნებს.

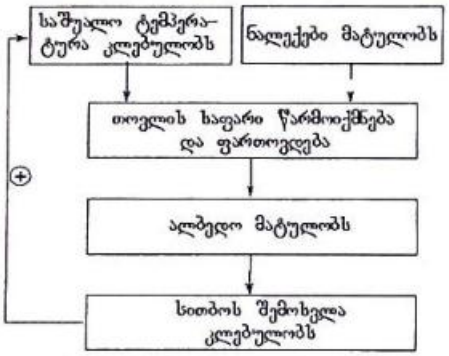
დინამიკური წონასწორობა ხშირად, შედარებით რაიმე საშუალო მნიშვნელობის ირგვლივ, ავტონომიურ რყევას განიცდის. ასეთი რყევები დინამიკური სისტემებისათვის ფრიად დამახასიათებელი ნიშან-თვისებაა. ამ მხრივ, სახეზეა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პარამეტრების უმეტესობათა დღეღამური და წლიური (სეზონური) რყევები. ანალოგიური ხასიათი შეიმჩნევა სისტემაში: მზის რადიაცია – ტემპერატურა – აორთქლება – მოღრუბლულობა. მზის რადიაციით მიწის ზედაპირის გათბობის შედეგად აორთქლების ზრდას აქვს ადგილი, რომელიც უკვე, თავის მხრივ, ნაწილობრივ აკავებს მზის რადიაციის დედამიწაზე შემოსვლას. ამ უკანასკნელის შემცირება მიწის ზედაპირზე ტემპერატურის დაწევასა და, შესაბამისად, აორთქლების შესუსტებას გამოიწვევს, რის შედეგად შემცირდება ატმოსფეროში ტენის შემოსვლა და ღრუბლებიც გაიფანტება. ცხადია, ხელახლა გაიზრდება მიწის ზედაპირზე მზის რადიაციის ინტენსიური შემოსვლა და ახალი ციკლის (რიტმის) დაწყებასაც მიეცემა დასაბამი.

როგორც ჩანს, აღნიშნულ სისტემაში ოთხი ურთიერთდაკავშირებული პარამეტრი ერთმანეთს აკონტროლებს. თანაც, თითოეულ მათგანს არ აძლევს გარკვეული საზღვრებიდან გარეთ გასვლის (ნახ. XII.10) საშუალებას. ამ პრინციპულ სქემაზე მოღრუბლულობის ბლოკიდან მზის რადიაციისაკენ მიმართული ისრის მინუსი ნიშანი ამ მიმართულებით უარყოფით გავლენაზე მეტყველებს, ანუ მოღრუბლულობის

ზრდა დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაციის შემოსვლის შემცირებაზე მიუთითებს. დანარჩენი სამი ისარი დადებით ზემოქმედებას შეესაბამება, რადგან მზის რადიაციის ზრდას ტემპერატურის მატება მოსდევს, მასკი — აორთქლებისა და ღრუბლიანობის გაზრდა მოჰყვება. ამ სისტემაში მთავარი რგოლი მოღრუბლულობის ბლოკია. მოღრუბლულობის ზრდის გავლენა სხვა დანარჩენებისაგან განსხვავებული ხასიათისაა. აქედან გამომდინარე, მოღრუბლულობა რეგულატორის როლს ასრულებს. ასეთი სტაბილიზატორის მოქმედებას უარყოფითი უკუკავშირები ეწოდება. სწორედ ისინი ახდენენ სისტემის პარამეტრების ცვლილების შეზღუდვას.



ნახ. XII.10. მზის რადიაცია – ტემპერატურა – აორთქლება – მოღრუბლულობა სისტემის ურთიერთმოქმედება



ნახ. XII.11 მყინვარის განვითარების სისტემის კავშირები

სისტემის კავშირის ისეთი ტიპები, როგორიცაა: მზის რადიაცია — ტემპერატურა, ტემპერატურა — აორთქლება, დადებითი წრფეების საზელწოდებითაა ცნობილი. დადებითი უკუკავშირების მაგალითად გამოდგება მყინვარის (ნახ. XII.11) განვითარების სქემა. ამ სისტემაში ყველა ურთიერთდაკავშირებული ფაქტორები ერთმანეთს აძლიერებენ. ამიტომ ასეთი სისტემა თვითგანვითარების ნიშნების მატარებელია. ასევე ანალოგიური სქემით ვითარდება ტროპიკული ქარიშხალიც: ორთქლის კონდენსაციის დროს გამოყოფილი სითბური ენერგია ჰაერის მასის სწრაფად მაღლა აწევას განაპირობებს, რაც კიდევ უფრო აძლიერებს კონდენსაციის ინტენსიურობას.

რიტმულობის კანონი. როგორც ამას ბუნების რიტმული მიმოქცევების შესახებ მოტანილი მასალის ანალიზი გვიჩვენებს, გეოგრაფიული გარსის არაერთგავროვანი ინერციულობის ქვესისტემების (ატმოსფერო, ოკეანე, მყინვარები) ურთიერთმოქმედებებით, გარეგანი ზემოქმედების მიუხედავად, გარდუვალია რყევითი მოძრაობების მიღწევა. ავტონომიური რყევებისა და გარე ზემოქმედებების შეთანაწყობას პერიოდულობის გართულებისაკენ მივყავართ, ხოლო სხვადასხვა სიხშირისა და ხანგრძლივობის რიტმების შეერთება (შეკრება) რთული რიტმების ფორმირებას განაპირობებს. ამავე დროს, ყოველი რიტმი თავის საწყის ფაზას უბრუნდება. თუმცა გეოგრაფიული გარსის ქვესისტემები თავიანთ პირვანდელ მდგომარეობას ზუსტად არ უბრუნდებიან. რიტმის ყოველ ფაზას რაიმე ახალი შემოაქვს, რის შედეგად სისტემა მუდმივ ცვლილებას განიცდის, ანუ ევოლუციონირებს. სისტემის განვითარება მიმდინარეობს იმ შეუქცევადი ცვლილებების საფუძველზე, რომელსაც ხანგრძლივი დროის მანძილზე ბუნებრივი განვითარების გზით აქვს ადგილი.

ამგვარად, ბუნებრივი მოვლენების ფაზური მიმოქცევები გეოგრაფიული გარსისა და მის ცალკეული ქვესისტემების რიტმიკის გეოგრაფიული კანონზომიერების არსებობაზე მიუთითებენ. ყოველ კონკრეტულ გარემოში მოვლენების გამოძახილი გეოგრაფიული გარსისა და მისი კომპონენტების განვითარების განმსაზღვრელი მექანიზმია, რომელიც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობისაა. ამასთან, იმის მიუხედავად, რომ რიტმული მნიშვნელობის ყოველი რგოლის ბუნება ჯერ კიდევ ბოლომდე ამოუხსნელია, ამით მისი გეოგრაფიული შედეგი – გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების რიტმული მიმოქცევების საყოველთაო გამოვლინება, სრულებითაც არ იცვლება. თვით მსოფლიო მიზიდულობის კანონის ბუნება ბოლომდე ამოუხსნელია, თუმცა გრავიტაციის საყოველთაო კანონი მთლიანად გასაგებია და ურყევია ი. ნიუტონისეულ ფიზიკურ დროსა და სივრცეში.

დასკვნები

1. გეოგრაფიული გარსის განუყოფელი უნარი – მოვლენათა კომპლექსების დროითი ცვლილებების მიმოქცევითი (წრებრუნვითი) ხასიათი, ერთიან-მთლიან სისტემასა და მის ქვესისტემებში წარმოშობს რა მოვლენების განმეორებათა მკაცრად განსაზღვრულ შუალედებსა და გეოგრაფიული პროცესების ერთ მხრივ მიმართულ განვითარებას, რიტმულ მონაცვლეობას განაპირობებს, ხოლო წრებრუნვების ცვალებადი ხანგრძლივობის პერიოდებს ციკლები შეესაბამებათ (რიტმულობის კანონი).

2. გეოგრაფიული გარსის მოვლენების პერიოდულობა გარეგანი (იძულებითი რყევები) და განვითარების შინაგანი (ავტონომიური რყევები) ფაქტორების ერთიანი გამოვლინებებით განისაზღვრება, რომელიც კომპონენტთა ორგანულად დაკავშირებულ და განუწყვეტლივ ურთიერთმოქმედ სისტემაში, დროითი ცვლილებებისა და ორგანიზებულობის გამო, მტკიცე თანმიმდევრობას ამჟღავნებს.

3. გეოგრაფიული გარსისა და მისი ქვესისტემისადმი მიმართული გარეგანი რიტმული მოქმედებების არაერთგვაროვანი საპასუხო რეაქციების გამოძახილი, ან კიდევ უპასუხო (სტატიკური) მდგომარეობა, განისაზღვრება როგორც ზემოქმედი ფაქტორების სიდიდით, ისე სისტემის შინაგანი მობილიზაციითა (მზადყოფნა) ან სტრუქტურული მოუმზადებლობით.

4. გეოგრაფიული გარსის ინერციული სისტემის პარამეტრებზე ავტონომიურ რყევათა დატვირთვების საპასუხო რეაქცია ხორციელდება რა გარდამავალი პროცესის გავლენით, მათი (ოკეანე, კონტინენტი) მდგრადობის გამო, უარყოფითი უკუკავშირის უნარის შეძენით, ხანგრძლივად ინერციულ პერიოდების არსებობას განაპირობებს.

5. გეოგრაფიული გარსის მოვლენათა პერიოდული დროითი და სივრცობრივი ცვლილებების მიზეზშედეგობრივი კავშირურთიერთობანი, განისაზღვრება რა სივრცისა და დროის ერთიანობით, სისტემის დროითი (რიტმები, პერიოდები) და ობიექტების მოძრაობათა (ღერძული, ორბიტალური) ერთიანი ასპექტების გამოძახილს წარმოადგენენ.

6. გეოგრაფიული გარსის მოვლენების რიტმულობაში – სისტემის „სუნთქვის ფორმაში“ მუდამ არსებული ახლო და შორეული რიტმების კავშირები, წარსულის მოვლენათა მდგრადი განმეორებებისა და მომავლის შესაძლო მიმოქცევების ექსტრაპოლაციის საფუძველზე, განსაზღვრავენ გეოგრაფიული ობიექტების (კომპონენტების) განვითარების ტენდენციასა და პროგნოზირებას.

7. გეოგრაფიული გარსის დიდი ინერციული სისტემების რყევის ავტონომიური უნარი განპირობებულია რა მათ შორის მასისა და ენერგიის გადატუმბვებით, ხოლო ინერციულობა განისაზღვრება მათი ფიზიკური პარამეტრების ცვლის სიჩქარეების არათანაბრობით, სახეზეა მასის, ტემპერატურის, სინოტივის მაჩვენებლების სივრცე-დროითი ასიმეტრიულობა.

8. გეოგრაფიული გარსის ქვესისტემები არა მარტო ერთი პარამეტრის (ტემპერატურის) კონტროლს ექვემდებარება, არამედ ინერციულობის (ნელი უკურეაქცია) შედეგად განსაზღვრულია მისი ფიზიკური სიდიდეების დროში გადაწევა.

9. გეოგრაფიული გარსის არაერთგავროვანი ინერციულობის ქვესისტემების ურთიერთმოქმედებები და გარეგანი ზემოქმედებები ერთობლივად აღწევენ რა სხვადასხვა ფაზების რყევით მოძრაობებს, მათი პერიოდულობის შეთანაწყობით რთული რიტმების წარმოშობას განაპირობებს.

10. გეოგრაფიული გარსის განვითარების პროცესში, ყოველი რიტმის ფაზური მონაცვლეობისას, საწყის და საბოლოო მდგომარეობათა შორის დისკრეტულობა იმ შეუქცევადი ცვლილებების საფუძველზე, რომელიც ხანგრძლივ დროში გროვდება, სისტემის მამოძრავებელ მექანიზმს წარმოშობს, რაც მის მუდმივ ცვლასა და ევოლუციას განაპირობებს.

11. გეოგრაფიული გარსის ქვესისტემების მუდმივი ურთიერთკავშირებით განსაზღვრული მათი პარამეტრების ურთიერთკონტროლი მთლიანი სისტემის მდგრადობას განაპირობებს, რაც ნებისმიერი მათგანის სისტემიდან გაუსვლელობაში გამოიხატება.

თავი XIII. ზონალურობა და აზონალურობა

ზოგადი ცნობები. ზონალურობის გამოვლინების სფეროები. სითბოს, სინოტივისა და ბარიული ველის ზონალურობა. პიდროლოგიური პროცესების ზონალურობა. ნიადაგწარმოშობის ზონალურობა. ცოცხალი ორგანიზმების ზონალურობა. რელიეფის ზონალურობა. ზონალურობის პერიოდულობის კანონი. ბუნებრივი სარტყლები და ზონები. ოკეანური აკვატორიის ზონალურობა. აზონალური მოვლენები. სიმაღლობრივი სარტყლურობა. ზონალურობა-აზონალურობის ერთიანობა. გეოგრაფიული გარსის ასიმეტრიულობა. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. გეოგრაფიული გარსის ნივთიერი შედგენილობის მრავალფეროვნება და ენერგიის ტრანსფორმაციის ფორმების მრავალგვარობა, აგრეთვე, მათი არათანაბარი განაწილება დედამიწის ზედაპირზე, ხმელეთისა და ოკეანეების რთული სივრცობრივი ტექსტურა (განლაგება), რელიეფის, მყინვარებისა და უდაბნოების, ჭაობებისა და სხვა ბუნებრივი წარმონაქმნების არაერთგვაროვნება არა მარტო ტერიტორიული დიფერენციაციის, არამედ კანონზომიერი სივრცობრივი განმეორადობის საფუძველია. ბუნების ურთულეს მოზაიკაში, მართლაც, შეინიშნება მოვლენათა არა მარტო დროითი, არამედ ტერიტორიულ-სივრცობრივი კანონზომიერი მონაცვლეობა. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ჰაერის ტემპერატურის, წყლებისა და ნიადაგების, აორთქლებისა და ღრუბლიანობის, ატმოსფერული ნალექების, ქართა სისტემების, ჰაერის მასებისა და კლიმატის, ჰიდროლოგიური თავისებურებებისა და გეოქიმიური პროცესების, გამოფიტვისა და რელიეფის სკულპტურული ფორმების, მცენარეულობისა და ცხოველთა სამყაროს, დასასრულ — გეოგრაფიული ლანდშაფტების იერარქიულ-სივრცობრივი კანონზომიერი განლაგება.

მოვლენათა და საგნების მწყობრი — სისტემური გადანაწილების არასრული ჩამონათვალი უდავოდ მიუთითებს მათი სივრცობრივი განფენილობის ჩამოყალიბებისა და სტრუქტურული დიფერენციაციის განსაკუთრებული ფორმების არსებობაზე, რომლის შინაარსობრივი გამოხატულება დედამიწის პლანეტარული ასპექტებითაა შეპირობებული. საგნებისა და მოვლენების ზემოაღნიშნული განედური (მერედიანული) და სიმაღლობრივი მიმართულებით ცვლილების მრავალი ფაქტი დედამიწის სფეროსებური ფორმისა და სიმაღლის ზრდის მიხედვით, თერმული და ტენის რეჟიმების კანონზომიერი ცვლილებით დასტურდება.

გეოგრაფიული გარსის კომპონენტებისა და გეოგრაფიული ლანდშაფტების კანონზომიერი შეცვლა განედის მიხედვით (ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ ან, პირიქით) ზონალურობის სახელწოდებას ატარებს. ზონა ბერძნულად სარტყელს ნიშნავს და, რაიმე საერთო ნიშნების მიხედვით გამოყოფილ სივრცეს გულისხმობს. ზონალურობის ძირითადი მიზეზებია დედამიწის ფორმა და მისი მდებარეობა მზის მიმართ, ხოლო წინაპირობას ქმნის მზის სხივების დედამიწის ზედაპირზე არათანაბარი კუთხით დაცემა, რომლის მნიშვნელობა თანდათანობით მცირდება ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ. როგორც აღნიშნულიდან ჩანს, ზონალურობის ფორმირება დედამიწის სფეროსებურ ფორმას უკავშირდება, რომლის გამო მისი ზედაპირი არათანაბრად თბება.

დედამიწის ზედაპირის არათანაბარი გათბობის შესახებ წარმოდგენები ჯერ კიდევ ძველი წელთაღრიცხვის VI-V საუკუნეებში იყო ცნობილი. არისტოტელეს მიერ (ძვ. წ. 384-322 წწ.) დედამიწის სფეროსებური ფორმის შესახებ მეცნიერული იდეის დასაბუთებასთან ერთად მითითებული იყო, აგრეთვე, მისი ზედაპირის სითბური სარტყლების – ეკვატორის გასწვრივ ზოლების არსებობა. მაშინ ასეთი ხუთი სარტყელი გამოიყოფოდა: ერთი – ცხელი, ორი – ზომიერი და ორი – ცივი. მოგვიანებით, დედამიწის ზედაპირი, სითბოს განაწილების თვალსაზრისით, რადიაციულ და სითბურ სარტყლებად დაიყო.

რადიაციული სარტყელი მზიდან შემოსული რადიაციის რაოდენობით განისაზღვრება. იგი დაბალიდან მაღალი განედების მიმართულებით კანონზომიერად მცირდება. აღნიშნულ სარტყლებში მზის რადიაციის რაოდენობრივ მაჩვენებელზე უმთავრეს გავლენას ახდენს დედამიწის სფეროსებური ფორმა. ამიტომ რადიაციული სარტყლების საზღვრები პარალელების გასწვრივ ვრცელდება. რაც შეეხება სითბური სარტყლების ფორმირებას, მათი კონტროლი ხორციელდება არა მარტო მზის რადიაციით, არამედ დედამიწის ზედაპირის უსწორმასწორობით, ატმოსფეროს ფიზიკური ნიშან-თვისებებით (სხივური ენერგიის შთანთქმა, გაბნევა, არეკვლა), ოკეანეებისა და ხმელეთს შორის სითბოს მიმოცვლით და ა.შ. აქედან გამომდინარე, სითბური და რადიაციული სარტყლების საზღვრები ერთმანეთს არ ემთხვევა.

რაც შეეხება გეოგრაფიულ ზონებს, მათი მახასიათებელი ნიშნების ფორმირებას იწვევს სითბოსა და სინოტივის თანაფარდობა. ცხადია, რომ ამ ორი პარამეტრის სიდიდეები დამოკიდებულია როგორც მზის რადიაციის რაოდენობაზე, ისე განედური მიმართულებით ცვლად (ადვექციური სითბო, ნალექების ფარული სითბო, ჩამონადენის სითბო) ფაქტორებზე. აქედან გამომდინარე, გეოგრაფიული ზონები დედამიწის გარშემო უწყვეტ ზოლებს სრულებით არ ქმნიან, ხოლო მათი დისკრეტული გავრცელება პარალელების გასწვრივ უფრო კერძო შემთხვევაა, ვიდრე კანონზომიერება. აღნიშნულის გათვალისწინებით შეიძლება ითქვას, რომ გეოგრაფიული ზონალურობის კონკრეტული შინაარსის ჩამოყალიბებას ადგილი აქვს გეოგრაფიული გარსის განსაკუთრებულ პირობებში. ამავე დროს, ზონისა და სარტყლის სახელწოდებას უფრო ტაქსონომიური მნიშვნელობა აქვს მინიჭებული, ვიდრე გენეტიკური, რადგან მზის რადიაციის რაოდენობა ერთნაირად წარმოშობს ორივე მათგანის საფუძვლებს. ამასთან ერთად, ტრადიციულად მიღებულია, რომ რადიაციული სარტყლის სახელწოდების ქვეშ იგულისხმება კოსმოსიდან მათემატიკური სიზუსტით შემოსული, თუმცა დედამიწის ზედაპირზე არათანაბრად განაწილებული მზის სხივური ენერგია. ბუნებრივი ზონების ჩამოყალიბებაში კი მონაწილეობენ როგორც რადიაციული ფაქტორის ელემენტები, ისე სითბური და სინოტივის რაოდენობრივი და თვისებრივი მაჩვენებლების ურთიერთთანაფარდობა. ამდენად, თუკი რადიაციული სარტყელი რაოდენობრივი პარამეტრებისაგან შედგება, გეოგრაფიული ზონების ფორმირება ბუნებრივი ფაქტორების სინთეზის შედეგადაა შესაძლებელი.

ზონალურობის გამოვლინების სფეროები. გეოგრაფიული ზონალურობის შესახებ მსჯელობისას, მის გამომწვევ მიზეზებზე უკვე მივუთითეთ. დედამიწის მრგვალ ზედაპირზე მზის სხივური ენერგიის არათანაბარი, თუმცა ეკვატორიდან პოლუსების მიმართულებით კლებადი ხარისხის მიხედვით, კანონზომიერი განაწილება გეოგრაფიული მოვლენების ზონალური ხასიათის გამოვლინების უმთავრესი პირობაა.

სითბოს ზონალურობის შესახებ წარმოდგენა ჯერ კიდევ ანტიკურ ხანაში

(არისტოტელე) იყო ცნობილი. ბუნებრივი ზონების შესახებ მეცნიერული მსჯელობა 23 საუკუნის შემდეგ, XIX საუკუნეში, ა. ჰუმბოლდტის მიერ მოხერხდა. მან მცენარეულობათა განედური ცვლილება შეამჩნია. ამავე დროს, მეცნიერი მიუთითებდა მცენარეულობის სიმაღლებრივ სარტყლურობასაც. რუსეთის ნიადაგების შესწავლისას ვ. დოკუჩაევმა მიაქცია რა ყურადღება მათ განედურ ცვლილებას, წამოაყენა იდეა ზონალურობის მსოფლიო (საყოველთაო) კანონის შესახებ, თუმცა მეცნიერს მხედველობაში ჰქონდა ზონალურობის გამოვლინების უნივერსალურობა მხოლოდ ხმელეთის ზედაპირზე.

მოგვიანებით ცნობილი გახდა, რომ ბუნებრივი წარმონაქმნების სიმაღლობრივი სარტყლურობის შესახებ ნათელი წარმოდგენა, ჯერ კიდევ XVIII საუკუნის 40-იან წლებში ჰქონდათ. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ვახუშტი ბაგრატიონის ნაშრომი (1745 წ.) „აღწერა სამეფოსა საქართველოსა“, რომელშიც ზოგი ადგილის აღწერისას სიმაღლობრივი ზონების ლაკონიურ დახასიათებას ვხვდებით. მაგრამ მისი შრომა თითქმის 100 წლის დაგვიანებით გამოქვეყნდა. ამ მიზეზით ლანდშაფტების სიმაღლობრივი ზონალურობის ავტორად ა. ჰუმბოლდტი, ლ. ბერგი, ზ. პასარგე, ვ. დოკუჩაევი მოიხსენიება, რომლებმაც ეს კანონზომიერება შენიშნეს და გამოაქვეყნეს შრომები ვახუშტის მიერ აღნიშნული მონოგრაფიის შედგენიდან საუკუნენახევრის შემდეგ. ამის მიუხედავად, ვახუშტი ბაგრატიონი ამ კანონზომიერების პირველაღმომჩენად უნდა მივიჩნიოთ.

გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთი უნივერსალური ნიშანი – ზონალურობა გამოვლენილია დედამიწის მთელ რიგ გეოგრაფიულ ობიექტებსა და პროცესებზე. მათ შორისაა: ჰაერის ტემპერატურა, ბუნებრივი წყლები, ნიადაგები, აორთქლება და ღრუბლიანობა, ატმოსფერული ნალექები, ბარიული რელიეფი, ჰაერის მასები, ჰიდროგრაფიული ქსელი, ჰიდროლოგიური, გეოქიმიური და გეოფიზიკური პროცესები, გამოფიტვა და ნიადაგწარმოქმნა, მცენარეულობა და ცხოველთა სასიცოცხლო ფორმები, რელიეფის სკულპტურული ფორმები, დანალექი ქანების ტიპები – და ზოგადად გეოგრაფიული ლანდშაფტები, რომლებიც ბუნებრივ ზონებად ერთიანდებიან.

როგორც აღვნიშნეთ, გეოგრაფიული გარსი არცთუ (35 კმ) მძლავრი (სქელი) ბუნებრივი წარმონაქმნია. მისი გავრცელებისა და შემადგენლობის თავისებურებებიდან (მოიცავს მიწისქვეშა და მიწისზედა სფეროებს) გამომდინარეობს, რომ დედამიწის ზედაპირი გეოგრაფიული გარსის „საყრდენი ჩონჩხია“, ცენტრალური არეალი და ფოკუსია. ამიტომ უნდა წარმოვიდგინოთ, რომ ზონალურობის სიმძლავრე, უმთავრესად, დედამიწის ზედაპირზე (ან მიწისპირა ფენაში) უნდა იყოს გამოვლინებული. მართლაც, თუ დავაკვირდებით ოკეანის აბისურ არეს – ყველგან, წყლის მუდმივი და საკმაოდ დაბალი (-5-დან, $+4^0$-მდე) ტემპერატურაა გაბატონებული. ამავე დროს, მზის სინათლე აქ თითქმის ვერ აღწევს, მცენარეულობა არ არის განვითარებული, წყლის მასა კი პრაქტიკულად მშვიდია. ასევე წაშლილია ზონალურობის ნიშნები ატმოსფეროს მაღალ ფენებში.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის ფოკუსიდან ორივე მხარეს ზონალურობის ნიშნები სწრაფად ქრება. ცხადია, რომ მას იწვევს „საყრდენი ჩონჩხიდან“ ორივე მიმართულებით ზონების წარმომშობი პირობათა გამოვლინების სწრაფი შემცირება. ამის გამო, არ არსებობენ ის მიზეზები, რომლებიც ოკეანის ფსკერზე ან ზედა ატმოსფეროში ზონების წარმოშობისა და მონაცვლეობის პირობებს გამოიწვევდნენ. ამავე დროს, ზონალურობას ადგილი აქვს ოკეანის ფსკერზე ზღვიური ნალექების განაწილებისას: მარჯნული ნალექები დამახასიათებელია ტროპიკული განედებისათვის,

ხოლო პოლარულ მხარეში დიატომური მასალა ილექება. თუმცა ოკეანის ფსკერზე წარმოდგენილი ნალექთგროვების აღნიშნული სურათი უკავშირდება არა აბისური არეალების ზონალურ ასპექტებს, არამედ წყლის ზედაპირის იმ თერმულ პირობებს, რომლებიც განსაზღვრავენ მარჯნის კოლონიებისა და დიატომური წყალმცენარეების გავრცელების ზონალურ ხასიათს. მარჯნისა და დიატომების ნგრევის ნარჩენები უბრალოდ „დაპროექტებულია“ ზღვის ფსკერზე არსებული პირობების შეუფერებლად.

ანალოგიურად მიმდინარეობს ზონების წარმომშობი პირობების მკვეთრი შემცირება ატმოსფეროს ქვედა (ტროპოსფეროს) ნაწილში. მის ენერგიის წყაროს მზის მიერ გამთბარი დედამიწის ზედაპირი წარმოადგენს. ტროპოსფეროში, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ტემპერატურის შემცირების (1კმ-ზე 6^0-ით) მიზეზი ენერგეტიკული წყაროდან (დედამიწიდან) დაშორებაა. მაშასადამე, მზის რადიაცია აქ არაპირდაპირ როლს ასრულებს, ხოლო გეოგრაფიული პროცესების რეგულირებას დედამიწის ზედაპირიდან შემოსული სითბო ახდენს. ატმოსფეროს უფრო მაღალი ფენების ტემპერატურა კი თვით ჰაერის ნაწილაკების სხივური ენერგიის ბალანსით განისაზღვრება და სრულიად არ არის დამოკიდებული ტროპოსფეროზე.

ზონალურობის გამომწვევი პირობები სწრაფად ქრება აგრეთვე დედამიწის ქერქში. ტემპერატურის სეზონური და დღეღამური რყევა მხოლოდ ზედაპირულ, აქტიურ ფენაში შეინიშნება, რომლის სისქე 20-30 მ-ს არ აღემატება. ამ სიღრმეზე მყარდება მუდმივი ტემპერატურა, რომელიც მოცემული ადგილის ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ტოლია. უფრო ღრმად, ტემპერატურის ცვლილება დამოკიდებულია არა მზის რადიაციის რაოდენობაზე, არამედ დედამიწის წიაღის ენერგიის (თავი IV) წყაროებზე. ამდენად, რაც უფრო ახლოს ვიმყოფებით გეოგრაფიული გარსის ქვედა და ზედა საზღვრებთან, მით უფრო სუსტია ზონალურობის გამოვლინების ინტენსიურობა, ხოლო თვით საზღვარზე ეს ნიშნები პრაქტიკულად გამქრალია. ამ ნიშნების გამოვლინების პარამეტრები შეიძლება დაგვეხმაროს გეოგრაფიული გარსის საზღვრების დადგენაში.

გეოგრაფიული გარსის ზონალურობა უნიკალურია არა მარტო მზის სისტემაში, არამედ, შესაძლოა, მთელ გალაქტიკაშიც. ზონალურობის წარმომქმნელ აღნიშნულ ფაქტორებთან ერთად, ეს მოვლენა განისაზღვრება აგრეთვე დედამიწის ადგილით მზის სისტემაში, მისი სიდიდით, მოძრაობის პერიოდებითა და თვით მზის ფიზიკური (სიდიდე, მასა, ტემპერატურა) თავისებურებებით. თუკი მერკურის მზიდან მცირედი დაშორებისა (58 მლნ. კმ) და ნელი ღერძული ბრუნვის გამო (პლანეტის ორი წელიწადი თავისსავე სამ დღე-ღამეს ეტოლება), მისი მზისკენ მიქცეული ზედაპირის ტემპერატურა ძალზე მაღალია ($+350^0$ C-მდე) და მოკლებულია როგორც ატმოსფეროს, ისე რადიაციულ სარტყლებს. პლუტონის (მზის სისტემის განაპირა პლანეტის) მზიდან შორი (6 მლრდ. კმ) მდებარეობის (1600-ჯერ ნაკლებ სითბოს იღებს, ვიდრე დედამიწა), ღერძული და მზის გარშემო მოძრაობის თანაფარდობისა (პლუტონის ერთი წელიწადი თავისსავე 14,38 ათას დღე-ღამეს მოიცავს) და მცირე სიდიდის გამო, მასზე სითბური ზონები არ უნდა არსებობდეს. ამავე დროს, პლუტონის ზედაპირი ერთიან ყინულოვან უდაბნოს უნდა მოიცავდეს.

მზის სისტემის მცირე სხეულები, თავისი უმნიშვნელო მასის გამო, ატმოსფეროს ვერ იკავებენ. შესაბამისად, მათ არ გააჩნიათ წყალი, ორგანიზმები და, რაც მთავარია, ზონალურობის ნიშნები. ასე, მაგალითად, მზიდან „ნორმალური“ დაშორების მიუხედავად, მთვარეზე, მისი მასის სიმცირის გამო არც ატმოსფერო და წყალია

და არც ზონალურობის რთული კვალის ჩანასახი. პლანეტა მარსი კი, პირიქით, ოდნავ ჩამოჰგავს დედამიწას. თუმცა იგი ორჯერ პატარაა, ხოლო მასით 10-ჯერ მცირეა დედამიწაზე, მზიდან კი 1,5-ჯერ მეტი მანძილითაა დაშორებული. ამის მიუხედავად, მარსისა და დედამიწის ბრუნვის ღერძების ეკლიპტიკასთან დახრილობის თითქმის ერთგვაროვნების გამო, ნათლად ჩანს, მარსის პოლუსის ირგვლივი სეზონების მზის სხივებით განათებულობის სეზონურობა და თეთრი, პოლარული „ქუდების" დროითი ცვლილება. ამავე დროს, შეინიშნება შედარებით მუქი და ბნელი ლაქების, უდაბნოებად წოდებული მოყვითალო ვრცელი არეების სიერცობრივი ცვლილებები. მარსის ძლიერ გაიშვიათებულ ატმოსფეროში წყალი სრულიად უმნიშვნელოა. მისი ზედაპირის დაბალი ტემპერატურა (147 K-ის ტოლია) იმის სასარგებლოდ მეტყველებს, რომ პოლარული „ქუდების" წარმოშობა წყლის გაყინვასთან კი არაა დაკავშირებული, არამედ შეყინული ნახშირბადის დიოქსიდითაა განპირობებული.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის ზონალურობა მხოლოდ დედამიწისეული უნიერსალური და განუმეორებელი წარმონაქმნია. მისი ასპექტები დედამიწის პლანეტარული თავისებურებებით (სიდიდე, მასა, ღერძული და ორბიტალური მოძრაობები, მზიდან დაშორება, ეკლიპტიკისადმი ღერძის დახრილობის სიდიდე და მისი მუდმივობა) განისაზღვრება. ცხადია, რომ იდეალურ ზონალურობას დედამიწაზე ადგილი ექნებოდა მისი რელიეფის ერთგვაროვნების (სიმეტრიულობის) დროს. ამ შემთხვევაში, გეოგრაფიული ზონები ერთმანეთის პარალელურად, ცირკუმპოლარული სწორი ზოლების სახით, ერთიმეორის მორიგეობით განლაგდებოდნენ. მაგრამ, საბედნიეროდ, როგორც ვ. დოკუჩაევი აღნიშნავდა, ბუნება სრულებით არ არის მათემატიკა. დედამიწის რელიეფი საკმაოდ იკლიკანტური მოხაზულობისაა: ხმელეთი და წყალი არათანაბრადაა გადანაწილებული; კონტინენტების ერთი სანაპირო თბილი, ხოლო მეორე – ცივი დინებების გავლენის ქვეშაა მოქცეული; დედამიწის ზედაპირზე მზის რადიაცია მნიშვნელოვან ტრანსფორმაციას განიცდის. ასე რომ, გეოგრაფიულ გარსში ზონალური სტრუქტურის იდეალური სქემიდან მნიშვნელოვან გარდაქმნას აქვს ადგილი.

აღნიშნულის დასადასტურებლად მრავალი მაგალითი არსებობს: ჩრდილოეთი ამერიკის კონტინენტზე, კორდილიერების მერიდიანული ორიენტირების გამო, გეოგრაფიული ზონების გავრცელება წარმოდგენილია არა პარალელების, არამედ მერიდიანების გასწვრივ; ევროპის კონტინენტზე კი ჰავის კონტინენტურობის გაძლიერება ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ რამდენადმე შეცვლილია და დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენაა მიმართული. ამავე დროს, მთიან ქვეყნებში, რელიეფის მაღალი ჰიფსომეტრიული განვითარების გამო, განედური ზონალურობა ვერტიკალური სარტყლურობითაა შეცვლილი.

რაც შეეხება ოკეანეთა და ხმელეთის ვრცელი არეალების მორიგეობის ზონალურ-გეოგრაფიულ შედეგებს, სახეზეა ზონების გავრცელების სივრცობრივი დისკრეტულობა. უფრო სწორედ, ოკეანეთა ზედაპირზე ზონალურობა საკმაოდ გაწყვეტილი კი არ არის, არამედ ოდნავ გარდაქმნილია. ამდენად, ზონალურობის გამოვლინება დედამიწაზე საკმაოდ რთული გეოგრაფიული ფაქტორების ერთობლივი და სინთეზური გამოვლინების შედეგია. მისი მაგალითები, მართლაც განუსაზღვრელად მრავალია. თუმცა, სახელმძღვანელოს დანიშნულებიდან გამომდინარე, გეოგრაფიულ გარსში ზონალურობის გამოვლინების სფეროების მოკლე მიმოხილვით შემოვიფარგლებით.

სითბოს, სინოტივისა და ბარიული ველის ზონალურობა. როგორც ეს არაერთხელ აღვნიშნეთ, გეოგრაფიული ზონების ჩამოყალიბების უმთავრესი განმსაზღვრელი ფაქტორი – სითბოს არაერთგვაროვანი გადანაწილებაა. სითბოს ერთადერთი გზა კი დედამიწის ზედაპირის მიერ მზის რადიაციის შთანთქმაა. ცხადია, რომ დედამიწის ზედაპირის სითბოს რაოდენობა დამოკიდებულია როგორც დედამიწაზე მოხვედრილი მზის რადიაციის სიდიდეზე, ისე თვით მიწის ზედაპირის შთანთქმის უნარზე. ცნობილია, რომ მზიდან დედამიწაზე მიღებული სხივური ენერგია ($1{,}7x10^{24}$ ერგი წმ$^{-1}$ ანუ $5{,}4x10^{31}$ ერგი წწ$^{-1}$) $1{,}37x10^{24}$ კალ წწ. შეადგენს. სითბოს ეს რაოდენობა გამოიყოფოდა $2x10^{10}$ ტონა ქვანახშირის დაწვის შემთხვევაში. აღნიშნულ სითბურ ენერგიას დედამიწა წლის განმავლობაში არათანაბრად იღებს: ზამთარში მზიდან შემოსული სითბო 3,4%-ით მეტს, ხოლო ზაფხულში 3,5%-ით ნაკლებს შეადგენს. ეს უმნიშვნელო სხვაობა დედამიწა – მზეს შორის არათანაბარი დაშორებითაა გამოწვეული. მზის რადიაციის სიდიდე დამოკიდებულია აგრეთვე დედამიწის ზედაპირზე მზის სხივთა დაცემის კუთხის არაერთგვაროვნებაზე, რაც, თავის მხრივ, ადგილის გეოგრაფიული განედითაა განსაზღვრული. მასვე განაპირობებს მზის სიმაღლე ჰორიზონტის მიმართ, რომელსაც ადგილი აქვს გეოგრაფიული მოვლენების როგორც დღეღამური, ისე სეზონური მორიგეობის შედეგად და კონტროლს რელიეფის ხასიათის მიხედვით განიცდის. სხივური ენერგიის მნიშვნელოვანი ცვლილებებია მოსალოდნელი ატმოსფეროსა (გაბნევა, შთანთქმა, არეკვლა) და დედამიწის ზედაპირის (შთანთქმა, გამოსხივება, სითბოგაცვლა) ფარგლებში.

სითბური ენერგია ორი ბალანსური პარამეტრით (შემოსავალითა და გასავალით) ხასიათდება. ბალანსის წლიური სიდიდეების ცვლილება პარალელების მიხედვით (ცხრილი XIII.1) გვიჩვენებს, რომ დაბალ განედებში სითბო უფრო მეტი შემოდის, ვიდრე მის გასვლას აქვს ადგილი. მაღალ განედებში კი, პირიქით, სითბოს გასვ-

ცხრილი XIII.1.

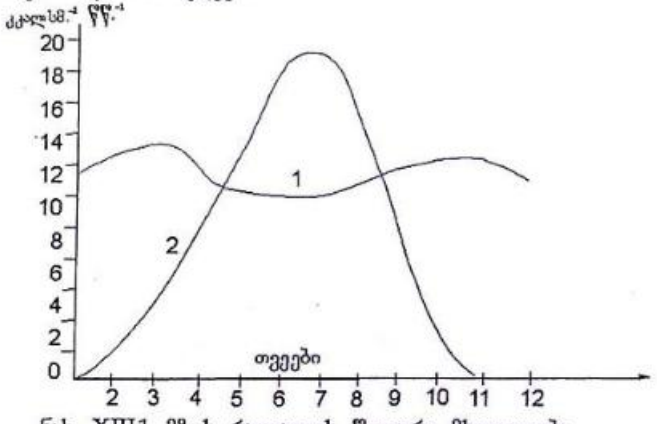
მზის რადიაციის ბალანსის სიდიდეები (კალ.სმ$^{-2}$წთ$^{-1}$)

გეოგრაფიული განედი	შემოსული რადიაცია	გასული რადიაცია	სხვაობა	გეოგრაფიული განედი	შემოსული რადიაცია	გასული რადიაცია	სხვაობა
0°	0,339	0,271	+0,068	50°	0,232	0,277	-0,045
10°	0,334	0,282	+0,052	60°	0,193	0,272	-0,079
20°	0,320	0,284	+0,036	70°	0,160	0,260	-0,100
30°	0,297	0,284	+0,013	80°	0,144	0,252	-0,108
40°	0,267	0,282	-0,015	90°	0,140	0,252	-0,112

ლის მაჩვენებელი უფრო მეტია, ვიდრე მისი შემოსავალი. აღნიშნულის მიუხედავად, დედამიწის ზედაპირის ერთ ნაწილში გადამეტბურებას არა აქვს ადგილი, მეორეში კი პროგრესული გადამეტებაცია არ შეინიშნება. ერთი შეხედვით, ასეთი შეუსაბამობა პარადოქსალურად უნდა მოგვეჩვენოს. სინამდვილეში კი სახეზეა კანონზომიერი გეოგრაფიული მოვლენა: ატმოსფერული ჰაერის დინებების მიერ, მაღალ და დაბალ განედებს შორის, სითბოს გადანაწილების გამო, მკვეთრი განხვავება არ შეინიშნება. სითბოს გადატანის მაღალ მნიშვნელობაზე მიუთითებს შემდეგი ფაქტი: დაბალი განედებიდან (ეკვატორიდან 60^0-იან პარალელამდე) სითბოს „ჭარბი"

რაოდენობა ($184x10^{15}$ კალ წთ$^{-1}$) ჰაერის ნაკადებით მაღალი განედების (60-90^0) ფარგლებში გადაადგილდება.

ამავე დროს, ზოგადგეოგრაფიული თვალსაზრისით აღსანიშნავია, წელიწადის დროთა მონაცვლეობით გამოწვეული რადიაციის რიტმული რხევებიც. ამ მხრივ, საინტერესო ფაქტია ჩრდილოეთ პოლუსთან ზაფხულში მზის რადიაციის უფრო მაღალი რაოდენობა, ვიდრე (ნახ. XIII.1) ეკვატორზე. ამასთან, ჰაერის ტემპერატურაც სხივური ენერგიის შესაბამისად რომ გაიზარდოს, მაშინ ჩრდილოეთ პოლარულ სეგმენტში ტროპიკული სარტყლის მსგავსი სითბური რეჟიმი დამყარდებოდა. სინამდვილეში, ამგვარ პარადოქსს ადგილი არა აქვს, რაც განპირობებულია აქ არსებული თოვლის საფარის მაღალი (90%) ალბედოსა და ყინულის დნობაზე დახარჯული სითბოს დიდ მნიშვნელობებთან. აქედან შეიძლება დასკვნის გამოტანა: არქტიკისა და ანტარქტიდის მყინვარული საფარების არსებობითაა განპირობებული მაღალი განედების საკმაოდ დაბალი ტემპერატურები; ჩანს, რომ მყინვარი – სიცივის მიზეზია და არა შედეგი.



ნახ. XIII.1. მზის რადიაციის წლიური მსვლელობა
1 – ეკვატორი, 2 – შუა არქტიკა.

ამგვარად, დედამიწის ზედაპირზე სხივური ენერგია კანონზომიერადაა განაწილებული და მას ზოგადად ზონალური ხასიათი აქვს. აქედან გამომდინარე, შეიძლება მიახლოებით მოვხაზოთ სითბური სარტყლების კონტურები. ამ მიზნით, მხედველობაში უნდა მივიღოთ არა მარტო სითბოს განაწილების განედური ფაქტორები, მათ შორის – მზის რადიაციის შემცირება ეკვატორიდან პოლუსისაკენ, არამედ რეგიონული და ლოკალური გეოგრაფიული ასპექტები (რელიეფი, ოკეანური დინებები, ატმოსფერული ცირკულაცია და სხვ.). ამ ფაქტორების გათვალისწინებით, დედამიწის სითბური სარტყლების საზღვრები პარალელებს არ ემთხვევა. ამიტომ მათ საზღვრებად მიღებულია იზოთერმების გამოყენება.

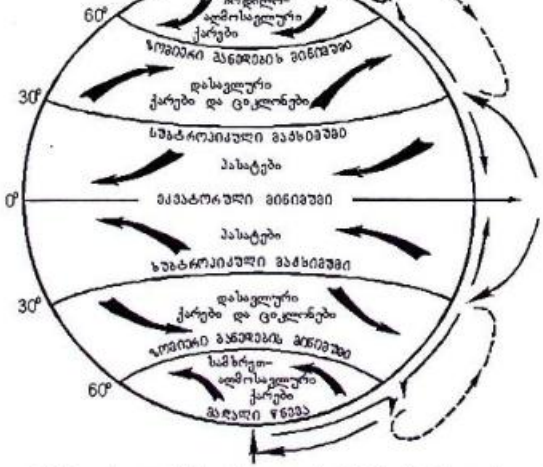
ცნობილია ბუთი სითბური სარტყელი: ერთი – ცხელი, ორი – ზომიერი და ორი – ცივი. ცხელი სარტყელი ჩრდილოეთი და სამხრეთი ტროპიკებს შორისაა მოქცეული. შუადღისას აქ მზის სხივები ყოველთვის დიდი, თითქმის მართი კუთხით ეცემა. წელიწადში ორჯერ მზე ზენიტურ მდგომარეობაშია. დღისა და ღამის ხანგრძლივობათა შორის სხვაობა კი საკმაოდ მცირეა. სითბო თანაბრად შემოედინება მთელი წლის განმავლობაში. ცხელი სარტყელი შემოსაზღვრულია

20^0-იანი წლიური იზოთერმებით. მისი საზღვარი უმთავრესად ჩრდილოეთი და სამხრეთი განედების 30^0-იან პარალელებზე გადის.

ცივი სარტყელი პოლუსებსა და პოლარულ წრეებს შორისაა გავრცელებული. დედამიწის ზედაპირის ამ სეგმენტში პოლარული დღეებისა და ღამეების მორიგეობას შესამჩნევად აქვს ადგილი. ხანგრძლივი (6 თვე) ღამის დროს (ზამთარი) მიწის ზედაპირი გადამეტებულია. სითბო არც პოლარული დღის (ზაფხული) განმავლობაში (6 თვე) შეიმჩნევა. ზაფხულში დაბალი ტემპერატურა მრავალი ფაქტორითაა შეპირობებული. მათ შორის, უმთავრესია: ჰორიზონტზე მზის დაბალი მდებარეობა, თოვლის დნობაზე სითბოს დიდი დანახარჯი, ალბედოს მაღალი მნიშვნელობა და ა.შ. ცივი სარტყლები შემოსაზღვრულია უთბილესი თვის საშუალო ტემპერატურის $+10^0$-იანი იზოთერმით, თუმცა მისი შიდა ნაწილი (მაგ., გრენლანდია) საკმაოდ ცივია და უთბილესი თვის საშუალო ტემპერატურა 0^0-ზე დაბალია. განსაკუთრებით ცივია ანტარქტიდა. აქ რეგისტრირებული ჰაერის ტემპერატურა ($-88,3^0$) დედამიწაზე ყველაზე დაბალი მაჩვენებელისაა.

ზომიერი სარტყლები ტროპიკებსა და პოლარულ წრეებს შორის მდებარეობენ. აქ ზამთარსა და ზაფხულს შორის ჰაერის ტემპერატურის რყევა საკმაოდ დიდ მნიშვნელობას აღწევს. ორი ზომიერი სარტყლის საზღვრები, შესაბამის ნახევარსფეროებში, წლიური $+20^0$-სა (სამხრეთი საზღვარი) და უთბილესი თვის $+10^0$-იან (მაღალი განედებისაკენ) იზოთერმებზე გადის.

როგორც ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის სქემიდან (ნახ. XI.1) ირკვევა, ბარიული ველი და მასთან დაკავშირებული ქართა სისტემა ზონალური ხასიათის მატარებელია. დედამიწის ბარიულ ველში საკმაოდ თვალსაჩინოდაა (ნახ. XIII.2)

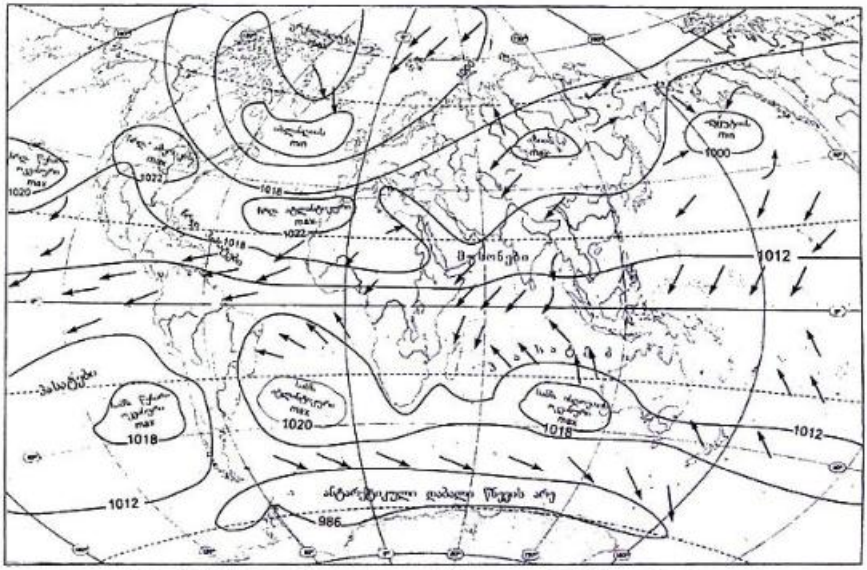


ნახ.XIII.2. ატმოსფერული წნევისა და ქარების ზონალური განაწილება დედამიწის ერთგვაროვან ზედაპირზე (ლ. შუბაევის მიხედვით)

გამოხატული ატმოსფერული წნევის ზონალურლურობა, რაც ორივე ნახევარსფეროში სიმეტრიულადაა განაწილებული. მაღალი ატმოსფერული წნევის

სუბტროპიკული ზონები მთელი წლის განმავლობაში 30°-იანი პარალელის გასწვრივაა გამოხატული. ამავე დროს, ხმელეთზე ზაფხულობით, ჰაერის გადახურების გამო, ეს ზონა წყვეტას განიცდის და მხოლოდ ოკეანეების ზედაპირზეა უწყვეტად შენარჩუნებული. სწორედ აქ, ოკეანეებზე ჩნდება ადგილობრივი ანტიციკლონები: ჩრდილოატლანტიკური, ჩრდილოეთ წყნაროკეანური, სამხრეთატლანტიკური, სამხრეთ ინდოეთისოკეანური, სამხრეთ წყნაროკეანური და ავსტრალიური.

დაბალი ატმოსფერული წნევის არეები ორივე ნახევარსფეროს 60-65°-ან პარალელებსა და ეკვატორულ ზოლშია (ნახ. XIII. 3.ა.ბ.) გამოსახული. ამავე



ნახ. XIII.3.ა. ატმოსფერული წნევა და ქარები. იანვარი
⟶ ქარების მიმართულება

დროს, ეკვატორული ბარიული დეპრესია მთელი წლის განმავლობაში საკმაოდ მყარია, მისი ღერძული ნაწილი ოდნავ ჩრდილოეთითაა (ჩრდ. განედის 4°-მდე) გადაწეული. ჩრდილოეთ „კონტინენტურ" ნახევარსფეროში ბარიული ველი საკმაოდ ცვალებადია. მის მოპირდაპირე „ოკეანურ" ფრაგმენტზე, შედარებით ერთგვაროვანი წყლოვანი ზედაპირის გამო, ბარიული ველი უმნიშვნელო ცვლილებას განიცდის. ასე, მაგალითად, სამხრეთ განედის 35°-იანი პარალელიდან ანტარქტიდის სანაპიროებამდე (სამხრ. განედის 70°-მდე) დაბალი წნევის ფართო არეალია წარმოდგენილი. მის უკიდურეს სამხრეთ პერიფერიაზე, დაბალი წნევის ანტარქტიდულ სარტყელში, 980-984 მბ ატმოსფერული წნევაა დაფიქსირებული, მაშინ, როცა აღნიშნული არეალის მეორე, განაპირა საზღვარზე იგივე მაჩვენებელი 40-45 მბ-ით მეტი სიდიდისაა.

ბარიული რელიეფის შესაბამისად დედამიწაზე ფორმირებულია ქართა შემდეგი ზონები:

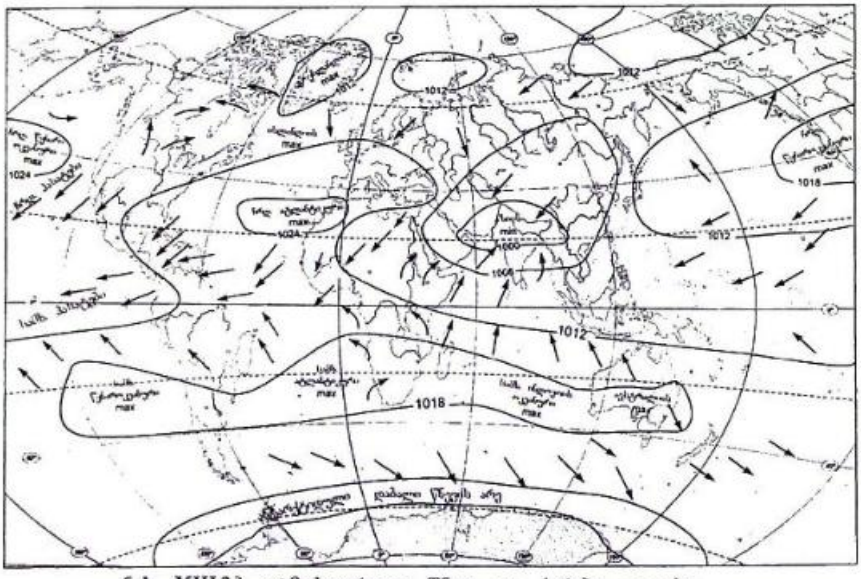
1. ეკვატორისპირა შტილის სარტყელში ქარები, როგორც წესი, იშვიათია, ვინაიდან აქ გაბატონებულია გამთბარი ჰაერის კონვექცია (აღმავალი მოძრაობა);

2-3. ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების პასატების ზონებში მუდმივმქროლავი ქარები, დედამიწის ღერძული ბრუნვის გამო, მთელი წლის განმავლობაში ეკვატორის პარალელურ მიმართულებას ინარჩუნებენ;

4-5. მაღალი წნევის სუბტროპიკული სარტყლების ანტიციკლონების არეალებში სიწყნარის (შტილი) ზოლის არსებობა ჰაერის დაღმავალი მოძრაობის გაბატონებითაა გამოწვეული;

6-7. ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების დასავლური ქარების გაბატონების ზონები შუა განედებშია გავრცელებული. იგი კავკასიაშიცაა (მათ შორის, საქართველოში) წარმოდგენილი და ტენის შემოტანის ძირითადი ფაქტორია;

8-9. დედამიწის პოლარულისპირა სივრცეებში ქარები პოლუსებიდან შუა განედების ბარიული დეპრესიების მიმართულებით ქრის, რაც განაპირობებს აღმოსავლური ქარების გავრცელებას.

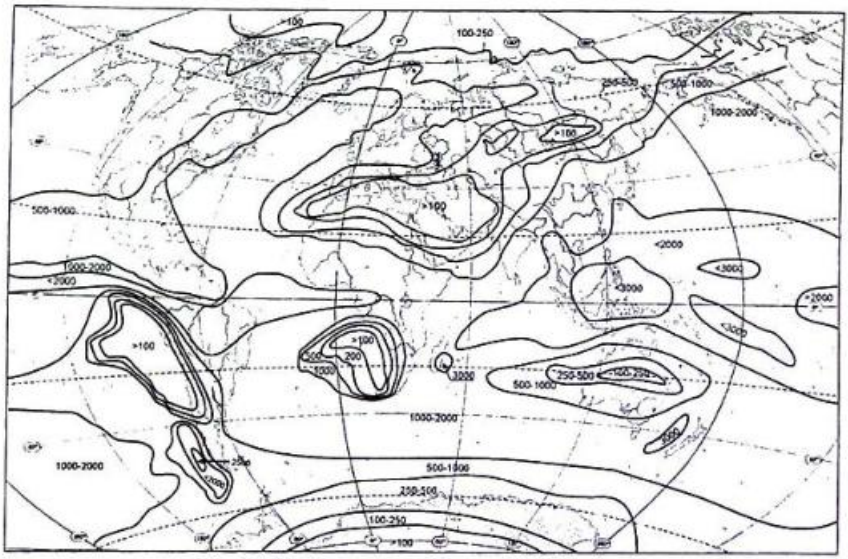


ნახ. XIII.3.ბ. ატმოსფერული წნევა და ქარები. იქლისი
⟶ ქარების მიმართულება

აღნიშნული ბარიული ველის ზონალურობის სქემაში ასახული ცირკულაცია მეტად მარტივია. სინამდვილეში კი იგი საკმაოდ რთულია. ჰაერის გადატანის გრძედულ ხასიათთან ერთად ხშირია მისი განედური (მერედიანების გასწვრივი) მიმართულებით გადაადგილებაც. ასე, მაგალითად, ხმელეთსა და ოკეანეს შორის ატმოსფერულ წნევათა არათანაბრობის შედეგად ადგილი აქვს სეზონური ქარების, მუსონების ფორმირებას; ასევე ატმოსფერული ფრონტების არეებში (თავი VII) ვითარდებიან ციკლონები და ანტიციკლონები; ადგილობრივი პირობები (რელიეფი, წყალსატევები) ხელს უწყობენ ლოკალური ქარების (ბრიზები, მთა-ხეობური ქარები, ბორა) წარმოშობას, რომელთა გავრცელება შედარებით მცირე პარამეტრებით ხასიათდება. ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ ატმოსფერული წნევისა და ქართა სისტემის ლოკალური (ადგილობრივი) ხასიათი სრულიადაც ვერ შლის ბარიული

ველის გლობალურ მასშტაბებს, პირიქით – იგი ზოგადი (გლობალური) მოვლენის კერძო შემთხვევაზე მიუთითებს.

გეოგრაფიული გარსის ზონალურობის გამოვლინების ერთ-ერთი შემთხვევა ატმოსფერული ნალექებისა (ნახ. XIII.4) და აორთქლების კანონზომიერი გავრცელებაცაა. მათი ზონალური ხასიათის განმსაზღვრელი პირობებია ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფეროს ცირკულაცია, რელიეფი და ა.შ. ამ თვალსაზრისით გამოყოფენ შემდეგ ზონებს:



ნახ. XIII.4. ნალექების წლიური რაოდენობა

1. ნოტიო ტროპიკული ზონა მოქცეულია ჩრდილოეთი და სამხრეთი განედების 20^0-იან პარალელებს შორის. აქ, თითქმის ყველგან, მთელი წლის განმავლობაში უხვი ატმოსფერული ნალექები მოდის. მათი წლიური ჯამი 1000 მმ-ზე ნაკლები არსად არ არის, ხოლო ხშირად 3000 მმ-ს აღწევს, ცალკეულ ნაწილებში (კონტინენტების დასავლეთ სანაპიროზე) კი 5000 მმ და უფრო მეტიცაა. დედამიწაზე ყველაზე ნესტიანია (12700 მმ) ჩერაპუნჯი (ინდოეთში), სადაც 1856 წელს 25 მ-ზე მეტი (რეკორდული მაჩვენებელი) ატმოსფერული ნალექი მოსულა;

2-3. ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების ($20-40^0$-იან პარალელებს შორის) დაბალი განედების მშრალი ზონების გავრცელება ჰაერის დაღმავალი (ანტიციკლონური) მოძრაობითაა განსაზღვრული. ნალექებით უფრო ღარიბია კონტინენტების დასავლური სანაპიროები, სადაც ოკეანური ცივი დინებები მიედინება. სწორედ, ამ მშრალ ზონებში მდებარეობს დედამიწის ვრცელი უდაბნოები – საჰარა, ატაკამა, ნამიბია, რუბ-ელ-ხალი, დიდი ნეფუდი, ყარაყუმი, ყიზილყუმი. ზოგიერთ უდაბნოში (პერუს, ლიბიის) ნალექები წლების განმავლობაში არ მოდის;

4-5. ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროების შუა განედების ($40-60^0$ პარალელებს შორის) ტენიან ზონებში ატმოსფერული ნალექები (500-1000 მმ)

ციკლონური ხასიათისაა. მათი რაოდენობა კონტინენტების დასავლურ სანაპიროებზე გაცილებით (1000 მმ-ზე მეტი) უხვია, ვიდრე შიდა ნაწილებში. ცხადია, რომ ნალექები ჰაერის დასავლურ გადატანასთანაა დაკავშირებული;

6-7. ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების მაღალი განედების (60^0-ზე მეტი) ცივი ოლქების ატმოსფერული ნალექების (250 მმ-ზე ნაკლები) მცირე რაოდენობა ჰაერის დაბალი ტემპერატურითაა განპირობებული;

ატმოსფერული ნალექების განაწილების ზონალური სურათი, ცხადია, ვერ ასახავს რეალური დატენიანების ხარისხს. ამ სიდიდეს მხოლოდ ტენის შემოსავალი ნაწილი ვერ დაახასიათებს. სრული სურათის მისაღებად ტენის გასავალი (აორთქლება) სიდიდის ცოდნაა საჭირო. როგორც გამოირკვა, აორთქლებასაც ზონალურობის ნიშნები გააჩნია. აორთქლებას რამდენიმე ფაქტორი განსაზღვრავს: შემოსული ენერგიის რაოდენობა, ატმოსფეროსა და აორთქლების ზედაპირს შორის წყლის ორთქლის წნევათა სხვაობა და ორთქლის მოძრაობის წინააღმდეგობა. ცნობილია, რომ ტყეებს მოკლებული და მცენარეულობით დაფარული ზედაპირებიდან აორთქლების მაჩვენებელი სრულიად განსხვავებულია. მცენარეულობა მკვეთრად ამაღლებს აორთქლების (ტრანსპირაცია) სიდიდეს. ამავე დროს, აორთქლების საშუალო წლიური სიდიდე ზონალურად იცვლება: უდაბნოებსა და ტუნდრაში იგი 200 ტჰა$^{-1}$ შეადგენს, ხოლო ზომიერი სარტყლის განედების ტყეებში 4000-6000 ტჰა$^{-1}$-მდე იზრდება, თუმცა მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა (12000-13000 ტჰა$^{-1}$) ნოტიო ეკვატორულ ტყეებშია დაფიქსირებული.

აორთქლებისა და ატმოსფერული ნალექების ურთიერთშედარების მიხედვით ანგარიშობენ დატენიანების კოეფიციენტს, რომლის მეშვეობით (K=rE)* შესაძლებელია გეოგრაფიული ზონების ურთიერთშედარებაც. როგორც გამოირკვა, პოლარული უდაბნოებისა და ტუნდრის დატენიანების კოეფიციენტი K=1,5-ია, ტაიგაში (საკმარისი დატენიანება) იგი 1-დან 1,49-მდე მერყეობს; ტყესტეპების (K=0,99-0,60), სტეპების (K=0,59-0,30), ნახევარუდაბნოებისა (K=0,29-0,13) და უდაბნოების (K=0,12-ზე ნაკლები) მიმართულებით K-ს მნიშვნელობა თანდათან კლებულობს. ანალოგიურ ცვლილებას განიცდის იგი სუბტროპიკულ და ტროპიკულ განედებში ნოტიო ტყეებიდან (K>1,50), შედარებით მშრალი არეალებისა (K=0,99-0,60) და სავანების (K=0,59-0,30) მიმართულებით.

ამრიგად, სახეზეა დედამიწის ზედაპირზე პლანეტარული თავისებურებებით განპირობებული სითბოსა და სინოტივის მახასიათებლების, აგრეთვე ბარიული რელიეფისა და ქართა სისტემის ზონალური განაწილება.

ჰიდროლოგიური პროცესების ზონალურობა. დედამიწის ზედაპირზე სითბოსა და სინოტივის, ბარიული რელიეფისა და ქართა სისტემის კანონზომიერ განაწილებასთან ერთად, ამ ფაქტორების გეოგრაფიული სინთეზი უეჭველად კლიმატის ჩამოყალიბებას უნდა განსაზღვრავდეს. ცხადია, რომ თვით ჰავაც ზონალური ხასიათის მატარებელია. ზემოთ დეტალურად უკვე (თავი VII) იყო აღნიშნული, დედამიწის კლიმატური ზონების გამოყოფის პრინციპებისა და მათი ძირითადი მახასიათებლების (ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები, ამინდის ტიპები) შესახებ. ჰავის სარტყლების გამოყოფის კვალდაკვალ ზონალური ხასიათი უნდა მოეძებნოს ჰიდროლოგიურ პროცესებსაც. მართლაც, ზონალური ნიშნები არა

* სადაც, r – ატმოსფერული ნალექების რაოდენობაა მოცემულ დროში, E-აორთქლების სიდიდეა იმავე პერიოდში.

მარტო ზედაპირულ, არამედ მიწისქვეშა წყლებსაც აღმოაჩნდათ. მათი მინერალიზაცია და გავრცელების სიღრმე კანონზომიერად იცვლება როგორც ტუნდრის ულტრამტკნარი და არაღრმა წყლებიდან დაწყებული, ისე უდაბნოების მლაშე და ღრმა მიწისქვეშა წყლებით დამთავრებული.

მსხვილი რეგიონების წყლით უზრუნველყოფა ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემაა. ამ თვალსაზრისით, წყლის ბალანსის ელემენტებს ანგარიშობენ. მათ შორის განასხვავებენ: ტუნდრის ნიადაგურ, ჭაობის ზედაპირულ, ტყეების გრუნტის, სტეპებისა და ნახევარუდაბნოების ფერდობრივ ჩამონადენთა სახეებს. რაც შეეხება მდინარეული ჩამონადენის თავისებურებებს, მათი რეჟიმი ზონალური ნიშნების მატარებელი გამოდგა. ამ მხრივ გამოყოფენ:

1. ეკვატორული სარტყლის უხვი ჩამონადენის (ამაზონი, კონგო, მისისიპი, ინდი) მდინარეებს;

2. ტროპიკული სარტყლების კონტინენტთა დასავლური პერიფერიების ზაფხულის ჭარბი ჩამონადენის მდინარეებს;

3. სუბტროპიკული სარტყლების კონტინენტთა აღმოსავლური პერიფერიების ზაფხულის ჭარბი ჩამონადენის (განგი, მეკონგი, იანძი, ზამბეზი, პარანა) მდინარეებს;

4. სუბტროპიკული და ზომიერი სარტყლების კონტინენტების დასავლური პერიფერიების მდინარეთა ჩამონადენის რეჟიმის მიხედვით ოთხ ტიპს არჩევენ:

ა. ხმელთაშუა ზღვის აუზის ზამთრის ჭარბი ჩამონადენის ტიპი; ბ. დასავლეთ ევროპის (ბრიტანეთის კუნძულები, საფრანგეთი, ბელგია, ნიდერლანდები, დანია) ზამთრის ჭარბი ჩამონადენის ტიპი წლიური ნალექების თანაბარი განაწილებითა და ზაფხულის ინტენსიური აორთქლებით; გ. დასავლეთი და სამხრეთი ევროპის, აგრეთვე აშშ-ის დიდი ნაწილის გაზაფხულის წვიმებით გამოწვეული ჭარბი ჩამონადენის ტიპი; დ. აღმოსავლეთი ევროპის, დასავლეთი და შუა ციმბირის, აშშ-ისა და კანადის მოსაზღვრე ზოლის თოვლის გაზაფხულზე დნობით გამოწვეული ჭარბი ჩამონადენის ტიპი;

5. ბორეალურ-სუბარქტიკული სარტყლის (ჩრდილოეთი ევრაზია და კანადა) სეზონურად (ზაფხულობით — თოვლის დნობით საზრდოობა, ზამთრობით — ჩამონადენის შეწყვეტა) ცვლადი ჩამონადენის მდინარეებს;

6. ამერიკისა და ანტარქტიდის (მაღალი განედების) სარტყლების უჩამონადენო (მთელი წელიწადი წყალი მყარ ფაზაშია) არეალებს.

ჩამონადენის მკვეთრად გამოხატული ზონალურობის გამოვლინების მიუხედავად, ლოკალური გეოგრაფიული ფაქტორების (რელიეფის) გამო, უმთავრესად მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, როგორც წესი, აღნიშნული კანონზომიერება სწრაფად ირღვევა და სიმაღლითი სარტყლურობის თავისებურებათა კონტროლს ექვემდებარება.

გეოეკოლოგიური ზონალურობა. გეოგრაფიული გარსის ყოველმხრივი ანალიზის მიზნით, საგნებისა და მოვლენების მხოლოდ მექანიკური, ფიზიკური და ბიოლოგიური ფორმების შეფასება სრულებით არ არის საკმარისი. ყურადსაღებია ქიმიური ელემენტების დაგროვების, გაბნევისა და მიგრაციის რაოდენობრივ-თვისებრივი მაჩვენებლების აღქმა, რომელსაც ადგილი აქვს როგორც დედამიწის ქერქში, ნიადაგებში, წყლებსა და ატმოსფეროში, ისე ცოცხალ ორგანიზმებში, რაც ლანდშაფტების წარმოქმნისა და ფუნქციონირების პროცესების დეტალურ სტრუქტურაში შეღწევის საშუალებას ადვილად იძლევა. გეოგრაფიული გარსის ელემენტებში (ატმოსფერო, ნიადაგი, წყლები, ორგანიზმები და ა.შ.) ატომების განუწყვეტელი

ურთიერთმონაცვლეობა ბუნებრივ სხეულებს ერთიან კომპლექსად აკავშირებს. ამ პროცესებს გეოქიმიური მეთოდებით შეისწავლიან.

გეოქიმიური პროცესების ზონალურობაზე მიუთითებს გამოფიტვის ქერქის ტიპების გავრცელება. გამოფიტვის ქერქის შემდეგ ტიპებს გამოყოფენ:

1. არქტიკული უდაბნოების ფიზიკური (ყინვითი) დაქუცმაცებით მიღებული ნგრეული მსხვილმარცვლოვანი მასალის გამოფიტვის ქერქის ტიპი;

2. ტუნდრის ზონის უპირატესად ნგრეული მასალის გამოფიტვის ქერქის ტიპი, ატომების ნელი ბიოლოგიური წრებრუნვებით, მცენარეული მასის წლიური მცირე პროდუქციითა და ორგანული ნარჩენების სუსტი მინერალიზაციით;

3. ევრაზიის ტყის ზონის (ზომიერად თბილი და ტენიანი ჰავა) ქიმიური გამოფიტვის პროდუქტების სიალიტურ-თიხოვანი კომპლექსი, ნიადაგების ზედა ფენიდან ალუმინისა და რკინის ჟანგეულების (Al_2O_3; Fe_2O_3) ქვედა ჰორიზონტებში ჩარეცხვითა და ნეიტრალური ან სუსტი ტუტე რეაქციით;

4. სტეპების ზონის (თბილი და ნახევრად მშრალი ჰავა) სიალიტურ-კარბონატული ლიოსისებური პროდუქტების გამოფიტვის ქერქი, ატომების სწრაფი წრებრუნვით, უხვი ორგანული ნარჩენებითა და შავმიწა ნიადაგებით;

5. ზომიერი სარტყლის ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონების (თბილი და მშრალი ჰავა) უპირატესად ფიზიკური გამოფიტვის პროდუქტების ეოლური მიგრაციით, ნიადაგების წყლის კაპილარული მოვლენითა და მლაშობების გავრცელებით;

6. ნოტიო ტროპიკული და სუბტროპიკული ზონების (უხვი ტენისა და სითბოს პირობებში) ინტენსიური ფიზიკური და ქიმიური გამოფიტვის საკმაოდ სქელი ღია წითელი ფერის სიალიტურ-ფერიტული და ალიტური გამოფიტვის ქერქი ჰიდრატების, ლატერიტების, ბოქსიტებისა და კაოლინების შემცველობით.

ჩამოთვლილი ზონები ერთფეროვანი სრულებითაც არ არის. თითოეული მათგანი ბიო-გეოქიმიურ პროვინციებად იყოფა, რომელთა შორის განსხვავება მიკროელემენტების შემცველობითა და მათი შეთანწყობის ასპექტებით განისაზღვრება.

ნიადაგწარმოქმნის ზონალურობა. მთავარი გეოგრაფიული ფაქტორების (ჰავა და მცენარეულობა) ზონალური ხასიათის მიხედვით, სავარაუდოა ნიადაგების ტიპების ანალოგიური გავრცელება, რომლის შესახებ ცნობები უკვე საუკუნეზე მეტი ხანია არსებობს. ამ მხრივ გამოყოფენ ნიადაგთწარმოქმნის შემდეგ ზონალურ სახეებს:

1. პოლარული ნიადაგწარმოქმნის (არქტიკული და ტუნდრის მცირე სისქისა და ფრაგმენტული გავრცელების) სახე, მშრალი ჰავის პირობებში მიკროორგანიზმების უმნიშვნელო მონაწილეობით;

2. ბორეალური ნიადაგწარმოქმნის (სუბპოლარული ტყეებისა და მდელოების, ტაიგის მზრალი და ეწერი ნიადაგები) სახე, უხვი ორგანული მასის შემცველი კორდიან-ტორფიანი, ეწერი და კორდიან-ეწერი ნიადაგების გავრცელებით;

3. სუბბორეალური ნიადაგწარმოქმნის სახე, ტენიანი ჰავის მურა და ტყის ნაცრისფერი, პრერიებისა და სტეპების შავმიწების, წაბლა არადიფერენცირებული და სუსტად ჩარეცხილი, ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგებით;

4. ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ნიადაგწარმოქმნის სახე, თაყირების ლაქებსა და ქვიშის მასივებთან შეხამებული, დამლაშებული, ბიცობი და მლაშე, ნეშომპალით ღარიბი მურა და რუხი-მურა ნიადაგებით;

5. სუბტროპიკული ნიადაგწარმოქმნის სახე, ყვითელმიწებისა და წითელმიწების (ჰუმიდური ჰავა), ყავისფერი ნიადაგების (სემიარიდული ჰავა) და რუხი-ყავისფერი და რუხი (არიდული ჰავა), აგრეთვე სუბტროპიკული უდაბნოების მოწითალო ნიადაგებით;

6. ტროპიკული ნიადაგწარმოქმნის სახე, ლატერიტული (ნოტიო ჰავა), წითელმიწა და მოყავისფრო-წითელმიწა (მშრალი და ნოტიო სეზონების მორიგეობა), წითელი-მურა (მშრალი სავანები) და მლაშობების (ტროპიკული უდაბნოები) ნიადაგებით.

ᲪᲝᲪᲮᲐᲚᲘ ᲝᲠᲒᲐᲜᲘᲖᲛᲔᲑᲘᲡ ᲖᲝᲜᲐᲚᲣᲠᲝᲑᲐ. ბიოსფეროს განხილვისას (თავი IX) მივუთითებდით ცოცხალი ორგანიზმებისა და გეოგრაფიული გარსის განუყოფლობაზე როგორც ისტორიულ, ისე გეოლოგიურ ეპოქათა განმავლობაში. ამიტომაც გამოუმუშავდათ მათ სასიცოცხლო პირობებისადმი (სინათლე, სითბო, ტენი) ადაპტაციის უნარი. ამავე დროს, გარემოს შეუქცევადი განვითარებისა და რიტმული (დღეღამური, სეზონური) ცვლილებების პირობებში ადაპტაციაც დინამიკურ ნიშნებს იძენს. უმოძრაო მცენარეებისაგან განსხვავებით, ცხოველებს დიდი უპირატესობა აქვთ: ისინი კარგად ირჩევენ საცხოვრებელ პირობებს, გადადიან მათთვის უფრო ხელსაყრელ გარემოში. ეს არ უარყოფს მათ დამოკიდებულებას გარემო პირობებისადმი, პირიქით, აფართოებს (აღრმავებს) მისადმი შეგუების ჩარჩოებს. დედამიწის ზოოგეოგრაფიულ რუკაზე (გეოგრაფიული ატლასი, 1963 წ.) ხმელეთის ცხოველთა სამყარო ექვს ოლქადაა დაყოფილი: 1. ჰოლარქტიკული (არქტიკული უდაბნოებისა და ტუნდრის, ტაიგის, ტყესტეპების, სტეპების, ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონები); 2. ინდო-მალაის (ნოტიო ტროპიკული ტყეების, სავანებისა და მეჩხერი ტყეების ზონები); 3. ავსტრალიის (ნოტიო ტროპიკული ტყეების, სავანებისა და მეჩხერი ტყეების, ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონები); 4. ეთიოპიის (ნოტიო ტროპიკული ტყეების, სავანებისა და მეჩხერი ტყეების, ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონები); 5. ნეოტროპიკული (ნოტიო ტროპიკული ტყეების, სავანებისა და მეჩხერი ტყეების, სტეპების, ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონები) და 6. ანტარქტიდის მკაცრი ჰავის ზოოგეოგრაფიული ოლქები. ზოგიერთ ოლქში (ჰოლარქტიკული, ნეოტროპიკული) ცალკე გამოიყოფა მაღალმთიანეთების ცხოველთა სამყარო.

რაც შეეხება მცენარეულობას, ზონალური გავრცელების თვალსაზრისით არც ისაა გამონაკლისი. უკვე მითითებულ ატლასში მისი რთული მოზაიკა საკმაოდ მრავალფეროვან სურათს იძლევა. გამარტივებულად იგი შემდეგნაირ სახეს ღებულობს:

1. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს არატროპიკული (არქტიკული უდაბნოების, ტუნდრის, ტაიგის, შერეული და ფართოფოთლოვანი ტყეების, სუბტროპიკული ბუჩქნარების, მეჩხერი ტყეებისა და ქსეროფიტების, სტეპებისა და უდაბნოების) მცენარეულობა;

2. ტროპიკული (ნოტიო მარადმწვანე, ფოთოლმცვენი მშრალი და მეჩხერი ტყეები, ბუჩქნარები, მანგრები და სავანები, ტროპიკული უდაბნოების ბუჩქნარები) მცენარეულობა.

3. სამხრეთ ნახევარსფეროს არატროპიკული (ნოტიო ტყეები, მშრალი მეჩხერი ტყეები და ბუჩქნარები, სავანები და პამპასები, უდაბნოების ბუჩქნარები) მცენარეულობა;

4. ფართოფოთლოვანი და შერეული სუბანტარქტიკული (ბალახეული, ხავსები და მღიერები) მცენარეულობა.

აღნიშნულ ზონებში მცენარეულობის ასამდე ჯგუფია გამოყოფილი. ცალკე განიხილავენ მთიანეთების მცენარეულობას, რომელსაც ვერტიკალური სარტყლების ნიშნები ახასიათებს. რაც შეეხება მცენარეთა სახეობებს, იგი საკმაოდ მრავალრიცხოვანია. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ნოტიო ეკვატორული ჰილეა, რომელიც 45 ათასი სახეობის მცენარეს ითვლის.

ლითოგენეზის ზონალურობა. გეოგრაფიული გარსის ლითოგენური საფუძველი (მარილები, თიხები, მორენული ნაფენები, კონგლომერატები, ვულკანური და დანალექი ქანები) საკმაოდ მრავალფეროვან მოზაიკას აღბეჭდავს. მათი გამოსახვის სირთულეს გეოგრაფიული ზონალურობის ნიშნები უნდა ახლდეს. მართლაც, დადგენილია მიზეზშედეგობრივი კავშირი ჰავისა და დანალექი ქანების კომპლექსების ფორმირებათა შორის. ამ თვალსაზრისით მოვიყვანთ ლითოგენეზის ზონალურობის გამარტივებულ სქემას:

1. ჰუმიდური ჰავის (ტენის დადებითი ბალანსი, მაღალი თერმული პირობები) არეალების ლითოგენეზისი: კონგლომერატები, ქვიშები, ქვიშაქვები, ალევრიტები, თიხები, კირქვები, კაჟოვანი ქანები; ცხელ და ნოტიო არეებში გროვდება რკინისა და ალუმინის მადნები, ნახშირის ბუდობები, მინის კვარციანი ქვიშები, თეთრი ცეცხლგამძლე თიხები;

2. ნივალური ჰავის (დაბალი თერმული პირობები) მყინვარული (გლაციალურ-ფლუვიოგლაციალური) არეალების ლითოგენეზისი: მორენები, ზანდარული ქვიშები, ლენტური (ზოლური) თიხები;

3. არიდული ჰავის (მაღალი თერმული პირობები, სინოტივის დეფიციტი) არეალების ლითოგენეზისი: წითელი ქვიშაქვები, თიხები, მარილების შემცველი ფორმაციები, ლაგუნური წარმოშობის მარილები, ანჰიდრიდები, თაბაშირი, დოლომიტი; სპილენძის, ტყვიის, თუთიის დანალექი ბუდობები;

4. ეფუზიურ-დანალექი (ვულკანური) ინტრაზონალური ტიპის ლითოგენეზისი: ეფუზიური (ამონთხეული და ამოფრქვეული) ვულკანიზმის პროდუქტები.

როგორც ჩანს, ლითოგენური ფორმაციების დიდ ნაწილს ამჟამად რესურსული (წიაღისეული საბადოები) დანიშნულება აქვს. მათი ძებნა-ძიების მიზნით განსაკუთრებით ხელსაყრელია პალეოკლიმატური პირობების აღდგენის მეთოდის გამოყენება, რომელსაც პრაქტიკულთან ერთად დიდი თეორიული მნიშვნელობა აქვს. ამავე დროს, თვით პალეოგეოგრაფიული რეკონსტრუქციის მიზნით უპირატესობა არა მარტო პალეონტოლოგიურ, არამედ ლითოლოგიური მაჩვენებლების თავისებურებათა გამოკვლევასაც ენიჭება.

როგორც აღვნიშნეთ, ბუნებრივი ფაქტორების „სინთეზურ დაპროექტებას“ სწორედ დედამიწის ზედაპირზე აქვს ადგილი. აქედან გამომდინარე, სავარაუდოა რელიეფის გარდაქმნის პროცესებში გეოგრაფიული ფაქტორების ზონალური არეკვლა. მართლაც, თუკი დედამიწის გეოტექტურული (კონტინენტები, ოკეანეთა ქვაბულები) ერთეულები გეოლოგიურ-ტექტონიკური პროცესების შედეგია, მაშინ მორფოსტრუქტურები (ვაკეები, პლატოები, ქედები) და განსაკუთრებით კი მორფოსკულპტურული (ხეობები, სანაპიროები, მყინვარული და კარსტული რელიეფი) ელემენტების მორფოლოგიური იერსახე ხანგრძლივი კლიმატოგენური გარდაქმნის ნიშნებს ატარებს. ამ თვალსაზრისით ახდენენ რელიეფის გარდაქმნის პროცესების გამარტივებულ დაჯგუფებას:

1. გამოფიტვის (ფიზიკური, ქიმიური) მასალის ხარისხობრივ-თვისებრივი ასპექტების ზონალური ნიშნების მიხედვით არჩევენ: ა. ნივალური ჰავის პირობებში

– მსხვილმარცვლოვან ნგრეულ მასალას; ბ. ჰუმიდური ჰავის პირობებში – წვრილმარცვლოვან თიხოვან მასალას; გ. არიდული ჰავის პირობებში – მლაშობებისა და მარილოვან მასალას;

2. ეოლური მორფოსკულპტურის უდაბნოებისა და ნახევარუდაბნოების არეალებში გამორჩეულია რელიეფის დეფლაციურ-კორაზიული (სოკოსებრი კლდეები, იარდანგები, ბარქანები, დიუნები, გამოქარვის ქვაბები, მშრალი ხეობები) ფორმები;

3. ნივალური მორფოსკულპტურის (არქტიკა, ანტარქტიდა, მაღალი მთიანეთები) არეალები გლაციალური და ფლუვიოგლაციალური რელიეფის ფორმების (კარლინგები, ცირკები, ვერძის შუბლები, ხუჭუჭა კლდეები, ტროგები, ოზები, კამები, დრუმლინები, ზანდრული ველი და სანაპიროს – შხერები, ფიორდები და ფიარდები ელემენტების) გავრცელებით;

4. კრიოგენური მორფოსკულპტურის თერმოკარსტული ქვაბულები, ჩაქცევის ძაბრები, ჰიდროლაკოლითები, მედალიონები, ქვის რგოლები და მრავალკუთხედები, ზოლური და პოლიგონური გრუნტები.

რელიეფის ზონალურობა. როგორც განხილული მასალიდან ჩანს, ჰავასა და რელიეფის ფორმებს შორის პირდაპირი მიზეზობრივი კავშირი არსებობს. გამოდის, რომ სწორედ კლიმატური პირობებითაა ჩამოყალიბებული ეგზოგენური რელიეფის ზონალურობის ხარისხი. ამ ასპექტების გათვალისწინებით, ჯერ კიდევ გასული საუკუნის დასაწყისში (1924 წ.), გერმანელმა მეცნიერმა ა. პენკმა მოახდინა ჰავის მორფოკლიმატური (რელიეფის წარმომქმნელი როლის მიხედვით) კლასიფიკაცია. ამ მხრივ მან სამი ძირითადი კლიმატური ტიპი გამოყო: ნივალური (თოვლიანი), ჰუმიდური (უხვი ატმოსფერული ნალექები წვიმის სახით) და არიდული (მშრალი და ცხელი). მოგვიანებით ამ კლასიფიკაციაში ი. შჩუკინმა დამატებები შეიტანა. საბოლოოდ კი მორფოკლიმატური სისტემები შემდეგნაირად დალაგდა:

1. ნივალური ჰავის პირობების თოვლის საფარის, მყინვარებისა და, ნაწილობრივ, მუდმივი მზრალობის არეალები (ანტარქტიდა, გრენლანდია, ჩრდილოეთ ყინულოვანი ოკეანის კუნძულები და მაღალი მთები) ინტენსიური ფიზიკური გამოფიტვის (ძირითადად ყინვითი) პროცესებითა და რელიეფის გლაციალური ფორმებით;

2. პოლარული ჰავის პირობების უპირატესად მუდმივი მზრალობის არეალები (ტუნდრა, მთელი აღმოსავლეთ ციმბირი) ინტენსიური კრიოგენური პროცესებითა და რელიეფის თერმოკარსტულ-სოლიფლუქციური ფორმებით;

3. ჰუმიდური ჰავის პირობების ფლუვიალური (სიბრტყობრივი და ხაზობრივი ნაკადები) პროცესების გავრცელების არეალები (ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროს ზომიერი განედები, ეკვატორული სარტყელი) ეროზიულ-დენუდაციური პროცესების მსვლელობითა და რელიეფის ეროზიული ფორმების (ხეობები, ხევები, ხრამები) დომინირებით;

4. არიდული კლიმატური პირობების ფიზიკური გამოფიტვის (ძირითადად ტემპერატურული) არეალები (ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების ტროპიკული სარტყლები, აღმოსავლეთი აზიის ზომიერი განედები) ეოლური პროცესებისა და რელიეფის დეფლაციურ-კორაზიული ფორმებით;

აღსანიშნავია, რომ აღნიშნული კლასიფიკაციის ერთი ტიპიდან მეორეში გადასვლისას, შუალედურ ზოლში, ადგილი აქვს განსაკუთრებული ნიშნების მქონე და ორივე (მოსაზღვრე) ტიპისათვის დამახასიათებელი რელიეფის ფორმების გავრცელებას. ამ გარდამავალ ზოლებს განსაკუთრებული მორფოკლიმატური

ქვეტიპები (სემინივალური, სემიპოლარული, სემიჰუმიდური, სემიარიდული) შეესაბამებათ. ამავე დროს, ეგზოგენური რელიეფის გენეტური ტიპების ამჟამინდელი სივრცობრივი განფენილობა და მორფოლოგიური ნიშნები საკმაოდ ხშირად არ ეთანხმება თანამედროვე კლიმატური პირობების რელიეფწარმომშობ თავისებურებებს. ასე, მაგალითად, ჩრდილოეთი ევროპის მყინვარული რელიეფის ფორმებსა და თანამედროვე ჰუმიდური ჰავის პირობებს შორის გენეტური კავშირები არ არის აღბეჭდილი. მათ შორის „შეუსაბამობა“ გამოწვეულია პლეისტოცენური გამყინვარების ეპოქის გლაციალური რელიეფის ფორმების თანამედროვე, მათთვის უჩვეულო, ჰუმიდური ჰავის არსებობით. ამგვარ რელიეფს რელიქტურს უწოდებენ. ისინი ცხადად მიუთითებენ დედამიწის გეოგრაფიული გარსის განვითარების ამა თუ იმ ეტაპის კლიმატური ზონების განვრცობასა და მათ რელიეფწარმომშობ შედეგებზე. თავის მხრივ, რელიქტური ფორმების ხანგრძლივი დროით შენარჩუნება ნიადაგ-მცენარეული საფარისა და ცხოველთა სამყაროსთან შედარებით, პალეოკლიმატური ასპექტების რელიეფზე ასახვის დაბალ ინტენსიურობაზე მიუთითებს.

გეოგრაფიული ზონალურობის პერიოდულობის კანონი ბუნებრივი მოვლენების ზონალური გამოვლინების აღმოჩენა ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი მოვლენა იყო გეოგრაფიული მეცნიერების ისტორიაში. XX საუკუნის პირველი ნახევარი ამ კანონის ერთგვარ „ნივთიერ შევსებას“, მის „ხორცშესხმას“ დაეთმო: მეცნიერები აზუსტებდნენ და აკონკრეტებდნენ გეოგრაფიული ზონების საზღვრებს, წარმოებდა მათი დეტალების შესწავლა, გროვდებოდა ფაქტობრივი მასალა, რაც ზონების შიდა დიფერენციაციის წინაპირობას იძლეოდა; ამავე დროს, დადგინდა ზონების გავრცელების არაერთგვაროვნება, რაც პროვინციების გამოყოფის აუცილებლობაზე მიუთითებდა; თანდათანობით გამოირკვა ზონების შევიწროება-გაფართოებისა და მათი საზღვრების განვრცობის თეორიულიდან გადახრის მიზეზები; დამუშავდა საკითხი ზონების დაჯგუფების შესახებ უფრო მსხვილ ტაქსონომიურ დანაყოფში – სარტყლების ფარგლებში.

ზონალურობის ზოგადი კანონი შემდგომ დახვეწას მოითხოვდა. აუცილებელი გახდა ზოგი რაოდენობრივი მაჩვენებლის (მზის რადიაცია, სითბური მაჩვენებლები, ქვეფენილი ზედაპირის ფიზიკური მახასიათებლები და სხვ.) რთულ ურთიერთქმედებათა გეოგრაფიული ანალიზი და მათი სინთეზური განხილვა, რომლის შედეგად შესაძლებელი იქნებოდა მათ მიერ ფორმირებული ბუნებრივი წარმონაქმნების თვისებრივი შედეგების სრული აღქმა. ამ მხრივ სერიოზული წვლილი იქნა შეტანილი აკად. ა. გრიგორევისა და მ. ბუდიკოს (1956 წ.) მიერ. მათ, ზონალურობის მოვლენას გამოუნახეს სრულიად ახალი ფიზიკური და რაოდენობრივი საფუძველი, რომლის შედეგად გეოგრაფიული ზონალურობის პერიოდულობის კანონის ჩამოყალიბება გახდა შესაძლებელი. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურას კი საფუძვლად, სწორედ ზონალურობის პერიოდულობის კანონი უდევს. კანონი დამყარებულია სამი ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებული ფაქტორის გაანგარიშებასა და მათ ურთიერთშედარებასთან. ამ ფაქტორთაგან უმთავრესი დედამიწის წლიური რადიაციული ბალანსია (R), ანუ სხვაობა მოცემული ზედაპირის შთანთქმული და გაცემული სითბოს რაოდენობებს შორის.

ჩვენ უკვე ვიცით (თავი VII) გეოგრაფიული გარსის რადიაციული ბალანსის ელემენტების დამოკიდებულებები. დედამიწის ზედაპირზე შემოსული (მზის პირდაპირი და გაბნეული, აგრეთვე ატმოსფეროს უკუგამოსხივება) და გასული რადიაციული ენერგია (არეკვლილი და გამოსხივებული) მისი რადიაციული ბიუჯეტის (ნარჩენი

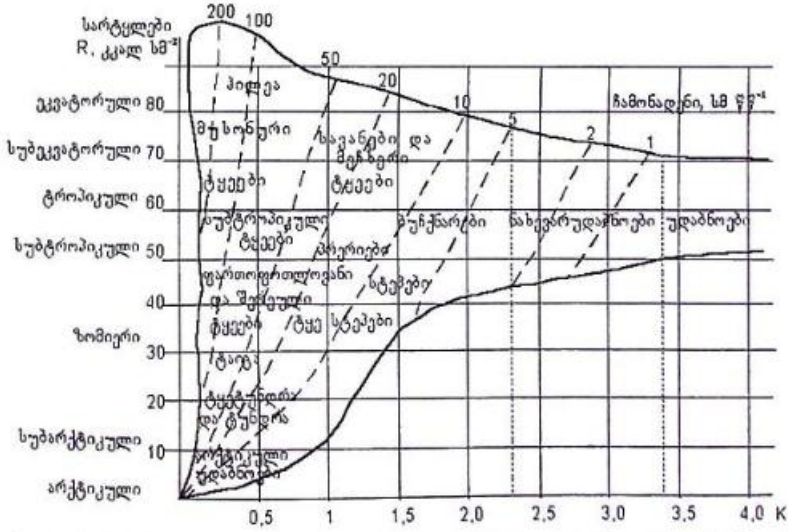
რადიაცია) შემადგენელ კომპონენტებს შეადგენს.

გეოგრაფიული ზონალურობის პერიოდულობის კანონის ერთ-ერთი საფუძველი, სწორედ რადიაციული ბალანსის რიცხვითი მნიშვნელობის გაანგარიშებას ექვემდებარება. მეორე – ატმოსფერული ნალექების (r) წლიური რაოდენობაა. მესამე – სიმშრალის რადიაციული ინდექსია (K), რომელიც პირველი-ორი სიდიდის შეფარდებას წარმოადგენს. მას შემდეგი სახე აქვს:

$$K = \frac{R}{Lr},$$

სადაც L – აორთქლების ფარული სითბოა. აღსანიშნავია, რომ განტოლების წევრებს განზომილებათა ურთიერთშესაბამისი ერთეულები გააჩნიათ: R – კკალ.სმ$^{-2}$, r – გ.სმ$^{-2}$.წწ$^{-1}$, L – კკალ.გ$^{-1}$.წწ$^{-1}$, Lr – კკალ.სმ$^{-2}$. ეს ერთეულები სიმშრალის რადიაციული ინდექსის განტოლებაში ერთმანეთს კვეცაევენ და საბოლოოდ K-ს მნიშვნელობა ჩვეულებრივი რიცხვითი სიდიდის, ანუ კოეფიციენტის სახეს ღებულობს. ამავე დროს, თუკი სიმშრალის რადიაციული ინდექსი დანესტიანების პირობებს ასახავს, მაშინ რადიაციული ბალანსი სითბურ ენერგეტიკულ ბაზას წარმოადგენს. რაც შეეხება გეოგრაფიული ზონების ფორმირებას, ამ პროცესში მონაწილეობს აგრეთვე ზედაპირული ჩამონადენი, რომლის წლიური ფენის ჯამური სისქე, თავის მხრივ, დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირზე შემოსული მზის რადიაციისა და სიმშრალის რადიაციული ინდექსის სიდიდეთა თანაფარდობაზე.

ა. გრიგორევისა და მ. ბუდიკოს მიხედვით შედგენილი გრაფიკიდან (ნახ. XIII.5) ნათლად ჩანს, რომ მაღალი ტენიანობის (K<1) მნიშვნელობისა და მაღალი სითბური მაჩვენებლის (R>80 კკალსმ$^{-2}$) დროს მაქსიმალური ჩამონადენი (100-200 სმ წწ$^{-1}$) განსაზღვრავს ჰილეების ფორმირებას. ამავე დროს, ზომიერ განედებში საშუალო სითბური მაჩვენებლებისა (R=50-70 კკალსმ$^{-2}$) და მაღალი სიმშრალის (K>3)



ნახ. XIII.5. ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ხმელეთის გეოგრაფიული ზონალურობის გრაფიკი (ა. გრიგორიევისა და მ. ბუდიკოს მიხედვით)

პირობებში ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ფორმირებას აქვს ადგილი, სადაც ტენის ზედაპირული ჩამონადენი სრულიად უმნიშვნელო (ერთზე ნაკლები) სიდიდით ხასიათდება. რაც შეეხება არქტიკულ უდაბნოებს, აქ K<1, ხოლო R უმნიშვნელო (0-დან 10-მდე კკალსმ$^{-2}$) ფარგლებში იცვლება და ჩამონადენის დაბალი მნიშვნელობა (10-50 სმ.წწ$^{-1}$) მხოლოდ მცირე სიმძლავრის მყინვარების ფორმირებას განსაზღვრავს. აღნიშნულიდან ჩანს, რომ გეოგრაფიული ზონის ჩამოყალიბება მხოლოდ სითბოს რაოდენობრივი მაჩვენებლების, ან კიდევ ცალკე, დანესტიანების ხარისხის მიხედვით არ მიმდინარეობს. მართლაც აღმოჩნდა, რომ K-ს ერთი და იგივე მნიშვნელობა სხვადასხვა გეოგრაფიულ ზონებში მეორდება, თუმცა თითოეული მათგანი განსხვავებულ სითბურ სარტყლებს მიეკუთვნება.

ამგვარად, ხმელეთის ზონალურობის ზოგადი ნიშნები გვიჩვენებს, რომ გეოგრაფიული ზონების ჰავის სიმშრალე, მარცხნიდან მარჯვენა მხარის მიმართულებით K-ს მნიშვნელობის მატებასთან ერთად, თანდათანობით იზრდება. ამასთან, ქვემოდან ზემოთკენ, ეკვატორისაკენ მოძრაობასთან ერთად, რადიაციული და სითბური ბიუჯეტების ზრდას აქვს ადგილი. გრაფიკის უნივერსალურობა იმაში მდგომარეობს, რომ იგი შეიცავს ცალკეული ზონების მახასიათებელ ნიშნებს, რომელთა ჯამი სარტყლის თავისებურებათა განსაზღვრას განაპირობებს. ასე, მაგალითად, საშუალო განედების ზონების (ტაიგა, ტყეები, ტყესტეპები, სტეპები, უდაბნოები) ერთობლიობა ზომიერი სარტყელზე მიუთითებს.

დედამიწაზე სითბოსა და სინოტივის თანაფარდობის მიხედვით ა. გრიგორიევის (1966 წ.) მიერ შემუშავდა ხმელეთის გეოგრაფიული ზონალურობის (ცხრილი XIII.2) სქემა. აღნიშნულ ცხრილში K სიდიდე განსაზღვრავს ლანდშაფტური ზონის ტიპს, ხოლო R – ზონის კონკრეტულ ხასიათსა და იერსახეს. ასე, მაგალითად, სიდიდე K>3 ყველა შემთხვევაში მიუთითებს უდაბნოს ლანდშაფტურ ტიპზე, თუმცა R სიდიდის, ანუ სითბოს რაოდენობის სხვადასხვაობის მიხედვით უდაბნოს იერი საგრძნობლად იცვლება: როცა 0<R<50, ესაა ზომიერი ჰავის უდაბნო, ხოლო 50≤R≤75, მაშინ გვაქვს სუბტროპიკული უდაბნო, თუმცა თუ R>75-ზე, მაშინ საბეზეა ტროპიკული უდაბნოს ფორმირება. აღნიშნულ უდაბნოებს შორის ლანდშაფტწარმომქმნელი მთავარი კომპონენტების (ჰაერის ტემპერატურა, ატმოსფერული ნალექები, რიტმული მოვლენები, ნიადაგები და მცენარეულობა) შესამჩნევი განსხვავებები შეინიშნება.

ატმოსფერული ნალექებისა და სითბოს რაოდენობის თანაზომიერებისას, ანუ როცა K≈1, ნალექები იმდენი მოდის, რომ დასაშვებია მისი მთლიანი აორთქლება. ასეთ პირობებში მეტ-ნაკლებად უზრუნველყოფილია გეოგრაფიული გარსის ბიოკომპონენტების შეუფერხებელი განვითარება, რაც განპირობებულია აორთქლების, ტრანსპირაციისა და გრუნტის აერაციის მიმდინარეობით. K– სიდიდის გადახრა ერთი ან მეორე მიმართულებით – დისპროპორციის წარმოშობის წინაპირობაა: ტენის უკმარისობის დროს (K>1), შეფერხებულია აორთქლებისა და ტრანსპირაციის პროცესი; ჭარბი ტენიც (K<1) – აერაციის პროცესის შემაფერხებელ როლში გამოდის, რადგან, ჯერ ერთი, გრუნტის ფორები წყლითაა დაკავებული, მეორეც – ძლიერი მოღრუბლულობის გამო აორთქლება მინიმუმამდეა დაყვანილი. ჩანს, რომ როგორც ტენის დეფიციტი, ისე მისი სიჭარბე ბიოკომპონენტებზე უარყოფითად მოქმედებს.

როგორც განხილული მასალა გვიჩვენებს, გეოგრაფიული ზონალურობის დამახასიათებელი ნიშანი – მისი სივრცობრივი პერიოდულობაა, რომლის თანახმად

ცხრილი XIII.2.

გეოგრაფიული ზონალურობის ზოგადი სქემა

ა. გრიგორიევის (1966) მიხედვით

სითბური ენერგეტიკული ბაზა — რადიაციული ბალანსი (R) 10^9 ჯ$^{-2}$წთ$^{-1}$	დატენიანების პირობები - სიმშრალის რადიაციული ინდექსი (K)								
	ნულზე ნაკლები — უკიდურესად მაღალი დატენიანება	ნულიდან ერთამდე					1-დან 2-მდე ზომიერად არასაკმარისი დატენიანება	2-დან 3-მდე არასაკმარისი დატენიანება	3-ზე მეტი უკიდურესად არასაკმარისი დატენიანება
		ჭარბი დატენიანება				ოპტიმალური დატენიანება			
		0-დან 0,2-მდე	0,2-დან 0,4-მდე	0,4-დან 0,6-მდე	0,6-დან 0,8-მდე	0,8-დან 1-მდე			
ნულზე ნაკლები (მაღალი განედები)	მარადი თოვლი	–	–	–	–	–	–	–	–
0-დან 50-მდე კკალსმ$^{-2}$წთ$^{-1}$ (სამხრეთ არქტიკული, სუბარქტიკული და საშუალო განედები)	–	არქტიკული უდაბნო	ტუნდრა	ჩრდილოეთის და შუა ტაიგა	სამხრეთი ტაიგა და შერეული ტყეები	ფოთლოვანი ტყეები და ტყესტეპები	სტეპები	ზომიერი სარტყლის ნახევარუდაბნო	ზომიერი სარტყლის უდაბნო
50-დან 75-მდე კკალსმ$^{-2}$წთ$^{-1}$ (სუბტროპიკული განედები)	–	–	სუბტროპიკული პენეპლენი	წუმპიანი	სუბტროპიკული ტყეები		ზეშეფოთლიანი სუბტროპიკული ტყეები და ბუჩქარები / სუბტროპიკული სტეპი	სუბტროპიკული ნახევარუდაბნოები	სუბტროპიკული უდაბნო
75 კკალსმ$^{-2}$წთ$^{-1}$-ზე მეტი (ტროპიკული განედები)	–	–	ჭარბტენიანი ეკვატორული ტყეები	ძლიერ დაჭაობებული ეკვატორული ტყე	საშუალოდ დაჭაობებული ეკვატორული ტყე	ეკვატორული ტყე, ნათელი ტროპიკული ტყეები და ტყეანი სავანები	მშრალი სავანა, ფოთოლმცვენი ტყე	გაუდაბნოებული სავანა (ტროპიკული ნახევარუდაბნო)	ტროპიკული უდაბნო

ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ გეოგრაფიული ზონები ნაწილობრივ თავიანთი ნიშნების გამეორადობით ხასიათდებიან. ამავე დროს, როგორც ეს ჩვენთვის მოგვიანებით გახდება ცნობილი, გეოგრაფიული ზონების მონაცვლეობას ადგილი აქვს გრძედების (პარალელების) მიმართულებითაც, რაც ლანდშაფტების სექტორული მორიგეობის მიმანიშნებელია. ამგვარად, როგორც ჩანს, გეოგრაფიული ზონების მიერ დედამიწაზე საკმაოდ ჭრელი სურათი იქმნება. ცხადია, რომ ამ ბუნებრივი წარმონაქმნების ერთმანეთისაგან გამოცალკევება, ანუ მათ შორის საზღვრების გატარება, მეტად რთული საქმეა. თუმცა გეოგრაფიული ზონების საზღვრების დასადგენად შესაძლებელი გახდა საორიენტაციო რაოდენობრივი (რიცხვითი) მაჩვენებლების გამოყენება. ამ მხრივ, ა. გრიგორიევის მიერ შემოთავაზებულია P და LE სიდიდეებს შორის თანაფარდობის ანგარიში, სადაც LE – აორთქლებაზე დახარჯული სითბოა, P – ქვეფენილი ზედაპირისა და ატმოსფეროს შორის ტურბულენტურ გაცვლაზე დახარჯული სითბო. ამ შეფარდების განზომილების ერთეულია კკალ $სმ^{-2}წწ^{-1}$-ში.

გამოირკვა, რომ P და LE სიდიდეთა შეფარდებით მიღებული მნიშვნელობები გეოგრაფიული ზონების საზღვრების დასადგენად საკმაოდ დამახასიათებელი გამოსადეგობით ხასიათდება: ტუნდრის სამხრეთი საზღვრისათვის ამ სიდიდემ 1:6 შეადგინა; ზომიერი სარტყლის ტყესტეპსა და სტეპს შორის საზღვარი გადის იქ, სადაც აღნიშნული შეფარდება 2:3 ტოლია; იგივე მაჩვენებელი სტეპსა და ნახევარუდაბნოს საზღვარზე 1:1, ხოლო ნახევარუდაბნოსა და უდაბნოს შორის 2:1 შეადგენს.

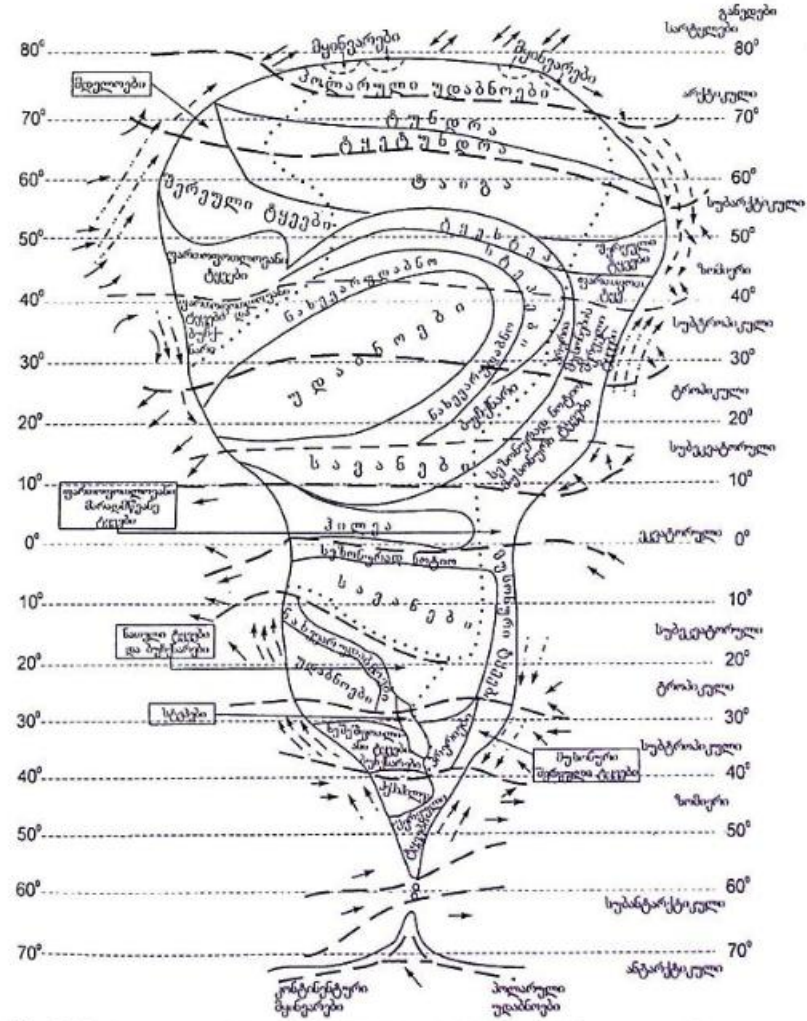
აღნიშნულის მიუხედავად, ბუნებრივი პირობების ურთულესი ურთიერთმოქმედების გამო, მათემატიკური გამოთვლებით მიღებული და P : LE სიდიდეების მნიშვნელობები ვერ ამოწურავენ გეოგრაფიული ზონების გამოყოფისათვის საჭირო ყველა ნიუანსს, თუმცა უეჭველია მათი ობიექტურობა და გამოთვლების სიმწყობრე.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული ზონები საკმაოდ რთული ბუნებრივი წარმონაქმნებია. მათი ფორმირება გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების ურთიერთკავშირებითა და ურთიერთქმედებებითაა განსაზღვრული. ცნობილია რა ბუნების ელემენტების გადახლართული ურთიერთობები, განპირობებული დედამიწის რთული მოზაიკისა და კოსმოსური ზემოქმედებების არაერთგვაროვანი გამოვლინებებით, გეოგრაფიული მოვლენების მარტივი სახით წარმოდგენის მიზნით, შეიძლება რაიმე სქემის შექმნა, რომლის მიხედვით ხმელეთის ზედაპირი იდეალურად ბრტყელია, ხოლო მისი განზომილებები და ზოგადი კონფიგურაცია – გასაშუალოებული. ბუნებრივი ზონების განლაგების აღნიშნული თეორიული მოდელის წარმოდგენის მიზნით, ა. რიაბჩიკოვის მიერ (1960 წ.) განხილულია იდეალური ზედაპირის მქონე კონტინენტი (ნახ. XIII.6), რომლის განზომილებები შეესაბამება დედამიწის ხმელეთის ფართობის ნახევარს, კონფიგურაცია – მის გავრცელებას განედების მიხედვით, ხოლო ზედაპირი – დაბალ ვაკეს; მთიანეთებში ზონების საზღვრები ექსტრაპოლაციის გზითაა გავლებული.

გეოგრაფიული სარტყლებისა და ბუნებრივი ზონების ჰიპოთეზურ კონტინენტზე გავრცელების ზოგადი სურათიდან ნათელია, რომ, ჯერ ერთი, გეოგრაფიული ზონების დიდი ნაწილი განედური გავრცელებითა და, ამავე დროს, დედამიწის გარშემო უწყვეტი სარტყლური განვრცობით არ ხასიათდებიან; მეორეც, თითოეულ გეოგრაფიულ სარტყელს თავისი შესაბამისი ზონების კომპლექტი (ცხრილი XIII.3) შეესაბამება. როგორც XIII.6. გრაფიკული მასალიდან ჩანს, გეოგრაფიული ზონების დიდი ნაწილი (შერეული ტყეები, სეზონურად ნოტიო მუსონური ტყეები, პრერიები,

ნათელი ტყეები და ბუჩქნარები, ზოგიერთი უდაბნოები და ნახევარუდაბნოები) არათუ პარალელის გასწვრივ, არამედ მერედიანული განვრცობით ხასიათდება; ზოგჯერ კი მათ სუბმერიდიანული გავრცელება გააჩნიათ.

ამავე დროს, იდეალურ კონტინენტზე ნათლად ჩანს გეოგრაფიული ზონალურობის კიდევ ერთი პრინციპის არსებობა – ბუნებრივი ზონები პერიოდულად მეორდება



ნახ. XIII.6. სარტყლებისა და ბუნებრივი ზონების სქემა იდეალურ (ჰიპოთეზურ) კონტინენტზე (ა. რიაბჩიკოვის მიხედვით)

სხვადასხვა სარტყელში*; ზომიერი სარტყლის ფართოფოთლოვანი ტყეები სუბტროპიკების ანალოგიური ტყეებითაა წარმოდგენილი; იმავე, ზომიერი სარტყლის ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები მეორდება როგორც სუბტროპიკულ, ისე ტროპიკულ სარტყლებში; სუბეკვატორული სარტყლის სავანების, მეჩხერი ტყეებისა და ბუჩქნარების ზონები გავრცელებულია ტროპიკულ და სუბტროპიკულ სარტყლებშიც; თითქმის მსგავსი ბუნებრივი ზონებია გაფორმებული ეკვატორულ (ჰილეა) და სუბტროპიკულ (ჰემილეა) სარტყლებში.

ცხრილი XIII.3.

დედამიწის გეოგრაფიული სარტყლები და ზონები
(კ. მარკოვისა და სხვ. მიხედვით, 1973 წ.)

გეოგრაფიული სარტყლები		გეოგრაფიული ზონები
I. არქტიკული და ანტარქტიკული		1. არქტიკული და ანტარქტიკული უდაბნოები 1.ა. არქტიკული ტუნდრა
II. სუბარქტიკული და სუბანტარქტიკული		2. ტუნდრა 3. ტყეტუნდრა
III. ზომიერი	13	4. ტაიგა 5. შერეული ტყეები 6. ფართოფოთლოვანი ტყეები 7. ტყისტეპები
	16	8. სტეპები
	22.17	9. ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები (დაუნაწევრებლად)
	23.18	10. ნახევარუდაბნოები
	19.24	11. უდაბნოები
IV. სუბტროპიკული	5	12. ჰემიჰილეა და ნოტიო სუბტროპიკული ტყეები 12.ა. სუბტროპიკების ფართოფოთლოვანი ტყეები 13. მუსონური შერეული ტყეები 14. ხმელთაშუაზღვიური მშრალი ტყეები და ბუჩქნარები 15. პრერიები, სავანები და ბუჩქნარები
	8	16. სტეპები
	22.9	17. ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები (დაუნაწევრებლად)
	10.23	18. ნახევარუდაბნოები
	11.24	19. უდაბნოები
V. ტროპიკული	26	20. ტროპიკული ტყეები 21. სავანები, მეჩხერი ტყეები და ბუჩქნარები
	9.17	22. ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები (დაუნაწევრებლად)
	10.18	23. ნახევარუდაბნოები
	11.19	24. უდაბნოები
VI. სუბეკვატორული	21	25. სუბეკვატორული ტყეები 26. სავანები, მეჩხერი ტყეები და ბუჩქნარები 26.ა. გაუდაბნოებული სავანები, მეჩხერი ტყეები და ბუჩქნარები
VII. ეკვატორული		27. ნოტიო ეკვატორული ტყეები (ჰილეები)

იდეალურ კონტინენტზე გეოგრაფიული სარტყლებისა და ბუნებრივი ზონების გავრცელების სქემის (ნახ. XIII.6) დეტალური ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გეოგრაფიული ზონების სივრცებრივი განაწილება დამოკიდებულია არა მხოლოდ მზის რადიაციის სიდიდისა და ტენის აორთქლების ინტენსივობაზე, არამედ მას განაპირობებს აგრეთვე ხმელეთისა და ზღვის არათანაბარი გადანაწილება, სანაპირო ოკეანური

* გეოგრაფიული ზონების სხვადასხვა სარტყელში გამორების შესაბამისი რიგითი ნომრები მოცემულია XIII.3. ცხრილის შუა სვეტში.

დინებების მიმართულებები და მათი სითბური რეჟიმი, ასევე სითბოსა და ტენის ადვექციის მიმართულებები და სხვა მრავალი ფაქტორები. ამ თვალსაზრისით, თუ სითბოსა და ტენის მერიდიანული ადვექციის გაბატონებას აქვს ადგილი, მაშინ რადიაციული სითბოს რაოდენობის განედური ცვალებადობის გამო, გეოგრაფიული ზონებიც უმთავრესად განედურ ხასიათს (პოლარული უდაბნოები, ტუნდრა, ტყეტუნდრა, ტაიგა) ამჟღავნებენ; ჰაერის მასების დასავლური ან აღმოსავლური მიმართულებით გადატანის შემთხვევაში განედური ზონალურობის დარღვევას აქვს ადგილი და ზონების მოხაზულობა – გავრცელება მცირე ლაქებისა (სუბტროპიკული სარტყლის სტეპები, სუბტროპიკული მდელოები) და ცალკეული ფრაგმენტების (მუსონური ტყეები, მარადმწვანე ტყეები, პრერიები) სახეს ღებულობენ.

გეოგრაფიული ზონალურობის ნამდვილი სურათის ჩამოყალიბება კი უფრო რთულ ვითარებაში მიმდინარეობს. მას დამატებით განაპირობებს ხმელეთის რელიეფის ჰიფსომეტრიულ-მორფოლოგიური ხასიათი, ატმოსფეროს ზოგადი და ადგილობრივი ცირკულაცია და სხვ. აქედან გამომდინარე, გეოგრაფიული ზონალურობის მოზაიკა საკმაოდ რთულ იერსახეს ღებულობს. ცხადია, რომ თავდაპირველად დედამიწის ფიზიკურ ზედაპირზე ადვილია მარტივი გეოგრაფიული სარტყლების გამოყოფა, რომელიც სავსებით შეესაბამება კლიმატურ დაყოფას.

ამდენად, გეოგრაფიული სარტყლების გამოყოფა ნიშნავს გეოგრაფიული გარსის განედურ დაყოფას, რომელიც განპირობებულია ჰავის თავისებურებათა სხვადასხვაობით. ამავე დროს, გეოგრაფიული სარტყლების გამოყოფის მთავარი დედააზრი დედამიწაზე სითბოს (ზონალურობის პირველადი ფაქტორის) განაწილების ზოგადი ნიშნების დახასიათებაში მდგომარეობს. ამ მოთხოვნილებას სავსებით აკმაყოფილებს დედამიწის, უკვე ტრადიციად ქცეული, დაყოფა ცივ, ზომიერ და ცხელ სარტყლებად. თითოეული მათგანის საზღვრები გატარებულია იზოთერმებზე, რომლებიც გამოხატავენ სითბური რეჟიმის ფაქტორების – ინსოლაციის, ადვექციის, კონტინენტურობის ხარისხის, მზის სიმაღლის, განათებისა და სხვათა კონკრეტულ სიდიდეებს.

თუკი ერთხელ კიდევ დავუბრუნდებით იდეალური კონტინენტის (ნახ. XIII.6) ზონალურობის სქემას, ადვილად შევამჩნევთ, რომ გეოგრაფიული სარტყლები მერიდიანული მიმართულების მქონე ცალკეულ ერთეულებადაა დაყოფილი. მათ გამოყოფას საფუძვლად უდევს ატმოსფეროს ცირკულაციის ის ნიშნები, რომლებიც წარმართავენ ტენის გადატანას ხმელეთსა და ოკეანეს შორის. სწორედ, ამ ძირითადი ფაქტორით იქმნება გეოგრაფიული ზონალურობის შინაგანი მრავალფეროვნება. აქედან გამომდინარე, იდეალურ კონტინენტზეც კი დასაშვებია გრძედული (მერიდიანული) მიმართულებისა და სანაპიროთა თანმხვდენი კონფიგურაციის მქონე, გეოგრაფიული ზონებისაგან მკვეთრად განსხვავებული ერთეულების – სექტორების გამოყოფა. ცივ სარტყლებში (პოლარული უდაბნოები) სექტორების ფორმირებას ხელს არ უწყობს ზღვიური და კონტინენტური ჰავის ერთგვაროვნება. დანარჩენ სარტყლებში სამი მკვეთრად განსხვავებული სექტორის გამოყოფაა შესაძლებელი. მათ შორისაა: ორი ოკეანური, ანუ დასავლეთისა და აღმოსავლეთის, და ერთი – კონტინენტური, ანუ ცენტრალური (შუა) სექტორები.

როგორც ჩანს, თბილი დინების მქონე ოკეანის სანაპირო ხმელეთზე, როგორც წესი, ტყეებია (შერეული, ფართოფოთლოვანი, მუსონური, მარადმწვანე და სხვ.) გავრცელებული, ხოლო ცივი დინებების ზღვისპირა ხმელეთის მცირე ფრაგმენტებსა და კონტინენტის შიდა ერცელ უბნებში, პირიქით, უტყეო სტეპები, სავანები, ნახევარუდაბნოები და უდაბნოებია წარმოდგენილი.

გეოგრაფიული ზონები, როგორც წესი, ასახავენ მრავალფეროვანი ბუნებრივი პირობების „ალგებრულ ჯამს“. ამიტომ ბუნებრივი ზონები, როგორც გარემო პირობების სინთეზური აკუმულატორი და მეტისმეტად მგრძნობიარე ინდიკატორი, საბოლოოდ დედამიწის „ტანსაცმელში“ – მის მცენარეულ საფარში აისახება. ამავე დროს, აუცილებლად უნდა მივუთითოთ, რომ გეოგრაფიული ზონა სრულიადაც არ არის გეოგრაფიული გარსის რომელიმე კომპონენტის ნიადაგის, მცენარეულობის, სითბოს, ტენისა და ა.შ. მიხედვით ობიექტურად გამოყოფილი გეობიოტანიკური, ნიადაგური, კლიმატური, გეოქიმიური და სხვა ზონების იდენტური წარმონაქმნი. ასე, მაგალითად, ტუნდრაში გვხვდება არა მარტო ხავსები, მღიერები, ბალახეულობა და ბუჩქები, არამედ ზოგჯერ – მდინარეთა ხეობების გასწვრივ, ხეივნური ტყეების გავრცელების ზონალურისგარეშე მოვლენასაც აქვს ადგილი; ასევე სტეპებში ტიპური შავმიწების გარდა გავრცელებულია აგრეთვე წაბლა ნიადაგებისა და პრერიების შავმიწისებრი ნიადაგები, გვხვდება მლაშობები და ბიცობებიც.

აღსანიშნავია, რომ ნებისმიერი გეოგრაფიული ზონის იერსახე იქმნება არა მარტო თამნამედროვე ბუნებრივი პირობების სინთეზურ ურთიერთქმედებათა შედეგად, არამედ მათი თვისებრივი ნიშნები ყალიბდება განვლილი ისტორიული გზის გრძელ და ხანგრძლივ მარათონზე. ხანგრძლივი განვითარების შედეგები საკმაოდ შთამბეჭდავად ეტყობა მცენარეულობასა და ცხოველთა სამყაროს. ისინი დროთა განმავლობაში იძენენ რა ეკოლოგიური გარემოსათვის დამახასიათებელ ნიშან-თვისებებს, თავიანთი თანამედროვე ფაუნისტური და ფლორისტიკული შემადგენლობით, სრულიად არ ასახავენ ზონალურობის ასპექტებს. მცენარეულობასა და ცხოველთა სამყაროს ზონალურობის ნიშნებს სძენს მათი წარმომადგენლების (თანასაზოგადოებების, ბიოცენოზების) გარემოსადმი ადაპტაცია და ევოლუციის პროცესში გეოგრაფიული შინაარსის შესაბამისი სასიცოცხლო ფორმების (ზამთრის ძილი, ფერის ცვლა, ფოთოლცვენა) გამომუშავება.

გეოგრაფიული ზონები ხმელეთის ზედაპირზე არათანაბრადაა განაწილებული: უდაბნოებისა და ნახევარუდაბნოების ზონებს ხმელეთის ზედაპირის 33,1% უკავიათ, ტუნდრას – 3,8%, ტყეტუნდრას – 3,0%, ყველა სარტყლის ტყეებს – 35,2%, ტყესტეპებსა და პრერიებს – 3,4%, სავანებისა და ნათელი ტყეების ზონებს – 17,3%, ხოლო სტეპებს 4,2%. ამდენად, დედამიწის ხმელეთის ზედაპირზე ძირითადად გაბატონებულია ტყეები (35,2%), უდაბნოები (33,1%) და სავანები (17,3%).

ამგვარად, გეოგრაფიული (ბუნებრივი) ზონები წარმოადგენენ გეოგრაფიული სარტყლის დიდ ნაწილს, რომლებიც ხასიათდებიან ფიზიკურ-გეოგრაფიული მოვლენების ერთგვაროვანი ზონალური ტიპითა და მათი ურთიერთმოქმედებების შესაბამისი ნიშან-თვისებებით.

ბუნებრივი (გეოგრაფიული) სარტყლები და ზონები. დედამიწის ბუნებრივი ზონების გეოგრაფიული ასპექტების აღწერის ცდებს საკმაოდ ფართოდ ვხვდებით სამეცნიერო ლიტერატურაში. გეოგრაფიული სარტყლები რუკაზე პარალელების გასწვრივი ზოლების სახითაა წარმოდგენილი. უმეტესი მათგანის შიგნით რამდენიმე გეოგრაფიული ზონაა გამოყოფილი. გეოგრაფიული ზონების ორიენტირები და ფორმა საკმაოდ იკლიკანტურია. ისინი ეკვატორის მიმართ სიმეტრიულად არიან განლაგებული, თუმცა, ზოგჯერ აღნიშნული სიმეტრიულობა სრული არ არის. მათი ფორმირება შეპირობებულია რადიაციული თავისებურებებითა და ატმოსფეროს ცირკულაციით. ამდენად, გეოგრაფიული სარტყლები (ცხრილი XIII.4) – კლიმატური

სარტყლებია, რომელთა გამოყოფა გეოფიზიკურ საფუძვლებს ეყრდნობა. გეოგრაფიული სარტყლების სამი წყვილის დასახელებაში მიღებულია „სუბ“ წინსართი: ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების სუბარქტიკული, სუბტროპიკული და სუბეკვატორული სარტყლები. „სუბ“ წინსართი მიუთითებს ასეთი სარტყლების საკუთარი ინდივიდუალურობის (ჰაერის მასების) უქონლობაზე. ყოველ ასეთ სარტყელში რიგრიგობით გაბატონებულია ორი მეზობელი გეოგრაფიული სარტყლის ჰაერის მასები: ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს ზაფხულის სეზონში სამხრული მეზობელი სარტყლის ჰაერის მასები ბატონობს; წლის ზამთრის მონაკვეთში კი მეზობელი ჩრდილოეთი სარტყლის ჰაერის მასების გავრცელებას აქვს ადგილი.

ცხრილი XIII.4.

დედამიწის გეოგრაფიული სარტყლები

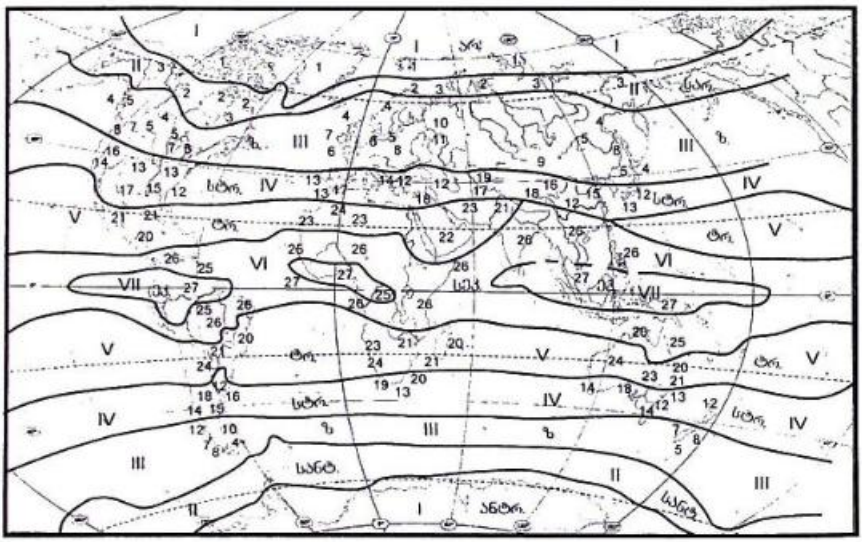
გეოგრაფიული სარტყლები		ფართობი, მლნ.კმ²	%
ჩრდილოეთი ნახევარსფერო	არქტიკული	14,45	3
	სუბარქტიკული	17,62	3
	ზომიერი	53,22	10
	სუბტროპიკული	39,72	8
	ტროპიკული	80,77	16
	სუბეკვატორული	38,65	7
	ეკვატორული	22,07	4
სამხრეთი ნახევარსფერო	სუბეკვატორული	30,11	6
	ტროპიკული	95,10	19
	სუბტროპიკული	33,78	7
	ზომიერი	34,47	7
	სუბანტარქტიკული	23,93	5
	ანტარქტიკული	26,19	5
ს უ ლ		510,08	100

მომავალი სპეციალისტების — გეოგრაფოსების აზროვნებაში ბუნებრივი ზონალურობის ფიზიკურ-გეოგრაფიული ნიშნების სივრცობრივი (გეოგრაფიული ზონების მიხედვით) აღქმის მიზნით, წინამდებარე სახელმძღვანელოში გადმოცემულია ბუნებრივი სარტყლებისა და ზონების ძირითადი ელემენტების (იხ. გეოგრაფიული ატლასი, 1983) მოკლე დახასიათება. სულ განასხვავებენ 13 გეოგრაფიულ სარტყელს. თუმცა, სახელმძღვანელოს მიზნებიდან გამომდინარე, ისინი გაერთიანებულია სამ (ცივი, ზომიერი და ცხელი) რადიაციულ-სითბურ სარტყლებად და გადმოცემულია მათი შესაბამისი ბუნებრივი სარტყლებისა და უმთავრესი ზონების (ნახ. XIII.7) ძირითადი ელემენტების გეოგრაფიული შინაარსი.

I. ცივი სარტყლები და მათი ბუნებრივი ზონები. ცივი (არქტიკული, ანტარქტიკული, სუბარქტიკული და სუბანტარქტიკული) სარტყლები მოქცეულია უთბილესი თვის 10^0-იან იზოთერმასა და შესაბამის პოლუსებს შორის. პოლარული წრის მიღმა მზის სიმაღლე ყველგან 47^0-ზე დაბალია, ხოლო დღისა და ღამის ხანგრძლივობა საკმაოდ (ერთიდან 179-184 დღე-ღამემდე) ცვალებადია. პოლარული ღამის განმავლობაში სარტყლის ზედაპირი ხანგრძლივ გაცივებას განიცდის, ხოლო მომდევნო პოლარულ დღეს — უმნიშვნელოდ თბება. ამავე დროს, მზის სიმაღლე მცირეა და ყინულების მაღალი ალბედო სითბოს დაგროვებას ხელს ვერ უწყობს. მზის რადიაციის ბალანსი -5-დან +20-მდე კკალ სმ$^{-2}$წ$^{-1}$-ში იცვლება.

არქტიკული უდაბნოს ზონა სამხრეთიდან შემოსაზღვრულია უთბილესი თვის $+5^0$-იანი იზოთერმით. იგი მოიცავს კანადის არქიპელაგის ჩრდილოეთ ნაწილს, გრენლანდიას (სამხრეთი პერიფერიის გარდა), შპიცბერგენს, ვიზესა და უშაკოვის კუნძულებს, ფრანც-იოსებისა და ჩრდილოეთის მიწებს. ზონის ფარგლებში წლიური რადიაციული ბალანსი -5-დან +8 კკალ.სმ$^{-2}$-მდე იცვლება; უცივესი თვის ტემპერატურა -50^0-მდე ეცემა, ხოლო ზაფხულში -14-დან $+5^0$-მდე მერყეობს. ატმოსფერული

ნალექების (უმთავრესად თოვლის სახით) წლიური რაოდენობა უკიდურესად (75-100 მმ) მცირეა, ხოლო წყალი, ზაფხულშიც კი, მყარ ფაზაში იმყოფება. მარადი მზრალობა ყველგანაა, თუმცა თერმოკარსტული მოვლენა არ შეინიშნება, მაგრამ სოლიფლუქცია (წყლით გაჯერებული გრუნტის ფერდობზე ჩამოდენა) ჩვეულებრივი მოვლენაა. ზონის დიდი ნაწილი (2 მლნ. კმ^2) თანამედროვე მყინვარებს უჭირავს. ამიტომ ზედაპირული თოვლ-ყინულოვანი ჩამონადენი ეპიზოდური ხასიათისაა.



ნახ.XIII.7. გეოგრაფიული სარტყლები და ზონები (კ. მარკოვისა და ა. ორლოვის მიხედვით). გეოგრაფიული ზონების დასახელებები იხ. ცხრილი XIII.3.
შენიშვნა: არ. – არქტიკული, სარ. – სუბარქტიკული, ზ. – ზომიერი, სტრ. – სუბტროპიკული, ტრ. – ტროპიკული, სეკ. – სუბეკვატორული, ეკ. – ეკვატორული, სანტ. – სუბანტარქტიკული, ანტრ. – ანტარქტიკული

არქტიკული უდაბნოები ძირითადად ფიზიკური გამოფიტვის არეალია. ყინვისმიერი გამოფიტვის ქერქი მსხვილი და დაუმუშავებელი ნგრეული მასალისგან შედგება. ნიადაგები პრიმიტიულია და მცირე სისქის ჩანასახოვან მდგომარეობაში იმყოფება. რელიეფში მორენული ბორცვების გვერდით, ვერძის შუბლები, ქვის რგოლები და მრავალწახნაგა ფორმები შეინიშნება. ხშირია ზოლებრივი და პოლიგონალური გრუნტები. ზღვისპირეთებში ხმელეთში შეჭრილი ციცაბო ფიორდებია წარმოდგენილი. მყინვარულ ფარებზე – ნუნატაკები და თოვლის ბარხანები, ხოლო მთებში – მყინვარული ცირკები, კარები და ტროგები გვხვდება.

არქტიკული უდაბნო ტყის საფარს მოკლებულია. მისი მცენარეული საფარი მხოლოდ ცალკეულ ფრაგმენტებს ქმნის, რომელიც მღიერებით, ნაკლებად – ხავსებითა და კიდევ უფრო იშვიათად, უმაღლესი მცენარეულობითაა (კასიოპეა, დრიადა, წყლის ბამბა) წარმოდგენილი. ფართოდაა გავრცელებული მიწაზე გართხმული და ბალიშისებრი ფორმები. მცენარეთა მთლიანი ბიომასა 25-50 ც ჰა$^{-1}$-ს შეადგენს, ხოლო წლიური ნამატი 10 ც ჰა$^{-1}$-ზე ნაკლებია. ზონა ღარიბია ცხოველთა სამყაროს სახეობებითაც. აღსანიშნავია ხარ-ვერძი, ჩრდილოეთის ირემი, ყარსაღი, ლემინგი,

თეთრი დათვი და სხვ. ბევრია ფრინველი, რომელთაგან ზღვის წარმომადგენლები ფრინველთა ბაზარს ქმნის. ისინი თავმოყრილია ზღვისპირეთის კლდოვან ნაპირებზე. ღამით ცას ამშვენებს პოლარული ციალის ფერთა საოცარი შეხამება.

რაც შეეხება ანტარქტიდული ყინულოვანი უდაბნოს ზონას, უცივესი (ჩვენთან ივლისია) თვის ტემპერატურა აქ -16-დან -72^0-მდე მერყეობს, ხოლო უთბილეს თვეში იგი 0^0-ზე დაბალია. სწორედ ანტარქტიდაშია ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმი (-88,3^0) დაფიქსირებული. ატმოსფერული ნალექები (თოვლის სახით) 50 მმ-დან 500 მმ-მდე (სანაპირო პერიფერია) იცვლება. წყალი მთელი წლის განმავლობაში მყარ ფაზაშია. „ოაზისების“ გამოფიტვის ქერქს უხეშნატეხოვანი და მსხვილმარცვლოვანი ნგრეული მასალა ქმნის.

ანტარქტიდა ცივი და მშრალი უდაბნოა. მისი ზედაპირი თოვლის ბორცვებით, ბარხანებითა და კორაზიული ჭიუხებით, ხოლო მყინვარის ზედაპირი ხშირი ნაპრალებითაა დაღარული. მხოლოდ „ოაზისებსა“ და ნუნატაკებზე გვხვდება მღიერები, ხავსები, წყალმცენარეები, უმდაბლესი სოკოები. ანტარქტიდის ცხოველთა სამყარო ოკეანეზეა მიჯაჭვული. მათ შორისაა სელაპი, პინგვინი, მეზღვიები. მყინვარული სივრცე პოლარული დღეებისა და ღამეების, პოლარული ციალის, ქარიშხლების სამეფოა.

ცივი, სუბარქტიკული სარტყელი ორ გეოგრაფიულ ზონას (ტუნდრა და ტყეტუნდრა) მოიცავს. ტუნდრას უკავია ევრაზიისა და ჩრდილოეთ ამერიკის უკიდურესი ჩრდილოეთი ნაწილი — კონტინენტური კუნძულებისა (კანადის არქიპელაგი, გრენლანდიის სამხრეთი სანაპირო) და ყინულოვანი ოკეანისპირა (იამალის, ტაიმირის, ჩუკოტკის) ფართო ზოლი. ზონის სამხრული საზღვარი ზოგან 60^0-იან პარალელამდე აღწევს.

ზონების წლიური რადიაციული ბალანსი 7-12 კკალ სმ$^{-2}$-ის ფარგლებში მერყეობს. იანვრის ტემპერატურა -5-დან -35^0-მდე, ივლისის კი +5-დან +13^0-მდე იცვლება. ზამთარი ხანგრძლივია და ცივი, ზაფხული — ხანმოკლე და გრილი. ნალექების წლიური რაოდენობა 200-750 მმ-ია. მდინარეთა საზრდოობა უმეტესად თოვლის დნობასა და წვიმებთანაა დაკავშირებული. გრუნტის წყლები მტკნარია და ღრმად არ მდებარეობენ. ამიტომ ბევრია ჭაობი, ტბები და გუბეები. ფართოდ გვხვდება მუდმივი მზრალობა. გამოფიტვის ქერქი უხეში და მსხვილი ნგრეული მასალისაგან შედგება. რელიეფის ფორმებიდან დამახასიათებელია პოლიგონური გრუნტები, ტორფის ბორცვები, ჰიდროლაკოლითები.

ტუნდრის დანესტიანებული ლებიანი და გაეწრებული ნიადაგები მცირე სისქისაა. მცენარეულობა ხავსებითა და ბუჩქისებრი მღიერებითაა წარმოდგენილი. შედარებით მცირე გავრცელებისაა ბალახეულობა (ისლი, პოლარული ყაყაჩო, ბაბუაწვერა), ჩირგვნარები (ლურჯი და წითელი მოცვი, მიწამაყვალა) და ბუჩქები (ვერხვა არყი, პოლარული ტირიფი, ქონდარა ფიჭვი). ტუნდრის ფიტომასა 4-დან 28-მდე ტ/ჰა$^{-1}$-ს, ხოლო პროდუქტიულობა 1-2,5 ტ/ჰა$^{-1}$ შორის იცვლება. მცენარეები დაბალტანიანია ან მიწაზეა გართხმული და, როგორც წესი, ფესვები ნიადაგის ზედა ჰორიზონტში აქვთ გადგმული. ტუნდრაში ბინადრობს ჩრდილოეთის ირემი (ამერიკაში — კარიბუ), ტუნდრის მგელი, ყარსაღი, ლემინგი, პოლარული ბუ, თეთრი და ტუნდრის გნოლი. ცხოველთა სამყაროში მკაფიოდ გამოხატულია მათი ბიოლოგიური პროცესების — გამრავლების, რქების ცვლის, ბეწვის დაყრის, ბუმბულის ფერის შეცვლის სეზონურობა. ადგილი აქვს, აგრეთვე გრძელ მიგრაციებს საკვების საძებნელად.

ზოგიერთი ძუძუმწოვარი (ჩრდილოეთის ირემი) ყველაფრისმჭამელია. იგი იკვებება ხავსებით, არყის ტოტებით, სოკოებით, კენკრით, აგრეთვე ლემინგებით, ფრინველის კვერცხებით, ბარტყებითა და მწერებითაც კი. ფრინველებს შემოდგომით თბილი არეალებისაკენ გადაფრენა ახასიათებთ. ზღვის კლდოვან სანაპიროზე ფრინველთა (სუსხურები, კაირები, ალკასნაირნი) ბაზარია გამეფებული.

ტყეტუნდრის ზონას უკავია კანადის შუა ნაწილი და ევრაზიული ტუნდრის სამხრეთი პერიფერიის ფრაგმენტები. აქ ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა 200-400 მმ-ია. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა -10-დან -40^0-მდე, ხოლო უთბილესი თვისა – დადებითია და 10-14^0-ის ფარგლებში მერყეობს. განვითარებულია მუდმივი მზრალობა და ლებიანი ნიადაგები. ტყის ფრაგმენტები შედგება დაბალი და წვრილღეროიანი ნაძვის, არყის ხისა და ლარიქსისაგან. ხემცენარეები შორიშორს დგანან. მათი სიმაღლე 6-8 მ-ია, ხოლო ღეროები გამრუდებული აქვთ. ზონის ფიტომასა 25-50 ტ/ჰა$^{-1}$, ხოლო პროდუქტიულობა 2,5-4,0 ტ/ჰა$^{-1}$ შეადგენს. ტყეტუნდრაში, ტუნდრისა და ტყის ცხოველების ფორმები ერთმანეთში ერევა. აქ წარმოდგენილია ყარყუმი, სამურავი, სინდიოფალა, ონდატრა, თახვი, წაულა, მურა დათვი.

სუბანტარქტიკულ სარტყელში მკვეთრად გამოსახული გეოგრაფიული ზონა ამჟამად არ გამოიყოფა. ადრინდელ გამოკვლევებში (კალესნიკი, 1977) მითითებულია ფრაგმენტალური გავრცელების ტუნდრა-მდელოს წყვეტილი (დისკრეტული) ზონა, რომელიც უმთავრესად ანტარქტიდის მიმდებარე კუნძულებსა და ცეცხლოვანი მიწის პერიფერიას მოიცავს. აქ გავრცელებული ჰაერის დასავლური გადატანა და ციკლონური ცირკულაცია უხვ ნალექებს (600-1400 მმ) იწვევს. რადიაციული ბალანსი (15-20 კკალ სმ$^{-2}$წწ) დადებითია. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა 5-დან -15^0-მდე, ხოლო უთბილესისა 0-12^0-ს შორის მერყეობს. წარმოდგენილია კორდიანი, უხეშჰუმოსოვანი, მჟავე ნიადაგები. მარადი მზრალობა არ შეინიშნება, თუმცა მუდმივი და ძლიერი ქარები ხელს უწყობს უტყეობას.

II. ზომიერი სარტყლები და მათი ბუნებრივი ზონები. ამ სარტყლების, დაბალი განედების მხრიდან, საზღვრები +20^0-იანი წლიურ იზოთერმებს გაუყვება, რომელიც ორივე ნახევარსფეროში თანხვდება 40^0-იან პარალელებს. წლიური რადიაციული ბალანსი აქ 20-60 კკალ სმ$^{-2}$ შეადგენს. შეიმჩნევა ჰაერის წლიური ტემპერატურის საკმაოდ მკვეთრი რყევა. ზომიერი სარტყლები არა მარტო ბუნებრივ ზონებად, არამედ მკაფიოდ განსხვავებულ (ნახ. XIII.6) სექტორებადაც იყოფა. მათ შორისაა:

ა. დასავლეთი ოკეანისპირა სექტორი მოიცავს დასავლური ქარებისა და, შესაბამისად, ციკლონების გაბატონების სივრცეს;

ბ. შიდაკონტინენტური სექტორი მოიცავს კონტინენტების შუა, ოკეანეებისაგან დაშორებულ, ნაწილს და გავრცელებულია მერიდიანული მიმართულებით;

გ. აღმოსავლეთი ოკეანისპირა სექტორი მოიცავს მუსონურ-ციკლონური ცირკულაციის გაბატონებულ სივრცეს.

ზომიერი სარტყლების ფარგლებში გამოყოფენ: ტაიგის, შერეული ტყეების, ფართოფოთლოვანი ტყეების, ტყესტეპების, სტეპების, უდაბნოების, ნახევარუდაბნოების ბუნებრივ ზონებს.

ტაიგის (წიწვიანი ტყეების) ზონა მოიცავს კანადის, ფინეთ-სკანდინავიის, აღმოსავლეთი ევროპისა და ციმბირის დიდ ნაწილებს. წლიური რადიაციული ბალანსი 30-40 კკალსმ$^{-2}$ შეადგენს. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა -10-დან -40^0-მდეა, ხოლო უთბილესი თვისა კი +13-19^0-ია. ზამთარი განსაკუთრებით

მკაცრია (აბსოლუტური მინიმუმი -71^0) აღმოსავლეთ ციმბირში. ზაფხული შედარებით თბილია. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 400-600 მმ-ია. ხშირია ჭაობი და მდინარეული ქსელი. მტკნარი მიწისქვეშა წყლები მცირე სიღრმეზე ვრცელდება. მუდმივ მზრალობას დიდი სივრცე უკავია.

ტაიგაში გავრცელებულია მზრალი, ეწერი, კორდიან-ეწერი და ჭაობის ნიადაგები. ტაიგა – ნესტიანი და მუქწიწვიანი, აგრეთვე მარტივი (ხემცენარეები, ბალახები და ხავსები) ტყეების გავრცელების არეალია. მცენარეთა სახეობებს შორის ჭარბობს ნაძვი, ლარიქსი, სოჭი, ფიჭვი. ფიტომასა 200-300 ტ/ჰა$^{-1}$ შეადგენს, ხოლო პროდუქტიულობა 6-7,0 ტ/ჰა$^{-1}$-ზე მეტია.

არც ტაიგის ცხოველთა სამყაროა მდიდარი. ისინი შეგუებულნი არიან ტყეში სირბილის მოუხერხებლობას. ამიტომ არსად არ გვხვდება ცხოველთა ჯოგები, თუმცა ბევრია მიწასა და ხეებზე მცოცავი ფორმები. შეზღუდული ხილვადობა კარგი სმენის განვითარებას იწვევს. მოხერხებული თავშესაფრის როლს ფულუროები ასრულებენ. ევრაზიისა და ამერიკის საერთო დამახასიათებელი სახეობებია ფოცხვერი, სამურავი, მურა დათვი, მარწუხა, კოდალა. ევრაზიაში ბინადრობს ციყვი, სიასამური, გნოლქათამა, სოლო. ამერიკაში კი გრიზლი, მეხეური, მაჩვზღარბი, ონდატრა, მყრალა. ტაიგაში ბინადრობს, აგრეთვე თახვი, შველი, ირემი, ლოსი, შაშვი, ბუ. ბევრია კოლო და მუმლი. სამხრეთ ნახევარსფეროში ტაიგის ზონა არ არის. მისი ადგილი ოკეანეს უკავია.

შერეული და ფართოფოთლოვანი ტყეების ზონები მოიცავს აშშ-ის აღმოსავლეთ ნაწილს, დასავლეთ ევროპას, შუა რუსეთსა და აზიის წყნაროკეანისპირა სექტორებს. აქ წლიური რადიაციული ბალანსი 35-45 კკალ/სმ$^{-2}$ შეადგენს. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა -12-დან +5^0-მდე მერყეობს, ხოლო უთბილეს თვეში 16-დან 21^0-მდე ადის. ნალექები უხვია (500-1500 მმ), რაც მდინარეთა ხშირ ქსელსა და ჭაობებს ავითარებს. გრუნტის წყლები მტკნარია და მცირე სიღრმეზე ვრცელდება. ზონაში განვითარებულია კორდიან-ეწერი და ტყის ყომრალი ნიადაგები. ბუნებრივი პირობები ხელს უწყობს ნაძვნარის, არყნარის, ვერხვნარისა და ფიჭვნარის, მდელოებისა და ნაირბალახების გავრცელებას. ფიტომასისა (300 ტ/ჰა$^{-1}$) და მისი პროდუქტიულობის (13 ტ/ჰა$^{-1}$) მიხედვით განსახილველი ზონა ერთ-ერთი მაღალი რესურსული პოტენციალის მატარებელია.

წიწვიანების გარდა ჩრდილოეთ ამერიკაში ხარობს ნეკერჩხალი, ვერხვი, ცაცხვი, იფანი, წაბლი; ევროპაში – მუხა, წაბლი, წიფელი, ბაძგი, ურთხელი; შორეული აღმოსავლეთის (უსური, მანჯურია, ამურის ხეობა) ორიგინალურ ტყეებში ურთიერთშეხამებულია ნაძვი – ვაზთან, ხოლო ლარიქსი – ცაცხვთან. ნოტიო, გაუვალ და ულრან ტყეს ქმნის კაკალი, კორპის ხე, ვერხვი, მონღოლური მუხა, კორეის კედარი, რცხილა, ნეკერჩხალი. მაღალი ხეები გადახლართულია ლიანებითა და ამურის ვაზით. ტყის მდიდარი საკვები (რკო, ტყის თხილი, წიფლის წიწიბო, ნეკერჩხლის ნაყოფი და სხვა ხეების თესლები) იზიდავს ცხოველების მრავალ სახეობას. უქარობის გამო გავრცელდა სუსტადმფრენი (მაკას მაქაონები) მწერებიც. ხშირია კოდალა, მოლაღური, სკვინჩა, შაშვი, ხოხობი. გავრცელებულია გარეული ღორი, ხალებიანი ირემი, უსურიის ვეფხვი; ევროპაში – ციყვი, ფოცხვერი, მურა დათვი, ტყის კატა, კეთილშობილი ირემი; ამერიკაში – ვირჯინიის ირემი, ენოტი, წავი.

შერეული და ფართოფოთლოვანი ტყეების ანალოგიური ზონები სამხრეთ ნახევარსფეროში მოიცავს სამხრეთ ამერიკის დასავლურ სანაპიროს, ტასმანიას,

ახალი ზელანდიის სამხრულ ნაწილს. რბილი ჰავა და უხვი ატმოსფერული ნალექები (1200-1300 მმ) და ჰაერის ტემპერატურის წლიური (5-8^0-დან 10-18^0-მდე) მსვლელობა განაპირობებს მარადმწვანე ხშირი ტყის (ჰემიჰილეა) – ფართოფოთლოვანებისა და წიწვიანების გავრცელებას, აგრეთვე ლიანებისა და ეპიფიტების არსებობას. სამხრეთი ამერიკის ჰემიჰილეაში გაბატონებულია მარადმწვანე წიფელი, ჩილეს კედარი, კვიპაროსები, ბამბუკები, არაუკარიები. ტასმანიაზე ხარობს ევკალიპტები, ახალ ზელანდიაზე – პოდოკარპუსები, არაუკარიები და გვიმრები. ცხოველებიდან დამახასიათებელია ენდემური ჩანთოსნები: მგელი და ეშმაკი, ვომბატი, იხვნისკარტა, ექიდნა; ფრენას მოკლებული ფრინველებია: კივი, ბუსებრი თუთიყუში, უკვე გადაშენდა გიგანტური მოა; კიდევ შეინიშნება მეზოზოური რელიქტი – ხვლიკი გაზერია.

ტყესტეპებისა და სტეპების ბუნებრივი ზონები მოიცავს დუნაისპირა ვაკეებს, სამხრეთი რუსეთის ველებს, სამხრეთი ციმბირის მთისწინეთებს, ჩრდილოეთი ამერიკის შუა მერიდიანულად გაწოლილ ველებს. ამ ზონების წლიური რადიაციული ბალანსი 45-60 კკალსმ$^{-2}$ შორისაა. უცივესი თვის ტემპერატურა ფართო (0-დან −20^0-მდე) დიაპაზონში მერყეობს, უთბილესისა კი 18-25^0-ის ფარგლებში იცვლება. ატმოსფერული ნალექები სტეპებში უმნიშვნელოა და 150-550 მმ-ს შორისაა. ტყესტეპებში კი თითქმის ორჯერ (400-1000 მმ) მეტია. ჰავის სიმშრალის გამო, მდინარეთა ქსელი სუსტია და მცირე წყლიანობით ხასიათდება. მათ მეტად დაკლაკნილ კალაპოტში წყლის ნაკადის შესამჩნევად შენელებული დინებაა დამახასიათებელი. ტყესტეპებში მდინარეთა წყალდიდობა გაზაფხულზეა, ხოლო სტეპებში – ზაფხულის დასაწყისში. ტბები მომლაშოა, ხოლო მინერალიზებული (10 გლ$^{-1}$) გრუნტის წყლები ღრმა მდებარეობით ხასიათდება.

ჰავა განსაზღვრავს ნიადაგებსაც: ტყესტეპებში ტყის ნაცრისფერი და შავმიწა ნიადაგებია წარმოდგენილი; სტეპებში – შავმიწა და წაბლა ნიადაგები. ტყესტეპების ტყის ფრაგმენტებზე ეხვდებით მუხას, ცაცხვს, იფანს, რცხილას, არყის ხეს, ვერხვს, ფიჭვს. სტეპებში კი უტყეო ველებია წარმოდგენილი. ხემცენარეულობა მხოლოდ მდინარეთა ხეობებს, ხევებისა და ღარტაფების გასწვრივ ხარობს. ფართო გავრცელება აქვს სტეპის ბუჩქნარებს: მათ შორისაა კვრინჩხი, სტეპის ალუბალი, გრაკლა. ძირითადად ხარობს ტანმაღალი ბალახები. სტეპების მცენარეულობის ძლიერ დამახასიათებელი ნიშანია იერსახის მკვეთრი სეზონური ცვლა. სტეპების ფიტომასა საკმაოდ მოკრძალებულია. შავმიწების სტეპებში იგი 20-25 ტჰა$^{-1}$-ს, ხოლო სუბტროპიკების ბუჩქნაროვან სტეპებში 35 ტჰა$^{-1}$ შეადგენს. ასევე, დაბალია (5-13 ტჰა$^{-1}$) ფიტომასის პროდუქტიულობაც.

სტეპების ძლიერი და ხშირი ქარი, აგრეთვე, უხვი მცენარეული საკვები იწვევს მღრღნელებისა და ბალახისმჭამელების გაბატონებას. პირველი მათგანი საკვები ჯაჭვის საწყისი რგოლია. ისინი წარმოადგენენ მტაცებელი ფრინველებისა და ძუძუმწოვრების, აგრეთვე, რეპტილიების საკვებს. ხემცენარეებს მოკლებულ ველებზე ფრინველები მიწაზე ბუდობენ, ხოლო ცხოველები თავშესაფარს სოროებსა და ბუნაგებში ეძებენ. გარემო პირობებმა განუვითარეს მათ გამჭრიახი და ფხიზელი მხედველობა, სწრაფი სირბილისა და ფრენის (ფრინველებს) უნარი, სამოსელის ფერის შეხამება გარემოსთან, ზამთრის ან ზაფხულის ძილის, აგრეთვე, გადაფრენის ან ჯოგური გადაადგილების უნარი და ა. შ. სტეპების ცხოველთა ბევრი საბეობა (ბიზონი, გარეული ძროხა – ტური) ამოწყდა. ამჟამად კი გვხვდება: ანტილოპა,

კურდღელი, თრია, ბრუცა, მემინდვრია, ზაზუნა, მდელოს ძაღლი, კაიოტი; ფრინველებიდან აღსანიშნავია სარსარაკი, სავათი, მდელოს როჭო, მწყერი; მტაცებლებიდან აღსანიშნავია ბოლობეჭედა, სტეპის კირკიტა, თვალშავი, ბეგომის არწივები; ამერიკის სტეპებში ბინადრობს ჩხრიალა გველი.

სამხრეთი ნახევარსფეროს სტეპები (პამპასები) მხოლოდ ერთი იზოლირებული ლაქის – ლა-პლატის მარჯვენაპირეთის გაუმდინარი სივრცითაა წარმოდგენილი, რომელიც ბიცობისა და მლაშობის ფრაგმენტებს უკავია. ბალახოვანი საფარის მთავარ ელემენტებს კი მრავალწლიანი მარცვლოვნები – ვაცწვერა, ურო, ფეტვი და ნაირბალახები ქმნის.

ზომიერი სარტყლის სამხრეთ პერიფერიის ცალკეული ფრაგმენტები ნახევარუდაბნოებსა და უდაბნოებს უკავია. ნახევარუდაბნოები გარდამავალია სტეპებსა და უდაბნოებს შორის. დასავლეთ ევროპაში ასეთი ზონა არა გვაქვს. აზიაში იგი იწყება მდ. ვოლგიდან და მდ. ირტიშამდე გრძელდება, ხოლო შემდეგ წყვეტილად ვრცელდება ცენტრალურ აზიაში. ზონის ფარგლებში ჩრდილოეთი ნახევარსფერო უცივესი თვის საშუალო ტემპერატურის საკმაო რყევით (-16-დან +4-მდე) ხასიათდება. უთბილესი თვისა კი +22-25^0-ს შორის მერყეობს. იგივე მაჩვენებელი სამხრეთ ამერიკაში შესაბამისად +4-5^0-სა და +10-18^0-ს შეადგენს. ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა 150-400 მმ არ აღემატება. ამის გამო, ჰიდროგრაფიული ქსელი მეჩხერია. ზაფხულში მდინარეთა დიდი ნაწილი და პატარა, მლაშე ტბები შრება კიდევაც. მიწისქვეშა წყლები საკმაოდ ღრმად მდებარეობს. რელიეფში ეოლური ფორმები (ქვიშის ბორცვები) სჭარბობს. ნიადაგები მეტად ჭრელია, თუმცა სუსტად განვითარებულ ფენებს ქმნის. აქ გავრცელებულია წაბლა, მურა, ბიცობი ნიადაგები. მცენარეულობიდან აღსანიშნავია ველის წივანა, ვაცწვერა, წურწუმა, კაპუეტა, მლაშობურები, გრამასა და ბიზონის ბალახები.

ზომიერ სარტყელში უდაბნოებს მნიშვნელოვანი ფართობი უკავია. ამ მხრივ, განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჩრდილოეთი ამერიკის დასავლეთი (დიდი აუზი) და აზიის შუა (კასპიის ზღვიდან ჯუნგარის ალათაუმდე, ტაკლა-მაკანი, ბეიშანი, ალაშანი) ნაწილები. ანალოგიური უდაბნოები სამხრეთ ნახევარსფეროში არ გვხვდება. ზონის ფარგლებში უცივესი თვის საშუალო ტემპერატურა 0-დან -15^0-მდე მერყეობს, ხოლო უთბილეს თვეში ჰაერი 22-23^0-მდე თბება. თუმცა, აბსოლუტური მაქსიმუმი 50^0-აც კი აღწევს. ამ დროს, ქვიან-ქვიშიანი ნიადაგის ზედაპირი 80^0-მდე ხურდება. ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა მეტად დაბალია (75-250 მმ) და ზაფხულში ყველაზე მცირეა.

უდაბნოების კლიმატური პირობები ზედაპირული ჩამონადენის უქონლობას განაპირობებს. ამიტომ წყლის ნაკადები აქ მხოლოდ ეპიზოდური ხასიათისაა. გრუნტის წყლები, როგორც წესი, მლაშეა და საკმაოდ ღრმა გავრცელება აქვთ. ამავე დროს, უდაბნოები წყლით მდიდარ არტეზიულ აუზებს მოკლებული სრულებით არ არის. უდაბნოებში გაბატონებულია ფიზიკური გამოფიტვა, რომლის პროდუქტები ქარის მიერ გადაიტანება.მათი აკუმულაციის ფრაგმენტებზე ქვიშის გროვები (ბარხანები, ქვიშის სერები) წარმოიქმნება, ხოლო ქარული ნგრევის (დეფლაცია) არეებში გამოქარვის ქვაბულების, სოკოსებრი კლდეებისა და სხვა რელიეფის ფორმირებას აქვს ადგილი. უდაბნოები მდიდარია მშრალი კალაპოტებით (უზბოი), მლაშობებით, თაყრებით.

უდაბნოებში მურა და რუხი-მურა ნიადაგები ვითარდება. მცენარეულობა ძლიერ გამეჩხერებული და უკიდურესად ქსეროფიტულია. მათ ღრმად გადგმული ფესვთა

სისტემა აქვთ. გაბატონებულია მრავალწლიანი ბუჩქნარი და დაბალი (3-4 მ) ხემცენარეები. მდინარეთა ხეობების გასწვრივ ჭალის ტყეებია (ტუგაი) გავრცელებული. ზომიერი სარტყლის უდაბნოების ფიტომასა 7-9 ტ/ჰა$^{-1}$, ხოლო პროდუქტიულობა 3-3,5 ტ/ჰა$^{-1}$ შეადგენს. განსაკუთრებით ღარიბია ღორღიანი ჰამადები (არაბ. ქვიანი უდაბნო) და მლაშობები. თიხოვან უდაბნოებში ხარობს ავშანი, ეფემერულ-ეფემეროიდული ბალახები; ქვიან უდაბნოებში ხშირია პატარა ბუჩქნარები – ჯუზღუნი, ქვიშის ისლი, სელინი, საქსაულის „ტყე“.

უდაბნოს ცხოველები, საკვების სიმცირის გამო, სწრაფად გადაადგილებას არიან ჩვეული: ზოგი, საკვების მოპოვების მიზნით, ხოლო დანარჩენი – მტაცებლებისაგან თავის დაღწევის გამო. მღრღნელები მცირე ზომის კოლონიებს ქმნიან. მათი საარსებო მნიშვნელობისაა სოროებისა და ბუნაგების სიმრავლე. პაპანაქების გამო, ღამის ცხოველების სიმრავლეა, ხოლო უწყლობა, წყლის ცხოველებისა და ამფიბიების სიმცირეს იწვევს. ცხოველთა ნაწილი ზამთრის ძილს, ზოგი კი ზაფხულის ძილს ეძლევა. უდაბნოს ბინადართაგან უნდა დავასახელოთ ხვლიკები (ვარანი), გველები (ეფა, გიურზა), ხოჭოები, ყარაყურტები, ფალანგები და მორიელები. გვხვდება ორკუნიანი აქლემი, ჯეირანი, საიგა, დიდი მექვიშია, თრია, მიწის კურდღელი, სტეპის კუ, ტურა, გეპარდი. აღსანიშნავია იშვიათი ბინადარი – პრჟევალსკის ცხენი, კულანი, ვეფხვი (ტუგაის ტყის მეფე) და სხვ.

სუბტროპიკულ სარტყელში ცხრა გეოგრაფიულ ზონას არჩევენ. მათ შორის ჩვენ განვიხილავთ ხმელთაშუაზღვიური ტყეებისა და ბუჩქნარების, სუბტროპიკული ფართოფოთლოვანი ტყეების, სავანების, სუბტროპიკული უდაბნოებისა და ნახევარუდაბნოების ზონებს.

ხმელთაშუაზღვიური ტყეებისა და ბუჩქნარების ბუნებრივი ზონა მოიცავს სამხრეთ ევროპას, აზიის დასავლეთ ნაწილს, ყირიმის სამხრეთ და ჩრდილოეთ შავი ზღვისპირეთს, კალიფორნიას, აფრიკისა და ავსტრალიის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილებს, შუა ჩილეს. ზონის სხვადასხვა ნაწილებში წლიური რადიაციული ბალანსი 50-60 კკალ/სმ$^{-2}$ შეადგენს. ზონის ფარგლებში უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა 4-დან 12^0-მდე, ხოლო უთბილესისა 18^0-დან 28^0-მდე იცვლება. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 400-დან 1000 მმ-მდე ცვალებადობს. ნალექები უმეტესად წლის ცივ სეზონში მოდის. ამიტომ მდინარეთა წყლის უდიდესი ხარჯი ზამთარშია. აზიაში მცირე და ეპიზოდური ნალექები, აგრეთვე, ტემპერატურის მკვეთრი რყევები განსაზღვრავენ ღვარცოფების (სელი) ხშირ გამოვლინებებს. დასავლეთ ევროპასა და კავკასიაში ხშირია კარსტული მოვლენები.

ბუნებრივი პირობები განსაზღვრავენ ნიადაგური საფარის სიჭრელეს. მათგან ჭარბობს ყავისფერი ნიადაგები. დამახასიათებელია მარადმწვანე ბუჩქნარები და ნახევრადბუჩქნარები, ფოთოლმცვენი ბუჩქნარი (ძეძვი), წიწვიანი და ნათელი მარადმწვანე ტყეები. იზრდება კედარი, კვიპაროსი სეკვოია, დაფნა, ოლეანდრი, თაგვისარა, წაბლი, რცხილა, ბროწეული, თუთის ხე, კაკალი და სხვ. ცხოველთა სამყარო მიმდებარე ზონების ფაუნის ნარევია. მათ შორისაა: გარეული თხა, მუფლონი, ირემლაღი, შველი, მაჩვზღარბა, აფთარი, ტურა; ფრინველებიდან აღსანიშნავია: ქვების შაშვი, ცისფერი კაჭკაჭი, ოფოფი, ფლამინგო, სვავი, გველიჭამია არწივი, შავი გედი (ავსტრალია) და სხვ. ბევრია ქვეწარმავალი, მწერები და წყალხმელეთა (ამფიბიები) ცხოველები.

სუბტროპიკული ფართოფოთლოვანი ტყეების ბუნებრივი ზონა ემთხვევა მუსონური ცირკულაციისა და ზამთრის ფრონტალური წვიმების არეალს და მოიცავს აშშ-ის

აღმოსავლეთ სანაპიროს, კოლხეთსა და ლენქორანს, ჩინეთის ზღვისპირა ვაკეებსა და იაპონიის კუნძულებს, ბრაზილიის მასივს (პარანის პლატო), აფრიკის სამხრეთ და ავსტრალიის აღმოსავლეთ სანაპიროებს.

ზონის წლიური რადიაციული ბალანსი 55-60 კკალსმ$^{-2}$ აღწევს. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა ყველგან 0^0-ზე მაღალია, ზოგან კი $19-20^0$-ს აღწევს. უთბილესი თვის ტემპერატურა კი 30^0-მდე შეინიშნება. ატმოსფერული ნალექები 800-1200 მმ-ის ფარგლებში იცვლება. მუსონური ცირკულაციის არეებში ნალექების 65-85% ზაფხულში მოდის. ატმოსფერული ნალექების სიუხვე კარგად განვითარებულ ჰიდროგრაფიულ ქსელს იძლევა, ხოლო მაღალი სითბო – წითელმიწებისა და ყვითელმიწების ფორმირებას უწყობს ხელს. ტყეებში წარმოდგენილია ფართოფოთლოვანების, წიწვიანებისა და შუა განედების ფლორის ნარევი. ზონის ფიტომასა საკმაოდ (450 ტჰა$^{-1}$) მაღალია. ასევე დიდია მისი (20 ტჰა$^{-1}$) პროდუქტიულობაც.

აღნიშნული ზონის სამხრეთ ამერიკის სანაპიროს ტყეებში ბევრია პალმები, ბუჩქნარი, არაუკარიის მეჩხერი წიწვიანი ტყეები. ავსტრალიის აღმოსავლეთ სანაპიროზე იზრდება გიგანტური ევკალიპტები, ელეოკარპუსები, ალიანის ხე, პალმები, ხე-გვიმრები; ჩრდილოეთ ამერიკაში – ფიჭვნარები და მუხნარები მაგნოლიების შერევით; აზიის ტყეებში – კამელიები, მაგნოლიები, მუხა, წიფელი, კრიპტომერიები, ბამბუკი, სოჭი, ურთხელი. ამ ზონის ცხოველთა სამყარო ძალიან ჰგავს შუა განედების ფართოფოთლოვანი ტყეების ფაუნას, თუმცა აქ ემატება სითბოსმოყვარული (ალიგატორი, თუთიყუში, კოლიბრი და ა.შ.) ფორმები.

სუბტროპიკული სავანებისა და პრერიების ბუნებრივი ზონა მოიცავს ავსტრალიის შიდა ვაკეებსა და ტეხასის, მისურის, ოკლაჰომასა და კანზასის შტატების დიდ ნაწილს. წლიური რადიაციული ბალანსი ზონის ფარგლებში 60-70 კკალ სმ$^{-2}$ შეადგენს. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა $4-12^0$-ია, ზაფხულში იგი $20-25^0$ აღწევს. ნალექები უხვია (500-1200 მმ), მაგრამ მშრალი პერიოდი მაინც 200-250 დღეს გრძელდება. ამიტომ აქ მუდმივი ჰიდროგრაფიული ქსელი ფაქტობრივად არ იქმნება. გავრცელებულია ყავისფერი მოწითალო-შავი და შავმიწისებრი ნიადაგები. მცენარეთა ძირითად ფონს მაღალი ბალახები ქმნის. გვხვდება სიმშრალის მოყვარული ნათელი ტყეების ფრაგმენტები. ფიტომასა 25-50 ტჰა$^{-1}$ შეადგენს, ხოლო პროდუქტიულობა 10-15 ტჰა$^{-1}$ არ აღემატება. ცხოველებში ჭარბობს მღრღნელები და ქვეწარმავალი; ჩრდილოეთ ამერიკაში ბინადრობს იაგუარი, ალიგატორი, ფლამინგო; ავსტრალიაში – გიგანტური კენგურუ, ჩანთოსანი მაჩვი, ვომბატი, ემუ და სხვა.

სუბტროპიკული უდაბნოებისა და ნახევარუდაბნოების ბუნებრივი ზონები გავრცელებულია აფრიკაში (ლიბია-ეგვიპტის სანაპირო, სამხრეთი აფრიკა), სამხრეთ ამერიკაში (ატაკამა), ავსტრალიაში (სამხრეთი სანაპირო), შუა აზიაში. წლიური რადიაციული ბალანსი, ზონის ფარგლებში, 60-65 კკალსმ$^{-2}$-ს შეადგენს. ზონის უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა დადებითია და 3-დან $19-20^0$-მდე, ხოლო უთბილესისა 25-დან 35^0-მდე მერყეობს. ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა იცვლება 50 მმ-დან (ატაკამა) 400 მმ-მდე (აფრიკის ჩრდილოეთ სანაპიროზე). ზაფხულობით უდაბნოები „მზიური ქვეყანაა“: თურქმენეთში მზის ნათების ხანგრძლივობა 3000 სთწ$^{-1}$-ში აღწევს. ადგილობრივი მდინარეები ეპიზოდურია. ტბები და გრუნტის წყლები მაღალი მარილიანობისაა. ნამიბიასა ატაკამის უდაბნოებში, რომლებსაც ცივი დინებები ჩაუვლის, ზამთრობით ხშირი

ნისლი იცის. ჰავის პირობების მიერ ფიზიკური გამოფიტვაა გამეფებული. გამოფიტვის სიალუტურ-ქლორიდული ქერქი დაცულია თაბაშირიან-კირქვიან-კაჟიანი შლეიფით.

ზონაში გავრცელებულია მორუხო-ყავისფერი, რუხი-მურა, ბიცობი ნიადაგები. მცენარეული საფარი ძლიერ გამეჩხერებული და ქსეროფილურია. გაბატონებულია ბუჩქნარებისა და ჩირგვების თანასაზოგადოებები, მლაშობებზე კი ჰალოფიტები. ზონის ფიტომასა უმნიშვნელოა და 1-2,5 ტ/ჰა$^{-1}$-ს, ხოლო პროდუქტიულობა 0,5-2,5 ტ/ჰა$^{-1}$ აღწევს. ცხოველთა სამყაროს ჩლიქოსნები, მღრღნელები, ქვეწარმავლები წარმოადგენენ. სუბტროპიკულ უდაბნოებში ვხვდებით ანტილოპებს, კოიოტს, მდელოს ძაღლს, კენგურუს, მელიას, ჯეირანს, აფთარს, მორიელს, გიურზას; ფრინველებიდან აქ ბინადრობენ უდაბნოს ტოროლა, მტრედი, ქორი და სხვა.

III. ᲪᲮᲔᲚᲘ ᲡᲐᲠᲢᲧᲔᲚᲘ ᲓᲐ ᲑᲣᲜᲔᲑᲠᲘᲕᲘ ᲖᲝᲜᲔᲑᲘ. ცხელი სარტყელი, თავის მხრივ, ტროპიკული, სუბეკვატორული და ეკვატორული სარტყლების ბუნებრივ ზონებს მოიცავს. აქედან ჩვენ განვიხილავთ ტროპიკული ტყეების, სავანების, უდაბნოებისა და ნოტიო ეკვატორული ტყეების (ჰილეა) ბუნებრივ ზონებს. აღნიშნული სარტყლის ჩრდილოეთი და სამხრეთი საზღვრები შემოფარგლულია +20^0-იანი წლიური იზოთერმით. მზე ტროპიკებზე 43^0-ზე დაბლა არ ჩამოდის, ეკვატორზე კი მთელი წელიწადი 66,5^0-ზე მაღალია, ხოლო ტროპიკებს შორის წელიწადში ორჯერ ზენიტში იმყოფება. დღისა და ღამის ხანგრძლივობათა შორის სხვაობა უმნიშვნელოა. წლიური რადიაციული ბალანსი სარტყლის მთელ სივრცეზე 60-დან 80-მდე კკალ/სმ$^{-2}$ შორის იცვლება. ვინაიდან სითბოს წლიური შემოსავალი მაღალია და თანაბარი, ამიტომ სარტყლის შიდა ზონალური განსხვავება განპირობებულია არა თერმული ასპექტებით, არამედ ტენის განაწილების თავისებურებებით.

ტროპიკული ტყეების ზონა მოიცავს ფლორიდის სამხრეთ ნაწილს, ცენტრალური ამერიკის აღმოსავლეთ პერიფერიას, ოკეანეთის კუნძულებს. აქ წლიური რადიაციული ბალანსი 80-85 კკალ/სმ$^{-2}$ შეადგენს. ჰაერის ტემპერატურა მუდამ მაღალია: ზამთარში +18^0, ხოლო ზაფხულში +28^0-ია. ასევე მაღალია (1000-2000 მმ) ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა. ამიტომ წყალუხვი მდინარეები და ინტენსიური ფერდობრივი ჩამონადენი ძლიერ ეროზიას იწვევს. ალიტურ-სიალიტური გამოფიტვის ქერქის სიმძლავრე 80 მ-ს აღწევს. ამ პირობებში წითელმიწა და გაეწრებული ლატერიტები წარმოიქმნება. ტენიან ტყეებში ხარობს მარადმწვანეები, პალმები, დაფნისნაირნი, პარკოსნები, ლიანები. ფიტომასა საკმაოდ დიდია (600 ტ/ჰა$^{-1}$), ხოლო პროდუქტიულობა 27 ტ/ჰა$^{-1}$ აღწევს.

ტროპიკული სავანებისა და მეჩხერი ტყეების ბუნებრივი ზონა მოიცავს შუა, აღმოსავლეთი და სამხრეთი აფრიკის დიდ ნაწილს, სამხრეთი ამერიკის ჩრდილოეთ და შუა (ბრაზილიის მასივი) ნაწილებს, ჩრდილოეთ ავსტრალიას, ინდოსტანს, ინდოჩინეთის სამხრეთ-დასავლეთ ნაწილს. ზონის წლიური რადიაციული ბალანსი 75-80 კკალ/სმ$^{-2}$ შეადგენს. უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა დადებითია და 12-20^0 შეადგენს. ზაფხულობით ჰაერი 20-35^0-მდე თბება. შეინიშნება სინოტივის დეფიციტი: წლიური ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 100-500 მმ-ს არ აღემატება. მშრალი და ნოტიო სეზონები მკაფიოდაა გამოხატული. მდინარეთა რეჟიმიც სეზონურია. ღრმად მდებარე გრუნტის წყლები მლაშეა. ზონაში შავმიწა, წითელ-მურა, ყავისფერი და რუხი ნიადაგებია გავრცელებული.

სავანები ბალახეული მცენარეულობისა და ქსეროფილური დაბალტენიანი და აქა-იქ აღმართული ქოლგისებრი ვარჯის, ხემცენარეების გავრცელების არეალია.

ზონაში ვხვდებით აგრეთვე მშრალ და ნათელ ტყეებს, ბუჩქნარებს, ჭალის ტყეებს (მდინარეთა ხეობებში); აფრიკაში მაღალტანიანი, მარცვლოვანიანი და აკაციებიანი სავანებია. პირველში ხარობს ბაობაბი, მეორეში – აკაციები; ორინოკოს ლიანოსებში მაღალტენიანი ბალახები და პალმის კორომებია გავრცელებული; ბრაზილიის მასივის ბალახოვან სივრცეზე აღმართულია ცალკეული ტანბრეცილი ხეები, ბუჩქები და პალმები; ჭალაზე და მშრალ ნათელ ტყეებში კაქტუსებია წარმოდგენილი; ავსტრალიის სავანებში ბალახოვან სივრცეს ავსებენ ევკალიპტები, ტრისტანიები, აკაციის ბუჩქები; ინდოსტანის ბუჩქოვან-ბალახოვან სავანაში გავრცელებულია აკაცია და სუკულენტები. სავანების ფიტომასა 50-დან 150-მდე ტჰა$^{-1}$ შორის მერყეობს, ხოლო მისი პროდუქტიულობა 8-30 ტჰა$^{-1}$ აღწევს.

განსაკუთრებით მდიდარია სავანის ცხოველთა სამყარო. უხვი ბალახი იზიდავს ჩლიქოსნებს. თუმცა მშრალ პერიოდში მათ დიდი მანძილის გავლა უხდებათ. ბევრია მღრღნელები, მტაცებლები, ლეშიჭამია, ქვეწარმავლები. მდიდარია სახეობრივი შემადგენლობაც. მათ შორის აღვნიშნავთ იაგუარს, მყრალას, ნიანგს, სირაქლემას, თუთიყუშს, კოლიბრის, ჟირაფს, ზებრას, ანტილოპას, სპილოს, ლომს, ავაზას, მარტორქას, ბეჰემოთს.

ტროპიკული უდაბნოების ბუნებრივი ზონა მოიცავს მთელ ჩრდილოეთ აფრიკას, არაბეთსა და ინდოსტანის ჩრდილო-დასავლეთ ნაწილს, მდ. კოლორადოს ქვემო დინებას, მექსიკის დასავლეთი პერიფერიას, კალიფორნიას, ცენტრალურ ანდებს, შიდა ავსტრალიას. ზონის წლიური რადიაციული ბალანსი 70-75 კკალ სმ$^{-2}$-ია. ჰაერის ტემპერატურა მთელი წლის განმავლობაში 7-დან 35^0-მდე იცვლება. ზოგჯერ, ქვიშა 90^0-მდე ხურდება. ატმოსფერული ნალექები უმნიშვნელოა. იგი 50-200 მმ მეტი არ არის. არცთუ იშვიათად, წლების განმავლობაში, ნალექები საერთოდ არ მოდის. გაბატონებულია ფიზიკური გამოფიტვა და დეფლაცია. გამოფიტვის ქერქი სიალიტურია, რომელიც დაცულია ლატერიტული კაჟოვანი და თაბაშირიანი შლეიფით. გავრცელებულია ბარხანები, დიუნები, ქვიშის ბორცვები, მშრალი კალაპოტები (ვადები). მდინარეები მხოლოდ დროებით ნაკადებს ქმნიან. ტბები საკმაოდ მლაშეა. ნიადაგები ფაქტობრივად არ იქმნება. მლაშობებზე ფორმირებულია ძლიერ გამეჩხერებული ქსეროფიტები, ეკლიანი ბუჩქნარები, მღიერები (მანანა); ქვიშებზე გავრცელებულია ბუჩქები და მარცვლოვნები (საჰარის კურდღლის ცოცხა, ეფედრა, დრინი), აღმოსავლეთ საჰარაში აკაციის ბუჩქებია, ავსტრალიის უდაბნოებში კი სკრუბი, მლაშობური, ევკალიპტი და სხვა.

უდაბნოს ფიტომასა 1,5 ტჰა$^{-1}$-ზე ნაკლებია, ხოლო მისი პროდუქტიულობა 1 ტ ჰა$^{-1}$ ვერ აღწევს. ცხოველთა სამყაროც ღარიბია, თუმცა გავრცელებულია ჩლიქოსნები, მტაცებლები, მღრღნელები და ქვეწარმავლები. სახეობრივი შემადგენლობაც ერთობ მოკრძალებულია. აქ ბინადრობს ჭურიკა, ანტილოპა, გარეული ვირი (ონაგრი), ზოლებიანი აფთარი, ტურა.

ნოტიო ეკვატორული ტყეების ბუნებრივი ზონა გავრცელებულია მდინარეების ამაზონისა და კონგოს აუზებში, სუმატრას, იავას, კალიმანტანის, სულავესის კუნძულებზე, ახალი გვინეის სანაპიროზე, მალაკის ნახევარკუნძულის სამხრეთ ნაწილში. აქ წლიური რადიაციული ბალანსი 80 კკალსმ$^{-2}$ აღწევს. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 24-დან 28^0-მდე მერყეობს, ხოლო მისი წლიური ამპლიტუდა მხოლოდ 2-4^0-ს შეადგენს. ამდენად, ჰაერის ტემპერატურა არა მარტო მაღალია, არამედ მეტად მდგრადიცაა.

სეზონური რიტმიკის უქონლობის მიუხედავად, ინტენსიურად მიმდინარეობს გეომორფოლოგიური, გეოქიმიური და ბიოქიმიური პროცესები. მაღალია (1500-3000 მმ) ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა. ქედების ქარპირა ფერდობებზე ნალექები შეუდარებლად (8000-10000 მმ) დიდია. ამის გამო მდინარეები მუდმივად წყალუხვია. ულტრამტკნარი გრუნტის წყლები მცირე სიღრმეზე მდებარეობენ. ამიტომ ხშირია დაჭაობება. მძლავრი გამოფიტვის ქერქი შეიცავს ლატერიტებს, კაოლინებსა და ბოქსიტებს. გავრცელებულია წითელი-მურა ლატერიტული, ხშირად გაეწრებული და დაჭაობებული ტორფნარი ყვითელი-მურა ნიადაგები.

აღწერილი ბუნებრივი პირობები განაპირობებს ე. წ. ჰილეას (ტროპიკული წვიმებიანი ტყე) ფორმირებას. ეკვატორულ ტყეებში ხემცენარეები მარადმწვანეა (ფოთოლს თანდათანობით იცვლის) და ტანმაღალი (30-40 მ, ზოგიერთი 50-60 მ). ხშირია ჰაერში დაკიდებული ფესვებიანი ხემცენარეები. მცენარეების ფოთლები ჭრელია და მკაფიოდ შეფერილი. მრავლადაა ეპიფიტები და ლიანები. მოქცევებით დატბორილ სანაპიროზე ხარობს მანგრული ტყე. ეკვატორული ტყეები სახეობათა მრავალფეროვნებითაც გამოირჩევიან. ამაზონის აუზში გავრცელებულია პალმები, ჯადვარისებრნი, ვიქტორია რეგია, ჰევეა; აზიის ტყეებში – პანდანუსები, პარაზიტი ყვავილები (რაფლეზია), ბამბუკები, პალმა – როტანგი, ხავსები; დასავლეთ აფრიკაში – ზეთის პალმა და ლიანები.

ჰილეას ცხოველთა სამყარო ეკოლოგიური გარემოთია განსაზღვრული. აქ ჭარბობს ბალახისმჭამელები, ხეზე მცოცავნი, მკვეთრი ფერის ბუმბულიანი ფრინველები, მწერების (მათ შორის გიგანტური ზომის), ქვეწარმავლებისა და ხმელეთის წურბელები. შედარებით მცირეა მტაცებლები და მიწის მთხრელები. სახეობრივი თვალსაზრისით, ცხოველთა სამყაროს გეოგრაფია შემდეგნაირია: ამაზონის აუზში ბინადრობს მაიმუნი-ღრიალა, იაგუარი, ალიგატორი, ანაკონდა, თუთიყუში, პეპლები და ჭიანჭველები; აზიის ტყეებში – ორანგუტანგი, მალაის დათვი, ბაბირუსი, მანგუსტა, სპილო, ვეფხვი, პანტერა, ხვლიკი, პითონი, კობრა, ტერმიტები; აფრიკაში – შიმპანზე, გორილა, სპილო, ბეჰემოთი, ნიანგი, კობრა, ქამელეონი, რუხი თუთიყუში, ხოჭოები, ტერმიტები, კოლოები.

ოკეანური აქვატორიის ზონალურობა. მზის სხივების ოკეანის ზედაპირზე დაცემის კუთხე ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ ისევე კანონზომიერად მცირდება როგორც ხმელეთზე. ეს მოვლენა ზონალურობის ძირითადი ნიშნების წანამძღვარია. ცხადია, წყლის გარემოში ზონალურობა თავისი სპეციფიკური ნიშნებით ხასიათდება. ოკეანის წყლები მუდმივ მოძრაობაშია. ამ მხრივ აღსანიშნავია დინებები, მოქცევები და უკუქცევები, ღელვა და აპველინგი. ოკეანის ზედაპირს ხმელეთისაგან განსხვავებული ალბედო, თბოტევადობა და სითბოგამტარობა ახასიათებს. ზღვების წყლის ტემპერატურა ხმელეთთან შედარებით (+58-დან -88,3°-მდე) გაცილებით უფრო ვიწრო (-2-დან +36°-მდე) დიაპაზონში მერყეობს. წყლის წნევაც სიღრმეში უფრო სწრაფად (ყოველ 10 მ-ზე 1 ატმოსფერო) მატულობს.

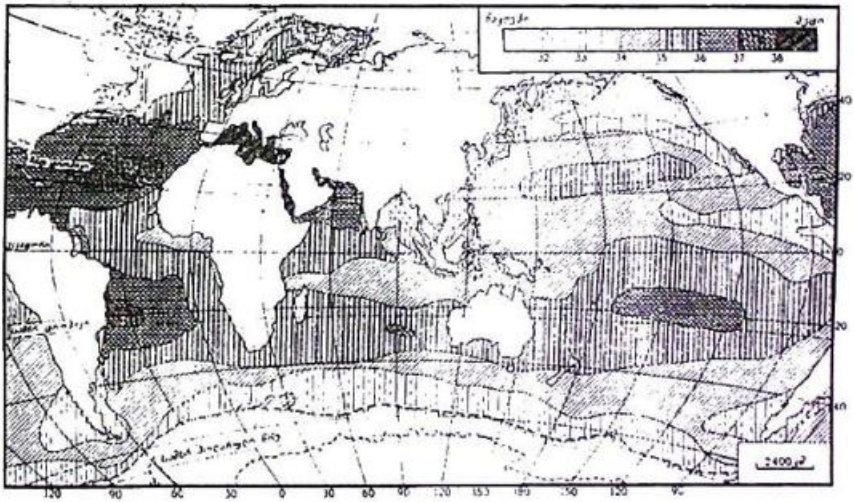
ზღვის წყლის არსებითი მახასიათებელი ნიშანია მისი ტემპერატურა და მარილიანობა. წყლის ტემპერატურის ზონალური გავრცელების შესახებ ცნობას XIII.5. ცხრილი იძლევა, ხოლო მარილიანობის ზონალურობაზე ნახ. XIII.8. მეტყველებს. როგორც ეს ცხრილიდან ჩანს, ოკეანის წყლის ზედაპირის ტემპერატურა ეკვატორიდან პოლუსების მიმართულებით თანდათანობით კლებულობს. რაც შეეხება

ოკეანის წყლის მარილიანობას, მისი, ზოგადად ზონალურ ხასიათთან ერთად, მაქსიმალური მაჩვენებლების გავრცელება ჩრდილოეთ და სამხრეთ ტროპიკებს უკავშირდება. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ზონალურობის მიმოხილვა სრული არ იქნება, თუ მხედველობიდან გამოგვრჩება ოკეანური ბუნებრივი ზონები. მათი გამოყოფისას ამოსავალ დებულებებად რჩება: გეოგრაფიულ სარტყლებად დაყოფა ემყარება წყლის სითბურ რეჟიმს; ოკეანურ ზონებად დაყოფა ემყარება წყლის მასის ტემპერატურულ, მარილიანობის, სიმკვრივისა და დინამიკურ თვისებებს; ოკეანური საკვები რესურსების ხარჯზე მყოფნი ზღვის ფაუნას მიეკუთვნება; კუნძულები ისე მიეკუთვნება ოკეანეებს, როგორც ტბები ხმელეთის ბუნებრივ ზონებს.

ცხრილი XIII.5.

მსოფლიო ოკეანის ზედაპირის საშუალო წლიური ტემპერატურები (C^0-ში)

განედები φ, გრად-ში	ჩრდილოეთ ნახევარსფერო	სამხრეთ ნახევარსფერო
0-10	27,3	26,4
10-20	26,5	25,1
20-30	23,9	21,7
30-40	18,9	17,0
40-50	11,0	9,8
50-60	6,1	3,0
60-70	3,1	1.4



ნახ. XIII.8. მარილიანობის (პრომილე) განაწილება მსოფლიო ოკეანის ზედაპირზე

ოკეანის ზონების საზღვრები მერყევია და ამიტომ მათ მიახლოებით ღებულობენ. მიღებულია მსოფლიო ოკეანის დაყოფა რვა ბუნებრივ ზონად. მოკლედ განვიხილოთ ისინი:

1. ჩრდილოეთის ყინულოვანი ზღვების ზონა ამავე სახელწოდების ოკეანეს მოიცავს. ჰავა აქ განსაკუთრებით მკაცრია. წლიური რადიაციული ბალანსი 20 კკალ სმ$^{-2}$-ზე ნაკლებია. ზამთარში ტემპერატურა -40^0-მდე ეცემა, ზაფხულში მხოლოდ +10^0-მდე თბება. ატმოსფერული ნალექები 75-250 მმ-ის ფარგლებში მერყეობს. გაბატონებულია აღმოსავლეთის ქარები. წყლის ტემპერატურა მთელი წლის განმავლობაში უარყოფითია და -1-დან -2^0-მდე ცვალებადობს, მარილიანობა (30-32‰) დაბალია. შელფებზე ზღვის წყალი ზაფხულობით +8^0-მდე თბება, მარილიანობა კი მდინარეთა გავლენით

25‰-მდე ჩამოდის. უფრო ღრმად კი (100-250 მ) თბილი (+2,5°) და მარილიანი (35‰) წყლის ფენა შემოტანილია ატლანტური დინებით.

ზაფხულში ყინულოვანი ზღვების მთელი ფართობის 50%, ზამთარში კი 70% ყინულითაა დაფარული. ჟანგბადიან ცივ წყალში უხვადაა პლანქტონი. სანაპიროსთან კი იზრდება მწვანე, მურა და მეწამული წყალმცენარეები, აგრეთვე, ზღვის ბალახი — ზოსტერა. წყალი მდიდარია თევზით (ქაშაყი, ვირთევზა, პიკშა, მოივა, ციმბირის ზუთხი და გოჭალა), ძუძუმწოვრებითა (ვეშაპი, სელაპი, ლომვეშაპი, თეთრი დათვი) და ზღვის ფრინველებით, რომლებიც ფრინველთა „ბაზარს“ ქმნიან.

სანაპიროზე განვითარებულია ფიორდული, შხერული და თერმოკარსტული ნაპირები. ზონაში კარგად ჩანს პოლარული დღეები და, განსაკუთრებით, პოლარული ღამეებისათვის დამახასიათებელი ჩრდილოეთის ციალი.

2. ჩრდილოეთის ზომიერ ზონას უკავია აკვატორიის სივრცე ჩრდილოეთი განედის 70-60°-დან 50-45°-მდე. ამ ზონის ატლანტიკური ნაწილი საკმაოდ რთულია, რომელიც ორ ნაწილად იყოფა: დასავლურ ნაწილში არქტიკული გავლენები სამხრეთისაკენ ღრმად (45°-მდე) იჭრება, ხოლო ევროპული (აღმოსავლური) მხარე პოლარული წრის მიღმა (73°-მდე) ვრცელდება. ამავე დროს, განსახილველი ზონის აღმოსავლური ნაწილი ჩრდილოატლანტიკური თბილი დინების, ხოლო დასავლური აკვატორია ლაბრადორისა და გრენლანდიის ცივი დინებების გავლენის ქვეშ იმყოფება. მათი შეხვედრის ადგილი — ნიუფაუნდლენდი, ცნობილია როგორც „ნისლების პოლუსი“ და სიცოცხლით სავსე აკვატორია.

როგორც ჩანს, ამ ზონის ჰავა საკმაოდ კონტრასტულია. ამასთან, წლიური რადიაციული ბალანსი 40 კკალსმ$^{-2}$ არ აღემატება. ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ზამთარში -5-დან +10°-მდე მერყეობს, წყლისა კი 4-10°-ის ფარგლებშია. ზაფხულში ეს სიდიდეები შესაბამისად 5-15° და 10-15°-ია. წყლის მარილიანობა 33-35‰ აღწევს. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა 500-1000 მმ-ს შორის მერყეობს. ზონის ჩრდილოეთ ნაწილში აღმოსავლეთის, ხოლო სამხრეთით — დასავლეთის ციკლონური ქარებია გაბატონებული.

სანაპირო ზოლში იზრდება ფიკუსისებრი და ლამინარიასებრი წყალმცენარეები. პლანქტონს კიბორჩხალები და დიატომიტები ქმნიან. ზღვის ფსკერზე ბინადრობენ მოლუსკები (ხამანწკა, მიდი, კალმარი), კიბოსნაირნი (კიბორჩხალა, ლანგუსტი, ომარი, კრევეტა) და კანქლიანები. ფრინველებიდან გავრცელებულია კაირა, წითელი იხვი, ლურიკი, ცულნისკარტა. ატლანტის ოკეანის ფაუნის ძუძუმწოვრები და თევზებია: კაშალოტი, ბელუხა, დელფინი, სელაპი, ნერპა, ქაშაყი, ვირთევზა, საიდა. წყნარი ოკეანის წყლის ფაუნაა: ზღვის კატა, კალანი, სელაპი, ვეშაპი, ქაშაყი, ჩავიჩა, მინტაი, კამბალა, ივასი, იაპონური კიბორჩხალა.

3. ჩრდილოეთის პასატური დინების ცირკულაციის ზონა ვრცელდება ჩრდილოეთ განედის 8-დან 45-80°-მდე, ხოლო ინდოეთის ოკეანეში მოიცავს მუსონური დინებების აკვატორიას. ზონის ფარგლებში ორ წრეს გამოყოფენ, რომლებსაც ორი ქვეზონა (წყლის მოძრაობის მიხედვით) შეესაბამება:

ა). ატლანტური (ჩრდილოეთის ქვეზონა, წყალი მოძრაობს აღმოსავლეთისაკენ) წრე მოიცავს ჩრდილოეთ პასატურ, ანტილის, გოლფსტრიმის, კანარის დინებებს. დასავლეთური დინებები თბილია, აღმოსავლური — ცივი. წრის შიგნით — სარგასის მუქი ლურჯი ზღვა მდიდარია (17 მლნ.ტ) წყალმცენარეებით, თუმცა ღარიბია პლანქტონით და მაღალი მარილიანობით ხასიათდება;

ბ). წყნაროკეანური (სამხრეთი ქვეზონა, წყალი მოძრაობს დასავლეთისაკენ) წრე მოიცავს ჩრდილოეთის პასატურ, კუროსივოს, ჩრდილოეთის წყნაროკეანურ და კალიფორნიის დინებებს. აქაც დასავლური დინებები თბილია, აღმოსავლური – ცივი.

ზონის ჰავა საკმაოდ ცვალებადია. წლიური რადიაციული ბალანსი 40-100 კკალსმ$^{-2}$ ფარგლებში მერყეობს. ზამთრობით ჰაერის ტემპერატურა 7-25^0-ის, წყლის კი 5-25^0-ის დიაპაზონშია მოქცეული. ზაფხულის თვეებში მათი მნიშვნელობა, შესაბამისად, 15-25^0-სა და 16-25^0-ს შორის მერყეობს. ზღვის წყლის მარილიანობა 33-დან 37,5‰-მდე ცვალებადობს. ატმოსფერული ნალექები, პასატების საწყის არეში, დაბალია (1000 მმ), თუმცა მათ დასავლეთ დაბოლოებაზე 3000 მმ-მდე მატულობს. კუროსიოსა და გოლფსტრიმის დინებების, აგრეთვე, ბენგალის ყურეს აკვატორია ძლიერი და ხანგრძლივი, ხშირად გამანადგურებელი ტროპიკული ტაიფუნების გავრცელების არეალები ხდება.

ზონის სამხრეთი ნაწილი მდიდარია მარჯნის ნაგებობებით. ტროპიკების კუნძულთა ნაპირებზე მანგრული ტყეებია განვითარებული. წყალმცენარეებიდან დამახასიათებელია სარგასისებრნი, ხოლო პლანქტონებიდან – პერიდინეები, ფორამინიფერები, მოლუსკები და კიბორჩხალები. ყველგანაა ვერცხლისფერი თოლია, ხოლო ტროპიკებში – ფაეტონები და ფრეგატები. ფართოდაა გავრცელებული კაშალოტები, რგოლიანი ჭიები, ჰოლოთურიები, ტრიდაკნა, მფრინავი თევზები, ზვიგენები, ზღვის კუ, მარჯნის რიფების ღია ფერის თევზები.

4. მარჯნის ზღვების ზონა პასატთაშორის უკუდინების ზოლს (ჩრდ. განედის 6-8^0) ემთხვევა. დინებები აქ ზღვის წყალს დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ გადაადგილებენ. ჰავა ცხელი და ნოტიოა: ხშირია თავსხმა წვიმები; წლიური რადიაციული ბალანსი 100 კკალსმ$^{-2}$-ზე მეტია; ჰაერის საშუალო ტემპერატურა +25^0-ზე დაბლა არ ჩამოდის, წყლისა კი 25-28^0-ს შორის მერყეობს; ზონა უხვი (2000-3000 მმ) ატმოსფერული ნალექებით ხასიათდება. ამის გამო წყლის მარილიანობა 34‰-ს შეადგენს.

მარჯნის ზღვები მდიდარია ფიტო და ზოოპლანქტონით. მათ შორისაა მანათობელი (ნოქტილიუსი) ფორმები. წყალმცენარეებიდან დამახასიათებელია ტრიქოდერმიები. სანაპიროების მანგრულ ტყეში ბინადრობენ კიბოები, ხამანწკა, პელიკანი, ფლამინგო, ფრეგატები, ფაეტონები, ნიანგი, ჭრელი და შხამიანი ზღვის გველები. ინდოეთისა და წყნარ ოკეანეებში ხშირია მარჯნის ნაგებობები – არქიპელაგები, ატოლები, ბარიერული და სანაპირო რიფები. მათ შექმნაში, მარჯნებთან ერთად, კირქვის ჩონჩხიანი ორგანიზმებიც (მოლუსკები, ფორამინიფერები) მონაწილეობენ. ღია ოკეანის ატოლების საძირკველს ვულკანური ნაგებობა წარმოადგენს. მარჯნის კუნძულებზე ხარობს ქოქოსის პალმა. მრავალფეროვანია მარჯნის კოლონიის ფაუნა: ზღვის ვარსკვლავი და ზღარბი, მოლუსკები (რვაფეხა, ტრიდაკნა, მემარგალიტე), კიბოსნაირნი, მკვეთრი ფერის მარჯნის თევზები, შხამიანი გველთევზა და ჭია პალოლო. მრავალი თევზი, პლანქტონი და ბაქტერია წყლის გამჭვირვალობას ამცირებს, ხოლო მათი სიკვდილი ზღვიური ნალექების ერთ-ერთი წყაროა.

5. სამხრეთის პასატური დინებების ცირკულაციის ზონა მოიცავს ოკეანურ აკვატორიას სამხრეთი განედის 6-40^0-ს შორის. ზონა სამ ცირკულაციურ წრედაა დაყოფილი: ატლანტიკური, წყნაროკეანური და ინდოეთის ოკეანური. ოკეანის პასატური ცირკულაციის რგოლების დასავლური დინებები თბილია, აღმოსავლეთისა კი ცივი. ზონას ორ ნაწილად (ჩრდილოეთი და სამხრეთი) ყოფენ. პირველ

მათგანში წყალი დასავლეთისაკენ მოძრაობს, მეორეში – აღმოსავლეთისაკენ. მათ შორის მოქცეულია ატმოსფერული წნევის სუბტროპიკული მაქსიმუმი.

ზონის ჰავა ცხელი და ნოტიოა. წლიური რადიაციული ბალანსი 60-100 კკალსმ$^{-2}$ შორის მერყეობს. წყლისა და ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ზაფხულში 15-დან 28^0-მდე, ხოლო ზამთარში 10-დან 25^0-მდე იცვლება. წყლის მარილიანობაც ცვალებადია და 34-დან 37.5‰-მდე მერყეობს. ატმოსფერული ნალექების მინიმუმი (100 მმ) მოდის კონტინენტების დასავლეთ სანაპიროებთან, ხოლო მაქსიმუმი (3000 მმ) აღმოსავლეთ სანაპიროებთანაა დაფიქსირებული.

ზონისათვის დამახასიათებელია როგორც მარჯნის ნაგებობები, ისე სანაპირო მანგრული ტყე. ორგანული სამყარო დიდად არ განსხვავდება ჩრდილოეთი პასატური დინების ზონისაგან. თუმცა სამხრეთი პასატური დინების ზონას „თავისი“ ფლორა და ფაუნა გააჩნია. ესენია: პინგვინები, გიგანტური ალბატროსი, სამხრეთის ვეშაპი, ზოლიანი ვეშაპი, კომორის კუნძულებთან წყალში ბინადრობს რელიქტური (დევონური 400 მლნ. წელი) თევზი – ლატიმერია.

6. ზღვის პრერიების ზონა მოიცავს აკვატორიას სამხრეთ განედის 40-50^0-ს შორის. აქ მთელი წელიწადი ქრის დასავლეთის ქარები და მოძრაობს ციკლონები. წლიური რადიაციული ბალანსი 60-40 კკალსმ$^{-2}$ შეადგენს. წყლის საშუალო წლიური ტემპერატურა 10-15^0-ია, ხოლო მარილიანობა – 35‰. ზამთარში ჰაერის ტემპერატურა დაბალია, ზაფხულში კი 8-12^0-მდე თბება. ატმოსფერული ნალექები ყველგან 1000 მმ-ზე მეტია, ხოლო ხმელეთის დასავლეთ ნაპირებთან კიდევ უფრო (3000 მმ) მატულობს. ზღვას მუდმივი ღელვა ახასიათებს, რომელიც ხშირად შტორმულ (ტალღის სიმაღლე 20 მ-ზე მეტი) ხასიათს ღებულობს.

ზონის ორგანულ სამყაროში შეიმჩნევა მოდრეიფე წყალმცენარეები. მათი გროვები ვრცელ მდელოებს (პრერიებს) მოგვაგონებს. ზღვაზე დაფრინავენ პოლარული ფრინველები. ისინი ბუდობენ კუნძულებზე და მათი ადგილსამყოფელი არქტიკულ ფრინველთა „ბაზარს“ წააგავს. აქვე აღწევენ კარგად მცურავი პინგვინებიც.

7. სამხრეთის ოკეანის შუა ზონა 60^0-იან პარალელამდე აღწევს. აქ წლიური რადიაციული ბალანსი 20-40 კკალ სმ$^{-2}$-ის ტოლია. წყლის ტემპერატურა პოლუსისაკენ მცირდება, საშუალოდ კი +10^0-ს შეადგენს. ამავე მიმართულებით მცირდება მარილიანობაც. ზაფხულში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა +8^0-ს არ აღემატება, ზამთარში კი – უარყოფითია. წყალში მცურავი ყინულები 55^0-იან პარალელს არ სცილდება, მაგრამ მოდრეიფე აისბერგები უფრო შორს აღწევენ. ჟანგბადითა და ფოსფატებით მდიდარი ოკეანის წყალი დიატომიტების კვების წყაროს წარმოადგენს. ოკეანური კუნძულების მიდამოებში იზრდება მეწამული წყალმცენარეები – მიკროცისტები, ლამინარიები და დესმარისტიები.

8. სამხრეთის ყინულოვანი ზღვების ზონა ვრცელდება 60-დან 67^0-მდე პარალელებს შორის. ზონის ჰავა მკაცრია: წლიური რადიაციული ბალანსი 20 კკალსმ$^{-2}$-ზე ნაკლებია; ზაფხულში ჰაერი მხოლოდ +5^0-მდე თბება, ზამთარში კი 25^0-მდე იყინება; წყლის ტემპერატურაც თითქმის მთელი წლის განმავლობაში უარყოფითია. მარილიანობა დაბალია და 33-33,75‰ შორის მერყეობს. წყლის ზედაპირი მუდმივი ყინულებითაა დაფარული. აქვე ხშირია კონტინენტური და შელფური მყინვარები. შელფური მყინვარების ფართობი 1,6 მლნ.კმ^2 აღწევს. ფრიად დამახასიათებელია აისბერგები, რომელთა ნაწილი საკმაოდ დიდი ზომისაა და „მცურავ კუნძულებს“ ქმნიან. ანტარქტიდის აისბერგები 10 წელიწადსაც კი

არსებობენ და არცთუ იშვიათად ზღვიური პრერიების ზონამდეც კი აღწევენ.

ზონის ორგანული სამყარო წარმოდგენილია დიატომეებით, მოლუსკებითა და კიბორჩხალებით, თევზებით. ზღვის ტალღებს აპობენ დიდი ალბატროსები, მეზღვიები და მეთოვლიები. სანაპიროზე ფრინველთა „ბაზარია“ შექმნილი. პინგვინები (საიმპერატორო, ანტარქტიკული, ადელის) კოლონიებად ცხოვრობენ. ზღვაში ბინადრობს ცისფერი და კუზიანი ვეშაპი, ფინვალი და სეივალი. სანაპირო აკვატორიაში ჭარბობს უედელისა და როსის სელაპები, ზღვის მტაცებელი ლეოპარდი, ზღვის სპილო. ზოგიერთი მათგანი (როსისა და უედელის სელაპები) მკვიდრი ფორმებია, დანარჩენი შეგუებულია შორეულ მიგრაციას.

ამგვარად, დედამიწის გეოგრაფიული გარსის როგორც კონტინენტური, ისე ოკეანური სფეროების მრავალი ფიზიკურ-გეოგრაფიული მოვლენა ექვემდებარება რა სითბოს არათანაბარ (მაგრამ კანონზომიერ) განაწილებას, მიწის ზედაპირზე პარალელების გაყოლებით (ან სუბგანედურად) ვრცელდება. ამავე დროს, ეს მოვლენები განიცდიან რა სინოტივისა და სითბოს ასპექტების კონტროლს, მაღალი რანგის, ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული, გეოგრაფიული სარტყლებისა და მას დაქვემდებარებული ბუნებრივი ზონების ჰორიზონტალური დიფერენციაციის აშკარა გამოვლინებებით ხასიათდებიან.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის ძირითადი დამახასიათებელი ნიშან-თვისება, მისი ბუნებრივი მოვლენების ზონალური განაწილების კანონზომიერებაში მდგომარეობს. ამავე დროს, არანაკლები მნიშვნელობა ენიჭება ზონალურობისაგან დიამეტრალურად განსხვავებულ მოვლენას — აზონალურობას, რომლის არსებობა დაკავშირებულია მზის რადიაციას არა განედური განაწილების არათანაბრობასთან, არამედ მიწის ქერქის ტექტონიკური მოძრაობის გამოვლინებებთან. ტექტონიკური ძვრების გამომწვევი ენერგიის წყაროს დედამიწის შინაგანი სითბო წარმოადგენს. იგი იწვევს ქერქის ამგები ქანების დანაოჭებებსა და რღვევებს, ვულკანიზმსა და მიწისძვრებს, მთიანეთებისა და ვრცელი ვაკეების ფორმირებას, ტრანსგრესიებსა და რეგრესიებს, ხმელეთისა და ოკეანეების გადანაწილებასა და სხვ. ცვლილებებს.

აზონალური მოვლენები. ჩვენთვის უკვე ცნობილია (თავი IV), რომ მიწის წიაღის ენერგეტიკული პოტენციალი პლანეტარულ მოვლენებს უკავშირდება. ამავე დროს, შინაგანი ენერგიის გამოვლენა მიწის ზედაპირზე ყოველგვარ უსწორმას-წორობათა ანუ რელიეფის იმ სირთულის ფორმირებას მოასწავებს, რაც, საბოლოო ჯამში, ლანდშაფტურ განსხვავებულობაშია ასახული და ზონალურ თუ აზონალურ ფაქტორთა შეთანწყობისა და ურთიერთმოქმედებათა შედეგია.

აზონალურობის გამოვლინება სიმაღლობრივი სარტყლების ფორმების მიზეზითაა განპირობებული. თვით სიმაღლობრივი სარტყლების ჩამოყალიბება მთიანეთებში, ჰიფსომეტრიული დონეების ზრდასთან ერთად, სითბოსა და სინოტივის გავრცელების პირობების შეცვლასთანაა დაკავშირებული. ამიტომ მაღალ ჰიფსომეტრიულ საფეხურებზე — მთებში, სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ჰავის თანდათანობითი გამკაცრების გამო, გეოგრაფიული ლანდშაფტების იერსახე მკვეთრ ცვლილებებს განიცდის. აქედან გამომდინარე, ვრცელ ვაკეებზე დაფიქსირებული განედური ზონალურობის მსგავსად, მთიანეთებში ანალოგიური წარმონაქმნების ჩამოყალიბებას აქვს ადგილი. გეოგრაფიული გარსის ფაქტორების აზონალური გამოვლინება შეინიშნება აგრეთვე ე.წ. გრძედული დიფერენციაციის სახით, რომელიც გეოგრაფიული ჰორიზონტალური სარტყლების სექტორებად, ხოლო ბუნებრივი ზონების პროვინციებად დაყოფას ითვალისწინებს.

ბუნებრივი ზონების დაბალი რანგის ერთეულებად დიფერენციაციას ხელს უწყობს დედამიწის ზედაპირის რელიეფი, მიწის ქერქის ამგები ქანების შედგენილობა, ხმელეთისა და წყლის არათანაბარი გადანაწილება. ცხადია, რომ მთიანი რელიეფი, სიმაღლობრივი სარტყლების მეშვეობით, გეოგრაფიული ზონების გავრცელების დარღვევას იწვევს: უდავოა კარსტული არეალების მიერ შესწორებების შეტანა ლანდშაფტური ან ნიადაგური საფარის ზონალურ ტიპებში; გეოლოგიური აღნაგობაც რამდენადმე განაპირობებს ბიოგეოქიმიური პროვინციების ჩამოყალიბებას; ხშირია ჰიდროქიმიური პროცესების ზონალურობის დარღვევა მლაშე ქანების ან მარილის საბადოების გამოვლინებასთან დაკავშირებით.

რაც შეეხება ხმელეთისა და ოკეანის არათანაბარ განაწილებას, აქ აშკარაა ჰავის კონტინენტურობის ხარისხობრივი მაჩვენებლის გამოვლინება, რომელიც აზონალური ფაქტორების ზონალურობაზე გავლენის ძირითად ინდექსად (K) შეიძლება გამოვიყენოთ. მის მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ სასაზღვრო ზოლში ოკეანისა და ხმელეთის ურთიერთზეგავლენის შესახებ. ამ თვალსაზრისით, კონტინენტურობის ინდექსი (K) შემდეგნაირ სახეს ღებულობს:

$$K = \frac{A - 5{,}4 \sin \varphi}{A},$$

სადაც A – ტემპერატურის წლიური ამპლიტუდაა, φ – განედია. განტოლება გვიჩვენებს, თუ ტემპერატურის რა ნაწილი შეიქმნება მოცემულ ადგილზე, ხმელეთის არარსებობის ხარჯზე. ამგვარად, აზონალური ნიშნების გამოვლინება მრავალ ბუნებრივ ფაქტორთანაა დაკავშირებული.

სიმაღლობრივი სარტყლურობა. როგორც უკვე ვნახეთ, მთიან მხარეებში განედური ზონალურობა გართულებულია სიმაღლობრივი სარტყლურობის გამოვლინებით. როგორც ჩანს, სიმაღლობრივი სარტყლურობა, როგორც რელიეფის ფუნქციის არსებობა, დამოკიდებულია აეროთერმულ გრადიენტსა და სიმაღლით ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის ცვლილებაზე. მას ზოგჯერ ვერტიკალურ ზონალურობასაც უწოდებენ, თუმცა სიმაღლობრივი სარტყლურობის სახელწოდება უფრო დამკვიდრდა, რადგან მას სრულებით სხვა გენეზისი აქვს, ვიდრე ზონალურობას. იმის მიუხედავად, რომ როგორც განედური ზონების, ისე სიმაღლობრივი სარტყლების ჩამოყალიბებაში გადამწყვეტ როლს სითბური ფაქტორი ასრულებს, თითოეულ მათგანში მისი არსი პრინციპულად სხვადასხვაა: ზონალურობა თავის საფუძველშივე დაკავშირებულია განედის მიხედვით მზის სხივების დაცემის კუთხის თანდათანობით შემცირებასთან; სიმაღლითი სარტყლების ფორმირებას კი ოკეანის დონიდან სიმაღლეში მანძილის ზრდა განაპირობებს; ამ მიმართულებით მზის რადიაციის ინტენსივობის ზრდის (ყოველ კილომეტრზე 10%-ით) მიუხედავად, დედამიწის გრძელტალღიანი გამოსხივება სიმაღლეში უფრო სწრაფად მატულობს.

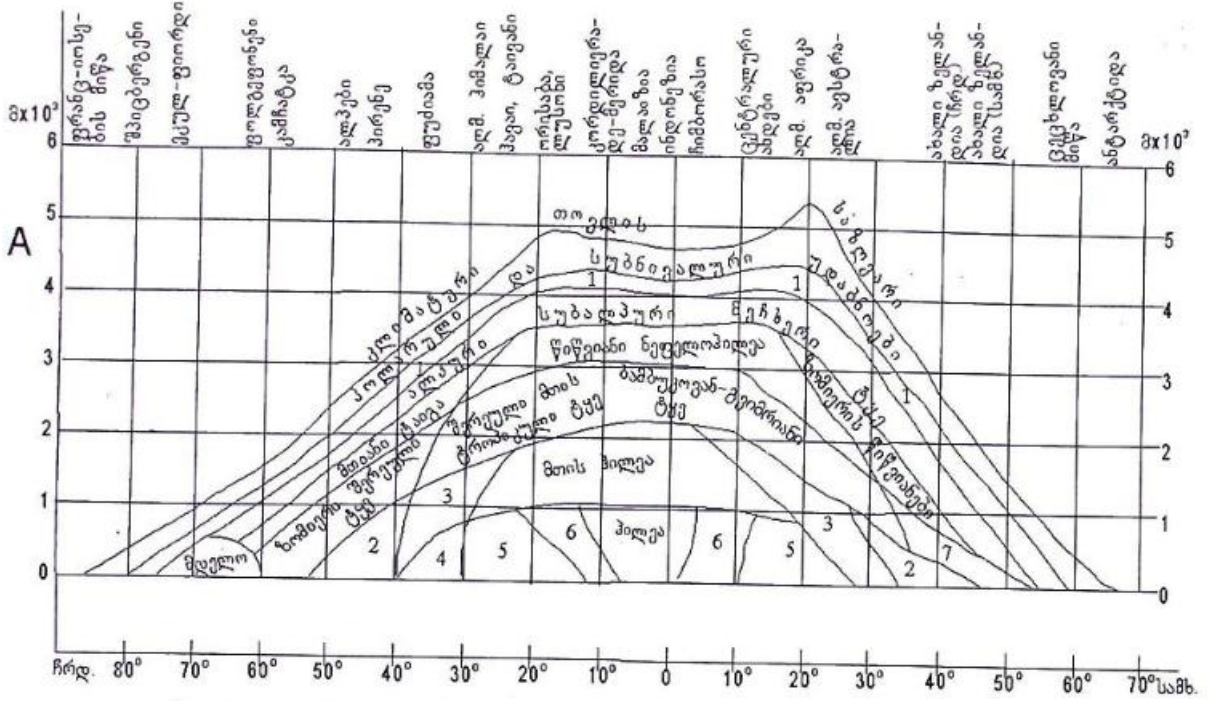
ამდენად, მთიან მხარეებში განედური ზონალურობა ადგილს უთმობს სიმაღლობრივ სარტყლურობას. ამავე დროს, დედამიწის ბუნებრივ ზონებსა და სექტორებში სიმაღლობრივი სარტყლურობის მთელი სპექტრის ფორმირებას აქვს ადგილი. თუმცა, თუკი კონტინენტების ნოტიო სექტორებში (ნახ. XIII.9), თოვლის ხაზის (ნახ. XIII.10) დაბლა, უმთავრესად წარმოდგენილია პოლარული, ტუნდრის, სუბალპური და ალპური მეჩხერი ტყეების, წიწვიანების, შერეული, ფართოფოთლო-

ვანი და მარადმწვანე ტყეების, ჰილეების, ტროპიკული და სუბტროპიკული მუსონური ტყეების ბუნებრივი ზონები, მათგან განსხვავებით კონტინენტურობის, ანუ სიმშრალის რადიაციული ინდექსის (K) ზრდასთან ერთად სიმაღლობრივი სარტყლურობის სტრუქტურული სპექტრი ფრიად განსხვავებულია: აქ, თოვლის ხაზისა და პოლარული უდაბნოების ქვეშ, დაბალ განედებში (3-4 კმ-ის სიმაღლეზე) მაღალი მთების სტეპები და ბუჩქნარებია გავრცელებული; თუმცა, ნოტიო სექტორების ანალოგიურ ფრაგმენტებში წიწვიანი ტყეებია წარმოდგენილი; უფრო დაბლა, ორივე ნახევარსფეროს 10-დან 40^0-მდე პარალელებს შორის, კონტინენტურ სექტორებში, ტროპიკული ნახევარუდაბნოები და უდაბნოები იკავებენ ნოტიო სექტორების წიწვიანი, შერეული, მარადმწვანე და მუსონური ტყეების გავრცელების საკმაოდ ფართო არეალს.

ამავე დროს, თუკი ტენის შემცველობასთან დაკავშირებული აღნიშნული სხვაობა ძირითადად ტყეების გავრცელების არეალებს შეეხება, სრულიად უცვლელია ორივე (A და B) სექტორის პოლარული, ტუნდრისა და სუბალპურ-ალპური მდელოების ლანდშაფტური იერსახე. თუმცა, აშკარაა მთიანი არეალების სიმაღლითი სარტყლებისა და თოვლის ხაზის საზღვრის ჰიფსომეტრიული სხვადასხვაობა: ნოტიო სექტორებთან (A) შედარებით, მშრალი და კონტინენტური სექტორების (B) ნივალური სიმაღლობრივი სარტყლები, თითქმის 1000 მ-ით მაღლაა „აწეული“, რაც B სექტორების სინოტივის დეფიციტის პირობებითაა შეპირობებული.

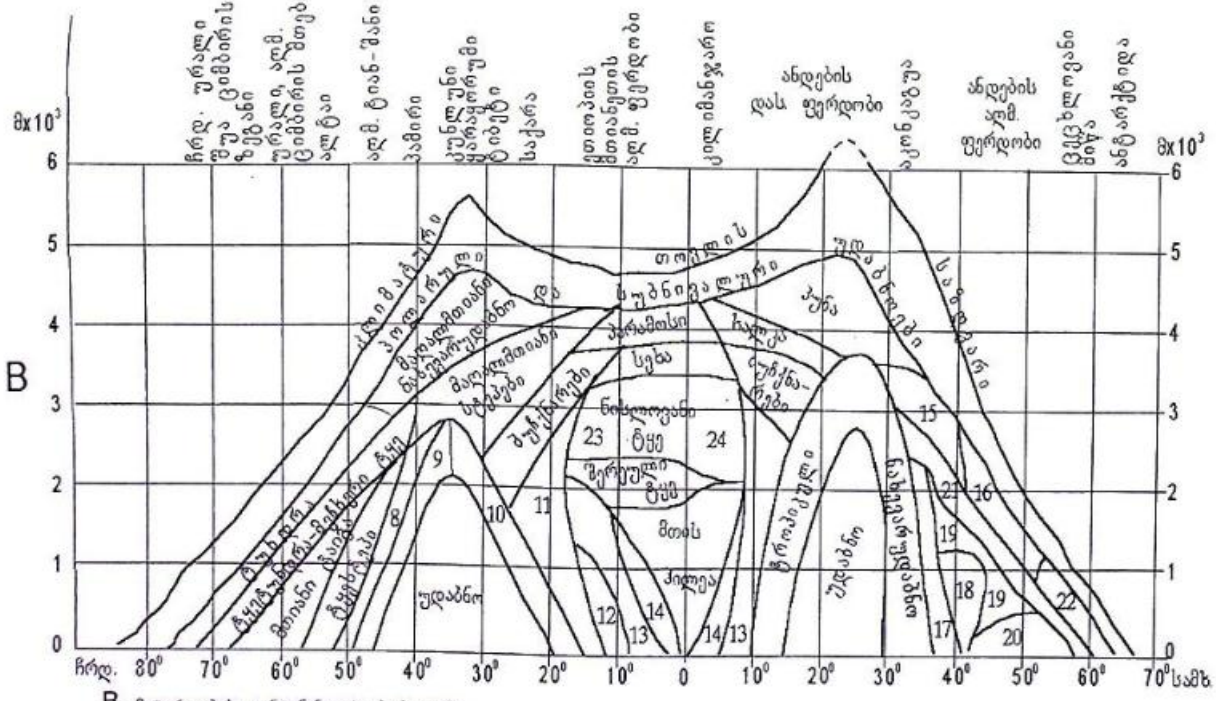
ჩანს რომ, როგორც განედური ზონალურობა, ისე სიმაღლითი სარტყლურობა ერთმანეთისაგან განსხვავებული ბუნებრივი წარმონაქმნებია. ამ ორ ბუნებრივ ანალოგს, რომლებიც თითქოს „იმეორებენ“ ერთგვაროვან ასპექტებს, მეტად შესამჩნევი სხვაობები გააჩნიათ. ამ განსხვავებათა შორის აღსანიშნავია შემდეგი: ჯერ ერთი, თუკი განედური მიმართულებით შეიმჩნევა როგორც სითბური, ისე დინამიკური (ატმოსფერული წნევის მაღალი ან დაბალი არეები) წარმოშობის ზონები, შეუძლებელია მათი სიმაღლითი ანალოგიური წარმონაქმნების ფორმირება; მეორეც, მაღალი განედების განათების პირობები (პოლარული დღეები და ღამეები) და ზომიერი სარტყლის მაღალმთიანი სითბური (მაღალი ინსოლაცია, დღისა და ღამის მორიგეობის 24-სთ-იანი ფაზა) რეჟიმი, განსხვავებული იერსახის – ერთი მხრივ, ცივი სარტყლის ბარის ტუნდრის ზონისა და, მეორე მხრივ, ზომიერი სარტყლის მთიანეთის ტუნდრის სიმაღლითი სარტყლის ჩამოყალიბებას განაპირობებს; ასევე, ცხადია, რომ ჰაერის ტემპერატურის სიმაღლის ზრდასთან ერთად, გაცილებით სწრაფი შემცირების (6^0-ით ყოველ 1 კმ-ზე) გამო, ვიდრე ეს განედური მიმართულებითაა ($0,5^0$-ით ყოველ 100 კმ-ზე) დაფიქსირებული, სითბური რეჟიმის განედური ცვლილებების მთელი გამა შეიძლება 7-8 კმ-ის სიმაღლის (მაღალი მთიანეთების ძირსა და თხემს შორის) ფარგლებში მოთავსდეს.

მთიანეთების სიმაღლითი სარტყლურობის ფორმირება დაკავშირებულია რელიეფის არა მარტო ჰიფსომეტრიულ, არამედ მორფომეტრიულ თავისებურებებთან. რელიეფის გავლენა უფრო შესამჩნევია, თუ სიმაღლითი სარტყლების ჩამოყალიბება რამდენიმე ბუნებრივი ზონის ფარგლებში მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაში, რადგან სიმაღლეში სარტყლის წარმომშობი პირობები გაცილებით სწრაფად ეშორჩილება ადგილობრივ ფაქტორებს, ამიტომ სიმაღლითი სარტყლურობის სტრუქტურის ვერტიკალური სპექტრი საკმაოდ მრავალფეროვანია, ხოლო მისი ჰორიზონტალური გამა მეტად ცვალებადია, ვიდრე განედური ზონების შესაბამისი ასპექტები. ცხადია, რომ

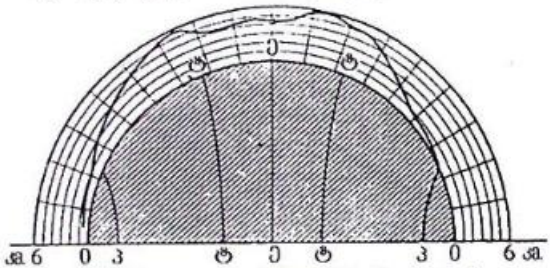


A - მატერიკების ნატიო სექტორები.

1. ტუნდრა, აღპური მდელოები; 2. ფართოფოთლოვანი ტყე: 3. მარადმწვანე სუბტროპიკული ტყე: 4. მუსონური სუბტროპიკული ტყე: 5. მუსონური ტროპიკული ტყე: 6. მარადმწვანე ფოთოლმცვენი ტყე: 7. შერეული მდელოები


B x10³
6
5
4
3
2
1
0
B
ჩრდ. 80° 70° 60° 50° 40° 30° 20° 10° 0 10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° სამხ.
ტყე
მთის
ველები
ტუნდრა
ტყე
ველები
ნახევარუდაბნო
უდაბნო
ტყე
ველები
ტყე
ველები
ტყე
ველები

სიმაღლის ზრდასთან ერთად, ჰავის თანდათანობით გათანაბრების გამო, მერიდიანულად გავრცელებულ ქედებზე, სიმაღლებრივი სარტყლები შეიძლება „გადაიჭიმოს“ რამდენიმე განედური ზონის ფარგლებში.



ნახ. XIII.10. იოველის საზღვრის მდებარეობა
ე – ეკვატორი, ტ – ტროპიკი, პ – პოლარული წრე.
0–0 მიუთითებს ზღვის დონეს

სიმაღლებრივი სარტყლების მთელი სპექტრი ირღვევა, აგრეთვე, მთიანეთების ფერდობების არაერთგვაროვანი ექსპოზიციის შედეგად. დიდია მისი როლი სითბოს, სინოტივის, ჰაერის ცირკულაციისა და სხვა ფაქტორების ჩამოყალიბებაში. ასევე მნიშვნელოვანია ქედების თხემების მორფოლოგიური (დაკბილული, გლუვი, ბრტყელი) ნიშნებიც. ამიტომ სიმაღლითი სარტყლურობის სტრუქტურა მჭიდროდაა დამოკიდებული ფერდობების როგორც ადგილობრივ, ისე ზოგად (რეგიონულ), ანუ მაკროექსპოზიციურ თავისებურებაზე. ამის გამო, ხშირად ადგილი აქვს სიმაღლებრივი სარტყლურობის ასიმეტრიას, ანუ ერთი ქედის საპირისპირო ფერდობებზე ერთი და იმავე სარტყლის სხვადასხვა სიმაღლეზე მდებარეობას. ეს მოვლენა შეიძლება გამოიწვიოს მზის ინსოლაციის არაერთგვაროვნებამ (ინსოლაციური ასიმეტრია), ან ჰაერის ცირკულაციის მსვლელობამ (ქარისმიერი ასიმეტრია) და სხვა ფაქტორებმა.

ინსოლაციური ასიმეტრიის გამოვლინებას ადგილი უნდა ჰქონდეს პარალელის მიმართულებით გაწოლილ მთაგრეხილების (ალპები, კავკასიონი) საპირისპირო ორიენტაციის ფერდობებზე. ცხადია, რომ ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს სამხრეთით ორიენტირებული ფერდობი უფრო მეტ სითბოს ღებულობს, ვიდრე საწინააღმდეგო მხარე. ასე, მაგალითად, ყუბანში ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 10-12^0-ს, მდინარე მტკვრის ხეობაში კი 12-15^0-ს შეადგენს; იმიერკავკასიაში უცივესი თვის ჰაერის ტემპერატურა -5^0-ია, ხოლო სამხრეთ კავკასიაში +1^0. ამდენად, კავკასიონის ამ ორი ფერდობის ძირზე, მანძილის სიმცირის (300-350 კმ) მიუხედავად, ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა 3^0-ით, ხოლო ზამთრის ანალოგიური მაჩვენებელი 6^0-ითაა განსხვავებული. რაც შეეხება ქარისმიერ ასიმეტრიას, იგი ხშირად მთების ძირას ვრცელდება. ამ მხრივ შეიძლება დავასახელოთ მთახეობური ქარები, ფიონები, ბორა. ისინი გარკვეულწილად გავლენას ახდენენ მთისძირა დაბლობის ლანდშაფტებზე: მთების ქარპირა მხარეზე, ჰაერის იძულებით მაღლა ასვლა იწვევს ჭარბი ატმოსფერული ნალექების მოსვლას, ხოლო ქარზურგა მხარეზე, პირიქით, მშრალი პირობების ჩამოყალიბებას; ცხადია, რომ თითოეულ მათგანში განსხვავებული ლანდშაფტების ფორმირებას ექნება ადგილი.

სიმაღლითი სარტყლურობის ვერტიკალური გამა ხშირად ირღვევა ხოლმე. მისი მიზეზი მდინარეთა ხეობებში ცივი ჰაერის „დაგუბებაა“, რომელიც მთის მაღალი ფერდობებიდან ჩამოედინება. ამის გამო, ხეობების ფერდობთა დაბალ საფეხურებზე მცენარეთა გავრცელების ინვერსიას აქვს ადგილი: წიწვიანები უფრო დაბალი ჰიფსომეტრიულ საფეხურს იკავებენ, ვიდრე ფართოფოთლოვანი მცენარეები. ამავე დროს, არცთუ იშვიათად (უმთავრესად მთიან რეგიონებში) ტემპერატურული

ვერტიკალური ინვერსიის მაჩვენებელი განსაკუთრებით შესამჩნევ სიდიდეს აღწევს. ასე, მაგალითად, თებერვლის ერთ-ერთ დღეს, გაგრის ქედის უტყეო მწვერვალზე (1630 მ) ჰაერის ტემპერატურამ +4,1^0 შეადგინა, ხოლო მისგან არცთუ ისე შორს, მაგრამ 15-20 მ-ით დაბლა – ქვაბულის ფსკერზე, ჰაერი -21,8^0-მდე გაცივდა, ანუ სხვაობამ თითქმის 26^0 შეადგინა; შავი ზღვის სანაპიროზე, ნოვოროსიისკის მიდამოებში, არცთუ იშვიათად ქრის 20-25 მწ მ$^{-1}$-ის (ზოგჯერ 40 მწ მ$^{-1}$) სიჩქარის ადგილობრივი ქარი – ბორა. მას შეუძლია ჰაერის ტემპერატურა -20^0-მდე დაცეს, ან კიდევ, 3-4 მ-ის სისქის ყინულის ქერქი შექმნას და ჰაერში გაყინოს ზღვის ტალღების შხეფები.

სიმაღლითი სარტყლურობის ვერტიკალური სპექტრის არაერთგვაროვნება აღბეჭდილია, აგრეთვე, ატმოსფერული ნალექების განაწილებაში. სიმაღლეში ჰაერის ტემპერატურის შემცირება ყოველთვის არ იწვევს ატმოსფერული ნალექების ზრდას. მას ადგილი აქვს მხოლოდ განსაზღვრულ სიმაღლემდე, რომლის შემდეგ ნალექები ისევ კლებულობს. ატმოსფერული ნალექების მაქსიმალური რაოდენობის გავრცელების არეალი ცენტრალურ კავკასიონზე 2500 მ-ის სიმაღლეზეა დაფიქსირებული; ალპებში კი იგივე მოვლენა 2000 მ-ის სიმაღლეზე, ხოლო ჰიმალაებში (მუსონების დროს) 1300 მ-ის სიმაღლეზე შეინიშნება; რაც შეეხება პამირის მთიანეთებს, აქ ატმოსფერული ნალექების მაქსიმუმი 4300-4500 მ-ის სიმაღლეზეა გავრცელებული.

ამავე დროს, არაერთი ფაქტი მიუთითებს, რომ სიმაღლის ზრდა ატმოსფერული ნალექების ფორმირებას ყოველთვის არ იწვევს. ასე, ტიბეტის ზეგანზე ნალექების წლიური რაოდენობა 250 მმ-ს აღწევს, თუმცა საჰარის მიდამოებში, წვიმის მოსვლას წლობით უშედეგოდ ელოდებიან; პოლარულ მხარეში სიმაღლის ზრდასთან ერთად ატმოსფერული ნალექებში თოვლის შემადგენლობა იზრდება: შვეიცარიაში 200 მ-ის სიმაღლეზე თოვლის სახით მოდის მთელი ნალექების 3%, ხოლო 1000 მ-ის სიმაღლეზე 25%-ს აღწევს, 2000 მ-ზე იგი 60%-ს, 3000 მ-ზე თითქმის 90%-ს შეადგენს, 3500 მ-ის სიმაღლეზე კი – უკვე მთლიანად თოვლის ფიფქები ცვივა. ცხადია, რომ მთებში იქმნება თოვლის მუდმივი საფარის დაგროვების პირობები. უფრო მაღლა მხოლოდ შიშველი კლდეებია.

ოკეანიდან (ზღვიდან) ხმელეთზე ტენის გადატანისა და ატმოსფერული ნალექების ზრდის, ხოლო ქარზურგა მხარეს ტენიანობის დეფიციტის აშკარა სურათი იქმნება ნორვეგიის დასავლეთ ნაწილში, დასავლეთ ამიერკავკასიაში, ყირიმის სამხრეთ სანაპიროზე. ინდოეთის აღმოსავლეთ სანაპიროზე. დასავლეთი გატების ქედის ფერდობზე წელიწადში 7000 მმ-მდე ნალექი მოდის, მაშინ როცა მის საპირისპირო ფერდობზე (პუნა) ნალექების რაოდენობა 10-ჯერ ნაკლებია; საქართველოს სამხრეთ-დასავლეთ ზღვისპირეთზე (აჭარა-გურია) წლიური ატმოსფერული ნალექები 3000 მმ-ის აღწევს, ზოგან კი მასზე მეტიცაა. თუმცა, მესხეთის ქედის აღმოსავლეთით, სულ რაღაც 100 კმ-ს დაშორებით, მესხეთ-ჯავახეთის მიდამოებში, ნალექების წლიური ჯამი 400-600 მმ-ს არ აღემატება; ჰავაის კუნძულებზე, ჰონოლულუს ზღვისპირა დაბალ ზოლში, 600 მმ ნალექი მოდის, მაშინ როცა ოდნავ შემაღლებულ (200-250 მ) ფრაგმენტებზე ნალექების წლიური ჯამი 6-ჯერ (3650 მმ) მეტია.

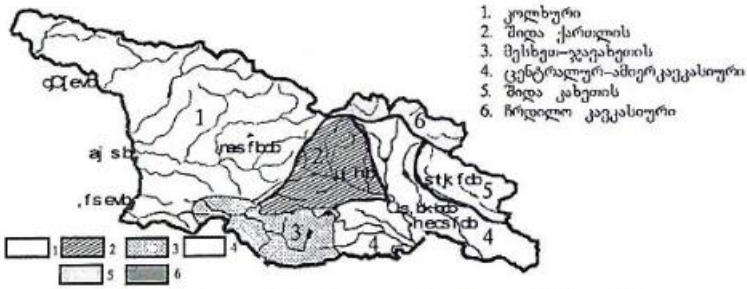
როგორც ჩანს, სიმაღლითი სარტყლებისა და მისი წარმომშობი მიზეზების ფორმირება მრავალ გეოგრაფიულ ფაქტორებთანაა დაკავშირებული და მას, როგორც საერთო-პლანეტარული, ისე რეგიონული და ლოკალური პირობები განსაზღვრავენ.

ამავე დროს, განედური ზონებისა და სიმაღლითი სარტყლურობის ურთიერთგანსხვავებულობა სრულიადაც არ აკნინებს მათ შორის არსებულ მჭიდრო კავშირებს. ამ მხრივ აღსანიშნავია, რომ მთებში ზონალურობა კი არ ისპობა, არამედ თვით ზონალური და პროვინციული (ადგილობრივი) ფაქტორების ზეგავლენით წარმოიქმნება ახალი, მათი შეთანწყობის გზით მიღებული, ბუნებრივი წარმონაქმნი – სიმაღლობრივი სარტყელი. შეიძლება ითქვას, რომ გეოგრაფიული ზონა განსაზღვრავს სიმაღლითი სარტყლის ტიპსაც. ამიტომ, თითოეულ ბუნებრივ ზონას სიმაღლითი სარტყლების საკუთარი კომპლექტი ახასიათებს. სიმაღლითი სარტყელი ყოველთვის იწყება რა რაიმე განედური ზონის მთების ძირიდან, სიმაღლეში შესაბამისი ვერტიკალური სტრუქტურული გამის ჩამოყალიბებას ახდენს. ცხადია, რომ სიმაღლითი სარტყლურობა ორგვარია: ოკეანისპირა (ხემცენარეულობის სარტყელი იწყება სანაპირო ვაკეზე) და კონტინენტური (ხემცენარეულობა და ბუჩქნარები იწყება მთის ფერდობზე).

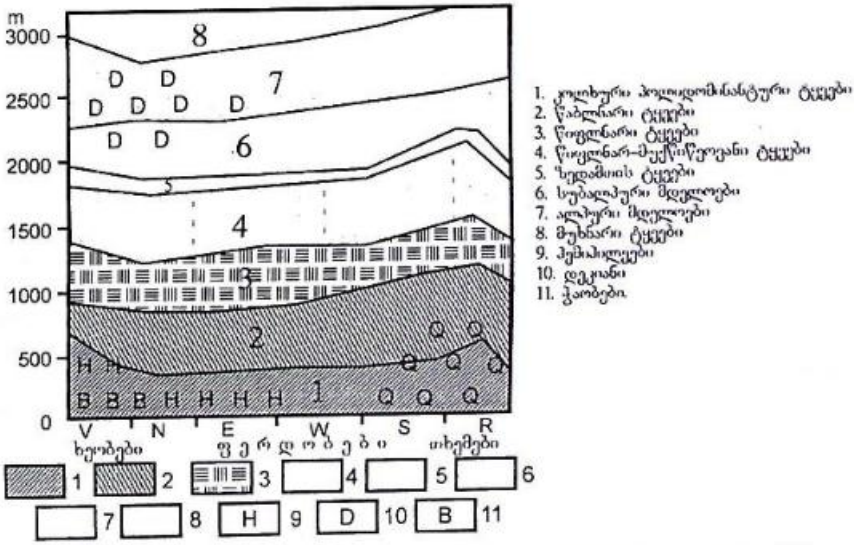
უკვე აღვნიშნეთ, რომ სიმაღლითი სარტყლების ვერტიკალური კომპლექტი (გამა, სპექტრი) სრულიად ინდივიდუალურია ამა თუ იმ ზონისათვის. აქ იმასაც დავუმატებთ, რომ ყოველი მთიანეთი მისი სიმაღლისა და მდებარეობის მიხედვით, სარტყლების საკუთარ სპექტრს შეიცავს. ამავე დროს, რაც უფრო მაღალია მთა და რაც უფრო ახლოსაა ეკვატორთან, მით უფრო რთულია სიმაღლითი სარტყლურობის სპექტრი, ანუ მეტია სარტყლების რიცხვი. დაბალი და პოლარული მთიანეთების ლანდშაფტური სპექტრი (გამა) პირიქით, ძალიან მოკლეა. დაბალ განედებზეც სიმაღლითი სარტყლების სრული კომპლექტის ფორმირებას შესაბამისი ვერტიკალური „არენა“ უნდა გააჩნდეს. ცხადია, რომ დაბალ მთებს ეკვატორზეც კი სიმაღლითი სარტყლების მეტად მოკლე და დაუსრულებელი სპექტრი ექნებათ წარმოდგენილი. ეს აზრი იმაზეც მიუთითებს, რომ სიმაღლითი სარტყლების ახალი „დასტების“ ფორმირება არა მარტო სერცობრივი, არამედ დროის ფუნქციაცაა. მთების წარმოშობასთან ერთად, რაც უფრო მაღლა აღწევს იგი, მიმდინარეობს ახალი სარტყლების ფორმირება. მთების პენეპლენიზაციის (გადარეცხვა და თითქმის ვაკეებად გარდაქმნა) დროს სიმაღლითი სარტყლების გამა მოკლდება: ზედა სარტყლები ერთმანეთის მიყოლებით „წაიჭრება“, დაბოლოს, პენეპლენიზაციის დასასრულს, ყველაზე დაბალი მათგანი შესაბამის განედურ ზონას შეუერთდება.

სიმაღლითი სარტყლურობა მჭიდროდაა დაკავშირებული მთიანეთების იარუსიანობასთან. ამ მხრივ, გამოყოფენ დაბალ, საშუალო და მაღალ მთებს. იარუსიანობა ასახავს მთიანი სისტემის განვითარების ეტაპს, მისი ნაწილების ასაკს, დანაწევრებისა და ჰავის დიფერენციაციის ხასიათს. ცხადია, რომ დაბალი მთებისა და მეზობელი ვაკეების ჰავა იდენტურია, მაღალი მთები თავისუფალი ატმოსფეროს გავლენის ქვეშაა, ხოლო საშუალო სიმაღლის მთებში ჰაერის აღმავალი მოძრაობაა გაბატონებული. ყოველივე ეს თავის დაღს ტოვებს მთების ლანდშაფტურ დიფერენციაციაზე. ამ მხრივ, ტუნდრაში მხოლოდ ორ სარტყელს (მთის ტუნდრა და ქვაყრილების მეჩხერი მცენარეები) განიხილავენ; უფრო სამხრეთით (კამჩატკა) ქვემოდან ზემოთ გამოყოფილია: მეჩხერი არყნარი, ფოთოლმცვენი მურყნარი, მთის ტუნდრის ბუჩქნარი და ქვიანი „გოლცები“; სამხრეთ კავკასიაში (საქართველო) მცენარეულობის სამაღლითი ზონალურობის მიხედვით (ნახ. XIII. 11. ა) გამოყოფენ:

1. კოლხურ; 2. შიდა ქართლის; 3. მესხეთ-ჯავახეთის; 4. ცენტრალურ-ამიერკავკასიურ; 5. შიდაკახეთისა და 6. ჩრდილო კავკასიურ ტიპებს. მათ შორის,



ნახ. XIII.11.ა. მცენარეულობის სიმაღლითი ზონალურობის ტიპები
(ნ. ბერუჩაშვილი, 1996)



ნახ. XIII.11.ბ. მცენარეულობის გაერცელების სიმაღლებრივ–ექსპოზიციური სქემა
(კოლხური ზონალურობის ტიპი; ნ. ბერუჩაშვილი, 1996)

ნიშნების გათვალისწინებით ფრიად მრავალფეროვანია: 1. კოლხური პოლიდომინანტური ტყეები; 2. წაბლნარი ტყეები; 3. წიფლნარი ტყეები; 4. წიფლნარ-მუქწიწვოვანი ტყეები; 5. ზედამთის ტყეები; 6. სუბალპური მდელოები; 7. ალპური მდელოები; 8. მუხნარი ტყეები; 9. ჰემიჰილეები; 10. დეკიანი; 11. ჭაობები.

ზონალურობა-აზონალურობის ერთიანობა. როგორც განხილული მასალიდან ირკვევა, ხმელეთისა და ოკეანის ბუნებრივი ზონალურობის ანალოგიურად, სიმაღლითი სარტყელურობაზე შეიძლება ვილაპარაკოთ არა მარტო ხმელეთის ზედაპირის, არამედ მსოფლიო ოკეანის წყალქვეშა მასების შესახებ, რაც გამოწვეულია წყლის ფენაში ტემპერატურის, განათების, ფიზიკური და ქიმიური თვისებების კანონზომიერ ცვლილებასთან. ამ მხრივ, დედამიწის გეოგრაფიული გარსი შეიძლება შემდეგ ვერტიკალურ (სიმაღლით და სიღრმით) სარტყლებად დაიყოს: 1. თოვლის

ხაზის მაღლა ნივალური და ყინულოვანი არეალები; 2. მთისა და ბარის ლანდშაფტების გამომყოფი 400-500 მ-იანი დონე; 3. ხმელეთისა და წყლის ლანდშაფტების ერთმანეთისაგან გამომყოფი ოკეანის დონე; 4. აქტიური ფოტოსინთეზის ქვედა (200 მ-ის სიღრმე) დონე; 5. კონტინენტური ფერდობის ქვედა (3000 მ-ის სიღრმე) დონე; 6. კარბონატული გრუნტების ჭარბი ლანდშაფტების ტემპერატურის შიდა აბისური მინიმუმის (4-5 კმ-ის სიღრმე) დონე; 7. ულტრააბისური (6 კმ-ზე ღრმა) დონე. აქ მითითებული ვერტიკალური სარტყლები საკმაოდ ზოგადად, ამავე დროს, პირობითობასაც არაა მოკლებული. დედამიწის ყოველი ცალკეული უბანი იმდენად ინდივიდუალურია, რომ არსებული სქემა, თითოეულ მათგანში ღრმა ტრანსფორმაციის ქვეშ იქნება მოყოლებული. ამ მხრივ უნდა დავასკვნათ, რომ სიმაღლითი სარტყლურობის ზოგადი ნიშნების კერძო გამოხატულებები გეოგრაფიული გარსის სივრცობრივი დანაწევრების ფუნქციაა, მისი გეოგრაფიული ანაბეჭდია.

ცხადია, რომ ბუნებრივი ზონებისა და სიმაღლითი სარტყლების ჩამოყალიბება – ისტორიული კატეგორიაა. მათ ჰქონდათ თავიანთი არსებობის როგორც საწყისი, ისე განვითარების ფაზები. პალეოგეოგრაფიული ცნობები მოწმობენ, რომ ზონალური დიფერენციაცია დედამიწაზე ხან ძლიერდებოდა და ხანაც სუსტდებოდა, მაგრამ გეოგრაფიული გარსის განვითარების ტენდენცია მისი დიფერენციაციის მუდმივ მზარდობაში (ნახ. XIV.7) გვარწმუნებს. გეოგრაფიული გარსის ზონალური სტრუქტურა ჯერ კიდევ ბიოგენურამდელ ეტაპზე შეიმჩნეოდა. მაშინ ადგილი ჰქონდა ე.წ. ჩანასახობრივ ზონალურობას. დედამიწის ზედაპირი არაერთგვაროვან უდაბნოს წარმოადგენდა. ორგანიზმების გაჩენით ხმელეთი თანდათანობით კარგავს უდაბნოს იერსახეს. შუა პალეოზოურამდელი ბიოლოგიური ფორმების აზონალური ხასიათი თანდათან ზონალური ნიშნების მატარებელი ხდება. დევონური პერიოდი ბუჩქნარების, ხოლო კარბონული – მძლავრი ტყეების გავრცელებით ხასიათდება. ცხადია, რომ მაშინდელი ზონალურობა ტყის ფორმაციების დიფერენციაციაშია გამოხატული. რაც შეეხება ნახევარუდაბნოებისა და უდაბნოების ზონების ფორმირებას, ისინი მესამეულის დასაწყისის, ხოლო ტყესტეპებისა და სტეპების – ნეოგენის დასასრულის ბუნებრივი პირობების მემკვიდრეობაა. ტაიგისა და ტუნდრის ზონების წარმოშობა კი მეოთხეულ პერიოდს უკავშირდება.

ზონალურობის განვითარებასთან ერთად, ცხადია იზრდებოდა მათ მიერ დაკავებული სივრცე: პალეოგენური მარადმწვანე ტროპიკული ტყეები გავრცელებული იყო ახლანდელი ევროპული სტეპების ადგილზე; ევრაზიის (პირენეედან მონღოლეთამდე) ფართო სივრცეზე სავანები იყო წარმოდგენილი. ამჟამად ტროპიკული ტყეებისა და სავანების ზონები ზომიერი განედებიდან შორს არიან გადაწეული. რაც შეეხება აზონალურობას, მისი წარმოშობის საწყისი იმპულსი ტექტონიკური ძალებია. მათ შედეგად დედამიწის ზედაპირის ვერტიკალურ დიფერენციაციას, რელიეფის დანაწევრებასა და აბსოლუტური სიმაღლეების ზრდას ჰქონდა ადგილი. ცხადია, რომ განვითარების ამ ჯაჭვის თითოეული რგოლი სიმაღლითი სარტყლების ფორმირების ცალკეულ ფაზებს (ან ფორმებს) შეესაბამებოდა. ამ დიფერენციაციის შედეგად მკვეთრი ცვლილებები არ იყო მოსალოდნელი. ამით მხოლოდ „ერთი ზონით“ წინ წაწევას ან უკან დახევას (ჩრდილოეთით ან სამხრეთით) ჰქონდა ადგილი. შეიძლება ითქვას, რომ ზონალურობის დარღვევა, რომელიც გეოგრაფიულ გარსში მიმდინარეობს, აზონალურობაა. ამავე დროს, როგორც ზონალურობა, ისე აზონალურობა

გეოგრაფიული გარსის შინაგანი თვისებაა, მისი უნარია, რომელიც ამ სისტემაში დაპირისპირებულ ერთიანობას წარმოშობს, თუმცა მათი აღმძვრელი იმპულსები აღნიშნული გარსის (სისტემის) გარეშე (კოსმოსში და მიწის ქერქში) მდებარეობს.

ზონალურობისა და აზონალურობის ურთიერთობის საკითხის გარკვევისას ცხადი ხდება, რომ დედამიწის შინაგანი ძალების (მთათაწარმოშობა, ვულკანიზმი, მიწისძვრები) მიერ პროვოცირებული რეაქცია აზონალურ მოვლენებს იწვევს. ამავე დროს, ის თავისი გენეზისით სრულებით არ არის დაკავშირებული ზონალურობასთან, თუმცა არღვევს მას და ქმნის გეოგრაფიული გარსის შინაგან არაერთგვაროვნებას. ამასთან, კოსმოსური ძალებით ფორმირებული ზონალურობა, აზონალური წარმოშობის ობიექტებზეც თავის ღრმა ანაბეჭდებს ტოვებს. ამიტომ ნებისმიერი გეოგრაფიული ობიექტი როგორც ზონალურობის, ისე აზონალურობის ნიშნებს ატარებს. თითოეული მათგანის გამოვლინების სიცხადე დამოკიდებულია ობიექტის განვითარების სტადიაზე. როგორც ირკვევა, ამ დაპირისპირებულ ერთიანობაში აბსოლუტური გაბატონება ან დამორჩილება არც ერთი მათგანის პრიორიტეტი არ არის. ამიტომ შეცდომა იქნებოდა რომელიმე მათგანისათვის – ზონალურობისა ან აზონალურობისათვის, მიგვენიჭებინა უმთავრესი როლი. ცხადზე ცხადია ყველა და ყველაფერი დროსა და სივრცეზეა დამოკიდებული.

ამრიგად, გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურასა და განვითარებაში ზონალური და აზონალური ფაქტორები წინააღმდეგობრივად ერთიანი და, ამავე დროს, თავიანთი ფუნქციონირებით – განუყოფელნი არიან, რაც სისტემური ნიშნების მქონე სფეროებისათვის ფრიად დამახასიათებელი უნარ-თვისებაა.

გეოგრაფიული გარსის სიმეტრიულობა. სიმეტრიის ცნების ქვეშ გულისხმობენ თანაზომიერებას, საგნების სივრცობრივი განლაგების ჰარმონიულობას. სიმეტრიის ფორმები მეტად მრავალფეროვანია. იგი დამახასიათებელია როგორც დედამიწისეული, ისე კოსმოსური სხეულებისათვის. სიმეტრიულობა სამყაროს ფაქიზი ინდიკატორია. იგი გამოხატავს ობიექტების აგებულების ყველაზე ზოგად ნიშნებს, მათი სტრუქტურის უმნიშვნელოვანეს თვისებებს. როგორც ჩანს, დედამიწა და მისი გეოსფეროები, აგრეთვე გეოგრაფიული გარსი სფერული სიმეტრიის ნიშან-თვისებების მატარებელია. დედამიწის ბრუნვა თავისი ღერძის გარშემო, ეკვატორული რადიუსის დაგრძელების გამო, იწვევს ამ სფერული სიმეტრიის დარღვევას. ამავე დროს, უფრო ღირებული მნიშვნელობისაა დედამიწის ბრუნვის ღერძისა და განსაკუთრებით ეკვატორული სიბრტყის ფორმირება. ეს უკანასკნელი განაპირობებს გეოგრაფიული გარსის მრავალი ელემენტის ე.წ. სარკულ სიმეტრიას: განათების სარტყლები, ჰაერისა და ოკეანური დინებების სისტემები, აგრეთვე, წნევის, ტემპერატურისა და სინოტივის გადანაწილება და ა.შ. მხოლოდ პლანეტარული რელიეფის თავისებურება არ ექვემდებარება სარკულ სიმეტრიულობას. თუმცა, ცნობილია ეკვატორის სიბრტყის სიმეტრიულად განლაგებული საპირისპირო მოვლენათა შესატყვისობა: ჩრდილოეთი ყინულოვანი ოკეანის საწინააღმდეგო მხარეს ანტარქტიდა ძევს; დედამიწის ხმელეთის საპირისპირო მხარეზე მისი თანაზომიერი ოკეანეა გაჩენილი. სიმეტრიულობის დარღვევის მოვლენას დისიმეტრიას უწოდებენ, რომლის უკიდურეს შემთხვევას ანტისიმეტრიულობა ჰქვია.

სარკული სიმეტრიის ერთ-ერთი ზოგადი გამოვლინებაა ბილატერალური ანუ ორმაგი სიმეტრია, რომელიც ძალიან ფართოდაა წარმოდგენილი გეოგრაფიულ გარსში. ორმაგი სიმეტრია გააჩნია ატლანტის ოკეანის ფსკერის, ან მისი ნაპირების

მსგავსებას. ამ ოკეანის ფსკერის ორი მსგავსი ნაწილი წყალქვეშა ქედით არის ერთმანეთისაგან გამოყოფილი; ან კიდევ, იმავე ოკეანის სამხრეთი ამერიკის გიგანტური შვერილის საწინააღმდეგოდ, აფრიკის სანაპიროზე, გვინეის ფართო უბეა წარმოდგენილი; მსგავსი სურათი შეინიშნება აფრიკის აღმოსავლეთ და მადაგასკარის დასავლეთ სანაპიროებზე, აგრეთვე ავსტრალიის სამხრეთ ნაპირსა და ანტარქტიდის ჩრდილო-აღმოსავლურ გამოშვერილობას (უილკსის მიწა) შორის; ამგვარი მსგავსების ანალიზით ა. ვეგენერი კონტინენტების (პანგეა) ცალკეულ ბლოკებად დაყოფისა და განწევრების მოსაზრებამდე (ჰიპოთეზამდე) მივიდა.

დისიმეტრიული ნიშნით ხასიათდება ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების გეოგრაფიული ზონები. ისინი არათანაბრად და არაერთგვაროვნადაა განაწილებული ეკვატორულ სიბრტყესთან შედარებით. ამ დისიმეტრიულობის გამომწვევია მზის რადიაციის არათანაბარი განვრცობა სეზონების მიხედვით, რომელთანაც დაკავშირებულია ბილატერალური გლობალური სიმეტრიის დროითი ცვლილებები; ასიმეტრიულია ატმოსფერული ცირკულაციის სისტემა და ტემპერატურის განაწილება; ასევე, ასიმეტრიული ხდება მზის ნათების ხანგრძლივობა. აქედან გამომდინარე, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების ბუნების განსხვავებულობიდან გამომდინარე, კ. მარკოვი მივიდა გეოგრაფიული გარსის დისიმეტრიულობის აღიარებამდე.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის პლანეტარულ სტრუქტურაში რამდენადმე არსებითი მნიშვნელობის სფერულ და ბილატერალურ სიმეტრიებს გამოყოფენ, რომლებიც დედამიწის სფეროს მთლიანად იკავებენ და გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ყველაზე მეტი გამომხატველობითი ნიშნებით ხასიათდებიან.

გეოგრაფიული გარსის რეგიონალურ დონეზე უფრო მეტად ბილატერალური და კონუსური სიმეტრიებია გამოვლენილი. პირველი მათგანი მჟღავნდება მდინარეთა ხეობებში, ქედებზე, დაბლობებზე; კონუსური სიმეტრიები დამახასიათებელია ვულკანების, მთების მწვერვალების, კარსტული და ტექტონიკური ღრმულების რელიეფურ ფორმებთან. ლოკალურ დონეზეც ბილატერალური და კონუსური სიმეტრიებია დამახასიათებელი. ამავე დროს, შეინიშნება ხრახნული, რადიალურ-სხივოსნური, მრუდხაზოვანი და სხვა სიმეტრიები, რომელთა მაგალითებია მცენარეთა ფორმები, მცენარის ღეროებზე ფოთლების განაწილება, ჰაერის მასების ციკლონური მოძრაობა და სხვ.

ამგვარად, სიმეტრიულობის ანალიზი — გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ღრმა კანონზომიერების გამოვლინების, მისი ელემენტების წარმოშობის, ისტორიისა და განვითარების შეცნობის გასაღებს წარმოადგენს. ამ მხრივ, საყურადღებოა თვით დედამიწის ფორმის პოლარული შეკუმშულობის შედეგად ფორმირებული ასიმეტრიული კარდიოიდული ელიფსოიდი, რომელიც მიწის ქერქში ნივთიერების არათანაბარი განაწილების შედეგია. სავარაუდოა, რომ დედამიწის ფორმის ასიმეტრია მისი განვითარების პირველი სტადიის თითქმის წაშლილი რელიქტია. ჩვენი პლანეტა, ხომ თავისი სიდიდის ზრდის პროცესში ჩამოყალიბდა სფეროიდად, თუმცა შემორჩა ადრინდელი ფორმის უსწორმასწორობათა უმნიშვნელო კვალი.

დედამიწის პლანეტარული ფიზიკური სიდიდეების ურთიერთდამოკიდებულებისა და თანაშეწონილობის შესახებ ცნობების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მისი მთელი რიგი ნივთიერი მახასიათებლები არათანაბრადაა განაწილებული. ამ მხრივ, ცნობილია ხმელეთის კონტინენტური (ჩრდილოეთი ნახევარსფერო) და სამხრეთის ოკეანური სფეროების არსებობა; ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს ზომიერი განედების მაღლა

აწეული დედამიწის ქერქის გეოსტრუქტურას (ბალტიის, ალდანის, ანაბრის, კანადის ფარები) სამხრეთ ნახევარსფეროში ოკეანური ღრმულების ჯაჭვი (აფრიკა-ანტარქტიკის, ავსტრალია-ანტარქტიკის, ბელინსგაუზენის) შეესაბამება. ამ გეოკრატიული და ტალასოკრატიული ღერძების – რელიეფის წრიული ასიმეტრია $\pm 62^0$-ე პარალელებზე მდებარეობს. დედამიწის ჩრდილოეთი და სამხრეთი ნახევარსფეროების მიწის წიაღში (ქერქში) შეინიშნება ნივთიერებებისა და მასების ცვლილებები ურთიერთსაპირისპირო მიმართულებით. ამავე დროს, ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს ახალგაზრდა მთების სარტყლის (ალპური დანაოჭების მთები) მოპირდაპირე მხარეს ანალოგი არ გააჩნია. ასევე, სრული არაერთგვაროვნებაა გეოლოგიური ისტორიის, აგებულებისა და პეტროგრაფიული შედგენილობის, ხმელეთისა და შელფური ზოლების ფართობების, სანაპირო ხაზებისა და რელიეფის დანაწევრების შესაბამისი ასპექტების სივრცობრივ განაწილებაში.

ამდენად, ოკეანეების ფსკერზე მიწის ქერქის გრანიტის ფენის გამოსოლვამ და ოკეანის სფეროს კონტინენტების შვერილებით დაყოფამ, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გაბატონებულმა მიწისქვეშა და ზღვიურმა გამყინვარებამ (მზრალობა, გამყინვარება, ზღვის ყინულები) შექმნა დედამიწის გეოგრაფიული გარსის ნაწილების – მიწის ქერქის, ჰიდროსფეროსა და კრიოსფეროს დისიმეტრიები, რომლებიც საბოლოოდ დედამიწის პოლარული ასიმეტრიულობის ნიშნებშია გამოხატული.

გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურული ელემენტების (ოკეანისა და ხმელეთის თანაფარდობა, ატმოსფერული და ოკეანური დინებები, კლიმატი, ნიადაგები, მცენარეულობა, ცხოველთა სამყარო) სივრცობრივი და დროითი გავრცელება, აგრეთვე, მათი ცვლილებათა (დინამიკის) ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სამხრეთ ნახევარსფეროში წყლის ზედაპირის გაბატონების გამო ჰავა შედარებით ერთგვაროვანია. ამაზე მიუთითებს ორივე ნახევარსფეროს უციველი და უთბილესი თვეების ჰაერის საშუალო ტემპერატურათა სხვაობების ურთიერთშედარება. გამოირკვა, რომ ეს სხვაობა ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში 14^0-ს შეადგენს, მაშინ როცა საპირისპირო (სამხ. ნახევარსფერო) მხარეზე იგი მხოლოდ 6^0-ია. აღნიშნულ ნახევარსფეროებს შორის დიამეტრალური განსხვავებაა მყინვარების გავრცელების მხრივაც: თუკი არქტიკაში სუსტია კონტინენტური გამყინვარება, ხოლო ძლიერია ზღვიური ყინულები და ფართოა მუდმივი მზრალობა, ანტარქტიკაში პირიქით – ძლიერია კონტინენტური გამყინვარება, სამაგიეროდ სუსტია ზღვიური ყინულებისა და მუდმივად მზრალი არეალების გავრცელება.

დედამიწის ცხოველთა სამყაროს ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მის გავრცელებაში ბიპოლარულობა მკვეთრად გამოიხატება, რაც ორივე ნახევარსფეროში მსგავსი სახეობების არსებობას ადასტურებს. ამავე დროს, შეინიშნება მათი ასიმეტრიულობის მრავალი მაგალითი. ამ მხრივ, აღსანიშნავია ანტარქტიდაში ძუძუმწოვრების (არქტიკისაგან განსხვავებით), ძარღვოვანი მცენარეების, ფრინველების – ალკასნაირი და სუსხურების სივრცებრივი წყვეტადობა; სამხრეთ ნახევარსფეროში არ გვხვდება ორკუზიანი აქლემი, იაკი, თეთრი დათვი, წიწვიანები; სამაგიეროდ, გავრცელებულია პინგვინები, ლამა, კონდორი, არაუკარია, შავთვალა კიბოები, რომლებიც უცხოა საპირისპირო მხარეს.

აღნიშნული ფორმების ასიმეტრიულობა ნახევარსფეროებს შორის განსხვავების დახასიათების მიზნით საკმარისი სრულებით არ არის. სხვაობა ბუნებრივი ზონების გავრცელებაშიც შეიმჩნევა: სამხრეთ ნახევარსფეროში არ გვხვდება ტიპიური

ტუნდრა. მის ნაცვლად, მდელოებია გავრცელებული. ტაიგის შესაბამის არეალში (ცეცხლოვანი მიწა, ახალი ზელანდია, ტასმანია) მარადმწვანე ტყეებია წარმოდგენილი. სამხრეთ ნახევარსფეროში არ ჩამოყალიბებულა ზომიერი სარტყლის (საშუალო განედები) ტყეტუნდრა, ტყესტეპი, უდაბნოები; ტროპიკების გარე სარტყლების მცენარეულობის ტიპები ამ ნახევარსფეროებში, როგორც წესი, არ მეორდებიან.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის პოლარული ასიმეტრია წარსულ პალეოგეოგრაფიულ ეპოქებშიც არსებობდა, რომლის დასტურია მხოლოდ სამხრეთ ნახევარსფეროში წარმოქმნილი წიწვიანი პოდოკარპუსები და დაკრიდიუმები, ან კიდევ, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ენდემები – სექვოია და ურთხელი. ასიმეტრიულობის აშკარა გამოვლინებაა თანამედროვე ფლორისტიკული და ფაუნისტიკური ოლქების სახეობრივი შემადგენლობა, რომელშიც დამოუკიდებელი ისტორიით განპირობებული ღრმა სისტემური განსხვავებები შეიმჩნევა. ასე, ჰოლარქტიკული ფლორისტიკული და ფაუნისტიკური ოლქები მხოლოდ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ჩამოყალიბებულა; მხოლოდ და მხოლოდ სამხრეთ ნახევარსფეროს კუთვნილებაა ანტარქტიკული, კაპისა და ავსტრალიის ფლორისტიკული, აგრეთვე, ახალი ზელანდიისა (მოა, კივი, გატერია) და ავსტრალიის (იხვნისკარტა ქედნე, კოალა, კენგურუ) ფაუნისტიკური ოლქები.

პოლარული ასიმეტრიულობის შესახებ წარმოდგენა არ იქნება სრულყოფილი თუ არ მოვიტანთ ცნობებს დედამიწის გამყინვარების შესახებ. ამ მხრივ ცნობილია, რომ ჰურონული (ადრე პროტეროზოული), ორდოვიცული და მეოთხეული გამყინვარებები მხოლოდ ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს შეეხო, ხოლო კამბრიულის წინა და გონდვანური (კარბონულ-პერმული) მყინვარული საფარები სამხრეთ ნახევარსფეროში გავრცელდა.

როგორც მოცემული მასალა გვიჩვენებს, პოლარული ასიმეტრიულობა, ან კიდევ ზონალურობა და აზონალურობა, გეოგრაფიული გარსის, არა მარტო დამახასიათებელი, არამედ მისი სტრუქტურულად შემაკავშირებელი განსაკუთრებული მოვლენებია. ჩანს, რომ ისინი მჭიდრო ურთიერთობაში არიან და ბუნებრივ სისტემაში სხვადასხვა იერარქიულ დონეებზე იმყოფებიან. ამ მხრივ, მეცნიერთა შორის ერთიანი აზრი არ არსებობს. თუმცა, უფრო მეტად, მიუთითებენ პოლარული ასიმეტრიულობის პირველი რანგის, ხოლო გეოგრაფიული ზონალურობის, აგრეთვე, სარტყლურობის – მეორე რანგის სტრუქტურის დონეების შესახებ. მართლაც, ზონალური და აზონალური მოვლენების მიზეზები მკვეთრად განსხვავებული და ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელია. ამიტომ, ისინი ერთი რანგის კატეგორიები არ უნდა იყვნენ. უფრო მაღალი რანგის (ასიმეტრიულობის) შედეგად ზონალურობის თუ აზონალურობის საფუძვლები (ოკეანის და ხმელეთის განაწილება, ფლორისტიკული და ფაუნისტიკური, ფიგურისა და მასების, საგნებისა და მოვლენების ასიმეტრიები) ყალიბდება. ამიტომ, პირველი რანგის სტრუქტურას – პოლარული ასიმეტრიულობა უნდა მიეკუთვნოს. გეოგრაფიული თვალსაზრისით, უფრო მნიშვნელოვანია ზონალური და აზონალური ფაქტორების (მეორე რანგი) როლი გეოგრაფიული გარსის ტერიტორიულ (სტრუქტურული დონე) დიფერენციაციაში. ამ მხრივ, ზონალურობა აშკარად არ განსაზღვრავს (არ მბრძანებლობს) აზონალური ფაქტორების გავრცელებაზე, ხოლო აზონალური ფაქტორების მიერ ზონალურ მოვლენებსა და მათ გავრცელებაზე კონტროლის უარყოფა შეუძლებელია. ეს, კიდევ ერთხელ ადასტურებს ზონალური და აზონალური მოვლენების წინააღმდეგობრივ ერთიანობასა და განუყოფელობას.

1. გეოგრაფიული გარსის კომპონენტებისა და ლანდშაფტების კანონზომიერი შეცვლა განედების (ეკვატორიდან პოლუსისაკენ, ან პირიქით) მიხედვით, ანუ ზონალურობა წარმოადგენს რა ბუნების ელემენტების საერთო ნიშნების მიხედვით დიფერენცირებულ სივრცობრივ განლაგებასა და სრული (ან არასრული) გამის (სპექტრის, კომპლექტის) ჩამოყალიბებას, შექმნილია დედამიწის როგორც პლანეტარული, ისე გლობალურ-რეგიონალური თავისებურებებით.

2. გეოგრაფიული გარსის უნივერსალურობის ნიშანი – ზონალურობა გამომჟღავნებულია რა ბუნების ელემენტებისა და ობიექტების სტრუქტურულ-ტექსტურულ ასპექტში, თავისი არსებითად მძლავრი გამოვლინება დედამიწის ზედაპირზე, ანუ „საყრდენ ჩონჩხზე", ცენტრალურ არეალზე – ლანდშაფტურ ფოკუსზე ახასიათებს.

3. გეოგრაფიული ზონალურობისა და ზონების ჩამოყალიბების უმთავრეს განმსაზღვრელ ფაქტორად აღიარებულია რა სითბოს არაერთგვაროვანი გადანაწილება დედამიწის ზედაპირზე, გეოგრაფიული გარსის მთელი რიგი ელემენტები (სითბო, სინოტივე, ბარიული ველი, ჰიდროლოგიური პროცესები, ნიადაგწარმოშობა, ცოცხალი ორგანიზმები, ლითოგენეზი, რელიეფი) ზონალურობის ნიშნების მატარებელია.

4. გეოგრაფიული ზონალურობის პერიოდულობის კანონი ემყარება რა ბუნებრივ მოვლენათა (რადიაციული ბალანსი, ატმოსფერული ნალექები, სიმშრალის რადიაციული ინდექსი) ფიზიკური პარამეტრების ემპირიულ (ცდისეული, დაკვირვებითი) გაანგარიშებას, თავის სივრცობრივ პერიოდულობას აჩვენებს, რომლის თანახმად ბუნებრივი ზონები თავიანთი ნიშნების განმეორებადობით ხასიათდებიან, რომელთა შორის საზღვრების დადგენაზე აორთქლებასა და ტურბულერტურ გაცვლაზე დახარჯული სითბოს რაოდენობები მიუთითებენ.

5. გეოგრაფიული ზონალურობის მარტივი სქემის მიხედვით (ხმელეთი – ბრტყელი, ხოლო პარამეტრები – გასაშუალოებულია) და ბუნებრივი ზონების დიდი ნაწილის განედური გავრცელებით, სახეზეა მისი სივრცობრივი დისკრეტულობა და გეოგრაფიული სარტყლების ფარგლებში ზონების განსაკუთრებული კომპლექტის (გამის, სპექტრის) შესაბამისობა.

6. გეოგრაფიული ზონების სივრცობრივი დიფერენციაცია დამოკიდებულია არა მარტო სითბოსა და სინოტივის თანაფარდობაზე, არამედ სახეზეა ხმელეთისა და ზღვის არათანაბარი გადანაწილების, ოკეანური დინებებისა და მათი სიბური რეჟიმის, ტენისა და სითბოს ადვექციის მიმართულებების, რელიეფისა და სხვა ფაქტორების მიერ შეპირობებული განედური განვრცობის დარღვევა და ზონების მოზაზულობის ნაწილობრივი (ფრაგმენტალური), ან მნიშვნელოვანი (მერიდიანული) შეცვლა, რომელიც დედამიწის სექტორულ დანაწევრებას (გართულებას) განაპირობებს.

7. პლანეტის წიაღის ენერგეტიკული პოტენციალის მიერ შეპირობებული პლანეტარული მოვლენების შედეგად, დედამიწის ზედაპირის რელიეფის რთული ჰიფსომეტრიული დონეების მიხედვით, სითბოსა და სინოტივის თანაფარდობათა ცვლის გამო, ლანდშაფტური იერსახის მკვეთრი ცვლილებები ზონალურობის დარღვევითა და სიმაღლობრივი დიფერენციაციის აშკარა გამოვლინებით (აზონალურობით) ხასიათდება.

8. განედურ ზონალურობასა და სიმაღლითი სარტყლურობას შორის, რომლებიც თითქოს „იმეორებენ" ერთგვაროვან ასპექტებს, აშკარად შესამჩნევი განსხვავებები

(სითბური, დინამიკური, განათების რეჟიმები) ფიგურირებენ, რომელთა შორისაა სითბური რეჟიმის განედური და ვერტიკალური გამის (სპექტრის) არათანაბრობა, ექსპოზიციური არაერთგვაროვნება, ინსოლაციური ასიმეტრიულობა, ატმოსფეროს ადგილობრივი (ხეობური) ცირკულაცია, ნალექების არათანაბარი განაწილება, ოკეანური ტენისა და სითბოს ადვექციის სიდიდეთა სხვადასხვაობა.

9. დედამიწის შინაგანი ძალების მიერ პროვოცირებული რეაქცია – აზონალური მოვლენები თავისი გენეზისით არ უკავშირდებიან ზონალურობას, თუმცა არღვევენ მას და ქმნიან გეოგრაფიული გარსის შინაგან არაერთგვაროვნებას, რაც გეოგრაფიული ობიექტების როგორც ზონალური, ისე აზონალური ანაბეჭდების აშკარა გამოვლინებას განაპირობებენ.

10. გეოგრაფიული გარსის პლანეტარულ სტრუქტურაში არსებითი მნიშვნელობის სფერული და ბილატერალური სიმეტრიები ბუნებრივი სისტემის სტრუქტურის აშკარა გამომხატველობითი ნიშნებისაა, თუმცა ლანდშაფტური გარსის საკმაოდ რთული იერსახე – კონუსური, ხრახნული, რადიალურ-სხივოსნური, მრუდხაზოვანი და წრიული სიმეტრიების ფორმირებას განაპირობებს, რომელთა შორის მაღალი რანგი ასიმეტრიულობას (პოლარული დისიმეტრია) ენიჭება, ხოლო მას დაქვემდებარებულ რანგს ზონალური თუ აზონალური ფაქტორების მიერ განსაზღვრული ლანდშაფტური დიფერენციაცია მიეკუთვნება.

თავი XIV. გეოგრაფიული გარსის განვითარება

ზოგადი ცნობები. დედამიწის წარმოშობა. გეოსფეროების წარმოშობა. სიცოცხლის წარმოშობა. გეოგრაფიული გარსის წარმოშობა და განვითარება. ადამიანის წარმოშობა. გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ევოლუცია. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. ცნობილია, რომ სამყაროს სხეულები და მათ შორის დედამიწა მუდმივ მოძრაობაში იმყოფება. არც გარემომცველი სივრცისათვის დამახასიათებელი მოვლენებია უძრაობის მდგომარეობაში. საგნებისა და მოვლენების მოძრაობა, რომლებიც ხასიათდებიან მიმართულებით, შეუქცევადობითა და გართულების მუდმივობით, განვითარების სახელწოდებითაა ცნობილი. განვითარების პროცესი განუწყვეტელია. ამიტომ მისი დასაწყისი მხოლოდ პირობითად შეიძლება განისაზღვროს. მიღებულია, რომ დედამიწის განვითარება იწყება მისი როგორც ციური სხეულის ჩამოყალიბების მომენტიდან. თუმცა დედამიწის ამგებელი ნივთიერებების განვითარება სამყაროს ფორმირების ადრეულ სტადიებს უკავშირდება.

ბუნების წარსულის აღდგენა გეოგრაფიული მეცნიერების ერთ-ერთი უძნელესი ამოცანაა. ამ მხრივ დიდი დამსახურება ისტორიულ გეოლოგიასა და პალეოგეოგრაფიას ეკუთვნის. დედამიწის ბუნებრივი პირობების გარდასულ ეპოქათა შესახებ ცნობებს ღებულობენ მიწის ქერქის ამგებელი ქანების აგებულებისა და შემადგენლობის ანალიზის საფუძველზე. მიწის ქერქი — დედამიწის ისტორიის ერთგვარი მატიანეა, მისი „მონაცემთა ბანკია“. ამგებელი ქანებისა და ნაშრევების ხასიათი, ნალექების მინერალოგიური და პეტროგრაფიული შემადგენლობა, ნარჩენი დამაგნიტება, პალეომაგნიტური და მცენარეული მტვრის ან სპორების ნარჩენების ანალიზი საშუალებას იძლევა წარმოვიდგინოთ რელიეფის, ჰავის, ნიადაგ-მცენარეული საფარის, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს წარსული ეპოქების ბუნების ძირითადი თავისებურებანი. „გარდასულ დღეთა“ ისტორიის გაშიფვრაში უდიდესი პროგრესი იქნა მიღწეული. XX საუკუნის დასაწყისში მინერალების აბსოლუტური ასაკის დადგენას იზოტოპების მეთოდების დანერგვით აღწევენ.

ამგვარად, მეცნიერების ხელში აღმოჩნდა პალეოგეოგრაფიული სურათის აღდგენის უზუსტესი იარაღი. თუმცა, წარსულის შესახებ მოპოვებული ინფორმაცია ხშირად მწირია და საკმარისი არ არის. ზოგი ცნობა ჯერ კიდევ დაუდგენელია, ხოლო ნაწილი განადგურდა ბუნების განვითარების (მთათაწარმოშობა, მეტამორფიზმი, ვულკანიზმი) პროცესში. ამიტომ მეცნიერული წარმოდგენები ხშირად გადასინჯვასა და ნაწილობრივ გადახალისებას მოითხოვს. ამავე დროს, დედამიწის წარსულის შესახებ დღეს უკვე არსებული ცოდნა და გეოლოგიური ეპოქების პალეოგეოგრაფიული სურათები მთლიანად ასახავენ იმ სინამდვილეს, რომელიც საკმარისია პლანეტის იერსახისა და მისი მომავალი პროგნოზირების დასადგენად.

გეოგრაფიული გარსის განვითარების შესახებ წარმოდგენას იძლევა მისი ძირითადი ელემენტების ამა თუ იმ დროისათვის დამახასიათებელი მდგომარეობათა აღქმა.

ისტორიულ-გეოლოგიური და პალეოგეოგრაფიული სურათების აღდგენისა და მათი ურთიერთშედარების შედეგად ნათელი ხდება, რომ დედამიწის ბუნებრივი გარსის ერთ მხარეს მიმართული და შეუქცევადი ცვლილებები მკაცრად და თანმიმდევრულად მიმდინარეობს, თუმცა, არცთუ იშვიათად აქვს ნახტომისებური გარდაქმნის უნარი და იწვევს მისი სტრუქტურის ღრმა გარდაქმნას, რომელიც გეოგრაფიული მოვლენებისა და პროცესების გამრავალფეროვნებისკენაა მიმართული. ანალოგიური თავისებურებები ყოველი სისტემის დამახასიათებელი ნიშანია, მისი მოძრაობის უმაღლესი ფორმაა. ამ მხრივ გეოგრაფიული გარსი გამონაკლისი როდია.

გეოგრაფიული გარსის განვითარება რთული და წინააღმდეგობრივი პროცესია. მოვლენათა მუდმივი, მაგრამ შეუმჩნეველი რაოდენობრივი ცვლილებები უეცარ და ნახტომისებურ თვისებრივ გარდაქმნას განიცდის. იქმნება ელემენტების ახალი სტრუქტურა, თუმცა იგი ყოველთვის ძველ საფუძველს ემყარება.

დედამიწის ბუნების განვითარება არათანაბრად მიმდინარეობს. ნელი და ევოლუციური ცვლილების პერიოდებს ენაცვლება მკვეთრი და უეცარი გარდაქმნები. ამდენად, გეოგრაფიული გარსის განვითარება დროის მარტივი ფუნქცია კი არ არის, არამედ მის შინაგან ორგანიზებულობას ემყარება. ენერგია, როგორც მოძრაობისა და ცვლილების საფუძველი, გეოგრაფიულ გარსში გარემოდან შედის, მაგრამ მისი განვითარება (მოძრაობა მარტივიდან რთულისაკენ) გეოგრაფიული სისტემების შინაგანი კანონებით მიმდინარეობს. გეოგრაფიული ორგანიზებულობის დონე განსაზღვრავს რა ლანდშაფტური გარსისა და მისი შემადგენელი სისტემების ფორმას, განვითარების ამა თუ იმ საფეხურზე მიუთითებს. სწორედ გეოგრაფიული ორგანიზებულობის დონითაა განსაზღვრული ჩვენი პლანეტის უნიკალურობა — სიცოცხლის წარმოშობა და განვითარება.

დედამიწის წარმოშობა. გეოგრაფიული გარსისა და მისი გეოსფეროების წარმოშობა-განვითარების შესახებ სრული წარმოდგენის მიღება თვით დედამიწის ეტაპობრივი ევოლუციის აღქმის შედეგადაა შესაძლებელი. ცხადია, რომ ამ ამოცანის ყოველმხრივი შეცნობა, ჩვენი პლანეტის წარმოშობის ასპექტების განხილვით, საკმარისი სრულიადაც არ იქნება. დედამიწა და მზის სისტემა ხომ, პატარა წერტილია სამყაროს უკიდეგანო სივრცეში. ამიტომ ჩვენი პლანეტის შესახებ ნათელი წარმოდგენის მიზნით, მკითხველი კიდევ ერთხელ უნდა დაუბრუნდეს ამ სახელმძღვანელოს პირველ თავში განხილულ მასალას.

ამჯერად კი შევეხებით მოსაზრებას დედამიწის როგორც პლანეტის წარმოშობის შესახებ. ცხადია, რომ იგი მზის სისტემის წარმოშობისაგან განყენებულად არ განიხილება. ამ მხრივ, ყველა მოსაზრება ან შეხედულება მხოლოდ ჰიპოთეზურია. ისინი არ ემყარება ფაქტებზე დაკვირვებასა და იქიდან გამოტანილი ანალიზური მასალის განზოგადებას. ასე, მაგალითად, XVIII საუკუნის შუა წლებში გერმანელი მეცნიერის ი. კანტის ჰიპოთეზით როგორც მზე, ისე პლანეტები ერთი პირვანდელი მატერიიდან წარმოიქმნენ, რომელიც უმთავრესად გაზისა და მყარი (წვრილი) კოსმოსური ნაწილაკებისაგან შედგებოდა. ამ ვარაუდის გამოთქმას ხელს უწყობდა იმ დროისათვის უკვე ცნობილი ფაქტები: პლანეტები ბრუნავენ თავიანთი ღერძის გარშემო და გარს უვლიან თავიანთ მნათობს — მზეს, ხოლო პლანეტების ორბიტები ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ.

ჰიპოთეზის თანახმად, მზის სისტემის პლანეტების ორბიტის სივრცეში დიდი ნისლეული — ნებულიუმი არსებობდა, რომლის შეკუმშვის გამო მატერიის დიდმა

ნაწილმა თავი ცენტრში მოიყარა, რაც მის განუწყვეტელ შემკვრივებას უწყობდა ხელს; მაღალი სიმკვრივის გამო საბოლოოდ იგი აფეთქდა და მის ადგილზე უზარმაზარი ვარსკვლავი – მზე გაჩნდა; შეკუმშული მტვროვანი მასების ადგილებში კი ცთომილები (პლანეტები) და თანამგზავრები წარმოიქმნენ; ბრუნვის გამო მთელმა სისტემამ ბრტყელი სტრუქტურა მიიღო.

ი. კანტის მოსაზრებასთან ერთად, ოდნავ მოგვიანებით, პ. ლაპლასმა განსაკუთრებული მნიშვნელობა მიანიჭა რა ნებულიუმის ბრუნვას, მათემატიკური ანალიზით, მატერიის განვითარება და ევოლუცია აღიარა. ამიტომ ამ მოსაზრებამ საბოლოოდ კანტ-ლაპლასის ნებულური ჰიპოთეზის სახელი დაიმკვიდრა. ჰიპოთეზის მიხედვით, პლანეტები მზისგან „მოწყვეტილი“, თავდაპირველად ცხელი, შემდგომში კი თანდათანობით გაცივებულ სხეულებად იყო წარმოდგენილი.

გასული საუკუნის შუა წლებში უკვე მდიდარი ფაქტობრივი მასალა დაგროვდა, რომელიც კანტ-ლაპლასის ვარაუდის საწინააღმდეგოდ ღაღადებდნენ. მათ, ახალი ჰიპოთეზის ძიებისაკენ მიმართეს მეცნიერთა ყურადღება. ამ მხრივ აღსანიშნავია რუსეთში მცხოვრები მეცნიერის ო. შმიდტის მიერ წარმოდგენილი ჰიპოთეზა (1950 წ.), რომლის თანახმად პლანეტების წარმოშობა კონსტატირებულია არა ცხელი მზიდან მოწყვეტის შედეგად, არამედ ცივი გაზოვან-მტვროვანი შემადგენლობის „ღრუბლის“ ნაწილაკების ცალკეულ გუნდებად შეგროვებისა და შეკონწიწების შედეგად. ასეთ ღრუბელში ხშირი იყო მყარი ნაწილაკების ურთიერთშეჯახებები, რომლის გამო მათი კინეტიკური ენერგია თანდათანობით მცირდებოდა; ცხადია, რომ ნაწილაკები შემჭიდროვდნენ და ცალკეული გროვები წარმოქმნეს; დიდი გროვების მიერ კიდევ უფრო გაძლიერდა მცირე ნაწილაკების მიერთება; საბოლოოდ, სხეულების ისეთი განაწილება ჩამოყალიბდა, რომლისთვისაც შეჯახებების ალბათობა ძალიან მცირე გახდა; ღრუბლის ნაწილაკების კონდენსაციამ მსხვილი სხეულები – პლანეტები ჩამოაყალიბა. ეს მოსაზრება შეესაბამება კოსმოსური ღრუბლის ერთ ბრტყელ დისკოში კონცენტრაციასა და წრიულ მოძრაობას საერთო სიბრტყეში.

ო. შმიდტის კოსმოგონიური ჰიპოთეზის თანახმად, დედამიწის ამჟამინდელი მასა თავდაპირველად 200 მილიონი წლის განმავლობაში ყალიბდებოდა. ამასთან ერთად, ცხელდებოდა რა პლანეტა; კოსმოსური მტვრის ძლიერ „კონდენსაციასთან“ ერთად, ჯერ კიდევ ცივი დედამიწის წიაღი იმ დროისათვის უკვე 1000°k-მდე გახურდა. შემდგომში რადიაქტიური ელემენტების მიერ სითბოს გამოყოფის ხარჯზე, ტემპერატურა განუწყვეტლივ მატულობდა. ცხელ წიაღში ნივთიერებების გალღვობამ ვერტიკალური დიფერენციაცია გააძლიერა და ქიმიური ნაერთების ჩვენთვის უკვე ცნობილი (თავი IV) გადანაწილება გამოიწვია.

არც ო. შმიდტის ჰიპოთეზა ყოფილა უნაკლო. ამიტომ ვარაუდების გამოთქმა არ შეწერებულა: ჩემბერლენის, მულტონისა და ჯინსის ჰიპოთეზებით პლანეტებისა და, მასთან ერთად, დედამიწის წარმოშობა მზესთან სხვა ვარსკვლავის მიახლოებისას გამოწვეულ მოქცევა-უკუქცევის მოვლენებს უკავშირდება. უახლესი კოსმოგონიური ჰიპოთეზები, გრავიტაციასთან ერთად, მაგნიტური ძალების მოქმედებასაც ითვალისწინებენ. შმიდტისეული ჰიპოთეზა კი შედარებით მყარად დგას. სხვა მოსაზრებები მის შევსებასა და გამდიდრებას უწყობს ხელს. შმიდტის ჰიპოთეზა რამდენიმე განზოგადებული და ჩვენთვის საინტერესო დასკვნის გამოტანის საშუალებას იძლევა: ჯერ კიდევ გაზისა და მტვრისაგან შედგენილმა მასამ, ანუ პროტოპლანეტურმა გარემომ, უზარმაზარ „ღრუბლად“ შეკუმშვა განიცადა; დიდი

მასის ფრაგმენტებმა შედარებით მცირე ნაწილაკების მიტაცებით, ე.წ. აკრეციით, ცენტრალურ სხეულს – პროტომზეს მთავარი როლის შესრულება დააკისრა; ამ სხეულის მასის ზრდას თან სდევს წიაღის ტემპერატურის მატება, თუმცა ეს პროცესი საკმაოდ (10^5 წელიწადი) ხანგრძლივია; აკრეცია შემდგომშიც გრძელდება და ცენტრალური სხეული (პროტომზე) კიდევ უფრო იზრდება, ხოლო მის გარშემო – პროტოპლანეტები ფორმირდება; პლანეტების ჩანასახობრივი მდგომარეობიდან თანამედროვე სიდიდემდე ზრდას 100 მილიონი წელიწადი დასჭირდა.

დედამიწის (პლანეტების) წარმოშობიდან დღემდე სავარაუდოდ 4,6-4,7 მლრდ. წელია გასული. ამ დროის განმავლობაში „ცოცხალ დედამიწა" ურთულეს გარდაქმნას განიცდის. მისი განვითარების ისტორიის აღდგენა ჯერჯერობით მხოლოდ ზოგადი სახით ხერხდება. ამ განვლილ ისტორიას ძველი ქანების თავისებურებების (თავი IV) მიხედვით აღადგენდნენ. როგორც ჩანს, დედამიწის მიერ განვლილი გზა სრულებით არ ჰგავდა ერთმანეთს. ამიტომ ამ დროის მანძილზე ფრიად განსხვავებული ფორმაციები ჩამოყალიბდა. ისინი სამ ეონად (არქეული, პროტეროზოული და ფანეროზოული), სამ ერად (პალეოზოური, მეზოზოური და კაინოზოური) და თორმეტ პერიოდად (სისტემად) იყოფა.

გეოსფეროების წარმოშობა. კოსმოსურ სივრცეში ყველაზე მეტად გავრცელებულ ელემენტებს წყალბადი და ჰელიუმი მიეკუთვნება. უეჭველია, რომ ისინი შედიოდნენ პროტოპლანეტურ გაზოვან-მტვროვანი ღრუბლის შემადგენლობაში. დედამიწის თავდაპირველი ატმოსფეროც ამ ელემენტებისაგან უნდა ყოფილიყო შემდგარი. მოგვიანებით კი, დედამიწის გათბობამ დასაბამი მისცა, ერთი მხრივ, მის დეგაზაციას, მეორეც – წყალბადისა და ჰელიუმის დისიპაციას, ანუ მის გაფანტვას ახლო კოსმოსურ სივრცეში. დედამიწამ დაკარგა პირველადი ატმოსფერო და მისი წიაღიდან გამოყოფილი გაზებისაგან თავისი საკუთარი ატმოსფეროს ფორმირება დაიწყო. მიწის გეოქიმიური თავისებურება თავისუფალი ჟანგბადის უქონლობაში გამოიხატებოდა. სამაგიეროდ, უხვად იყო წყალი, ნახშირბადის ოქსიდი და დიოქსიდი, მარილმჟავა, გოგირდმჟავა, გოგირდწყალბადი, მეთანი და სხვა ნაერთები.

ატმოსფეროს განვითარების მომდევნო, აბიოგენურიდან ბიოგენურისაკენ, გარდამავალ ეტაპზე აღდგენითი პირობების ნაცვლად დაჟანგვის როლის გაზრდას უნდა ჰქონოდა ადგილი. ამ დროს დედამიწის ატმოსფეროში იმატა აზოტისა და ნახშირბადის შემცველობამ, ხოლო ჟანგბადის წარმოქმნა წყლის დისოციაციას უკავშირდება, რაც ჰაერის მაღალ ფენებში მზის ულტრაიისფერი სხივების ზემოქმედებით მიმდინარეობდა. მისი გამოყოფა შეეძლო მიწის ქერქის შემადგენელ ჟანგეულებსაც. მაგრამ ჟანგბადი ატმოსფეროში მაინც არ გროვდებოდა. მისი დიდი ნაწილი ხმარდებოდა მიწის ქერქის მინერალების დაჟანგვას. ამიტომ კამბრიუმამდელი ნალექები საკმაოდ შეიცავენ რკინისა და კალციუმის სულფატის ჟანგეულებს.

ატმოსფეროს განვითარების ბოლო – ბიოგენური ეტაპი ფოტოსინთეზის მიმდინარეობას უკავშირდება, რაც ჟანგბადის წილის მნიშვნელოვან ზრდას იწვევს. ამავე დროს, ჰაერის გარსმა თითქმის მთლიანად დაკარგა ნახშირორჟანგი, რომელიც მოხმარდა კარბონატებისა და ქვანახშირის ბუდობების ფორმირებას. ამჟამად ატმოსფეროში მთავარ როლს აზოტი და ჟანგბადი ასრულებენ.

დედამიწის წყლის გარსი წიაღიდან ორთქლის გამოყოფის შედეგად ამ 3 მილიარდი წლის წინ გაჩნდა. ამ ვარაუდს ახლანდელი ჰეიზერებისა და მაგმატიზმის

პროდუქტებში წყლის ორთქლის შედგენილობა ადასტურებს. ამჟამად თანამედროვე ვულკანებიდან ყოველწლიურად 40-50 მლნ. ტონა წყალი ამოიღერება. უდავოა, რომ დედამიწის წყლის ძირითადი ნაწილის ფორმირება მანტიიდან გამოთავისუფლებულ ორთქლთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

რაც შეეხება ჰიდროსფეროს ქიმიურ შემადგენლობას, მისი ქლორიან-ნატრიუმიანი და კალციუმიანი შედგენილობა დაკავშირებულია როგორც წყლის დედამიწის ზედაპირზე ამოსვლასთან, ისე მის ხარჯვასთან დაკავშირებით მინერალების წარმოქმნისა (დალექვის) და აღნიშნული შემადგენლობის ნარჩენი ხსნარის ფორმირების დროს. ოკეანის ფსკერიდან ჰიდროსფეროში წყლის შემოსვლა ამჟამადაც გრძელდება.

როგორც ჩანს, ოკეანის წყლის მარილიანობაში ქლორი მისი წარმოშობის პროცესში გაჩნდა, ხოლო სხვა ელემენტები (ნატრიუმი, კალიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი) ოკეანეში კონტინენტებიდან ჩამონადენის შედეგად მოხვდნენ, ხოლო მარილების შემცველი რიგი ელემენტების წარმოქმნა ბიოგენური გზით უნდა მომხდარიყო. თუკი, თავდაპირველად, ჰიდროსფეროს მარილიანობა დაბალი იყო, პერმულში უკვე 26‰ აღწევდა, ხოლო ცარცულში – 85‰ გაუთანაბრდა. ამავე დროს, ჰიდროსფეროს მოცულობა განუწყვეტლივ იზრდებოდა: მანტიის დეგაზაციის შედეგად დედამიწის ზედაპირზე ყოველწლიურად $3x10^8$ ტ წყალი შემოდიოდა, რაც მსოფლიო ოკეანის დონის 0,001 მმ-ით აწევას იწვევდა. ჰიდროსფეროს მასის უმნიშვნელო ზრდა ამჟამადაც მიმდინარეობს.

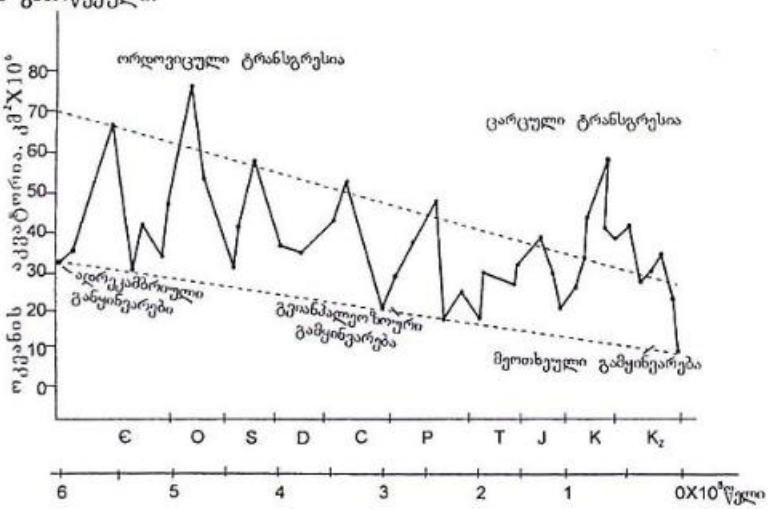
ამგვარად, ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს განვითარების გზები წარსულში მათ მჭიდრო ურთიერთკავშირებზე მიუთითებს. უატმოსფერო დედამიწის ზედაპირზე, ცხადია, რომ არ არსებობდა ჰიდროსფეროც, არ მიმდინარეობდა დანალექი ქანების ფორმირება და დედამიწა მხოლოდ პირველადი კრისტალური ქანებით იყო დაფარული. როგორც კი გაჩნდნენ ატმოსფერო და ოკეანე, მაშინვე დაიწყო დედამიწის მყარი ზედაპირის დენუდაცია. დანალექი ქანების ფორმირება და გახსნილი მარილების ზღვებისა და ოკეანეების ფსკერზე დალექვა.

ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს ევოლუციის პარალელურად მიმდინარეობდა მიწის ქერქის განვითარებაც. გრენლანდიის უძველესი (3,8 მლრდ. წელი) დანალექი ქანების ფორმირება (მურა რკინაქვა), სწორედ, პირველადი გამოფიტვისა და დალექვის შედეგად გახდა შესაძლებელი. დანალექი და მაგმური ქანები მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში (ლითოსფეროს დაძირვა) მუდმივ მეტამორფიზაციას განიცდიდა: იცვლებოდა მათი სტრუქტურა, მინერალური და ქიმიური შემადგენლობა; წარმოიქმნა პირველი მეტამორფული კვარციტები, ფიქლები, გნეისები და სხვა კრისტალური ქანები. ასე დაიწყო პირველადი გრანიტულ-გნეისური მიწის კონტინენტური ქერქისა და უძველესი ბაქნების ფორმირება.

ამჟამად მიწის ქერქი შედგება დანალექი, ამოთხეული და მეტამორფული ქანებისაგან. მიმდინარეობს თითოეული მათგანის ერთმანეთში (თავი XIII) მონაცვლეობა. ნალექდაგროვების განუწყვეტელი და ერთმხრივ მიმართული პროცესის შემთხვევაში, ამ 4 მილიარდი წლის მანძილზე, მიწის ქერქის სიმძლავრე 120 კმ-ს მიაღწევდა. სინამდვილეში კი მისი საშუალო სისქე 30-35 კმ-ს შეადგენს, ხოლო დანალექი ფენისა – მხოლოდ 2,2 კმ-ია. ასეთი განსხვავების მიზეზის ახსნა ძნელი არ არის, თუ გავიხსენებთ დანალექი ფენის განუწყვეტელი გარდაქმნის პროცესის (თავი XI) მიმდინარეობას, რომლის მარტივი სქემა შემდეგი თანმიმდევრობისაა: მაგმატიზმი

– გამოფიტვა – გადარეცხვა – ნალექწარმოქმნა – დაძირვა – მეტამორფიზმი – მაგმატიზმი.

მიწის ქერქის განვითარების მსვლელობაში არაერთხელ გამოვლინდა მთათაწარმომშობი პროცესები – ინტრუზიული და ეფუზიური ვულკანიზმი და დანაოჭებები. ამ პროცესების აქტივიზაციის პერიოდებს ტექტონიკურ-მაგმატურ ეპოქებს უწოდებენ. ადრეულ გეოლოგიურ ეტაპებში ტექტონიკურ ეპოქათა შორის დროის მონაკვეთი უფრო ხანგრძლივი (300-500 მლნ. წელი) იყო, ვიდრე ფანეროზოულ (50-150 მლნ. წელი) დროში. უფრო უკეთესად შესასწავლია ზედა პროტეროზოული ასაკის რიფეული (ბაიკალური), კალედონური (ქვედა პალეოზოური), ჰერცინული (ზედა პალეოზოური), მეზოზოური და ალპური (კაინოზოური) ტექტონიკურ-მაგმატური ეპოქები. მათ მსვლელობაში დედამიწის ზედაპირის ბუნების არსებითი ნიშანი იყო ზღვის ტრანსგრესიებისა (შემოტევა) და რეგრესიების (დახევა) მორიგეობა. მათი ინტენსივობა დაკავშირებულია ბუნებრივი პროცესების: ჰიდროსფეროს წყლის მოცულობის, ოკეანური ტევადობის, კონტინენტების სიმაღლეებისა და, საბოლოო ჯამში, ჰავის ცვლილების საკმაოდ რთულ თანაშეხამებასთან. როგორც ირკვევა (ნახ. XIV.1), ხმელეთისა და ოკეანის ფართობის ცვლის ხასიათი, მთელი ფანეროზოულის მანძილზე, პირველი მათგანის ზრდის ტენდენციას უჩვენებს, რაც მიწის ქერქის სტრუქტურის, კერძოდ, მისი კონტინენტური ნაწილის გაფართოებითაა გამოწვეული.



ნახ. XIV.1. თანამედროვე კონტინენტების ზღვებით დაკავებული ტერიტორიის ჯამური ფართობის ცვლილება (ა. მონინის მიხედვით)

ჰიდროსფეროს, ატმოსფეროსა და ლითოსფეროს განვითარების მიმდინარეობის სივრცე-დროითი ინტერპრეტირება დედამიწის კლიმატის ქრონოლოგიური ცვლილების ზოგადი სურათის აღდგენის საშუალებას იძლევა. კამბრიუმამდელ დროში დედამიწის ჰავა მკვეთრად გამოხატული განედური ზონალურობით ხასიათდებოდა. ჰავის აღნიშნული ხასიათი უფრო გვიან გეოლოგიურ ეპოქებშიც შეინიშნებოდა. ატმოსფეროს მცირე მასის გამო, განედური კონტრასტების გათანაბრება ნაკლებად

ეფექტური იყო. ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს მასების ზრდასთან ერთად მცირდებოდა როგორც ჰავის განედური სხვაობები, ისე ჰაერის ტემპერატურის დღეღამური და სეზონური კონტრასტები. ამასთან, შეიძლება ვიმსჯელოთ კონტინენტური გამყინვარების მრავალჯერადობაზეც. მათ შორის ყველაზე პირველი უტყუარი კონტინენტური მყინვარული ფარის არსებობა ქვედა პროტეროზოულს (2 მლრდ. წლის წინათ) მიეკუთვნება. ამ მყინვარის მიერ დატოვებული მასალა (ტილიტი) ნაპოვნია კანადის ფარის სამხრეთ ნაწილში. მიუთითებენ, აგრეთვე გვიანპალეოზოური გამყინვარების შესახებ. ცხადია, რომ პლეისტოცენური გამყინვარების კვალი ყველაზე კარგადაა შემონახული.

სიცოცხლის წარმოშობა. დედამიწის გეოგრაფიული გარსის გეოსფეროების (ატმო-ლითო-ჰიდროსფეროს) წარმოშობისა და განვითარების ისტორია მჭიდროდაა დაკავშირებული ბიოსფეროს ფორმირებისა და მისი ცალკეული ეტაპების მონაცვლეობასთან. მაგრამ ბიოსფეროს (როგორც გეოსფეროს) ჩამოყალიბებამდე, ჯერ კიდევ დიდი დრო იყო საჭირო. თავდაპირველად კი სიცოცხლის წარმოშობის პირობების ფორმირება უნდა მომხდარიყო. ამ ურთულესი და ხანგრძლივი პროცესის დეტალური სურათის აღდგენა ამჟამად საკმაოდ ძნელი ამოცანაა. სიცოცხლის წარმოშობის ყველაზე უფრო თანმიმდევრული თეორია რუსმა მეცნიერმა ა. ოპარინმა, ინგლისელებმა – ჯ. ჰოლდეინმა და ჯ. ბერნალმა შეიმუშავეს. ამ თეორიების მიხედვით დედამიწაზე სიცოცხლის წარმოშობისათვის აუცილებელი იყო ნახშირბადისა და წყალბადის არსებობა. როგორც გამოირკვა, ეს ელემენტები ფართოდაა გავრცელებული მთელი სამყაროს ვარსკვლავებისა და მეტეორიტების შემადგენლობაში. ცხადია, რომ გამონაკლისი არც თავდაპირველი ღრუბელი იყო, რომლის შემკვრივების შედეგად გაჩნდა დედამიწაც. ამდენად, ჩვენი პლანეტის შემადგენლობაში ნახშირბადი და წყალბადი თავიდანვე, ანუ გაჩენის მომენტიდან შედიოდა. ნახშირბადის ატომებს კი შეერთების დიდი უნარი აქვთ როგორც ერთმანეთთან, ისე სხვა ქიმიური ელემენტების ატომებთან. ამიტომ მათ არ გაუჭნელდებოდათ მონაწილეობის მიღება რთული ნივთიერებების შექმნაში.

ცოცხალი ორგანიზმების წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის ბუნების განვითარების იმ ეტაპთან, როცა უკვე ჩამოყალიბდა საკმაოდ მძლავრი ატმოსფერო და ჰიდროსფერო. მათ უკვე შეეძლოთ სათბურის ეფექტის შეპირობება, ხოლო მის კვალდაკვალ დედამიწაზე შედარებით მაღალი და მდგრადი ტემპერატურის დამყარება. ამავე დროს, აღნიშნული ქიმიური ელემენტების (C და H) თანაარსებობით უკვე მიღწეული იყო წყალსა, ამიაკსა და ნახშირწყლებს შორის რეაქციების შესაძლებლობა, რომელიც სულ უფრო რთულდებოდა და ახალ (სასურველ) გარემოში (ლაგუნებში) რთული შენაერთების წარმოშობას იწვევდა. ამ რეაქციათა ქაოსში, ბოლოს და ბოლოს გამოჩნდა გზა რთული აღნაგობის მოლეკულური ნაერთების წარმოსაქმნელად. მათ შორის იყო ცილების მსგავსი ნაერთებიც. სწორედ ეს გახდა სიცოცხლის წარმოშობის პროცესის საწყისი ეტაპი.

მაგრამ ცოცხალი ორგანიზმების ფორმირება ჯერ კიდევ შორს იყო. სიცოცხლის ჩამოყალიბების მეორე ეტაპზე საერთო ხსნარში მოქცეულმა ცილებმა თხიერი წვრილი წვეთების სახით გამოცალკევებისა და შეგროვების უნარი შეიძინეს. ამ მოვლენას კოაცერვაცია ეწოდება. კოაცერვატებმა ბუნებრივ ხსნარებში ორგანული ნივთიერებების გროვების შექმნას შეუწყვეს ხელი. თითოეული ასეთი გროვა უკვე ინდივიდუალური ნიშნით ხასიათდებოდა, რომელსაც საკუთარი (თუმცა არამდგრადი)

სტრუქტურა გააჩნდა. ყოველი მათგანი გარედან ადვილად იზიდავდა ნაწილაკებს და შთანთქავდა მათ. ამის გამო იქმნებოდა ქიმიური ნაერთების დაგროვება, თანდათანობითი ზრდა და შინაგანი გარდაქმნა. ნაერთების გარდაქმნისას ადგილი უნდა ჰქონოდა როგორც შექმნის, ისე დაშლის პროცესებს. თუ ნივთიერების სინთეზი უფრო სწრაფად წარიმართებოდა, ვიდრე დაშლა – მდგრადი ცილის წვეთები ჩამოყალიბდებოდა, რომლებსაც დინამიკური მდგრადობა, ანუ ნივთიერებათა ცვლის მსგავსი მოვლენა – აღდგენის პროცესი ახასიათებდათ.

ცხადია, რომ დინამიკური მდგრადობის უნარის ანუ ქიმიური რეაქციების შინაგანად ორგანიზებული თანმიმდევრობის ხერხის გამომუშავება საკმაოდ ხანგრძლივი პროცესია. ამ უნარმა უზრუნველყო კოაცერვატების ისეთი სტრუქტურა, რომელიც განსაზღვრავდა არა მარტო ხანგრძლივ არსებობას, არამედ მათ ზრდასა და გამრავლებასაც. ამის გამო კოაცერვატების გარკვეულ სიდიდემდე ზრდა, იწვევდა მათ შემდგომ გაყოფასა და ორი მდგრადი ანუ მსგავსი გროვების წარმოშობას, რომლებსაც, თავის მხრივ, შეეძლოთ გაზრდა და დამოუკიდებელი გამრავლება. ეს იყო სიცოცხლის წარმოშობის მესამე, დამაგვირგვინებელი ეტაპი, როდესაც არაცოცხალი ორგანული წარმონაქმნისაგან ცოცხალი არსების ნახტომისებური გარდაქმნა მოხდა.

მარტივი სიცოცხლის გუნდებს ჯერ კიდევ არ გააჩნდათ უჯრედოვანი სტრუქტურა, რომელიც შეიძინეს ასეულათასობით წლების განმავლობაში. ასევე ასეული ათასი წლები იყო საჭირო, რომ მათ გასჩენოდა საკვები პროდუქტის შექმნის უნარი. ამჟამად მას მწვანე მცენარეულობა ახერხებს ფოტოსინთეზის წყალობით. მაშინ კი, განვითარების ერთ-ერთ საწყის ეტაპზე, ცოცხალი ორგანიზმები ორ ჯგუფად დაიყო: არაორგანულიდან ორგანული ნივთიერებების „დამზადების“ უნარის არამქონე ორგანიზმებმა დასაბამი მისცეს ცხოველთა სამყაროს, ხოლო ორგანული ნივთიერების სინთეზის უნარიანებმა – მცენარეების წარმოშობას დაუდეს საფუძველი.

სიცოცხლის წარმოშობის ურთულესი პროცესის აღდგენის მეცნიერებაში დღემდე არსებული თეორიები მრავალ კითხვას ბადებს. შედარებით ნაკლებად სადავოა მოსაზრებები: 1. თავდაპირველი ორგანული ნაერთები საკმაოდ მარტივი (3-6 ატომი ყოველ მოლეკულაში) უნდა ყოფილიყო, რომელთა კონცენტრაციის (წყლის მოცულობის) შემცირებას ხელი უნდა შეეწყო მარტივი მოლეკულების ურთიერთმოქმედებისა და რთული ნაერთების წარმოქმნის პროცესისათვის. აქედან გამომდინარეობს მეტად საჭირო დასკვნა: სიცოცხლის აკვანი ამომშრალ წყალსატევებში, ლაგუნებში, ლამებსა და ნიადაგებში დაირწა; 2. ცილების წარმოშობისათვის საჭირო ამინომჟავების წარმოქმნის ყველა ინგრედიენტი (მეთანი, ამიაკი, წყლის ორთქლი, ელექტრონული განმუხტვა, ულტრაიისფერი სხივები) დედამიწის პირველად ატმოსფეროში საკმარისად იყო წარმოდგენილი; 3. ორგანიზმთა შთამომავლობითი ნიშნების გადაცემაში განსაკუთრებული როლის შესრულება დეზოქსირიბონუკლეინის მჟავას (დნმ) მიეკუთვნება.

მეცნიერთა ნაწილი ცოცხალი ორგანიზმების არსებობას დედამიწისეულ ფაქტორებს კი არ განაკუთვნებს, არამედ სამყაროს სიღრმიდან სიცოცხლის მატარებელი ნაწილაკების დედამიწაზე გადმოტანას ვარაუდობს. ამ თეორიის ავტორების მიერ დაშვებულია სიცოცხლის წარმოშობა სხვა პლანეტაზე, სადაც არაცოცხალი ნივთიერების გარდაქმნის გზით შესაძლებელი გამხდარა მათი ცოცხალ ფორმებად გარდაქმნა. ამ თეორიის შინაარსიდან ირკვევა, რომ სამყაროს სივრცეში

(რომელიმე პლანეტაზე), როგორც ჩვენ დედამიწაზე, აშკარაა სიცოცხლის წარმოშობის პირობების არსებობა. ცხადია, რომ დედამიწაზეც დასაშვებია არაცოცხალი მატერიიდან ცოცხალი ორგანიზმების ფორმირება. მართლაც, დედამიწაზე მიმდინარე ბუნების „მასაზრდოებელი" საქმიანობა 1,0-1,5 მლრდ. წელი გრძელდებოდა, რომელმაც სიცოცხლის წარმოშობისა და განვითარების ყველა პირობის ფორმირება შეძლო. ეს პირობები გაერთიანდნენ დედამიწის უნიკალურ სინთეზურ წარმონაქმნში, ანუ გეოგრაფიულ გარსში, რომლის გამეორება სამყაროს სივრცეში შესაძლებელია, თუმცა მისი ალბათობა ძალზე დაბალია.

ჩვენ პლანეტაზე სიცოცხლის წარმოშობით დაიწყო დედამიწის განვითარების ახალი – ბიოგენური ეტაპი. როგორც გამოირკვა, პირველად ჰეტეროტროფული ორგანიზმები წარმოიშვნენ, რომლებიც ორგანული ნივთიერებებით იკვებებოდნენ. მოგვიანებით კი ავტოტროფული ფორმები გაჩნდნენ. ამ პრიმიტიული ორგანიზმების ნაცვლად დედამიწას ფოტოსინთეზის უნარის მქონე მცენარეები მოევლინა. ამ დროიდან ცოცხალი ნივთიერება მძლავრი ფიზიკურ-გეოგრაფიული ფაქტორი ხდება. თავისუფალი ჟანგბადის გაჩენით საფუძველი ჩაეყარა ცხოველების გაჩენასაც.

ყველაზე უფრო ძველი ორგანიზმების (ბაქტერიები) ნარჩენები სამხრეთ აფრიკაშია ნაპოვნი. მათი ასაკი 3,1 მლრდ. წელს უტოლდება. წყალმცენარეებიანი კირქვების ასაკი 2,72 მილიარდი წელია, ხოლო 1,2 მლრდ. წლის წინათ (ზედა პროტეროზოული, ანუ რიფეული) გამოჩნდნენ მრავალუჯრედიანი წყალმცენარეები. მოგვიანებით კი წითელი და მწვანე წყალმცენარეები გამეფებულან, კიდევ უფრო გვიან – მრავალუჯრედიანი ცხოველები – მედუზები, ღრუბელები, ჭიები, არქეოცეატები და სხვა ორგანიზმები ყოფილა გაბატონებული.

კემბრიუმამდელი დროის ორგანიზმების მიერ ატმოსფეროში გეოქიმიური მუშაობის მთავარი შედეგია ჟანგბადის დაგროვება და ნახშირბადის დიოქსიდის შთანთქმა. ამ უკანასკნელის დიდი ნაწილი კირქვების ფენებში განამარხდა. ამავე დროს, ცოცხალი ორგანიზმები იკავებს რა პლანეტის მთელ ზედაპირს, ადგილი აქვს პირველადი ბიოსფეროს წარმოშობას. აქედან დაწყებული ორგანული სამყაროს განვითარება მიმდინარეობდა უშუალოდ ფიზიკურ-გეოგრაფიული პროცესების მთელი კომპლექსის განვითარებასთან ერთად. დედამიწის მთელი ისტორიის მანძილზე ცოცხალი ორგანიზმების 500 მლნ. სახეობა არსებობდა. ამჟამად მათგან მხოლოდ 2 მლნ. სახეობა დარჩა. ამ ურთულესი ევოლუციის პროცესში სამ ძირითად ეტაპს, ანუ ევოლუციის სამ სივრცობრივ ფაზას გამოყოფენ: პირველ მათგანს მიეკუთვნება ზღვებისა და ოკეანეების სანაპირო ზოლი; ფოტოსინთეზის უნარის დაუფლების შემდეგ ცოცხალი ორგანიზმები ოკეანეში (მეორე ფაზა) დასახლდნენ; ევოლუციის მესამე ფაზაში ორგანიზმები ხმელეთზეც ბინადრობდნენ, სადაც მათ ევოლუციის უმაღლეს დონეს მიაღწიეს.

ამგვარად, სიცოცხლის განვითარების ისტორიაში რამდენიმე მომენტის აღნიშვნა შეიძლება: 1. დედამიწის გეოლოგიური ისტორიის მანძილზე მიმდინარეობდა ბიოსფეროს გართულების პროცესი: ორგანიზმების მრავალფეროვნების ზრდა, მისი ორგანიზებულობის სირთულისა და მასის თანდათანობითი მატება; 2. ორგანიზმების ცხოველმყოფელობის შედეგად დედამიწის მიწისპირა გარსები ძირეულად გარდაიქმნა: ატმოსფეროში თავისუფალი ჟანგბადისა და ოზონის ეკრანის გაჩენა, ჰაერისა და წყლის ფენებიდან ნახშირბადის დიოქსიდის გამოთავისუფლება და მისი ქვანახშირის ფენებში, აგრეთვე კარბონატულ ქანებში დაკონსერვება;

3. ცოცხალი ორგანიზმები, გამოყოფენ რა ორგანულ და მინერალურ მჟავებს, აქტიურად მონაწილეობდნენ ქანების გამოფიტვის პროცესში, რითაც აღწევდნენ რელიეფის მოსწორებისა და ქიმიური ელემენტების მიგრაციის მსვლელობას; 4. სიცოცხლის განვითარების არაერთგვაროვნება გამოხატულია ორგანიზმების სახეობათა ნაწილის შემონახვით ჯერ კიდევ არქაული დროიდან, თუმცა სხვა სახეობების განვითარების ხაზებმა (მიმართულებამ, ტენდენციამ) თანამედროვე რთული ფორმების (ადამიანი) ჩამოყალიბება გამოიწვიეს. ამავე დროს, ორგანიზმის ერთი ფორმის წარმოშობა და განვითარებასთან ერთად მიმდინარეობდა სხვების გადაშენება; 5. გარემო პირობების ცვლილებების მიუხედავად, დედამიწაზე განუწყვეტლივ გრძელდებოდა სიცოცხლის არსებობა და განვითარება.

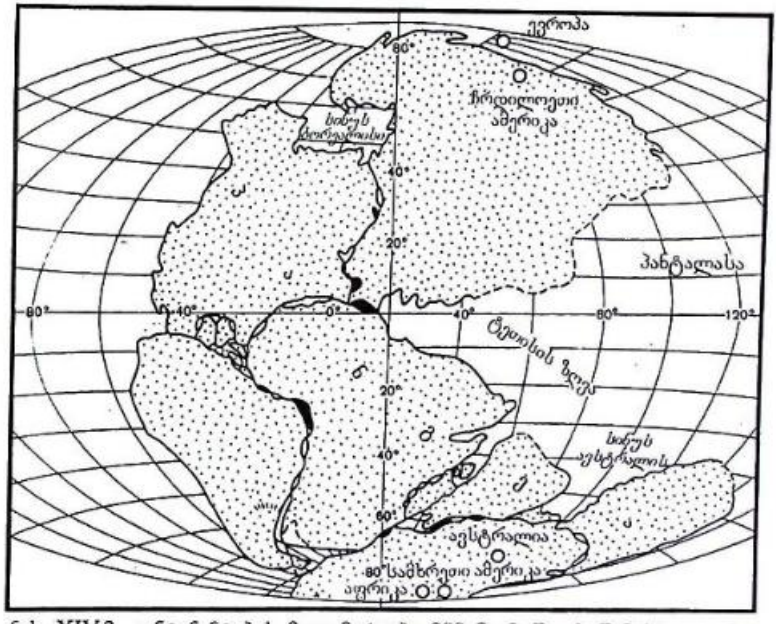
გეოგრაფიული გარსის წარმოშობა და განვითარება. დედამიწის გეოსფეროების (ატმო-ლითო-ჰიდრო-ბიოსფერო) წარმოშობასა და განვითარებასთან ერთად მიმდინარეობდა თვით გეოგრაფიული გარსის ფორმირება და ჩამოყალიბება. როცა გეოგრაფიული გარსის „დაბადების დღეზე“ ლაპარაკობენ, მაშინ მხედველობაში აქვთ მისი ნიშან-თვისებების წარმოშობის „მომენტი“. ამ სრულიად უბრალო ამოცანის ერთიანი პასუხი არ არსებობს. მეცნიერთა ერთი ნაწილის მიხედვით გეოგრაფიული გარსის წარმოშობა უკავშირდება იმ დროს, როცა უკვე ატმოსფერო შემოკავებული იყო და მიწის ქერქიც ჩამოყალიბებული. მეორე შეხედულებით, დედამიწისა და გეოგრაფიული გარსის ასაკი ერთმანეთის ტოლია.

დედამიწის ფორმირების პირველ ეტაპზე ადგილი ჰქონდა ფიზიკური ზედაპირის ჩამოყალიბებას, რომელიც მიმდინარეობდა მისი ფიზიკური ზედაპირის განუწყვეტელი „დამარხვით“ პროტოპლანეტური ღრუბლებიდან მეტეორული მასალის ჩამოცვენის შედეგად. ეს პროცესი ნახევარი მილიარდი წელი გრძელდებოდა. მეორე ეტაპზე პლანეტის ფიზიკურ ზედაპირს უკვე სხვა იერსახე და, შესაბამისად, სრულიად სხვა ხასიათი მიეცა. უნდა ვივარაუდოთ, რომ გეოგრაფიული გარსის წარმოშობის თარიღი სწორედ იმ პირველ ეტაპს მოიცავს, თუნდაც იმიტომ, რომ საშუალება გვეძლევა ამ გარსის განვითარების პროცესში ჩავრთოთ მისი განვითარების სტადიების სრული სპექტრი – ყველაზე პრიმიტიულიდან დაწყებული თანამედროვე ურთულესი სტრუქტურის ჩათვლით. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ გეოგრაფიული გარსის განვითარების საწყის ეტაპზე არ იყო არც ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, არც ლითოსფერო და ბიოსფერო. ჯერ კიდევ მათი მხოლოდ ფორმირება მიმდინარეობდა.

კრიპტოზოურ ეონთან (არქეული და პროტეროზოული ერები) შედარებით ფანეროზოული ეონი უფრო უკეთესადაა შესწავლილი. თუმცა დედამიწის ფანეროზოული ევოლუციის მრავალი საკითხი საკამათოა და მეცნიერებაში ერთიანი აზრი ჯერ არ ჩამოყალიბებულა. გეოგრაფიული გარსის წარსული სურათის რეკონსტრუქციის მიზნით მიმართავენ კონტინენტების სივრცე-დროითი ცვლილებების თანმიმდევრულ აღქმას. ცნობილია, რომ დედამიწა როგორც ციური სხეული კონტინენტური მასის მოქცევას ეკვატორულ სიბრტყეში ცდილობს. ამავე დროს, ლითოსფერული ფილების საკუთარ მოძრაობებს, აღნიშნულ დებულებაში მუდმივი დარღვევები შეაქვთ. ამ ორ განსხვავებული მოძრაობის შეხამება აძნელებს პალეოგეოგრაფიულ რეკონსტრუქციებს.

კონტინენტების გაერცელების რამდენიმე რეკონსტრუქცია არსებობს. ერთ-ერთი მათგანის (ნახ.XIV.2) მიხედვით, 200 მლნ. წლის წინ (მეზოზოურის დასაწყისი) ყველა კონტინენტი ერთიან მატერიკს – პანგეას ქმნიდა, რომელიც შემოსაზღვრული იყო პანტალასის

ოკეანით. ამ ოკეანის შუა ნაწილს ტეთისის ზღვა (უბე) წარმოადგენდა. როგორც ჩანს, ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში ხმელეთის თანაბარი ფართობი ეკავა.

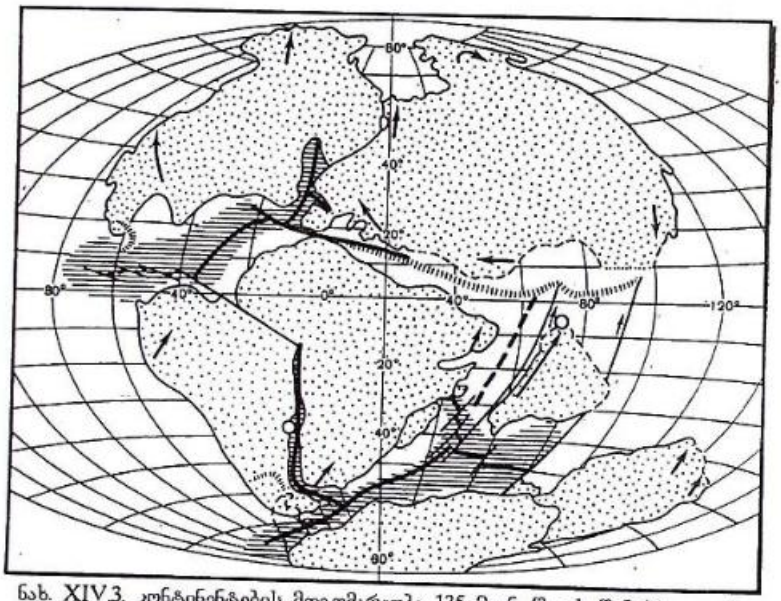


ნახ. XIV.2. კონტინენტების მდგომარეობა 200 მლნ. წლის წინ (რ. დიკისა და ჯ. ჰოლდენის მიხედვით, 1974)

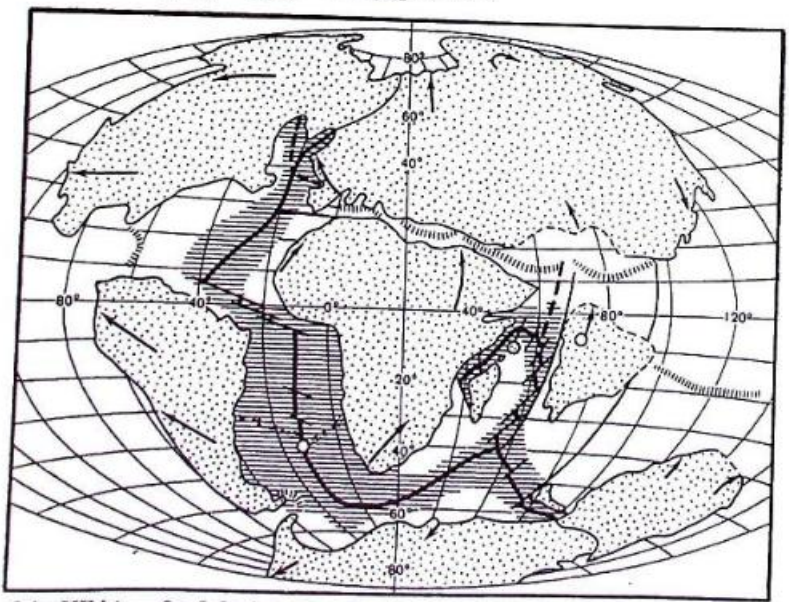
მეზოზოური ლითოსფერული ფილების მოძრაობამ ტრიასის დასასრულს ერთიანი კონტინენტის დანაწევრება გამოიწვია. იურული პერიოდის ბოლოს ატლანტიკური რიფტის გავლენით, დაიწყო სამხრეთ ამერიკისა და აფრიკის ერთმანეთისაგან განცალკევება. ამავე დროს, ევრაზია და აფრიკა ფაქტობრივად (ნახ. XIV.3) გამოეყვნენ ერთმანეთს. კაინოზოურის დასაწყისში კი (60-70 მლნ. წლის წინ) ატლანტის ოკეანემ თითქმის თანამედროვე მოხაზულობა (ნახ. XIV.4) მიიღო: ავსტრალია გამოეყო ანტარქტიდას; სამაგიეროდ, ჩრდილოეთი და სამხრეთი ამერიკის კონტინენტები ერთმანეთს შეუერთდნენ; გრენლანდია გამოეყო ევროპას, ხოლო ატლანტის ოკეანე ჩრდილოეთის აუზს შეუერთდა.

კონტინენტების მოძრაობათა რეკონსტრუქციის სხვა ვარიანტებიც არსებობს. მათი ანალიზი არა მარტო ხმელეთისა და ოკეანის განაწილების სურათს იძლევა, არამედ დედამიწის ზედაპირის წარსული ბუნების აღდგენის საშუალებასაც, რომელიც ოკეანური და ატმოსფერული ცირკულაციის გათვალისწინებით ადვილად ხსნის კონტინენტური გამყინვარების, ფლორისა და ფაუნის წარმოშობის მიზეზებსა და გავრცელების არეალებს. ამ ასპექტების გათვალისწინებით ასაბუთებენ (ა. მონინი, ი. შიშკოვი), რომ 27-28 მლნ. წლის წინ (პალეოგენის დასასრული) ანტარქტიდის გარშემო წარმოქმნილმა ცირკუმპოლარულმა დინებამ განაცალკევა იგი მიმდებარე კონტინენტებისაგან. ამის გამო, შეწყდა რა წყლისა და ჰაერის მასების ცვლა უფრო დაბალ განედებთან, ანტარქტიდამ ძლიერი გაცივება განიცადა და მის ზედაპირზე მძლავრი მყინვარული ფარი წარმოიქმნა, რომელიც დღემდე არ გამქრალა.

ფანეროზოულ ეონში ოთხი ტექტონიკურ-მაგმატური ეპოქაა დაფიქსირებული: კალედონური, ჰერცინული, მეზოზოური და ალპური. ყოველი მომდევნო ეპოქის დამახასიათებელ თვისებას წარმოადგენდა კამბრიუმამდელი ბაქნების განაპირა

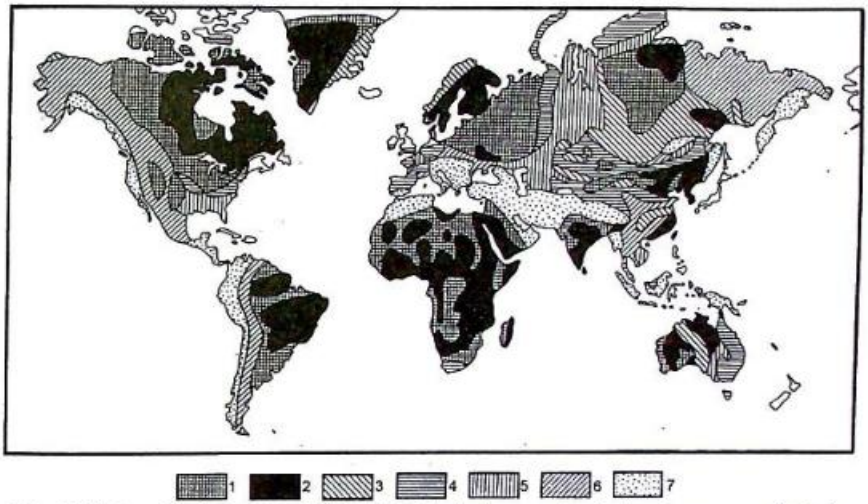


ნახ. XIV.3. კონტინენტების მდგომარეობა 135 მლნ. წლის წინ (რ. დიცისა და ჯ. ჰოლდენის მიხედვით, 1974)



ნახ. XIV.4. კონტინენტების მდგომარეობა 65 მლნ. წლის წინ (რ. დიცისა და ჯ. ჰოლდენის მიხედვით, 1974)

კიდეებზე გეოსინკლინური არეალების მიერთება (ნახ. XIV.5) და ხმელეთის ფართობის თანდათანობითი ზრდა. ამდენად, მიწის ქერქის შედარებით უძრავი



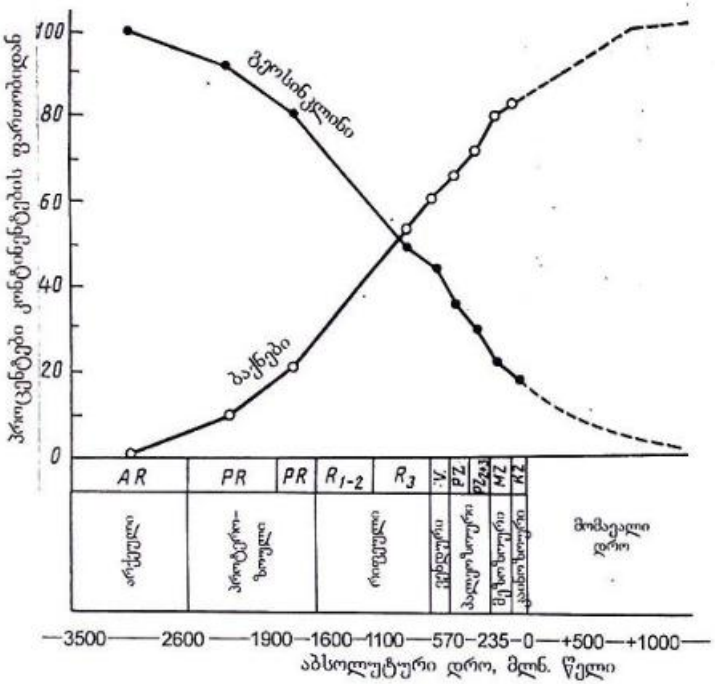
ნახ. XIV.5. კონტინენტური მიწის ქერქის ძირითადი სტრუქტურული ელემენტები (ლ. შუბაევის მიხედვით, 1977)
1 – კამბრიუმამდელი ბაქნები, 2 – ფარები, 3 – კალედონური ნაოჭა სტრუქტურები, 4 – ჰერცინული ნაოჭა სტრუქტურები, 5 – ჰერცინული ბაქნები, 6 – მეზოზოური ნაოჭა სტრუქტურები, 7 – ალპიური ნაოჭა სტრუქტურები

უბნების სწრაფ ზრდასთან ერთად, როგორც წესი, მოძრავი ფრაგმენტების ფართობების შემცირებას ჰქონდა ადგილი. ამ კანონზომიერებების საყოველთაო ხასიათი კარგად ჩანს (ნახ. XIV.6) მთელი გეოლოგიური ისტორიის მანძილზე.

ოკეანისა და ხმელეთის განაწილება, აგრეთვე ატმოსფერული ცირკულაციის შეხამება წარმოდგენას იძლევა ფლორისა და ფაუნის ფორმირების, განვითარებისა და გავრცელების შესახებ. პალეოზოური პერიოდის ორგანული სამყაროს ევოლუცია, კამბრიუმამდელთან შედარებით, გაცილებით სწრაფად მიმდინარეობდა. კამბრიული პერიოდის (570-480 მლნ. წელი) დასაწყისში წყლის ფაუნამ სწრაფი განვითარება განიცადა. ამ დროს წარმოიქმნენ ჩონჩხის მქონე ორგანიზმები – არქეოციატები (ტრილობიტები, ბრაქიოპოდები). ამჟამად ცნობილია კამბრიული პერიოდის ცხოველებისა და წყალმცენარეების 100-ზე მეტი საბეობა. ორდოვიცულ პერიოდში (480-435 მლნ. წლის წინ) წარმოიშვა ხერხემლიანი ცხოველების (ჯავშნიანი თევზები) პირველი წარმომადგენლები.

სილურული პერიოდი (435-405 მლნ. წლის წინ) ხასიათდება მცენარეებისა და ცხოველების ხმელეთზე გადმოსვლით. ამ უმნიშვნელოვანესი მოვლენის მიზეზად ჟანგბადის საკმაოდ მაღალ კონცენტრაციას (თუმცა თანამედროვესთან 10-ჯერ ნაკლები) ასახელებენ. ამავე დროს, ოზონის ფენის შექმნამ მიწის ზედაპირი კოსმოსური მძლავრი გამოსხივებისაგან დაიცვა. ხმელეთის მცენარეების ხვედრითი წილის ზრდამ კი ფოტოსინთეზის გაძლიერებასა და ჟანგბადის მაღალ კონცენტრაციას შეუწყო ხელი. შესაბამისად, ხმელეთის ორგანიზმების წარმოშობამ როგორც ორგანული სამყაროს, ისე მთელი დედამიწის ზედაპირის რევოლუციური გარდაქმნა

გამოიწვია. ამასთან მკვეთრად მატულობდა რა ორგანიზმების მასა, შესამჩნევად ძლიერდებოდა ბიოლოგიური წრებრუნვებიც.



ნახ. XIV.6. ბაქნებისა და გეოსინკლინების შედარება
(ა. რონოვის მიხედვით, 1978)

დევონური პერიოდის (405-350 მლნ. წლის წინ) მცენარეულობაში გაბატონებული ადგილი გვიმრებს, შვიტას, ლიკოპოდიუმებს ეკავა. დედამიწაზე პირველად დასახლდნენ ამფიბიები და მწერები, ძლიერ განვითარდა მარჯნები. დევონურ გეოგრაფიულ გარსში წარმოიშვა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების საკმაოდ მკვეთრად გამოხატული დიფერენციაცია: ჭაობების არეალები ენაცვლებოდა არიდული ლაგუნების ფრაგმენტებს.

კარბონულში (350-285 მლნ. წლის წინ) ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს დიდი ნაწილის დევონური პერიოდის მცენარეულობის უზარმაზარი ტყეების ორგანული ნარჩენების განამარხებამ დასაბამი მისცა ქვანახშირის მსხვილი (დონბასი, რური, ყარაგანდა, კუზბასი) საბადოების ფორმირებას. ჟანგბადის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში მიმდინარეობდა რა ინტენსიური ქიმიური გამოფიტვა, მძლავრი გამოფიტვის ქერქის წარმოშობას ჰქონდა ადგილი. ამავე დროს, სამხრეთი პოლუსისპირა კონტინენტები მყინვარებით დაიფარა, რომლებიც აქ პერმულ პერიოდშიც (285-230 მლნ. წლის წინ) კი არ გამდნარა. როგორც ჩანს, სწორედ კარბონულ პერიოდში გამოვლინდა მკაფიოდ კონტრასტული ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობებით შეპირობებული უღრანი ტყეების, კონტინენტური მყინვარებისა და უდაბნოების ლანდშაფტები. მეცნიერები (კ. მარკოვი) გეოგრაფიული ზონალურობის დასაწყისად, სწორედ კარბონულ პერიოდს ასახელებდნენ.

პერმული პერიოდის გეოგრაფიული გარსი „ხმელეთური“ გავრცელებით აღინიშნა, რასაც ხელი ზღვების აუზების რეგრესიამ შეუწყო. ამიტომ პერმული ჰავა ლაგუნური და კონტინენტური ნალექებით აღინიშნა, რაც ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მშრალი და ცხელი (ეკვატორულ ზონაში – ნოტიო) კლიმატით იყო განპირობებული, რასაც სამხრეთი ნახევარსფეროს მაღალი განედების ხანგრძლივი გამყინვარება შეესაბამებოდა. ამის მიუხედავად, კარბონული პერიოდის ფლორისა და ფაუნის ძირითადი ჯგუფები პერმულშიც აგრძელებდნენ არსებობას. თუმცა მისი დასასრული პალეოზოური ორგანიზმების მასიური გადაშენებით ხასიათდებოდა: გაქრნენ ზოგიერთი სახეობის მარჯნები, ხავსების უძველესი სახეობები, ხისებრი გვიმრა. ამ დროს დაილექა რკინის მადნისა (კუზბასი, პეჩორა, ჩინეთი) და მრავალგვარი მარილების (ურალისწინეთი, დასავლეთი ევროპა) ნალექები.

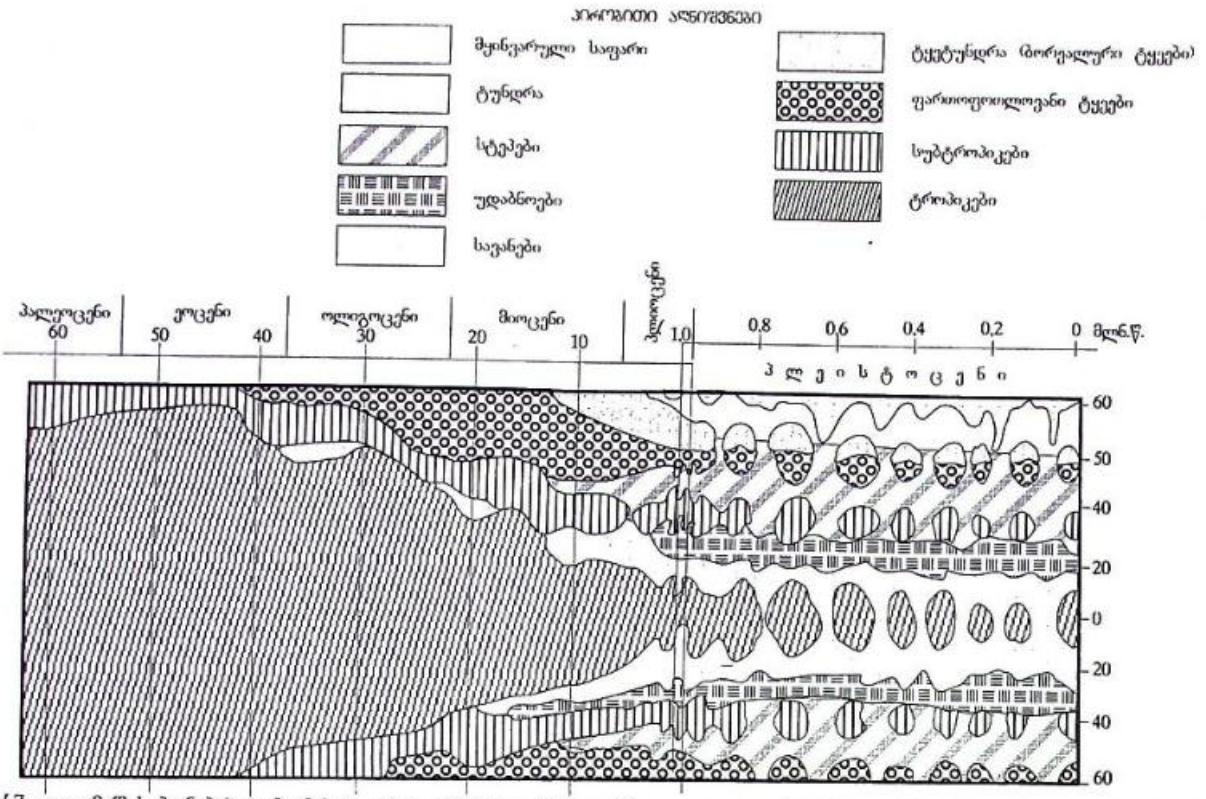
პალეოზოურისა და მეზოზოურის მიჯნაზე, ტრიასულ პერიოდში (230-190 მლნ. წლის წინათ), პერმულის დასასრულის მსგავსად, ჰავისა და რელიეფის შეცვლისა და გამყინვარების განვითარებასთან დაკავშირებით, ორგანულმა სამყარომ სერიოზული ცვლილება განიცადა: გადაშენდნენ ამფიბიები, წარმოიშვნენ ქვეწარმავლები, დიდი ფართობი წიწვიანებმა დაიკავა; გრძელდებოდა ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების სივრცობრივი დიფერენციაცია.

იურულ პერიოდში (190-135 მლნ. წლის წინ) გამოჩნდნენ ფარულთესლიანები. მათ სწრაფად დაიკავეს მთელი კონტინენტები. ზოგიერთი სახეობა (ყვავილიანები) დღესაც კი ხარობს. იურულში განვითარდნენ მტაცებელი ფრინველები. ამ პერიოდში ზღვებისა და ზღვიური პირობების გაბატონებას ჰქონდა ადგილი. დასაბამი მიეცა ატლანტისა და ინდოეთის ოკეანის წარმოშობას. მდიდარი მცენარეულობისა და ნოტიო ჰავის პირობებში ადგილი ჰქონდა ქვანახშირის, ნავთობისა და გაზის, ასევე რკინის მადნების მძლავრი საბადოების ფორმირებას.

ცარცული პერიოდი (135-65 მლნ. წლის წინ) გამორჩეულია ხმელეთის გიგანტური ქვეწარმავლების (ბრონტოზავრები, დიპლოდოკები, დინოზავრები), ამონიტების (3 მ-ის დიამეტრის ნიჟარით), უმსხვილესი მტაცებელი ბალახისმჭამელი და უზარმაზარი მფრინავი ხვლიკების (ფრთათშორისი განი – 8 მ) ფართო გავრცელებითა და, იმავე პერიოდში, მათი გადაშენებით. გიგანტური ფაუნის გადაშენებამ ადგილი დაუთმო ძუძუმწოვრების გაჩენასა და განვითარებას. შუა ცარცულში თითქმის მთლიანად შეიცვალა მცენარეული საფარის შემადგენლობაც. წარმოიქმნენ მცენარეთა თანამედროვე ფორმები: მუხა, წიფელი, ტირიფი, არყისა და დაფნის ხე, მაგნოლია. ასეთი პირობები განსაზღვრავდნენ საწერი ცარცის (ფორამინიფერას ნიჟარისაგან), რკინის მადნის, მარილების, ნავთობისა და გაზის საბადოების ფორმირებას.

მეზოზოური ეპოქის მნიშვნელოვანი მოვლენა იყო სტეპებისა და სავანების გაჩენა. არიდული არეალების უდაბნოს პრიმიტიული ლანდშაფტები შეიცვალა ფარულთესლიანი მცენარეულობით, რომელთა ბიოგეოქიმიური მიმოქცევის სიჩქარე მკვეთრად გაიზარდა. ერთწლიანი სახეობების თაობათა სწრაფი მონაცვლეობით, ორგანიზმების დაჩქარებული ევოლუციის მსვლელობა გახდა შესაძლებელი.

კაინოზოური ერა (დაიწყო 65 მლნ. წლის წინ) გეოგრაფიული ზონალურობის უფრო მკვეთრი დიფერენციაციით (ნახ. XIV.7) ხასიათდება. მის გამომწვევ მიზეზებთა შორის უმთავრესად ალპიურ დანაოჭებას თვლიან. იგი პალეოგენში დაიწყო და დღემდე გრძელდება. მან მოიცვა ალპურ-ჰიმალაური და წყნაროკეანური სარტყელი.



ნახ. XIV.7. დედამიწის ბუნებრივი ზონების განვითარების დინამიკა (მსოფლიო ატლასიდან: დედამიწის ბუნება და რესურსები)

ნეოგენსა და მეოთხეულში მთები 500 მ-ით ამოიზიდა. ძველმა მთებმაც (ტიან-შანი, ურალი, აპალაჩები) განიცადეს ამოწევა. დაირღვა ხმელეთისა და ოკეანეების გავრცელების ბალანსი პირველი მათგანის სასარგებლოდ. ოკეანის სიღრმის ზრდის გამო დედამიწის ზედაპირი უფრო კონტრასტული გახდა.

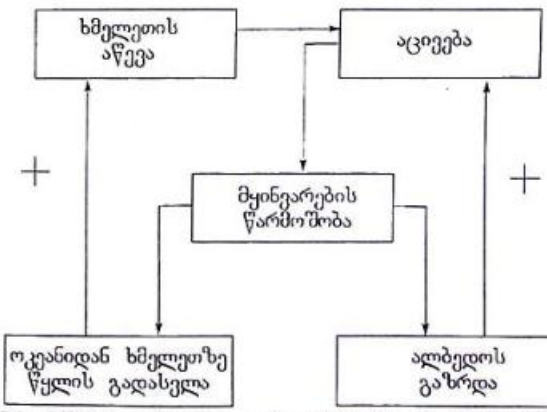
კონტინენტების ფართობის ზრდას თან დაერთო დედამიწის ზედაპირის მკვეთრი გაცივება, რომელიც გამოიწვია ხმელეთის ზედაპირიდან ალბედოს ზრდამ, ატმოსფეროს სისქისა და ჰაერის სინოტივის შემცირებამ და, შესაბამისად, სათბურის ეფექტის რამდენადმე შესუსტებამ. ანტარქტიდის მყინვარული ფარი მიოცენურის დასაწყისში (20-21 მლნ. წლის წინ) გაჩნდა, ხოლო მის დასასრულს (2 მლნ. წლის წინ) მყინვარებმა დაიკავეს ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს კონტინენტებისა და მთიანეთების დიდი (45 მლნ. კმ^2) ნაწილი. მყინვარების გაფართოებასთან ერთად, წყლის მყარ ფაზაში გადასვლის გამო, ადგილი ჰქონდა ოკეანის დონის მნიშვნელოვან დაწევას. ცხადია, რომ ოკეანურ რეგრესიას ხმელეთის აბსოლუტური სიმაღლეების ზრდა უნდა გამოეწვია. ამგვარად, იმდროინდელ ბუნებრივ სისტემაში დადებითი უკუკავშირი წარმოიქმნა:

ხმელეთის აზევება → აცივება → მყინვარების წარმოქმნა → ოკეანის წყლის ნაწილის ხმელეთზე გადასვლა → ხმელეთის ამოწევა

ხმელეთის ფართობის გაზრდამ შეანელა რა კავშირები ატლანტურ და პოლარულ (არქტიკულ) აუზებს შორის, ჩრდილოეთი ამერიკისა და ევრაზიის დიდი ნაწილი მყინვარებით დაიფარა. მყინვარული საფარების ერცელი ფართობების გაჩენასთან ერთად, ამოქმედდა კიდევ ერთი დადებითი უკუკავშირი:

აცივება → მყინვარების გაჩენა → ალბედოს ზრდა → აცივება

მოტანილი სქემების შეჯერება ფაქტორების მოსალოდნელ ურთიერთქმედებათა სისტემის (ნახ. XIV.8) მიღებას მოასწავებს, რომლის მიხედვით შესაძლებელია



ნახ. XIV.8. ფაქტორთა ურთიერთმოქმედება მყინვარების წარმოშობის შემთხვევაში

ვიმსჯელოთ მისი თვით-განვითარების უნარზე, როცა სახეზეა დადებითი უკუკავშირების გამოვლინება. ამ სისტემაში ე.წ. სასხლეტი მექანიზმი – ხმელეთის ამოწევაა, რომლის მიზეზი მიწის წიაღშია. მაგრამ ამგვარი სისტემა შეიძლება წარმოიქმნას არა მარტო მიწის სიღრმეში, არამედ გარეგანი კლიმატური ფაქტორებით, ან კიდევ ატმოსფეროს გამჭვირვალობის შემცირებით და ა.შ. თუმცა დადებითი უკუკავშირების ნებისმიერი სისტემა არ შეიძლება დაუსრულებლად მიმდინარეობდეს. ასე, მაგალითად, განვითარების რაიმე ეტაპზე ამოქმედდება შემზღუდავი მექანიზმი, ანუ სისტემა განიცდის მთლიან გარდაქმნას. მითითებულ მაგალითში შემზღუდავი მექანიზმის როლში გამოდის მყინვარის ზედაპირზე ფართობის ზრდასთან ერთად ატმოსფერული ნალექების

შემცირება და ყინულის დენადობის გამო მყინვარის სიმძლავრის ზრდის შეზღუდვა. ამდენად, ნეოგენური პოლარული გამყინვარების განვითარება მნიშვნელოვანწილად დაკავშირებული იყო გეოგრაფიული გარსის ობიექტების ურთიერთმოქმედებებთან, ანუ მის სტრუქტურულ თვისებებთან.

დავუბრუნდეთ ბუნებრივი გარემოს სივრცობრივი და თვისებრივი განვითარების ქრონოლოგიურ მსვლელობას. კაინოზოურ ერაში გრძელდებოდა ორგანული სამყაროს ევოლუცია. მცენარეულობაში მთლიანი გაბატონება ფარულთესლიანებმა, ხოლო ცხოველთა სამყაროში – ძუძუმწოვრებმა პოვა. უკვე მითითებული ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების მკვეთრი დიფერენციაცია შემდეგნაირად გამოიყურებოდა: მყინვარული ფარების განაპირა ზოლში წარმოიქმნა პერიგლაციალური ზონა ცივი (მშრალი) ჰავითა და ტუნდრის მცენარეულობის გაბატონებით. ზომიერი და სუბტროპიკული სარტყლების დიდ სივრცეზე სტეპისა და უდაბნოს ზონების ფორმირებას ჰქონდა ადგილი. საყარაუდოა, რომ პლიოცენის დასასრულს მთებმა უკვე მიაღწიეს თოვლის ხაზის დონეს და, შესაბამისად, სიმაღლითი სარტყლები ჩამოყალიბდა. ამავე დროს, მიმდინარეობდა ფლორისა და ფაუნის ახალ პირობებთან შეგუების პროცესი. გამოჩნდა ალპიური (სიმაღლითი სარტყლების მიხედვით) და არქტიკული (განედური ზონის მიხედვით) მცენარეულობა. მათ შორის მოქცეული სივრცე დაიკავეს უდაბნოებმა და ნახევარუდაბნოებმა (მიოცენ-პლიოცენიდან), მოგვიანებით კი სტეპებმა. დასასრულ, ნეოგენის დასაწყისიდან, გამოჩნდა ტროპიკების შემცირება. მათ ადგილზე სტეპების, უდაბნოებისა და სავანების ახალგაზრდა ლანდშაფტური ზონები ჩამოყალიბდნენ. ასე რომ, დედამიწის გეოგრაფიულმა გარსმა თანდათან თანამედროვე იერსახე მიიღო.

დედამიწის გეოგრაფიული გარსის განვითარების ბოლო – მეოთხეული პერიოდი მოიცავს 2 მილიონამდე წელს და შედგება ორი ეპოქისაგან – პლეისტოცენი და ჰოლოცენი (10 ათასი წელი). სწორედ ამ პერიოდში მიიღო დედამიწის ზედაპირმა თანამედროვე იერსახე. პლეისტოცენი – დედამიწის ზედაპირზე მძლავრი აცივების პერიოდია, თუმცა ჰავის მკვეთრი რყევა და მყინვარების მასის ცვლილება ჩვეულებრივი მოვლენა გახდა. ამ უკანასკნელთა ზრდას გამყინვარების ეპოქა შეესაბამებოდა, რომელიც რამდენიმე გამყინვარებათაშორის ეპოქად იყოფა. ჰოლოცენური ეპოქა გამყინვარების შემდგომი ეტაპია. სავარაუდოა, რომ ის მომავალში ისევ გამყინვარებით შეიცვლება.

გამოყოფენ გამყინვარების ოთხ ეპოქას. ალპიური სკალის მიხედვით მათი სახელწოდებებია: გიუნცი, მინდელი, რისი და ვიურმი. აღმოსავლეთევროპული სკალით მათ შეესაბამება: ოკას, დნეპრული, მოსკოვური და ვალდაის გამყინვარებები. ამ დროს მყინვარული ფარების კიდეები სამხრეთით საკმაოდ შორს იყო შეჭრილი: დნეპრული (რისული) მყინვარების ენები ჩრდილოეთი განედის 49°-მდე აღწევდნენ, ხოლო ჩრდილოეთ ამერიკაში (ილინოისის ეპოქა) მყინვარები ჩრდილოეთი განედის 37°-დეც კი შემოდიოდა. ამდენად, მეოთხეულის მყინვარების მიერ დაკავებული აღმოჩნდა დედამიწის ზედაპირის დიდი (14%) ნაწილი.

მყინვარულ ეპოქათა მონაცვლეობა იწვევდა გეოგრაფიული ზონების სივრცობრივ გარდაქმნას. დათბობის ეპოქების შესაბამისი ბუნებრივი ზონების სტრუქტურა თანამედროვეს ემსგავსებოდა, ხოლო გამყინვარების ტროპიკულის გარეშე სივრცეს ცივი და მშრალი ჰავის ერთიანი ზონა შეესაბამებოდა. ამავე დროს, ჰავის მრავალჯერადი ცვლილება იწვევდა მცენარეებისა და ცხოველების ხშირ და

ვრცელ მიგრაციას, სახეობათა ერთი ნაწილის გადაშენებასა და ახალი სახეობების გამოჩენას.

ადამიანის წარმოშობა. პლეისტოცენის ერთ-ერთი ღირსშესანიშნავი ფაქტი ადამიანის წარმოშობაა. თანამედროვე ადამიანის ფორმირება კი თანდათანობითი გარდაქმნისა და სრულყოფის პროცესია. ყველაზე უფრო გავრცელებული მოსაზრებით, ოლდოვაის ხეობაში (აღმოსავლეთი აფრიკა, ტანზანია) მიკვლეული არქეოლოგიური კულტურა 1-1,85 მლნ. წლის წინანდელი დროითაა დათარიღებული, რომელშიც აღმოჩენილი „უნარიანი ადამიანის" (homo habilis) ჩონჩხის ასაკი 2 მლნ. წლითაა განსაზღვრული. ადრე კი ადამიანის შორეულმა წინაპრებმა ბუნებრივი პირობების გავლენით მიატოვეს ხემცენარეებზე ბინადრობა და მიწაზე ჩამოვიდნენ. თანამედროვე ადამიანის საყოველთაოდ აღიარებული სისტემატიკა შემდეგნაირად გამოიყურება: პრიმატები – ანთროპოიდები – ვიწროცხვირიანები – ჰომინოიდები – ჰომინიდები – ჰომინინები – ჰომო.

ჰომინოიდების ზეოჯახში სამ ოჯახს გამოყოფენ. ამათგან ერთ-ერთი უკვე გადაშენდა, ხოლო მეორისაგან განვითარდნენ თანამედროვე გიბონები. მესამე (ჰომინიდები), ასევე სამ ჯგუფად იყოფა, რომელთაგან ერთი უკვე გადაშენებულია, მეორეს კი ორანგუტანები, ხოლო მესამეს ადამიანები, შიმპანზეები და გორილები მიეკუთვნებიან. დრიოპითეკების ჯგუფის ნაშთები კი მხოლოდ ევრაზიაშია აღმოჩენილი. მათი წარმომადგენლები იყვნენ პირველი ჰომინოიდები, რომელთა კვალი საქართველოშიც შემორჩა.

პირველი ჰომინოიდური პრიმატები ამ 25 მლნ. წლის წინ აღმოსავლეთი აფრიკის მარადმწვანე ტენიანი ტყეების გარემოში წარმოიშვნენ. აფრიკიდან ევრაზიაში მიგრაციის შედეგად, ახალ ბუნებრივ გარემოში, ჰომინოიდებმა მორფოლოგიური ცვლილება განიცადეს. სავარაუდოდ, ამ 13-8 მლნ. წლის წინ ევრაზიაში მაიმუნთა ჯგუფი ხეზე ცოცვით გადაადგილებას ამჯობინებდა. ტყის ამ ბინადარმა (გორილას მსგავსნი) ევოლუციის პროცესში გამოიმუშავეს გადაადგილების სხვადასხვა (კვადროპედალიზმი – გორილა, შიმპანზე; ბიპედალიზმი – ავსტრალოპითეკები, ჰომო) ფორმები, რაც ჰაბიტატების არაერთგვაროვნებასთან იყო დაკავშირებული. ცხადია, რომ ბიპედები (ორ ფეხზე მოსიარულე) წარმოიშვნენ დრიოპითეკის ტიპის (ავსტრალოპითეკი) ჰომინოიდებისაგან.

დადასტურებულია, რომ გაადამიანების პროცესი (პლიოცენი) მხოლოდ აფრიკაში მიმდინარეობდა. ავსტრალოპითეკები პირველი პრიმატები არიან, რომლებიც გამართულად მოძრაობდნენ. მათი ნაშთები მხოლოდ აფრიკაშია ნაპოვნი. დაახლოებით 2,5 მლნ. წლის წინ გამოჩნდნენ Homo-ს წარმომადგენლები, რომლებსაც თანამედროვე ადამიანებთან უფრო მეტი მსგავსება (თავის ტვინის ზომები, სქესობრივი დიმორფიზმი*) ეტყობოდათ. კლასიკური სქემით Homo-ს პირველი წარმომადგენელი Homo habilis-ია. მას ავსტრალოპითეკებზე უფრო დიდი ტვინი და პატარა კბილები ჰქონდა განვითარებული და ამ 2,5-1,6 მლნ. წლის წინ აღმოსავლეთ და სამხრეთ აფრიკაში მოსახლეობდა, ადამიანზე უფრო მცირე ზომას აღწევდა, თუმცა ტვინის მოცულობა 700 სმ^3-ს შეადგენდა.

შემდეგი ტაქსონი Homo erectus-ია, რომელიც ამართულ ადამიანს წარმოადგენდა. მათ ახასიათებდათ უფრო დიდი სხეული და ტვინის მოცულობა. სწორედ მათ

* ერთი და იმავე სახეობის ცხოველებში განსხვავება (სიდიდით, ფერით და სხვ.) მდედრსა და მამრს შორის.

ისწავლეს ცეცხლის მოპოვება. ამ დროს განვითარდა ქვის იარაღები (აშელური ტექნიკა), გაჩნდა საკვების მოპოვების (ნადირობა) უამრავი საშუალება. ამ კულტურის ასაკი 1,2-1,4 მლნ. წელია. ასევე გამოყოფენ ე.წ. Homo ergaster-ის ჯგუფს (1,6 მლნ. წელი), რომელიც ახლოს დგას თანამედროვე ადამიანთან. თანამედროვე ადამიანთა ამ წინაპრებს ცხელი ჰავის პირობებში ადაპტაციის მკაფიოდ გამოხატული ნიშნები აქვთ.

გეოგრაფიული თვალსაზრისით, დიდი მნიშვნელობა აქვს არქეოლოგების მოსაზრებას Homo-ს წარმომადგენლების აფრიკიდან ევრაზიაში ექსპანსიის თარიღის შესახებ. ევროპასა და აზიაში (ისრაელი, ჩინეთი, პაკისტანი) აღმოჩენილი ქვის იარაღი დედამიწის პირველადი „მოსახლეობის მიგრაციას" მიუთითებდა. ამ მხრივ საქართველოში (დმანისი) ნაპოვნი ნამარხი ჰომინიდების ნაშთები, რომლებიც ნათესაურ კავშირშია აფრიკულ „ერექტუსებთან", უდავოდ უძველესია (1,8 მლნ. წელი) დასავლეთ ევრაზიაში აღმოჩენილ Homo-ებს შორის. „დმანისეული" ინდივიდის სიმაღლე მხოლოდ 150 სმ-ს აღწევდა და ემსგავსება კენიაში, ეთიოპიასა და ოლდოვაიში ნაპოვნ Homo habilis-ის წარმომადგენლებს. თუმცა დმანისის ჰომინიდის ასაკი კავკასიაში ყველაზე უძველესი არ არის. ამ მხრივ, აღსანიშნავია უძველესი ჰომინიდის ნაშთები დავითგარეჯის მიდამოებში. იგი ეკუთვნის დრიოპითეკების ოჯახის წარმომადგენელს (8-8,5 მლნ. წლის წინანდელი ხანა), რომელიც ტუროლიურ პერიოდს (ნეოგენი) შეესაბამება. ამ ჰომინოიდს გადაულახავს ე.წ. ვალეზიური (9,5 მლნ. წლის წინ) კრიზისი ანუ ევროპული არიდიზაცია, რომელსაც კავკასიაში, როგორც ეტყობა შედარებით ნაკლები ინტენსივობა გააჩნდა. ამიტომაც მომდევნო 6,5 მლნ. წლის მანძილზე სამხრეთ კავკასიაში ინტენსიური მიგრაციული პროცესი გრძელდებოდა, რაც ადასტურებს უძველესი ადამიანების „რეფუგიუმები-საკენ" ლტოლვას, ბუნებრივი გარემოს მკვეთრი ცვლილებების შედეგად არახელსაყრელი ეკოლოგიური პირობებისაგან თავის გადარჩენის მიზნით.

შემდეგი ჯგუფი Homo sapiens-ია, რომელიც აერთიანებს ჰაიდელბერგელ და ტოტაველის (არაგოს მღვიმე, საფრანგეთი) ადამიანებს. ამ ჰომინიდების არსებობა დასტურდება მათი ნაშთებით სიმა დე ლოს უესოდან (ესპანეთი), ბოქსგროუდან (ინგლისი), შტაინჰამიდან (გერმანია), ვესტერსელოშიდან (უნგრეთი), თავის ქალა პეტრალონადან (საბერძნეთი) და სხვ.

პლეისტოცენური პითეკანთროპები და სინანთროპები – ადამიანთა მოდგმას მიეკუთვნება. მოგვიანებით (ქვის ხანაში), სამუშაო და საბრძოლო იარაღი მზადდებოდა ქვის, ხისა და ძვლებისაგან. იხვეწებოდა ქვის იარაღის დამზადება, სრულყოფილი ხდებოდა ადამიანის ბიოლოგიური ბუნებაც.

ამგვარად, უძველესი ადამიანის წარმოშობის, განვითარებისა და მიგრაციების შესახებ ამჟამად დაგროვილი, მეცნიერულად დასაბუთებული დიდძალი ფაქტობრივი მასალა გვაფიქრებინებს, რომ თანამედროვე ადამიანის გარდაქმნისა და სრულყოფის ერთ-ერთ უმთავრეს მიზეზად შეიძლება დავასახელოთ გეოგრაფიული გარსის – ლანდშაფტური მრავალფეროვნების, სივრცობრივი და ქრონოლოგიური დიფერენციაციის, აგრეთვე მისი შინაგანი-სტრუქტურული ცვლილებების მიმდინარეობის საკმაოდ რთული გზა და მასთან დაკავშირებული გარემოს ეკოლოგიური პირობებისადმი ადამიანთა მოდგმის მისადაგებულობა. ამასთან, ამ ხანგრძლივი ისტორიის მანძილზე – უძველეს ადამიანთა წინაპრებიდან დღემდე, შეიმჩნევა ადამიანთა საზოგადოების შეუქცევადი და მიმართული განვითარება, რაც მისი ხარისხობრივ და თვისებრივ

გარდაქმნებში, ასევე მარტივი სისტემის გართულების განუწყვეტელ პროცესში გამოიხატა.

ამგვარად, შეიძლება გეოგრაფიული გარსის განვითარებაში სამი ერთმანეთისაგან მკვეთრად განსხვავებული (ა. გრიგორიევი) ეტაპი გამოვყოთ: უძველესი – გეოგრაფიული გარსის წარმოშობიდან სიცოცხლის გაჩენამდე. მას აბიოგენურ ეტაპს უწოდებენ; შუა – გეოგრაფიულ გარსში სიცოცხლის წარმოშობიდან ადამიანის გაჩენამდე; უახლესი ანუ თანამედროვე – ადამიანთა საზოგადოების ჩამოყალიბებისა და განვითარების ეტაპია.

თავდაპირველად, ადამიანი ბიოსფეროს (ბიოცენოზის) კომპონენტის როლს ასრულებდა. თავისი მცირერიცხოვნობის გამო ადამიანების ზემოქმედება ბუნებაზე უმნიშვნელოდ სუსტი იყო. გარემოსთან ურთიერთობის ფორმის (მცენარეული ნაყოფით კვება, ნადირობა) მიხედვით იგი დიდად არ განსხვავდებოდა ცხოველისაგან. მაგრამ ადამიანი მოგვიანებით დაეუფლა ცეცხლს. პალეოლითში (30-40 ათასი წლის წინ) წარმოიშვნენ თანამედროვე ადამიანების მსგავსნი, რომლებსაც პირველყოფილი – ჯოგური წყობა ჩამოუყალიბდათ. აქედან დაწყებული ადამიანსა და ბუნებას შორის ურთიერთობის ახალი – სოციალური კანონი მოქმედებს. თანდათანობით რთულდება მეურნეობრიობის ხერხები: ნადირობასა და მცენარეული ნაყოფით კვებას დაემატა საცხოვრისის აგება, ძაღლის მოშინაურება და გამოყენება, ტანისამოსის დამზადება, თევზჭერა და სხვა სოციალური ფაქტორები.

ჰოლოცენში (7 ათასი წლის წინ) ქვის ხანა ბრინჯაოს ეპოქით შეიცვალა. ამ დროს ფართოდ განვითარდა შინაური ცხოველების მოშენება და მიწათმოქმედება. ორივე მათგანს გარემოზე განსაკუთრებული ზემოქმედება შეაქვს, რომელიც ტყის გაჩეხვასა და სახნავი მიწების ათვისებაში გამოიხატა. ასეთი მიწები თავიდან უხვ მოსავალს იძლეოდა, მაგრამ სწრაფად იფიტებოდა და მოსახლეობაც იძულებული იყო ტყის ახალი ფართობები გაეჩეხა.

ბრინჯაოს ეპოქაში (ისტორიული დროის დასაწყისი) ჩამოყალიბდა ხელოსნობა, რკინის გამოყენება, განვითარდა ტექნიკა, გაძლიერდა შრომის დანაწილება. წარმოიქმნა კლასობრივი საზოგადოებრივი ურთიერთობა. სწრაფად იზრდება მოსახლეობის რაოდენობა: ამ ორი ათასი წლის წინ დედამიწის მოსახლეობა 200 მილიონს შეადგენდა, თუმცა ნეოლითში მხოლოდ 10 მილიონი კაცი ცხოვრობდა. ადამიანის ბიოლოგიური ევოლუციის მნიშვნელობა შესუსტდა და უმთავრესი მნიშვნელობა სოციალურ ევოლუციას მიენიჭა: ვითარდებოდა საზოგადოებრივი ურთიერთობები, ტექნიკა, კულტურა, მეცნიერება; შემცირდა ადამიანის დამოკიდებულება სტიქიურ ძალებთან.

ადამიანის მძლავრი დატვირთვები, ტექნიკისა და მოსახლეობის რიცხოვნობის ზრდასთან დაკავშირებით, ბუნებრივი ლანდშაფტების მნიშვნელოვან გარდაქმნებს იწვევდა: ტყის ფართობი კატასტროფულად კლებულობდა; იქმნებოდა სახნავი მიწები, მდელოები, საძოვრები. შუა საუკუნეების დასასრულს (XVIII-XIX სს) მრეწველობის განვითარებამ (კაპიტალისტური წყობა) ადამიანისეული დატვირთვები ბუნებაზე კიდევ უფრო გაზარდა. გასულ საუკუნეში ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედებისა და ბუნებრივი ფაქტორების (ეროზია, დეფლაცია, წყლებისა და მინერალური ნივთიერებების წრებრუნვები და ა.შ.) ძალები თითქმის ერთმანეთს გაუთანაბრდნენ. ადამიანმა სახე უცვალა გარემოს. მისი „ნახელავი“ ბუნებრივი პროცესებით კიდევ უფრო ღრმა გარდაქმნას განიცდის. ხშირად მან არასასურველი შედეგები გამოიღო.

ამჟამად, ადამიანის მძლავრი ძალა (აკად. ვ. ვერნადსკი) მიმართულია არა ბუნებისაგან წყალობის წართმევის, არამედ მის გონივრულ ათვისების, გარემოს კანონების ღრმა ცოდნის საფუძველზე, ბუნებრივი (გეოგრაფიული) პროცესების რეგულირება-მართვის მიღწევისაკენ.

გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ევოლუცია. გეოგრაფიული გარსის ისტორიაში შემჩნეულია (აკად. ა. გრიგორიევი) სტრუქტურის კანონზომიერი მონაცვლეობა. ამ მხრივ სამ ტიპს გამოყოფენ: პირველი ტიპი ხასიათდება სითბოს დადებითი ბალანსით, მაღალი ტენიანობითა და სუსტი კლიმატური დიფერენციაციით, ინტენსიური ქიმიური გამოფიტვითა და მძლავრი ქერქის წარმოშობით, ეროზიის მაღალი ენერგიით, ტექტონიკური სიწყნარით, მთების მოსწორება-ნიველირებით, ტბებისა და ჭაობების გავრცელებით, ტყის ფართობების ზრდით. გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ეს ტიპი ორჯერ (დევონური, ადრინდელი კარბონული და ტრიასულ-იურული) ჩამოყალიბდა.

მეორე ტიპი ხასიათდება მძლავრი ვულკანიზმით, კლიმატის დათბობითა და ტენიანობის გაზრდით, სიმაღლითი დიფერენციაციის გაძლიერებით, ეროზიის დიდი ენერგიით, რელიეფის ინტენსიური დანაწევრებით, მდიდარი მცენარეულობით. ეს ტიპიც ორჯერ (კარბონული და ცარცულ-მიოცენური) შეიმჩნეოდა;

მესამე ტიპის დამახასიათებელი ნიშნებია: ჰაერის დაბალი ტემპერატურა, ატმოსფეროს ინტენსიური ცირკულაცია, კლიმატური და ნიადაგურ-მცენარეული საფარის მკვეთრი დიფერენციაცია, ცივი და ცხელი უდაბნოების ვრცელი არეალების ფორმირება, ინტენსიური ტექტონიკა, რელიეფის ძლიერი დანაწევრება. გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ეს ტიპიც ორჯერ (გვიანკარბონულ-პერმული და გვიანპლიოცენურ-პლეისტოცენური) ჩამოყალიბდა.

გეოგრაფიული გარსის აღწერილი სისტემა რამდენადმე პირობითია. იგი მხოლოდ ზოგად მიმართულებებსა და ტენდენციებს ასახავს. ამავე დროს, პალეოგეოგრაფიული ერთგვაროვანი პირობების სივრცე-დროითი ასინქრონულობა აპრიორულად განსაზღვრავს ბუნების ამავე მიმართულებით ცვლილების არათანაბრობას. ამაზე მიუთითებს ძველი გამყინვარებების, მთიანეთების დანაოჭებებისა და დაძირვის, მშრალი და ნოტიო ჰავის გავრცელებისა და გამოვლინების არაერთგვაროვნებები. მოვიყვანთ ერთ მაგალითს: მასტოდონტები ევროპაში 1 მლნ. წლის წინ გადაშენდნენ, მაშინ, როცა ჩრდილოეთ ამერიკაში ანალოგიური მოვლენა მხოლოდ ამ 6 ათასი წლის წინ (აკად. კ. მარკოვი) დაფიქსირდა.

გეოგრაფიული გარსის განვითარების სივრცობრივ არათანაბრობას კ. მარკოვი მეტაქრონულობას უწოდებს, ხოლო მის საყოველთაო გამოვლინებას – მეტაქრონულობის კანონი შეიძლება ვუწოდოთ. იგი გეოგრაფიული მსგავსი მოვლენების დედამიწაზე განვრცობის მონაცვლეობაზე მიუთითებს. ამ მოვლენის ბუნებაში რეალურად არსებობას მეცნიერები სრულებით არ გამორიცხავენ. თუმცა აკად. ს. კალესნიკის მიერ შემოთავაზებულია, მისი აზრით, უფრო ზუსტი და შინაარსით ნეიტრალური ტერმინი – ჰეტეროქრონულობა. მეცნიერი გამოდის იქიდან, რომ გეოგრაფიული გარსის განვითარების მთავარი და ზოგადი არსი, მისი შეუქცევადი და ინტეგრალური ვექტორებია. მათ განეკუთვნება ბაქნური სტრუქტურებისა და ჰიდროსფეროს მოცულობის ზრდა, ორგანული სამყაროს გართულება. ამიტომ, მეტაქრონულობა (აკად. ს. კალესნიკის მიხედვით) მხოლოდ ცალკეული (ნივთიერებათა და ენერგიათა, აგრეთვე რიტმული მიმოქცევები) დეტალია.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსი მუდმივ განვითარებაში იმყოფება. ცხადია, უნდა გავარკვიოთ მისი მუდმივი, უწყვეტი, შეუქცევადი და გართულებადი განვითარების მიზეზები. განვითარების წყაროებს აკუთვნებენ გარეგან და შინაგან ძალებს, ხოლო შინაარსობრივ საფუძვლებს შეადგენს შინაგანი ორგანიზაციულობის უნარი და წინააღმდეგობრივი მოვლენების ერთიანობა, რომლებიც განაპირობებენ მუდმივ მოძრაობასა და გადაადგილებას, წრებრუნვებსა და მონაცვლეობებს, რიტმებისა და ციკლების გამოვლინებებს და ა.შ. მათი ალგებრული ჯამი გეოგრაფიულ გარსს თვითგანვითარების უნარს ანიჭებს.

გარეგანი ძალები (მზის რადიაცია, ტექტონიკა და სხვა) პარადოქსია, მაგრამ ცხადია, ვერ შექმნიდნენ დედამიწის ბუნების პროგრესიულ გარდაქმნებს, რადგან მათ მოქმედებებში არ არის მიმართულებითობა. გეოგრაფიული გარსი კი, სწორედ რომ ამ თვისებით – მიმართული (ვექტორული) განვითარებით ხასიათდება. ცხადია, რომ მისი მთავარი უნარის ჩამოყალიბების იმპულსები ამ ძალების შინაარსობრივ დატვირთვებში უნდა ვეძებოთ. მართლაც, გარეგანი ძალები გეოგრაფიული გარსის ზოგად ფონს განსაზღვრავენ, რომელიც საკმაოდ ხელსაყრელია სხვადასხვა გეოსისტემების ფუნქციონირებისათვის. ამიტომ, გარეგანი ძალები გეოგრაფიული გარსის არსებობის აუცილებელი პირობაა.

შინაგანი ძალები (გრავიტაცია, ატომური კავშირები, შინაგანი წინააღმდეგობანი, ტექტონიკა, სეისმური მოვლენები და სხვა) გამოვლინდებიან რა სისტემის სხვადასხვა დონეზე, გეოგრაფიული გარსის საკუთარ ორგანიზებულობას განსაზღვრავენ. მისი მთავარი თავისებურება – საკმაოდ მსგავსი და, ამავე დროს, ჰეტეროგენული (შემადგენლობით, წარმოშობით, თვისებებით სხვადასხვაგვარი) სისტემების, ანუ გეოკომპონენტების არსებობაა. ამ სისტემების შედარებითი მსგავსება მათ ურთიერთქმედებებს (ენერგიისა და ნივთიერების ცვლა, ურთიერთშეღწევადობა და სხვ.) განსაზღვრავს, ხოლო განსხვავებები – შინაგანი კავშირების სიმტკიცესა და მდგრადობას განაპირობებს. ასე, რომ კონტრასტულ გარემოში ურთიერთქმედებათა მსვლელობა უფრო ძლიერია, ვიდრე ერთგვაროვან სისტემებში.

გეოგრაფიული გარსის სისტემების (ქანები, ჰაერი, წყალი) წარმოშობა დაკავშირებულია დედამიწის გრავიტაციულ და ფიზიკურ-ქიმიურ დიფერენციაციასთან. გეოკომპონენტების ურთიერთმოქმედება გამოიხატა ფიზიკურ-გეოგრაფიული ურთიერთმოქმედებათა ფორმირებაში, რომლის შემდგომი მიმართულების განვითარება უკვე განისაზღვრებოდა მისი ორგანიზებულობის კანონებით. თუმცა, პლანეტის წიაღის დიფერენციაცია გრძელდებოდა, იგი უკვე არ (ან ვერ) განსაზღვრავდა განვითარების მთავარ შინაარსს. გეოგრაფიული გარსის ერთ-ერთ უმაღლეს დონეზე წარმოქმნილი სიცოცხლე, ვითარდებოდა რა თავისი კანონებით – ხელს უწყობდა როგორც გეოსისტემების, ისე მთელი გეოგრაფიული გარსის ერთდროულ განვითარებას.

თუ განვიხილავთ გეოგრაფიული გარსის განვითარების მისაღწევ შინაგან წინააღმდეგობათა შედეგებს, ვნახავთ, რომ ამ სისტემაში საწინააღმდეგო ტენდენციები საკმაოდ მრავალადაა, რადგანაც აგებულია წინააღმდეგობებით აღსავსე კომპონენტებისაგან. ურთიერთსაწინააღმდეგო და, ამავე დროს, ერთიანობაში მყოფი ურთიერთობების მაგალითებია: სითბოს შთანთქმა და გაცემა, ეროზია და დალექვა, მიწის ქერქის აზევება და დაძირვა, აორთქლება და კონდენსაცია, ნივთიერება სიმეტრია და დისიმეტრია. ამავე დროს, გეოქიმიური წინააღმდეგობები იწვევენ ატომების გრანდიოზულ მიგრაციებსა და გეოგრაფიული გარსის ახალი ელემენტების

წარმოქმნას. ამ წინააღმდეგობითაა განსაზღვრული ენდოგენური და ეგზოგენური პროცესები, აგრეთვე როგორც მზის, ისე დედამიწის შინაგანი სითბოს ნაკადებს შორის ურთიერთკავშირები, რომლებიც ჩამოყალიბდა ზონალური და აზონალური ფაქტორებისა და ტენდენციების ურთიერთმოქმედებებში აისახებიან.

ყოველი ქვესისტემის განვითარებაში შინაგანი მიზეზები მუდმივ შეთანაწყობაშია მთელი სისტემის თვისებებთან. თუმცა გარეგანი იმპულსები განვითარებადი საგნის (მოვლენის) საკუთარი თვისებებით კონტროლდება. ეს ნიშნავს თვისებრივად სხვადასხვა საგნის განსხვავებულ რეაგირებას ერთნაირ გარეგან ზეგავლენაზე. ასე, მაგალითად, მშრალი ჰავის პირობებში მტკნარი ტბის თვითგანვითარება მიმართულია მის მლაშე ტბად გარდაქმნისაკენ, რომლის საბოლოო მდგომარეობა – მლაშობია. მაგრამ მშრალი ჰავის გატენიანების შემთხვევაში, ტბის მიმართ ეს გარეგანი ზემოქმედება უკვე გამლაშებული წყლის აუზის ევოლუციას საწინააღმდეგო მიმართულებით (გამტკნარებისაკენ) შეაბრუნებს.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის განვითარება მისი შეუქცევადი შეცვლის პროცესია, თუმცა ამ ცვლილების ფორმა რიტმულ საფუძველს ემყარება. მაშინ, ბუნებრივია, დაისმის კითხვა: როგორ შეიძლება ერთად იყვნენ შეუქცევადი (მიმოცვლების გარეშე) და შექცევადი (მიმოქცევების არსებობით) მოვლენები? პასუხის გაცემისას არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ რიტმულობა სრულებით არ არის მოვლენათა სრული გამეორება. იგი, თვითონ შეიცავს რაიმე მიმართულებით განვითარების შინაარსს (თავი XII). ამავე დროს, რიტმიკა გეოგრაფიულ გარსში ეს ხომ გარეგან ზეგავლენათა ასახვაა, რომელიც რაიმე ცვლილების მიზნით ფონის შექმნას ახდენს. ასე რომ, თვითგანვითარების მიზეზების შეთანწყობა, განვითარების გარეგან იმპულსებთან ერთად, ქმნის ურთიერთდაკავშირებულ სურათს, რომელშიც მოვლენები არ მეორდებიან, მაგრამ, ამასთან ერთად, უმნიშვნელო ხარისხით მონაცვლეობენ კიდეც: მუხა განიცდის რა მზის რადიაციის შემოსვლის პერიოდულ ცვლას, თავისი რეაქციით ახდენს ფოთლების რიტმულ ცვენასა და განახლებას და, ამავე დროს, შეუქცევად ზრდასაც განიცდის.

შესაბამისად, გეოგრაფიული გარსი, როგორც განვითარებადი სისტემა, წარმოადგენს რა დედამიწის სხეულების ურთიერთქმედების არენას, თვითგანვითარების უნიკალური უნარითაა დაჯილდოებული.

დასკვნები

1. მზის სისტემის პლანეტებისა და დედამიწის წარმოშობის ამჟამად მიღებული ჰიპოთეზის თანახმად ციური სხეულები კოსმოსური „მტვრის“ ნაწილაკების შემკვრივებისა და შინაგანი ხახუნის შედეგად თანდათანობითი გახურების ხანგრძლივი გარდაქმნების გზითაა ჩამოყალიბებული, რომლის მთავარი ფიგურა – მზე (მისი მასითა და ენერგიით) არა მარტო ფიზიკური თვისებებით განსხვავებულ სხეულს წარმოადგენს, არამედ გეოგრაფიული გარსის ჩამოყალიბების, განვითარებისა და თანამედროვე მდგომარეობის ერთ-ერთი მამოძრავებელი წყაროს ფუნქციას ასრულებს.

2. დედამიწის ისტორია „ჩაწერილია“ რა მის ფენებსა და შრეებში თავისი ფიზიკურ-ქიმიური ნიშნებით (შემადგენლობა, ურთიერთგავრცელება, დალექვის ხასიათი, ორგანული ნარჩენების შემცველობა და სხვ.), მეტ-ნაკლები სიზუსტით

ასახავს არა მარტო პლანეტის, არამედ მისი გეოსფეროების სივრცე-დროით ცვლილებებსა და მასთან დაკავშირებულ სისტემურ გარდაქმნებს, რომლის ზოგადი სურათი მუდმივობით (უწყვეტი), მიმართული გარდაქმნებითა და სტრუქტურის გართულებით ხასიათდება.

3. დედამიწაზე ცოცხალი ორგანიზმების წარმოშობას წინ უძღოდა რა განვითარების ხანგრძლივი ეტაპი, რომლის განმავლობაში ჩამოყალიბდა მძლავრი ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, მიწის ქერქი და საკმაოდ არაერთგვაროვანი ზედაპირი – ბოლო (ბიოგენურ) ეტაპზე ფიზიკურ-ქიმიური პროცესების მსვლელობამ განაპირობა სასურველი გარემოს (ლაგუნის) ფორმირება და ამ გარემოში რთული შენაერთების წარმოშობა, რომელთა (რეაქციების) განუწყვეტელ ქაოსში გამოჩნდა გზა მოლეკულური ნაერთების (ცილების) წარმოსაქმნელად, რამაც ცალკეული წვეთების, ადსორბციისა და კოაცერვაციის შედეგად, ინდივიდუალური ნიშნების ორგანული ნივთიერებების შინაგანად ორგანიზებული და დინამიკურად მდგრადობის უნარის მქონე ნაერთების ჩამოყალიბება განსაზღვრა.

4. დედამიწაზე სიცოცხლის განვითარების ისტორია რამდენიმე მომენტს შეიცავს: ბიოსფერო – ორგანიზმების მრავალფეროვნობის ზრდის, მისი ორგანიზებულობის სირთულის, მასის თანდათანობითი მატების ანუ შინაგანი სტრუქტურის გართულების პროცესით ხასიათდება; ორგანიზმების ცხოველმყოფელობა განაპირობებს მიწისპირა გარდაქმნებს – თავისუფალი ჟანგბადისა და ოზონის ეკრანის გაჩენას, ჰაერიდან და წყლიდან CO_2-ის გამოყოფასა და მიწის ქერქში დაკონსერვებას; ორგანიზმების აქტიური მოქმედებებით მიღწეულია გამოფიტვის პროცესი, რითაც ადგილი აქვს ქიმიური ელემენტების მიგრაციასა და რელიეფის მოსწორებას; ცოცხალი ორგანიზმების ხანგრძლივ მდგრადობასთან (შემონახვა) ერთად სახეზეა მათი როგორც განვითარების, ისე გადაშენების ფორმების არსებობა, თუმცა სიცოცხლე განუწყვეტელ განვითარებას განიცდის.

5. ადამიანის წარმოშობისა და ჩამოყალიბების პროცესში ფიზიოლოგიურ ფაქტორებთან ერთად დიდია გეოგრაფიული პირობების როლი, რომლის გამო დედამიწაზე განვითარების რგოლები (Homo habilis, Homo erectus, Homo sapiens) ურთიერთდაკავშირებულ „გაადამიანების“ პროცესის ერთიან ჯაჭვს ქმნიან, ისტორიულ ეტაპზე კი საზოგადოების ბუნებაზე დატვირთვამ, ნეგატიური შედეგების კასკადის „ამუშავების“ გამო, მისი გონივრული საქმიანობა დღის წესრიგში დააყენა.

6. გეოგრაფიული გარსის განვითარება გვიჩვენებს რა მის სისტემურობას, ყოველი კომპონენტი ურთიერთდაკავშირებული ცვლილებებით ხასიათდება; განვითარებისას განიცდის ახალი ნიშნების შეძენას, შემადგენლობისა და სტრუქტურის გამდიდრებას და ყოველ მომდევნო ეტაპზე კიდევ უფრო რთულდება.

7. გეოგრაფიული გარსის განვითარება მიმდინარეობს რა მისი სტრუქტურის დროითი არაერთგვაროვნებითა და სივრცებრივი არათანაბრობით, სისტემის ზოგადი მიმართულებისა და ტენდენციის ასინქრონულობით ხასიათდება და, ამიტომ, მეტაქრონული (აკად. კ. მარკოვი) ან ჰეტეროქრონული (აკად. ს. კალესნიკი) შინაარსისაა (მეტაქრონულობის კანონი).

8. გეოგრაფიული გარსის მუდმივი განვითარების წყაროებს წარმოადგენენ რა გარეგანი და შინაგანი ძალები, ხოლო შინაარსობრივ საფუძვლებს შეადგენენ შიდა ორგანიზებულობის უნარი და წინააღმდეგობრივი მოვლენების ერთიანობა, განაპირობებენ განუწყვეტელ მოძრაობასა და გადაადგილებას, მიმოქცევებსა და

მონაცვლეობებს, რიტმებსა და ციკლებს, საბოლოოდ თავიანთი მოქმედებების ალგებრული ჯამით, გეოგრაფიულ გარსს თვითგანვითარების უნარს ანიჭებენ.

9. გეოგრაფიული გარსის განვითარების მისაღწევი შინაგან წინააღმდეგობათა ერთობლიობა მიუთითებს რა სისტემის განვითარების ტენდენციის არსებობას, გეოგრაფიული მოვლენების ურთიერთობათა წინააღმდეგობრივი ერთიანობის ნიშნებს ატარებს, რაც, საბოლოო ჯამში, ლანდშაფტების ზონალური და აზონალური ფაქტორების ან ტენდენციების ურთიერთმოქმედებაში აისახება.

10. გეოგრაფიული გარსის ყოველი ქვესისტემის განვითარების შინაგანი მიზეზები მუდმივ შეთანწყობაშია მთლიანი სისტემის თვისებებთან და თავისი გარეგანი იმპულსებით მოვლენათა განსხვავებულ რეაგირებას განაპირობებენ: მშრალი ჰავა ტბას მლაშობად აქცევს, ტენიანი ჰავა კი მლაშობს მტკნარ აუზად გარდასახავს.

11. გეოგრაფიული გარსის განვითარება შეუქცევადი მიმოქცევის შედეგია, რომელიც რიტმული მონაცვლეობის საფუძველს ემყარება და, როგორც ციკლურობის ნიშნებს მოკლებული მოვლენა, თვითონ შეიცავს რაიმე მიმართულებით განვითარების შინაარსს, რაც მას განვითარებადი სისტემის უნიკალურ უნარს ანიჭებს.

თავი XV. გლობალური გეოგრაფიული პროცესები და მათი რეგულირება – მართვა

ზოგადი ცნობები. ადამიანი — ბუნების ახალი ძალა. გეოგრაფიული გარემო. გეოგრაფიული გარსის ანთროპოგენური ცვლილებები. გარემოს მონიტორინგი. ბუნებრივი რესურსები. ბუნებათსარგებლობა. გეოგრაფიული გარსი — თვითორგანიზებადი სისტემაა. ბუნებრივი ნაკადების მართვა. ტექნოგენური ნაკადები და ბუნებრივი სისტემების თვითგაწმენდა. გლობალური ბუნებრივი პროცესები. დასკვნები.

ზოგადი ცნობები. ადამიანი – ბუნების ახალი ძალა. ამ სახელმძღვანელოს წინა თავებში განხილული მასალა ეხებოდა გეოგრაფიული გარსისა და მისი კომპონენტების ფიზიკური მდგომარეობის, ქიმიური შედგენილობის, დინამიკური მოვლენების, სტრუქტურული ცვლილებების მიზეზებსა და შედეგებს, რომელთა ანალიზურ-სინთეზური ინტერპრეტაცია გეოგრაფიული გარსის კანონზომიერებათა ჩამოყალიბების წინაპირობას წარმოადგენს. ამავე დროს, აღნიშნული გეოგრაფიული შინაარსის თეორიული ცნებები და კანონები დედამიწის ბუნების ფორმირებას ეხება და სრულებით გამორიცხავს ადამიანის როლს როგორც მთელი სისტემის, ისე მისი კომპონენტების ქცევის, უნარისა და ურთიერთობათა ჩამოყალიბების პროცესში. ამჯერად შევეხებით გეოგრაფიული გარსის განვითარების გზებს ადამიანის, კერძოდ, საზოგადოების გაჩენის შემდგომ პერიოდში. აქედან დაწყებული მოსალოდნელია, რომ გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურა და დინამიკა ანთროპოგენური გზით იქნება წარმართული.

უძველეს დროს, როცა შრომის ხელსაწყოები და საბრძოლო იარაღი ქვის, ხისა და ძვლებისაგან მზადდებოდა, ქვის ხანა (2,6 მლნ. წლიდან ისტორიულ დრომდე) ეწოდება. დროის ამ მონაკვეთს არქეოლოგიური ქრონოლოგიით (ცხრილი XV.1) აღწერენ. არქეოლოგიური ნაშთები ცხადყოფენ ქვის იარაღის თანდათანობით სრულყოფასა და გაუმჯობესებას. შესაბამისად, ადამიანიც უფრო და უფრო დახელოვნებული ჩანდა: ამ 350-25 ათასი წლის წინათ მცხოვრებ პალეოანთროპებისა (ნეანდერტალელების) და თანამედროვე ადამიანების თავის ტვინის მოცულობა ერთმანეთს ემსგავსება.

არსებობის საწყის პერიოდში, ადამიანი ბიოცენოზის ერთ-ერთ კომპონენტად განიხილება. ბუნებრივ პროცესებზე მისი გავლენა საკმაოდ უსუსური აღმოჩნდა. მაშინდელ ადამიანს მხოლოდ მცენარეული საკვების შემგროვებელი ფუნქცია გააჩნდა. გარემოზე ზემოქმედების თვალსაზრისით, ცხოველებისაგან ბევრად არაფრით განსხვავდებოდა. დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა ადამიანის მიერ ცეცხლის დაუფლებას. მისი ბუნებაზე ზემოქმედების მასშტაბები მკვეთრად ამაღლდა. თანამედროვე ადამიანთან მორფოლოგიურად ახლობელი ადამიანები – კრომანიონები წარმოიშვნენ ამ 30-40 ათასი წლის წინათ. ჩამოყალიბდა პირველადი საზოგადოებრივ-ეკონომიკური ფორმაცია, პირველყოფილი თემური წყობა. აქედან დაწყებული, ადამიანსა და

ბუნებას შორის ურთიერთდამოკიდებულებათა წესებში წამყვან როლს სოციალური კანონები იკავებენ. ეს წესები თანდათანობით გართულებას განიცდის: მცენარეთა შეგროვებასა და ნადირობას დაემატა საცხოვრისების აგება, ძაღლების მოშენება და გამოყენება, ტანისამოსის გამზადება, თევზჭერა და სხვა.

ცხრილი XV.1.

არქეოლოგიური ქრონოლოგია

	არქეოლოგიური დაყოფა		აბსოლუტური ასაკი
ა ნ თ რ ო პ ო გ ე ნ ი ს ი	რკინის ხანა		დაიწყო 3,0 ათ. წ. წინათ
	ბრინჯაოს ხანა		4,5-3,0 ათ. წ. წინათ
	ენეოლითი (პალენძ-ქვის პერიოდი)		5,5-4,5 ათ. წ. წინათ
	ნეოლითი		8,0-5,5 ათ. წ. წინათ
	მეზოლითი	ტარდენუაზი	
	ანუ ეპიპალეოლითი	აზილი მადლენი სოლუტრე	14,0-8,0 ათ. წ. წინათ
	ზედა პალეოლითი	ორინიაკი პერიგიო, სალეტი მუსტიე	40,0-15,0 ათ. წ. წინათ
	შუა პალეოლითი	კლეკთონი აშელი შელი	100,0-40,0 ათ. წ. წინათ
	ქვედა პალეოლითი	ჭარგვალის კულტურა	2,6-1,2 მლნ. წ. წინათ

ჰოლოცენში (7 ათასი წლის წინათ) ქვის ხანა ბრინჯაოს საუკუნით შეიცვალა. მისთვის დამახასიათებელია მიწათმოქმედებისა და მესაქონლეობის განვითარება. ორივე მათგანმა გარემოზე დიდი გავლენა მოახდინა. ტყე გამუდმებით იჩეხებოდა, ხოლო მის ნაცვლად სახნავ-სათესი მიწების ფართობი იზრდებოდა. თავდაპირველად ეს მიწები უხვ მოსავალს იძლეოდა, თუმცა მალე იფიტებოდა. ამიტომ მას 15-20 წლით მიტოვება ელოდა.

რკინის საუკუნეში (ისტორიული დრო) იწყება ხელოსნობის ჩასახვა და რკინის გამოყენება. ვითარდება ტექნიკა, ძლიერდება შრომის დანაწილება. პირველყოფილი თემური წყობილება კლასობრივ საზოგადოებაში გადადის. მოსახლეობის რაოდენობა სწრაფად იზრდება: ახალი წელთაღრიცხვის დასაწყისში მოსახლეობა 200 მლნ. კაცს შეადგენდა, უფრო ადრე კი (ნეოლითში) ღედამიწაზე მხოლოდ 10 მლნ. კაცი ცხოვრობდა. ადამიანის ბიოლოგიურ ფუნქციას სოციალური დანიშნულება მიეცა, რომელიც საზოგადოებრივი ურთიერთობის, მეცნიერებისა და კულტურის, ტექნიკისა და ტექნოლოგიების განვითარებას უკავშირდებოდა. თანდათანობით მცირდებოდა ადამიანის უშუალო დამოკიდებულება ბუნების სტიქიური ძალებისაგან.

ადამიანთა სულ უფრო მზარდი ზემოქმედება ბუნებრივი ლანდშაფტების ძირეულ გარდაქმნებს იწვევდა: მცირდებოდა ტყეების ფართობი; იქმნებოდა სახნავ-სათესი მიწები, საძოვრები; მრეწველობის განვითარებამ (XVIII-XIX სს.) ადამიანის გავლენა ბუნებაზე კიდევ უფრო გააძლიერა. XX საუკუნეში ადამიანთა საზოგადოების ბუნებაზე ზემოქმედების ძალა ბუნებრივი პროცესების გამოვლინების თანაზომიერ სიდიდედ იქცა. აკად. ვ. ვერნადსკის თქმით, ადამიანი მძლავრ გეოლოგიურ (ბუნებრივ) ძალად იქცა.

ადამიანი უდავოდ ბუნების ახალი ძალაა. ბუნებრივ გარემოზე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის სიდიდე სრულიად შეესაბამება დედამიწაზე პლანეტარული მასშტაბების

ცვლილებებს. ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის მსვლელობაში გეოგრაფიული გარსისა და მისი კომპონენტების ბუნებრივი პროცესების გარდაქმნა და ხელოვნური გზებით განვითარება ანთროპოგენური პროცესის (გარდაქმნის) სახელწოდებითაა ცნობილი. ამგვარი გარდაქმნები გეოგრაფიული გარსის კომპონენტებს (მიწის წიაღი და ზედაპირი, ატმოსფერული ქვედა ფენა, მთელი ჰიდროსფერო და ბიოსფერო) მთლიანად ეხება. ასე, მაგალითად, ბოლო წლებში დედამიწის წიაღიდან მოპოვებული ქვანახშირის, ნავთობის, რკინისა და ბოქსიტების რაოდენობამ 415 მლრდ. ტონა შეადგინა, ხოლო საწვავი აირის მოცულობა 62 ტრლნ. მ^3 აღემატება. მათ შორის არამადნეული წიაღისეულის მოპოვებამ უკვე 600 მლნ. ტონა წელიწადში შეადგინა; სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის მიზნით ადამიანთა მიერ ყოველწლიურად გადამუშავდება 6 ათასი კმ^3-ზე მეტი მოცულობის ნიადაგსაფარი. ამავე დროს, მოსარწყავი მიწების ფართობმა უკვე 200 მლნ. ჰა-ს გადააჭარბა.

ადამიანი განუწყვეტლივ ზრდის თავის საცხოვრისის ფართობს. იგი განსაკუთრებით შეინიშნება მსხვილი ქალაქების ფარგლებში. შედარებისათვის მოვიყვანთ რამდენიმე ციფრს. თუკი ამჟამად ქ. თბილისის განაშენიანების ჯამური ფართობი 350 კმ^2-ს შეადგენს, მაშინ ქ. პეკინის დაკავებული ფართობი თითქმის 50-ჯერ მეტია და 17 ათას კმ^2-ია. საკმაოდ აქტიურია ანთროპოგენური პროცესების მსვლელობა მსხვილი ქარხნებისა და ფაბრიკების, სამთო მომპოვებელი და გადამამუშავებელი საწარმოების მიდამოებში. ასევე დიდია საწარმოო ნარჩენების დაგროვების მაჩვენებელი. კოლოსალურ გარდაქმნებს იწვევს სატრანსპორტო არტერიები. მხოლოდ რკინიგზების ჯამური სიგრძე 1400 ათას კმ-ს შეადგენს. დღითი დღე იზრდება მიწისქვეშა გამონამუშევრების სიდიდე. გვირაბები გაჰყავთ მთიანეთების (სიმპლონი, ალპებში) ქვეშ და სრუტეების (კუნძულების – ხონსიუსა და ხოკაიდოს შორის, სიგრძე 54 კმ; ლა-მანშის ქვეშ გვირაბის სიგრძე 50 კმ-მდე) გავლით.

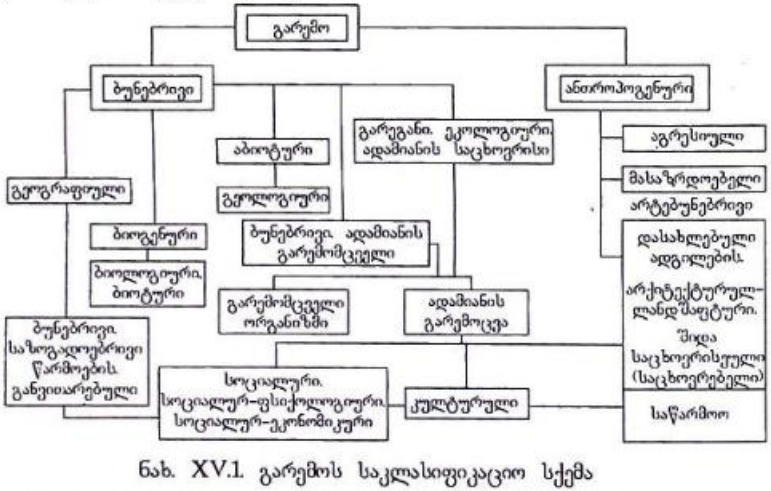
მსოფლიო დასერილია სარწყავი არხებით, აგებულია ჰიდროელექტროსადგურები და წყალსაცავები. მიმდინარეობს საკმაოდ ღრმა კარიერების მშენებლობა: კუზნეცკის ქვანახშირი ამოაქვთ 1400 მ-ის სიღრმიდან, ინდოეთში ოქროს მოპოვება 3800 მ-ის, ხოლო სამხრეთ აფრიკაში – 4000 მ-ის სიღრმიდან ხდება; აშშ-ში გაზის მოპოვების სიღრმე 9000 მ-ია. დიდია აგრეთვე მადნების მოპოვების მოცულობა: მხოლოდ ტრანსვაალში (სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკა) ყოველწლიურად 100 მლნ. ტ ალმასის შემცველი ქანები გადამუშავდება. მშენებლობისა და სამთო სამუშაოთა წარმოების მიზნით წიაღიდან ყოველწლიურად მოპოვებული მასალის რაოდენობა 1 კმ^3-ს შეადგენს ხშირად მიმდინარეობს დიდი დამბის მშენებლობა, რომლებიც მთლიანად ცვლის ლანდშაფტის ბუნებრივ იერსახეს. ზოგიერთი მათგანი სანაპირო ხმელეთის – ზღვისაგან გათავისუფლებას (პოლდერა) გულისხმობს. ასეთ „მიწებზე" ბაღები შენდება. მათ საკმაოდ დიდი ფართობი უკავიათ ნიდერლანდებში, სადაც ევროპაში განთქმული ყვავილი – ტიტები მოჰყავთ.

ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობა არც მომავალში შეიზღუდება. მეცნიერებისა და ტექნიკის განვითარების მზარდი ტენდენციის პირობებში ადამიანისმიერი დატვირთვები გარემოში განუზომლად მოიმატებს. ცხადია, რომ დღის წესრიგში დადგება ანთროპოგენურად დარღვეული გარემოს სტაბილიზაციის პრობლემა და მისი სასწრაფოდ გადაჭრის გზების გამონახვა.

გეოგრაფიული გარემო. დედამიწის ბუნებრივი გარსის ანთროპოგენურამდელი ეტაპი – განვითარების ბუნებრივი კანონების გამეფებას გულისხმობს. ცხადია,

რომ ადამიანის როგორც ბუნების ახალი და მძლავრი ძალის წარმოქმნა, გეოგრაფიული გარსის განვითარებაში თავის ღრმა ანაბეჭდებსა და შესამჩნევ დაღს ტოვებს. ბუნება კი ადამიანთა საზოგადოების განვითარების კანონზომიერებების ქვეშ მოექცა. ამიტომ, ბუნების ის ნაწილი, სადაც საზოგადოება არსებობდა, საქმიანობდა და მოქმედებდა, თანდათანობით ხელოვნურ ანუ ანთროპოგენურ იერსახეს ღებულობდა. აქედან გამომდინარე, გეოგრაფიული გარემო უნდა ვუწოდოთ ადამიანის დედამიწისეულ ბუნებრივი გარემოცვის მხოლოდ იმ ნაწილს, რომელთანაც საზოგადოება მოცემულ მომენტში უშუალო ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება და მის სამეურნეო საქმიანობასთან მჭიდროდაა დაკავშირებული.

ამჟამად, კაცობრიობა ცხოვრობს არა პირველად, არამედ შეცვლილ ბუნებრივ გარემოცვაში, რომელსაც ადამიანთა მრავალი თაობების შრომის დაღი აზის. თუმცა, ჯერ კიდევ შენარჩუნებულია ხელშეუხებელი ბუნებრივი ელემენტების ცალკეული ფრაგმენტები, ხოლო მათ გვერდით მრავლადაა ყამირი ბუნების ტიპოლოგიური ანალოგები: წყალსაცავი – ტბა; არხი – მდინარე; ვარდი – ასკილი; ძაღლი – მგელი და სხვ.



ნახ. XV.1. გარემოს საკლასიფიკაციო სქემა

გარემოს მრავალფეროვნების გამო, გეოგრაფიულ განმარტებასთან ერთად, არსებობს მისი რამდენიმე დეფინიცია: ფიზიკური, ეკოლოგიური, ბუნებრივი, ბუნებრივ-ანთროპოგენური, სოციალური და ა.შ. „გარემოს“ ცნების საკვალიფიკაციო სქემას XV.1. ნახაზი ასახავს. სქემის ზოგიერთი ცნების შესახებ მოგვაქვს მოკლე განმარტებები:

ფიზიკური გარემო – რაიმე ობიექტის გარემომცველი სივრცე ან ბუნების საგნები და მოვლენებია;

ეკოლოგიური გარემო – ბუნებრივი საგნებისა და მოვლენების ერთობლიობაა, რომლებთანაც ორგანიზმები უშუალოდ ურთიერთმოქმედებაში იმყოფება;

აბიოტური გარემო – ბუნების ძალები და მოვლენებია, რომელთა წარმოშობა უშუალოდ არ არის დაკავშირებული ამჟამად არსებული ორგანიზმების (მათ შორის ადამიანის) ცხოველქმედებასთან;

ბიოტური გარემო – ბუნების ძალები და მოვლენებია, რომელთა წარმოშობა დაკავშირებულია ამჟამად არსებულ ორგანიზმებთან;

ბიოლოგიური გარემო – ორგანიზმების სისტემაა, რომელშიც იმყოფება განსახილველი ინდივიდი;

ბიოგენური გარემო – ბიოტურ და აბიოტურ გარემოთა ერთობლიობაა;

გარემომცველი გარემო – ბუნების ძალები და მოვლენებია, აგრეთვე ნივთიერებები და სივრცეა, ადამიანის (საზოგადოების) ნებისმიერი საქმიანობაა, რომელიც განსახილველი ობიექტის (სუბიექტის) გარეშე იმყოფება, მაგრამ უშუალო კონტაქტს ამყარებს მათთან;

სოციალურ-ეკონომიკური გარემო – მოიცავს ადამიანის ცხოვრების სოციალურ და ბუნებრივ ფაქტორებს, ადამიანთა შორის ურთიერთობებსა და მათ მიერ წარმოებულ მატერიალურ-კულტურულ ღირებულებებს, მორალურ, ზნეობრივ, ფსიქოლოგიურ და ეთნიკურ კატეგორიებს, საწარმოო-ეკონომიკურ ელემენტებს;

სემიბუნებრივი გარემო – ადამიანის მიერ გარდაქმნილი და ხელოვნურად შექმნილი აგროცენოზებია, რომლებსაც თვითშენარჩუნების უუნარობა ახასიათებს;

არტებუნებრივი გარემო – ადამიანთა ხელოვნური გარემოცვაა, რომელიც ტექნიკური (ნაგებობა, შენობა, გზები, ხელოვნური განათება თუ გათბობა და სხვ.) ელემენტებისაგან შედგება;

ადამიანთა გარემომცველი გარემო – ბუნების ძალებისა და მოვლენების გავრცელების სივრცეში არსებული საცხოვრისი გარემოა (ჰაბიტატია), რომლის შემადგენლობა განისაზღვრება როგორც არაცოცხალი და ცოცხალი ბუნების, ისე სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორებით. იგი გეოგრაფიული გარემოს ნაწილია.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარემო საკმაოდ მსხვილი და მრავალფეროვანი სფეროა, რომელიც თვითონ გეოგრაფიული გარსის შემადგენელი ნაწილია და საზოგადოების განვითარებასთან ერთად სულ უფრო მეტ და ახალ „სივრცეებს“ იკავებს. ამიტომ იზრდება გეოგრაფიული გარემოს ელემენტების ნუსხა და მოცულობა, რთულდება გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურა და დღითი დღე კიდევ უფრო მრავალფეროვანი ხდება. მოსალოდნელია, რომ არცთუ ისე შორეულ პერსპექტივაში გეოგრაფიული გარემო და გეოგრაფიული გარსი ერთიან და მთლიან თანხვედრაში მოექცევა. მათ შორის პრინციპული განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ გეოგრაფიული გარსისაგან განსხვავებით, ადამიანის გარემომცველი სივრცე საზოგადოების განვითარებასთან ერთად „გაფართოებას“ განიცდის.

საზოგადოების განვითარების უმთავრესი საზომი ნიშანი მისი გონების თვისებრივი მაჩვენებელია. ადამიანის სამეურნეო საქმიანობაც საზოგადოების გონებრივი განვითარების დონის შესაბამისი ქმედებაა. ამავე დროს, ადამიანის საქმიანობა მიმდინარეობს ეკოსისტემის (ბიოგეოცენოზის) კომპონენტების ურთიერთმოქმედებისა და ნივთიერებისა და ენერგიის განუწყვეტელი მიმოცვლის პირობებში, რომელიც წარმოადგენს ყველაზე უფრო რთულ ბუნებრივ სისტემას და, რომელშიც არაცოცხალი გარემო და ბიოცენოზი ერთობლივად ფუნქციონირებენ. ბუნებრივი რეჟიმის პირობებში ამ სისტემის მდგრადობა ეჭვს არ იწვევს. თუმცა ეკოსისტემაში საზოგადოების მონაწილეობა განაპირობებს ტექნიკური საშუალებების პირდაპირ ან მეშვეობით შემოღწევას, რომელსაც სისტემის მთლიანი გარდაქმნა, ან უკიდურეს შემთხვევაში – რღვევის გამოწვევა შეუძლია. ამიტომ საზოგადოებრივი საქმიანობა კონტროლს მისი გონებით განიცდის.

ბიოსფეროს განვითარების ერთ-ერთ უმაღლეს სტადიაზე, ადამიანის მაღალი ინტელექტუალური დონე ყალიბდება, რომელზე დაყრდნობით მიმდინარეობს გარემოს

მართვა და ე.წ. გონების სფეროს ფორმირება. საბუნებისმეტყველო თვალსაზრისით, ამ სფეროს ნოოსფეროს უწოდებენ, რომელშიც წარმოიშვა და ჩამოყალიბდა ცივილიზებული კაცობრიობა, ხოლო მისი საქმიანობა დედამიწის განვითარების მთავარ და განმსაზღვრელ ფაქტორადაა წარმოდგენილი. ამ შემთხვევაში ელემენტარულ სტრუქტურულ ერთეულად ნოობიოგეოცენოზია მიღებული. ეს უკანასკნელი ბიოგეოცენოზისაგან განსხვავებით, დამატებით შეიცავს მისიეე დონის თანასაზოგადოებას – ნოოცენოზს, რომელიც საზოგადოების შრომის იარაღებსა და საშუალებების, აგრეთვე, შრომის პროდუქტების ერთობლიობას წარმოადგენს.

ნოოცენოზს სხვაგვარად კიდეე გონების თანასაზოგადოებასაც უწოდებენ, რომელიც საზოგადოებასთან ერთად, სოციალური განვითარების კანონებსაც მოიცავს. საზოგადოების მატერიალური მოთხოვნილების დაკმაყოფილებისა და ცხოველქმედების უზრუნველსაყოფად ადამიანი არსებობის საშუალებებს ქმნის. ამ როლს შრომის საშუალებები ასრულებენ, რომელზე დაყრდნობით საზოგადოება ურთიერთმოქმედებს ბუნებასთან. მის საფუძველზე კი შრომის პროდუქცია იქმნება. შრომის პროცესის საგანს ბუნება წარმოადგენს, ხოლო მისი დანარჩენი „მომენტები“ – შრომის საშუალებებია. რაც შეეხება საზოგადოებასა (შრომის მატარებელი) და შრომის პროდუქტებს, ისინი „გონების თანასაზოგადოებაშია“ გაერთიანებული.

ამგვარად, ნოობიოგეოცენოზის ფუნქციონირების განმსაზღვრელ ძირითად პროცესად შრომის პროცესია აღიარებული, რომლის მიმდინარეობა, თავის მხრივ, დამოკიდებულია თვით საზოგადოების გონებრივი განვითარების დონეზე, ადამიანის მიერ გამოყენებულ ტექნოლოგიურად სრულყოფილი შრომის საშუალებებსა და მეცნიერულად დასაბუთებული პროექტების რეალიზაციაზე. ცხადია, რომ კაცობრიობა დედამიწის ბუნების გარდაქმნის გადამწყვეტი ფაქტორია. თუმცა, მისი პარამეტრების საჭირო მნიშვნელობათა გამომუშავების მიზნით, ნეგატიური პროცესის ხელსაყრელი მიმართულებით წარმართვა – ბუნების კანონების ღრმა ცოდნას მოითხოვს. ამიტომაც, ჭეშმარიტებაა სხარტად გამოთქმული ფრაზა: ადამიანი განაგებს ბუნებას მანამდე, ვიდრე ანგარიშს უწევს მის კანონებს. ბუნების განვითარების კანონები კი მის თვითგანვითარებას იწვევს. ბუნების ღრმად შეცვლის საფუძველი იმაში მდგომარეობს, რომ ვიმოქმედოთ მისი თვითგანვითარების პროცესებზე.

მრავალნაირია ადამიანის ბუნებაზე ზემოქმედების ფორმები, რომელთა შორის აღსანიშნავია:

1. დედამიწის ზედაპირის ხელოვნური გარადქმნები და რელიეფის ანთროპოგენური ცვლილებები გამოვლენილია ყორღანების, ტერიკონების, მიწაყრილების, ქვაბულების, თხრილების, სანგრების, გვირაბებისა და სხვ. წარმოქმნაში. მათი უდიდესი ნაწილი ბუნებრივი პროცესების ზემოქმედებითა და ერთიანი ბუნებრივი კანონების მიხედვით განიცდიან განვითარებას. ამავე დროს, ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით, თუმცა მის მიერ შეუგნებლად, შეიძლება მრავალი ნეგატიური პროცესის (ხრამები, მეწყრები, კლდეზვავები და სხვ.) წარმოშობა;

2. წყლის რესურსების ათვისება და მტკნარი წყლების პრობლემა უხსოვარი დროიდან არსებობს. წყალი გამოიყენება როგორც ენერგეტიკაში, ისე მორწყვის (250 მლნ-მდე ჰა) მიზნით. წყლის არათანაბარი გადანაწილების გამო, ადგილი აქვს ტბების, ჭაობებისა და ზოგჯერ ლიმანების ამოშრობას, ჯებირებისა და არხების აგებას. ეს ღონისძიებები გარემოს ძირეულ ცვლილებებს იწვევენ: მშრალ ადგილებს ოაზისები იკავებენ, მდინარეთა შეგუბებით წყალსაცავები იქმნება, იცვლება

მდინარეთა ეროზიისა და აკუმულაციის რეჟიმი, ჭაობების ამოშრობა ზრდის სასოფლო-სამეურნეო სავარგულებს, თუმცა იცვლება მიკროკლიმატი – მიმდინარეობს არიდიზაციის პროცესი. წყლის რესურსების რეგულირება და მართვა საკმაოდ გავრცელებული საქმიანობაა;

3. ადგილობრივი ჰავის შეცვლის ანთროპოგენური ფორმაა ტყის გაჩეხვა ან გაშენება, ჭაობების ამოშრობა, დატბორვა, ატმოსფეროში ნახშირბადის ხელოვნური შემოტანა და სხვ. საყოველთაოდ ცნობილია, რომ ოაზისებში ჰაერის დღეღამური ტემპერატურა რამდენადმე ნიველირებულია, ვიდრე მიმდებარე უდაბნოში. საწვავის მოხმარების გამო ატმოსფეროში ყოველწლიურად შემოსული ნახშირბადის რაოდენობა 1,5-2,0 მლრდ. ტონას აღწევს, რაც იწვევს ჰაერის ტემპერატურის (სათბურის ეფექტი) ზრდას. ამ პროცესის რეგულირება მწვანე ნარგავების ხელოვნური გაზრდითაა შესაძლებელი;

4. ბიოსფეროს ანთროპოგენური გარდაქმნა გამოვლინდა როგორც ორგანიზმების უზარმაზარი მასის განადგურებაში, ისე ახალი ჯიშების შექმნაში. ცხოველთა განადგურების საქმეში ადამიანს ბადალი არა ჰყავს: დიდ ბრიტანეთსა და დანიაში, ნიდერლანდებსა და შვეიცარიაში მგლები ჯერ კიდევ 300 წლის წინ ამოწყვიტეს; ევროპული გარეული ხარი და ბიზონი მხოლოდ ნაკრძალებშია შემორჩენილი; აშშ-ში განადგურდა (15 მლნ.) ბიზონის ჯოგი, გასკონიის უბეში კი ბისკაის ვეშაპი. ამ ორი ათასი წლის მანძილზე დედამიწის ძუძუმწოვრები 72 სახეობით შემცირდა. ისტორიულ დროში გადაშენდა მორბენალი ფრინველები. თუმცა ადამიანი სხვადასხვა ორგანიზმების მოშენებით საქმიანობასაც მისდევს: საფრანგეთში, ინგლისში, აშშ-ში, იაპონიაში სპეციალურ აკვაფერმებში მისდევენ ხამანწკების მოშენებას. ადამიანის მიერ გამოყვანილია: ქათმის – 100-ზე მეტი, ცხვრის – 250, ცხენის – 150, ძაღლის – 350, საქონლის – 400, სიმინდის – 300, ვარდის – 4000, ხორბლის – 30 ათასამდე ჯიში.

ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობასთან დაკავშირებით გარემოში მომხდარი ნეგატიური ცვლილებები უმნიშვნელოდ მცირეა ეკოლოგიურ კატასტროფებთან შედარებით. ეს უკანასკნელი ბუნების შეუქცევადი მოვლენაა, რომელთა წარმოშობა ბუნებრივ ანომალიებთანაა დაკავშირებული და გარემოს ერთ-ერთ მდგომარეობას წარმოადგენს. ბუნებრივ ანომალიებს მიეკუთვნება ხანგრძლივი გვალვა, წყალდიდობები, შინაური ცხოველების მასიური ამოხოცვა ან რომელიმე რეგიონის მოსახლეობის განადგურება ეპიდემიის შედეგად. ეკოლოგიური კატასტროფების მიზეზები შეიძლება იყოს ტექნიკურ მოწყობილობათა (ატომური ელექტროსადგურები, ტანკერები, ქიმიური ქარხნები) ავარიები. იგივე შეიძლება მივიღოთ „ბირთვული ზამთრის“ შემთხვევაში, რაც ხანგრძლივ აცივებას მოასწავებს თერმოატომბირთვული იარაღის გამოყენების შემთხვევაში.

გარემოს უფრო მკვეთრი შეცვლის მიზეზი შეიძლება იყოს დედამიწისა და მსხვილი კოსმოსური სხეულების (კომეტები, ასტეროიდები) შეჯახება. ამგვარი კატასტროფების გეოლოგიურ წარსულში არსებობა, შეიძლება ითქვას, ეჭვს არ იწვევს. სწორედ, გლობალურ კატასტროფებს უკავშირებენ ორგანიზმების მრავალი ფორმის გადაშენებას, რომელთაგან ერთ-ერთს ამ 65 მლნ. წლის წინ ჰქონია ადგილი. მეცნიერთა გამოთვლებით, ამგვარი კატასტროფა ახლო მომავალში მოსალოდნელი არ არის. რეალურად არსებული ეკოლოგიური კატასტროფებიდან აღვნიშნავთ არალის ზღვის პრობლემას. პლანეტის ამ საოცარ წყლის კუნძულს

(„არალი“, ქართულად „კუნძულს“ ნიშნავს) ამჟამად გაქრობა ემუქრება. ამ ზღვატბის გარშემო დიდი უდაბნოებია (ყარაყუმი, ყიზილყუმი, უსთიურთის პლატო, დიდი ბარსუკის ქვიშები) გაფენილი. ამ 30 წლის მანძილზე არალის წყლის მოცულობა 60%-ით, ხოლო სარკის ფართობი 30%-ით შემცირდა. შეინიშნება წყლის დონის მეტად სახიფათო (0,5 მ წწ-ში) დაწევა. არალის კატასტროფული შემცირების მიზეზია მისი მკვებავი მდინარეების (ამუდარია და სირდარია) წყლის მტაცებლური გამოყენება მშრალი არეალების მორწყვის მიზნით. რეგიონულ კატასტროფებს არალის უბედურება, თავისი მნიშვნელობით, გაცილებით ჭარბობს. არალის „დაშრობის“ შედეგები კატასტროფულია: ამის დასტურად საკმარისია აღვნიშნოთ, რომ არალისპირეთის დიდ სივრცეზე ყოველი ჰექტარი მიწა წლიურად 700 კგ მარილოვანი მტვრით იფარება და მეურნეობისათვის სრულიად გამოუსადეგარი ხდება.

როგორც ჩანს, ეკოლოგიური კატასტროფები შეუქცევად მოვლენებს იწვევს. ბუნებაში ადგილი აქვს, აგრეთვე შეუქცევადი მდგომარეობების ჩამოყალიბებას, რომელშიც ადამიანი აქტიურად მონაწილეობს. ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთობაში ამგვარი დაძაბული მდგომარეობის ჩამოყალიბებას, რომელიც სასიათდება საწარმოო ძალებისა და წარმოებითი ურთიერთობების შეუთავსებულობით, ბიოსფეროს სარესურსო-ეკოლოგიურ შესაძლებლობასთან, ეკოლოგიური კრიზისი ეწოდება.

ეკოლოგიური კრიზისები, საზოგადოების განვითარებასთან ერთად, თანდათან ძლიერდებოდა. პირველი მათგანი გამოვლინდა ანთროპოგენურამდელ (3 მლნ. წლის წინათ) არიდული კრიზისის სახით, ხოლო მეორე (50 ათასი წლის წინათ) რესურსების გაღარიბებას მოჰყვა. 30 ათასი წლის წინათ საზოგადოება პრიმიტიული მორწყვის აუცილებლობის წინაშე დადგა, ხოლო ახალი ერის დასაწყისში პირველი პროდუცენტული კრიზისი განიცადა.

მინერალური რესურსებისა და გარემოს გაჭუჭყიანების პირველი სიმპტომები 350-150 წლის წინა ეპოქას ემთხვევა, რომლის საპასუხოდ საზოგადოებამ მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესი დაუპირისპირა. XX საუკუნის შუა წლების თერმოდინამიკური და თანამედროვე გლობალური კრიზისების მართვის მიზნით ადამიანი ეკოლოგიური დაგეგმარების პრინციპების დანერგვას მიმართავს, რომლის შედეგად მოსალოდნელია ეკოლოგიური წონასწორობის (ბუნებრივი და გარემოწარმომშობი პროცესების ბალანსის) მიღწევა.

გეოგრაფიული გარსის ანთროპოგენური ცვლილებები. ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობის ბუნებრივ გარემოზე ზემოქმედებისა და პლანეტარული ბუნებრივი პროცესების სიდიდეთა თანაზომიერებას დამაჯერებლად ადასტურებენ ბუნებასა და მეურნეობაში ნივთიერებათა მიმოქცევის ფაქტები: სამეურნეო და საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის საზოგადოება ყოველწლიურად ხარჯავს მთლიანი მდინარეული ჩამონადენის 10%, ანუ $4{,}0x10^3$ კმ^3 წყალს, აფხვიერებს $3x10^3$ კმ^3 ნიადაგს, წიაღიდან მოიპოვებს $6x10^{11}$ ტონა მადანსა და სამშენებლო მასალს, ნიადაგში შეაქვს $3x10^8$ ტონა მინერალური სასუქები და $4x10^6$ ტონა შხამ-ქიმიკატები, საწარმოო საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროში იფრქვევა 10^9 ტონა ჭვარტლი და ტოქსიკური ნივთიერება; კოლოსალურ სიდიდეს ($2x10^{13}$ტ წწ$^{-1}$) აღწევს მექანიკური გზით გადაადგილებული ნივთიერების რაოდენობა.

საზოგადოების მეურნეობრიობის შედეგად ადგილი აქვს გეოგრაფიული გარსის ქიმიურ გარდაქმნასაც. მოპოვებული ქიმიური ნაერთების დედამიწაზე მიმოფანტვის

შედეგად მკვეთრად იცვლება გეოგრაფიული გარსის ქიმიური შემადგენლობა. გასულ საუკუნეში ნიადაგის „გარკინიანების“ პროცესი ყოველ კვადრატულ კილომეტრზე 6 ტონით იზრდებოდა; გარემოში ვერცხლისწყლის შემოსვლა (შემოტანა) 700-ჯერ (ურანის – 60-ჯერ, კადმიუმის – 40-ჯერ) აჭარბებდა მისი ბუნებრივი მიმოცვლის მაჩვენებელს.

საკმაოდ მაღალია ხმელეთის წყლებზე ანთროპოგენური ზემოქმედების სიდიდეები. ყოველწლიურად მდინარეებისა და ტბების მტკნარი წყლების მოხმარება 2000 კმ^3 შეადგენს, რაც მთელი ჩამონადენის 5%-ია. მათ შორის ყველაზე მეტი – 1750-1800 კმ^3 წყალი მშრალი არეალების მორწყვას ხმარდება. ასე, მაგალითად, მდ. ნილოსის ჩამონადენის ნახევარი ან მდ. სირდარიის 70% მორწყვას ხმარდება. მდინარეების, ტბებისა და მიწისქვეშა წყაროებიდან ყოველწლიურად 600 კმ^3 წყლის მოხმარებას აქვს ადგილი. მათი დიდი ნაწილი (450-500 კმ^3), უკვე გაბინძურებული (თუმცა ბიოლოგიურად გაწმენდილი) წყალი, ისევ ბუნებრივ წყლებშია „დაბრუნებული“. ბუნებრივი გზით მათი გაწმენდის პროცესს 6000 კმ^3 სუფთა წყალი სჭირდება.

მსოფლიო მრეწველობა ქიმიური გზით ყოველწლიურად 1x10^{6}მ^3 წყალს გარდაქმნის. ზოგიერთ ქვეყანაში მდინარეული ჩამონადენის ნახევარზე მეტი წყლის მოხმარებას აქვს ადგილი. ბუნებრივი წყლების გარდაქმნის საშიშ ტენდენციას მისი სითბური დაბინძურება (ატომურ ელექტროსადგურებში) წარმოადგენს. საკმაოდ მაღალია მდინარეთა ჩამონადენის ზღვის აკვატორიაში შემოდინების შემცირების მაჩვენებელი. კასპიის ზღვაში იგი ნორმას (300 კმ^3 წწ$^{-1}$) 25%-ით ჩამორჩება. აზოვის ზღვა კი ყოველწლიურად 21 კმ^3 მოცულობის მდინარეული ჩამონადენის დეფიციტს განიცდის, ხოლო არალის ზღვის წლიური დანაკლისი 51 კმ^3-ია, რაც ამ აუზში შემოდინების ნორმის 94%-ს შეადგენს.

ცხადია, რომ ადამიანის არაგონივრული სამეურნეო საქმიანობა გამოიწვევს არა მარტო ზღვის (ტბის) აკვატორიის რაოდენობრივი მაჩვენებლების ნეგატიურ განვითარებას, არამედ სახეზეა მისი არასახარბიელო თვისებრივი ცვლილებები. სახელმძღვანელოში შეუძლებელია გეოგრაფიული გარსის ელემენტების ცვლილებების, მათი ზუსტი და ყოვლისმომცველი შედეგების აღწერა. აღსანიშნავია მხოლოდ ის, რომ გარემოს ანთროპოგენური გარდაქმნის ნეგატიური შედეგები ეკოლოგიური კატასტროფების ჩამოყალიბებისკენაა მიმართული. ამიტომ საზოგადოების უმთავრესი ამოცანაა კატასტროფული მდგომარეობის ეკოლოგიური კრიზისის რელსებზე გადაყვანა და მისი რეგულირება-მართვის პრინციპების შემუშავება-დანერგვა.

ატმოსფერული ჰაერის მთავარი გამჭუჭყიანებლებია საწარმოო (ელექტროსადგურები, ფაბრიკები და ქარხნები) ჭვარტლი, რომლის შემადგენლობაში შედის ნაცრის წვრილი ნაწილაკები, გოგირდისა და ნახშირბადის ჟანგები. ცნობილია, რომ მსოფლიოს ასეთ საწარმოებში ყოველწლიურად წვავენ 2 მლრდ. ტონა ქვანახშირს, 1 მლრდ. ტონა ნავთობსა და სხვა მინერალურ ნაერთებს. ამასთან, ატმოსფეროში შემოიფრქვევა 120 მლნ. ტონა ნაცარი და 60 მლნ. ტონა შხამიანი გოგირდის ანჰიდრიდი. ამავე დროს, 300 მილიონი ავტომობილის მიერ ატმოსფეროში შემოდის მილიონობით ტონა მავნე ნაერთი. ასე, მაგალითად, მხოლოდ ლოს-ანჯელესის ავტოტრანსპორტი ყოველწლიურად ატმოსფეროში შემოაფრქვევს 10 ათას ტონა ნახშირის ჟანგს, 2 ათას ტონა ნახშირწყალბადსა და 550 ტონა აზოტის ჟანგს. ანალოგიური მდგომარეობაა მსოფლიოს ასეულობით მსხვილ სამრეწველო ქალაქში.

საზოგადოების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ენერგიის წარმოებამ 2,5-3,0x10^{17} ჯოულს მიაღწია. ვარაუდობენ, რომ 2100 წელს ეს მაჩვენებელი მზის ენერგიის დედამიწაზე შემოსული ნაწილის 0,1%-ს მიაღწევს. მსოფლიოს უმსხვილეს სამრეწველო რაიონებში ენერგიის მოხმარება აღნიშნულ მონაცემებს რამდენჯერმე აჭარბებს. ასე, მაგალითად, ნიუ-იორკში (მანჰეტენი) მხოლოდ 60 კმ^2-ის ფართობზე მოხმარებული სითბური ენერგია თითქმის 7-ჯერ მეტია ამ ფართობზე მოსული მზის რადიაციასთან შედარებით; იაპონიის საწარმოების მიერ გამოყოფილი სითბო დედამიწაზე შემოსული მზის სითბური ენერგიის 2%-ს, ხოლო დასავლეთ ევროპაში იგივე მაჩვენებელი 0,5-0,6%-ს შეადგენს.

როგორც ამას მოტანილი მაგალითები გვიჩვენებს, სითბური დაბინძურების ეფექტი საკმაოდ დიდია. თუმცა, სითბური დაბინძურება ჰავის გლობალურ ცვლილებას ვერ გამოიწვევს. მეცნიერები მიუთითებენ გარემოზე ამ მოვლენის მეშვეობითი გავლენების შესახებ. მათ შორის, აღსანიშნავია ატმოსფეროში ნახშირბადის დიოქსიდის შემცველობის ზრდის საშიში ტენდენცია. გამოთვლებით დადგენილია (აკად. მ. ბუდიკო, 1977), რომ ატმოსფეროში CO_2-ის მხოლოდ ორჯერ გაზრდა ჰაერის გლობალური ტემპერატურის 3^0-ით მომატებას გამოიწვევს. ამერიკელი მეცნიერების ვარაუდით, CO_2-ის კონცენტრაციის მატების გამო, დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის ტემპერატურის საგრძნობი (6^0 ორი საუკუნის განმავლობაში) გაზრდა უნდა გამოიწვიოს.

გეოგრაფიული გარსის თვითრეგულაციის მაღალი უნარის გამო, ატმოსფეროში CO_2-ის კონცენტრაციის ზრდასთან ერთად, თუმცა რამდენადმე დაგვიანებული ტემპით, ადგილი ექნება მისი ხარჯვის (ფოტოსინთეზის პროცესი) გაძლიერებასაც. ატმოსფერული ნახშირბადის ნაწილი კირქვიანი დანალექების ფორმირებასაც მოხმარდება. ცხადია, რომ ბუნებრივი თვითრეგულაციის შედეგად – დადებითი უკუკავშირების მეშვეობით, შექცეული სუქცესიის მიღწევა მეტად ხანგრძლივი პროცესია და, ამიტომ, საზოგადოების სასწრაფო პოზიტიურ (გონივრულ) ჩარევას მოითხოვს.

გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის სწრაფი და ნეგატიური ანთროპოგენური ცვლილებების ერთ-ერთი თვალსაჩინო მაგალითია მიწების რაოდენობრივი (ფართობი, ნიადაგის სისქე და ა.შ.) და თვისებრივი (პროდუქტიულობა, ხარისხი) მაჩვენებლების მკვეთრი შემცირება. მსოფლიოს ისტორიაში ხშირად ფიქსირდებოდა მიწების არაგონივრული ათვისების კატასტროფული შედეგები. ნიადაგების მტაცებლური ათვისების პოლიტიკამ ძველი მსოფლიოს მრავალი ქვეყანა (ხორეზმი, შუმერი, ხეთების სამეფო) განადგურებამდე მიიყვანა.

ნიადაგების გამოფიტვა (გამოლევა, დაუძლურება) გაუდაბნოების მაჩვენებელია. ამ მხრივ, გამოფიტვასთან ერთად აღსანიშნავია ნიადაგების ქარისმიერი (დეფლაცია) და წყლისმიერი (ეროზია) ნგრევითი მოქმედება. მათი ინტენსიური გამოვლინებები უმეტესად ადამიანის არაგონივრულ სამეურნეო საქმიანობასთანაა დაკავშირებული. მათ შორის უმთავრესია ტყის დიდი ფართობების უმოწყალო გაჩეხვა, რომელიც ხშირად ღვარცოფების (სელი), ნიადაგების გაჩეხვისა და გამშრალების, აგრეთვე ჰავის ცვლილების შეუქცევად პროცესებს იწვევენ.

ცნობილია, რომ ამჟამად დამუშავების ქვეშ დედამიწის მიწის სავარგულების (15x10^9 ჰა) შედარებით მცირე (13%) ანუ 1,9x10^9 ჰა იმყოფება, მდელოებსა და საძოვრებს კი 2,8x10^9 ჰა უკავია. აღსანიშნავია, რომ დედამიწის ტყეების ფართობი 4x10^9 ჰა-ს აღემატება და ხმელეთის ფართობის 27% შეადგენს. ამავე დროს,

სრულიად გამოუსადეგარი (მყინვარები, პოლარული და მაღალმთიანი უდაბნოები, ანთროპოგენური ბედლენდი, ტბები და წყალსაცავები) მიწების ფართობი ($3x10^9$ ჰა) ხმელეთის 20% შეადგენს. დასამუშავებლად ვარგისი მიწები ($6,0-6,2x10^9$ ჰა) ერთგვარი რეზერვია, რომელიც ძირითადად ბუნებრივი მდელოების, საძოვრებისა და მოურწყავი არიდული უდაბნოების ($2-2,2x10^9$ ჰა) ფართობზე მოდის. ამასთან, დანამატის როლი შეუძლია შეასრულოს უკვე უვარგისი მიწების რეკულტივაციამაც.

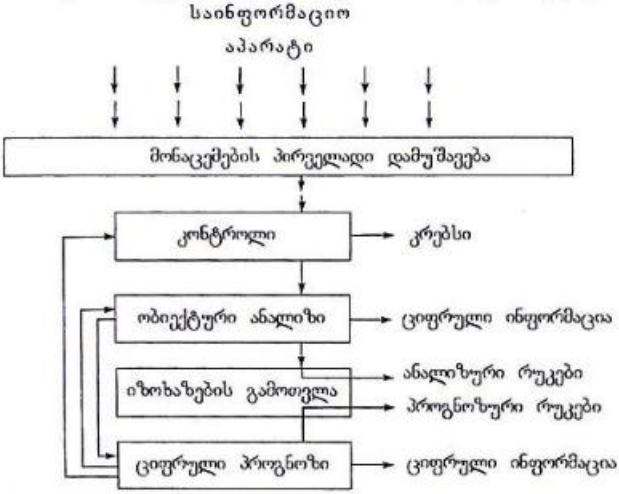
დასამუშავებელი მიწის ფართობი, ამ 250-300 წლის განმავლობაში, კატასტროფულად მცირდება. მისი მიზეზია ე.წ. „აჩქარებული ანთროპოგენური“ ეროზიული პროცესების გააქტიურება, რომელთანაც დაკავშირებულია სტიქიური ბუნებრივი მოვლენები: მეწყრები და ღვარცოფები, ეროზია და კლდეზვავები, გაუდაბნოება. ამ თვალსაზრისით, საქართველო ფრიად „უნიკალური ქვეყანაა“. მისი ტერიტორიის ფართობის სიმცირის ($69,7$ ათასი $კმ^2$) მიუხედავად, აქ განვითარებულია 52 ათასი მეწყრული სხეული, რომლის საერთო ფართობი 15 ათას $კმ^2$-ს აღწევს, ხოლო ეროზირებულ მიწებს 205 ათასი ჰა აქვს დაკავებული, რაც სახნავი მიწების ფართობის 30% შეადგენს.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის ცალკეული სისტემების ანთროპოგენური ნეგატიური ცვლილებები უკიდურესად გამწვავების სტადიაში იმყოფება. სახეზეა მათი ეკოლოგიურად კრიზისული მდგომარეობა. ხშირად ადამიანი უძლურია სტიქიური ბუნებრივი პროცესების შემოტევის წინაშე. ამიტომ საზოგადოების წინაშე დასახულია აღნიშნული პროცესების რეგულირება-მართვის პრინციპული მიდგომის შემუშავების გადაუდებელი ამოცანა. პრობლემის გადაწყვეტა ამ პროცესების გამომწვევი მიზეზების დადგენას, მათი მიმდინარეობის მექანიზმისა და გამოვლინების შედეგების ინფორმაციული სისტემის შემუშავებას გულისხმობს. ამ მხრივ, ადამიანთა საზოგადოების ერთ-ერთი უმთავრესი საქმიანობა გარემოს ცვლილებებზე დაკვირვებათა ქსელის შექმნაა.

გარემოს მონიტორინგი. გეოგრაფიული გარემოს ან მისი კონკრეტული ქვესისტემების მდგომარეობის შესახებ დაკვირვებისა და კონტროლის სისტემის ორგანიზაცია, მისი რაციონალური ათვისება და დაცვის ღონისძიებების შემუშავება, მათი პრაქტიკაში დანერგვის მიზნით – მონიტორინგის სახელწოდებითაა ცნობილი. მონიტორინგის ცნება შეიცავს გეოგრაფიული საქმიანობის სრულებით ახალ სახეს – გარემოს კონტროლს, თუმცა, ამავე დროს, მოიცავს ბუნების კომპონენტებზე (ჰაერის სისუფთავე, წყლის ხარისხი, რადიაციის ინტენსივობა და სხვ.) დაკვირვების ერთიანი და უნიფიცირებული სახელმწიფო ქსელის შექმნის, მისი ერთიანი მეთოდიკით სისტემატური ჩატარებისა და ინფორმაციის მიღების, ამ ცნობების ნორმატივებთან და სტანდარტებთან, აგრეთვე ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციებთან (ზდკ) შედარების, გარემოს ნეგატიურ ცვლილებათა გამომწვევი წყაროების (მიზეზების) გამოვლენის, გარემოს მდგომარეობისა და არსებული ნორმატივებისაგან დაკვირვებული პარამეტრების გადახრის შესახებ მართვის ორგანოების ინფორმირებას. საქართველოში აღნიშნული კონტროლი, ქვეყანაში არსებული კანონით, დაკისრებული აქვს გარემოს დაცვის სამინისტროს, ხოლო გარემოს პარამეტრებზე დაკვირვებას ახდენენ ჰიდრომეტეოროლოგიური სამსახური, ჯანდაცვის სამინისტრო, მეცნიერებათა აკადემია და გარემოს დაცვის ინსპექციები.

გარემოს მონიტორინგი მეტად რთული საქმიანობაა. იგი მოითხოვს გარემოს მდგომარეობის შეცნობის სისტემურ (ნახ. XV.2) მიდგომას და ინფორმაციის

მიღების მიზნით უახლესი ტექნოლოგიებისა და მეცნიერული მიღწევების გამოყენებას. მონიტორინგის ორგანიზაცია მოითხოვს რამდენიმე ამოცანის გადაწყვეტას. აკად. ი. გერასიმოვის მიხედვით მონიტორინგის სამი დონე (საფეხური) გამოიყოფა:



ნახ. XV.2. მონიტორინგის სისტემაში გეოგრაფიული ინფორმაციის ავტომატიზებული დამუშავების ბლოკ-სქემა

1. სანიტარიულ-ჰიგიენური, ანუ ბიოეკოლოგიური. ამ საფეხურზე ყურადღება ეთმობა გარემოს მდგომარეობას ადამიანის ჯანმრთელობაზე მისი გავლენის გამორკვევის მიზნით. ამ საფეხურზე მიმდინარეობს გარემოს იმ სიდიდეების აღრიცხვა, რომლებიც იწვევენ ადამიანის რეაქციას. მათ შორისაა: დაავადება, სიკვდილიანობა, შობადობა, სიცოცხლის ხანგრძლივობა, შრომისუნარიანობის შენარჩუნება და ა.შ. ამ მიმართულებით მიმდინარეობს სამედიცინო გეოგრაფიული ხასიათის მონიტორინგი;

2. გეოსისტემური საფეხურის დაკვირვების ობიექტია ბუნებრივი და ბუნებრივ-ტექნიკური სისტემები, რომელთა მონიტორინგში მთავარია მასისა და ენერგიის მიმოცვლების, ბიოლოგიური პროდუქტიულობის, ზდკ-ის სიდიდეების აღრიცხვა და გეოსისტემების თვითგაწმენდის უნარიანობის თვისებრივი მახასიათებლების დადგენა. დაკვირვების ჩატარება შესაძლებელია განუწყვეტელი გეოგრაფიული სტაციონარების საფუძველზე. სტაციონარების შექმნის საფუძველია გეოგრაფიული პროცესების მდგომარეობისა და ცვლილების აღრიცხვა საკმაოდ ხანგრძლივი დროის განმავლობაში. სტაციონარული გამოკვლევები მოიცავს მსხვილი სისტემის (ლანდშაფტები, ცოცხალი ორგანიზმები, რელიეფი) ფუნქციონირებისა და დინამიკის ანალიზს, შეუქცევადი ცვლილებებისა და რიტმული პროცესების გამოკვლევებს;

3. ბიოსფერულ საფეხურზე გარემოს გლობალური პარამეტრების (ატმოსფეროს გამჭვირვალობა და მისი ანთროპოგენური ცვლილებები, ტენის ბალანსი, ოკეანეების გაბინძურება, ენერგიის მიმოცვლა გეოგრაფიულ გარსსა და კოსმოსს შორის) აღრიცხვა – უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს. დაკვირვებისა და კონტროლის ობიექტს გეოგრაფიული გარსი და მისი მსხვილი სტრუქტურული ელემენტები წარმოადგენენ, რომლის საბოლოო მიზანია ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის ნეგატიური გამოვლინებების – ეკოლოგიური კრიზისების არიდება. ბიოსფერული

მონიტორინგის სისტემა ეყრდნობა დისტანციური (დედამიწის ხელოვნური თანამგზავრებით) დაკვირვების მონაცემებს.

მონიტორინგის სისტემის შემუშავება და რეალიზაცია მჭიდრო კავშირშია გეოგრაფიული მეცნიერების უმთავრესი პრობლემების გადაწყვეტასთან, რადგანაც იგი მოიცავს გეოგრაფიული გარსის ძირითადი პარამეტრებისა და მათი სივრცე-დროითი ცვლილებების მიმდინარეობათა შესახებ განუწყვეტელი დაკვირვების ჩატარებას, რომლის საბოლოო მიზანი გეოგრაფიული კანონების დახვეწასა და მწყობრი-სისტემური იერარქიის ჩამოყალიბებას გულისხმობს.

ბუნებრივი რესურსები – ბუნებრივი წარმონაქმნები და ადამიანთა საზოგადოების არსებობის აუცილებელი საშუალებებია, რომლებიც მოიპოვება და გადამუშავდება, ან კიდევ გამოიყენება უშუალოდ, კაცობრიობის განვითარების ამა თუ იმ ეტაპზე, მეცნიერულ-ტექნოლოგიური მიღწევების დონის შესაბამისად. საზოგადოება განუწყვეტლივ ახდენს ბუნებრივი რესურსების მოპოვებასა და გადამუშავებას, ზემოქმედებას გარემოზე, ქმნის ნეგატიურ გარდაქმნებსა და იწვევს მის არასახარბიელო ცვლილებებს.

ადამიანის გარემოზე ერთიორად გაზრდილი ზემოქმედება განსაკუთრებით ბოლო ასწლეულში გამოვლინდა, როცა მკვეთრად გაიზარდა მოთხოვნილება რესურსების მიმართ. გარემოს კოლოსალურ პრესინგზე მიუთითებს ყოველწლიურად მიწის წიაღიდან მოპოვებული (100 მლრდ.ტ) წიაღისეული, ლითონების გამოდნობის (800 მლნ.ტ.) პროდუქტები, სინთეზური მასალების (60 მლნ.ტ) ნაწარმი, ნიადაგებში შეტანილი (500 მლნ.ტ) სასუქები და შხამქიმიკატები (3 მლნ.ტ). გარემოზე ნეგატიურ დატვირთვას სერიოზული ცვლილებები უნდა მოჰყოლოდა. მართლაც, მკვეთრად გაიზარდა CO_2, აზოტისა და გოგირდის კონცენტრაცია ატმოსფეროში, სახეზეა ტყეებისა და ნიადაგების ფართობის შემცირება. ცხადია, რომ რესურსების ათვისება მოითხოვს მათ სამეურნეო-ეკონომიკურ და გეოგრაფიულ შეფასებას.

რესურსთათვისების სამეურნეო-ეკონომიკური შეფასების მიზნით მხედველობაში ღებულობენ რესურსების მარაგსა და კონცენტრაციას, მათი მოპოვებისას გაწეულ დანახარჯებს, გამადნების სიღრმესა და ხარისხს, ტრანსპორტისა და მარკეტინგის ორგანიზაციას, ეკონომიკურ ეფექტურობასა და ეკოლოგიური უსაფრთხოების შენარჩუნებას. რესურსთათვისების გეოგრაფიული შეფასება მოიცავს გარემოს მდგომარეობისა და მისი ოპტიმალური განვითარების გზების დასახვას, გარემოს ნეგატიური განვითარების პარამეტრების დადგენასა და მისი სტაბილიზაციის ღონისძიებათა შემუშავებას. ამდენად, რესურსთათვისება ორგანიზაციული საკითხების გონივრული დამუშავება და მათ მიმართ ჰარმონიული დამოკიდებულების მიღწევაა, ბუნების ათვისებითი სასარგებლო პროცესის წარმართვა.

ბუნებათსარგებლობა – ადამიანთა საზოგადოების ბუნებაზე ზემოქმედების ერთობლიობაა. იგი ორგვარია: რაციონალური და არარაციონალური. პირველი მათგანი გულისხმობს საქმიანობის სისტემას, რომელშიც უზრუნველყოფილია ბუნებრივი რესურსების ეკონომიკურად ეფექტური, სოციალურად გამართლებული და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ექსპლოატაცია. ბუნებრივი რესურსების არარაციონალური ათვისება საზოგადოებრივი საქმიანობის რგოლებს შორის ურთიერთობის დარღვევის შედეგია. იგი თავის დაღს ტოვებს როგორც რესურსების ფიზიკურ-თვისებრივ მაჩვენებლებზე, ისე საკუთრივ – გარემო პირობებზე, რომელიც ბუნებრივი სისტემების უკუკავშირების ჯაჭვურ რეაქციას იწვევს. ამგვარი უკუკავშირები

ხშირად უარყოფით გამოძახილს იწვევს, რომლის სტაბილიზაცია უფრო ძვირი ჯდება, ვიდრე ადრე მიღებული მოგება.

რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრინციპის შემუშავება არა მარტო ეკონომიკურ ეფექტურობაზეა აგებული, არამედ მეურნეობის სოციალურად გამართლებულ წარმართვასაც მოიცავს, როცა შენარჩუნებულია საზოგადოების ეკონომიკური, კულტურული, ზოგადსაკაცობრიო კატეგორიები, მიღწეულია ეკოლოგიურად უსაფრთხო გარემოს ჩამოყალიბება და მისი მდგრად-ბალანსირებული ეკონომიკური განვითარება. ამ პრობლემის გადაწყვეტა მოითხოვს „ადამიანი-ბუნების" ურთიერთჰარმონიულობის დამკვიდრებას, სრულყოფილი ტექნოლოგიების დანერგვას, მცირენარჩენიანი წარმოების მიღწევას. როგორც ჩანს, რაციონალური ბუნებათსარგებლობა საზოგადოების ჰუმანური აქციაა გარემოს მიმართ. რაც უფრო კეთილია ადამიანი ბუნების მიმართ, მით უფრო მეტია გარემოსაგან გაცემული საზღაური და გაცილებით ნაკლებია „რისკის ფაქტორი".

რაციონალური ბუნებათსარგებლობის პრინციპების გათვალისწინებას, რომელშიც ბუნებადაცვით საქმიანობასთან ერთად, უკვე გარდაქმნილ გარემოში, მიღწეულია ადრე არსებული ბუნებრივი წარმონაქმნების მსგავსი ანალოგიების – ანთროპოგენური მოდიფიკაციების შემუშავება და რეალიზაცია, ბუნების დაცვის სახელწოდებითაა ცნობილი. ანთროპოგენური მოდიფიკაციების მაგალითებია: ყოფილი წიაღისეული კარიერების საკვები პროდუქტების შესანახად გადაკეთება, ეროზიული ფერდობების დატერასიანება, ზღვისპირეთებზე პლაჟის ზოლის ხელოვნური ანალოგის შექმნა, წყალსაცავების რეკრეაციულ კომპლექსებად გარდაქმნა. ასეთი საქმიანობის წარმართვა საკმაოდ ძვირი სიამოვნებაა. ამიტომ იგი მხოლოდ ძლიერ განვითარებული სახელმწიფოების ხვედრია. ამავე დროს, რაციონალური ბუნებათსარგებლობის წარმართვა მაღალი კულტურისა და ზნეობის მქონე საზოგადოებაშია შესაძლებელი, რომელიც თავის საქმიანობას მაღალი ინტელექტით, ღრმა მეცნიერული ხედვით, ფართო ტექნოლოგიური გაქანებით, წმინდა მორალითა და მახვილი გონებით წარმართავს.

გეოგრაფიული გარსი – თვითორგანიზებადი სისტემაა. გეოგრაფიულ გარსში მიმდინარე მრავალი ცვლილებების შესახებ მკითხველისთვის უკვე ცნობილია. კოლოსალურად ხანგრძლივია აღნიშნული ცვლილებების მიმდინარეობის დროც: გეოგრაფიული გარსის ასაკი ხომ მილიარდ წლებს მოითვლის. ამ დროის განმავლობაში ხანგრძლივ და უკომპრომისო ცვლილებებს ამ სისტემის ძირეული გარდაქმნა და არამდგრადი მდგომარეობა უნდა გამოეწვია, განადგურებამდე ან სრულიად სხვა სისტემის ჩამოყალიბებამდე უნდა მისულიყო. თუ ეს არ მომხდარა, ამას გეოგრაფიული გარსის კიდევ ერთ უნიკალურ უნარს – თავისი პარამეტრების ცვლილების განსაზღვრულ ფარგლებში შენახვის თვისებას უნდა ვუმადლოდეთ. მართლაც, ძლიერი ცვლილებების მიუხედავად, გეოგრაფიული გარსის ისტორიაში მისი იერსახისა და სტრუქტურის გართულებაა აღბეჭდილი, კონტინენტების განუწყვეტელი დრეიფი და ხმელეთი-ოკეანის თანაფარდობის მუდმივი ცვლაა შემჩნეული, ატმოსფეროს შემადგენლობისა და ბიოსფეროს განვითარების უწყვეტი ეტაპებია დადგენილი.

ამდენად, გეოგრაფიული გარსის კომპონენტების ფართო ცვლილებების მიუხედავად, მისი არსებითი უნარი – გარეგან (მზის, კოსმოსური) და შინაგან ენერგიათა უწყვეტი ურთიერთმოქმედების მიმდინარეობა უცვლელი რჩებოდა. გეოგრაფიული გარსი ძირითად უნარს თავისი მდგომარეობის უკიდურესი ცვლილების (აქტიური

ვულკანიზმი, გამყინვარება, მთათაწარმოშობა) პერიოდშიც ინარჩუნებდა. ამ მხრივ, გეოგრაფიული გარსი თავისი მნიშვნელოვანი ცვლილებებით გეოსტატიკური უნარის მქონე სისტემად შეიძლება წარმოვიდგინოთ. ასეთ სისტემებს პარამეტრების მდგომარეობათა ავტომატური შენარჩუნება ახასიათებთ.

პარამეტრების მდგომარეობათა წონასწორობის შენარჩუნების თვისების მქონე სისტემები ბუნებაში საკმაოდ მრავლადაა. მათ შორისაა ფიზიკური და ქიმიური სისტემები. მათგან განსხვავებით, გეოგრაფიული გარსის სისტემა უფრო ბიოლოგიური კლასის სისტემებს უახლოვდება. ცნობილია, რომ სწორედ ფიზიოლოგიური ორგანიზებულობის მიზეზით ცოცხალი ორგანიზმები არიან ჰომეოსტაზისის (მდგრადი წონასწორობის) უნარის მატარებლები. მეცნიერთა ვარაუდით, ცოცხალი უჯრედის მსგავსი ნიშნები ყველაზე უფრო მეტად ოკეანეებს ახასიათებს. ვნახოთ, თუ როგორ შეიძლება ამ თვალსაზრისის გადატანა მთელ გეოგრაფიულ გარსში.

ამ მიზნით, განვიხილოთ გეოსტაზისი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს მაგალითზე. ამისათვის, ერთი წლის მანძილზე მიმდინარე პარამეტრების ცვლილებაც კი საკმარისია. ჩვენთვის უკვე ცნობილია, რომ გაზაფხულის დღეღამტოლობის მომენტში დღისა და ღამის ხანგრძლივობა თანაბარია, ხოლო მზის სხივების დედამიწის ზედაპირზე (ეკვატორზე) დაცემის კუთხე 90^0-იანი სიდიდის ტოლია და რადიაციული ენერგია ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ სიმეტრიულადაა განვრცობილი. ამ შემთხვევაში, მოსალოდნელი იყო ჰაერის ტემპერატურის ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ თანდათანობით შემცირება. თუმცა ამგვარი მოვლენის ჩამოყალიბებას ხელს უშლის დედამიწისეული ატმოსფეროსა და ჰიდროსფეროს ურთიერთობა, რომელიც სრულიად განსხვავებულია მთვარის მსგავსი „სელენოგრაფიული გარსის“ მარტივი სისტემისაგან.

გაზაფხულის დღეღამტოლობის წერტილიდან დაშორებასთან ერთად იზრდება მზის სითბური ნაკადის განაწილების დისიმეტრიულობა: ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში მზის სხივების დახრილობა იზრდება, ხოლო საპირისპიროში, პირიქით, მცირდება. ამის გამო, პირველ მათგანში ჰაერის ტემპერატურის შესაბამის მატებას უნდა ჰქონდეს ადგილი. სინამდვილეში კი მისი დაყოვნება შეინიშნება, რომელიც გამოწვეულია რიგი მარეგულირებელი მექანიზმების მიერ. ასე, მაგალითად, ზომიერ და მაღალ განედებში მზის რადიაციის ზრდის სითბურ ეფექტში გადასვლის დაყოვნება დაკავშირებულია თოვლისა და ყინულების დნობაზე, აგრეთვე, აორთქლებაზე დახარჯული სითბოს დანაკარგებთან და ა.შ.

ზამთრის დასასრულს ზღვებისა და ოკეანეების სითბოტევადობა (სითბოშემცველობა) მინიმუმამდე დადის. ამიტომ მათი გამათბობელი როლი, ზამთართან შედარებით, უფრო ნაკლებია. ამავე დროს, შუა და მაღალი განედების ჰაერის ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ეკვატორსა და პოლუსებს შორის ტემპარატურათა სხვაობა კლებულობს და ეკვატორიდან მაღალი განედებისაკენ სითბური ნაკადი თანდათანობით სუსტდება. ეს სიტუაცია გვაგონებს – საცხოვრისის გათბობის გონივრულ რეგულირებას – სითბოს მოხმარების დაკავშირებას მის მოთხოვნილებასთან. ბუნებაში კი ეს პროცესი საკმაოდ მოწესრიგებულად მიმდინარეობს. მანამ სითბოს უკმარისობაა და სიცივე თოვლსა და ყინულებშია დაგროვილი, წარმოიქმნება ინტენსიური ოკეანური და ეკვატორული სითბური ნაკადები; ხშირად, „ავარიული“ გადმოსროლასაც აქვს ადგილი: სამხრეთი ნახევარსფეროს ზაფხულის ეკვატორული მუსონების სითბო ჩრდილოეთ ნახევარ-

სფეროშიც კი აღწევს. თითქოს გეოგრაფიული გარსი იბრძვის მაღალი განედების გაციებისაგან დასაცავად. ზაფხულში სითბოს რეგულირების აღნიშნული მექანიზმები წყვეტენ საქმიანობას და კარგავენ თავიანთ მნიშვნელობას. ამავე დროს, თანდათანობით ძალას იძენენ სითბოს აკუმულატორები.

თოვლის დნობაზე დახარჯული სითბოს ანაზღაურების შემდეგ ხმელეთის ზედაპირი სწრაფად თბება. სითბოს ნაწილი სიღრმეში გადადის და მიწისპირა ფენაში გროვდება. მტკნარი წყალსაცავების ზედა ფენაც გათბობას განიცდის. ტემპერატურის ზრდასთან (0-დან 4^0-მდე) ერთად, მისი სიმკვრივე მატულობს და წყალი ძირს ეშვება. მიმდინარეობს წყლის ვერტიკალური შერევის აქტიური პროცესი. ტემპერატურის ზრდით ჩამოყალიბდება წყლის მდგრადი სტრატიფიკაცია: ქვედა ფენაში – ცივი, ზედაპირზე – თბილი; ცივი ზამთრის მდგომარეობის დადგომამდე ვერტიკალური შერევაც შეწყდება. აქ საქმეში თერმოჰალინური პროცესები ერთვება.

ოკეანეებში სხვა სურათია: ყინულის დნობისა და აორთქლების ზრდასთან ერთად მარილიანობის მატებასა და ტემპერატურის შემცირებას აქვს ადგილი. უფრო ცივი და მლაშე წყალი ქვევით „იძირება“. სითბოს მარაგი ოკეანის ზედაპირიდან უფრო ღრმა (1 კმ-მდე) ფენაში გადადის. ამიტომ ტემპერატურა ოკეანეზე, ხმელეთთან შედარებით, უფრო დაბალია. სითბოს ასეთი სხვაობა იწვევს მეორე რიგის (ოკეანე-კონტინენტი) სითბური მანქანის ამოქმედებას: სითბო ხმელეთიდან ოკეანისაკენ იწყებს მოძრაობას. იგი გროვდება ატმოსფეროს ორთქლში, ხოლო კონდენსაციის დროს მის გამოყოფასა და ჰაერის გათბობას აქვს ადგილი. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ძლიერდება ფოტოსინთეზიც, რომელსაც მიეყავართ ენერგიის ორგანულ ნივთიერებაში აკუმულირებამდე. მისი ნაწილი მცენარეული ნარჩენების ლპობის დროს გამოიყოფა.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის სხვადასხვა ქვესისტემებს შორის სითბური მიმოცვლის რთული ტრაექტორიების გამო, ბუნებრივი პროცესების დამუხრუჭებას აქვს ადგილი. მზის რადიაციის შემოსვლისა და ჰაერის ტემპერატურის მაქსიმუმები ერთმანეთს არ ემთხვევა, რადგან თავდაპირველად მიმდინარეობს სითბური აკუმულატორების „დამუხტვა“, შემდეგ კი ამ სითბოს შემოდინებას აქვს ადგილი, რომელიც მზის შემცირებული რადიაციის რამდენადმე კომპენსაციას ახდენს. ამიტომ რადიაციის შემოსვლის შემცირება ტემპერატურის მსვლელობაზე გავლენას ვერ ახდენს.

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ტემპერატურის მაქსიმუმი, მზის ენერგიის ნაკადის უმაღლეს მნიშვნელობასთან შედარებით, 1-1,5 თვითაა გადაწეული. ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად დროითი გადაადგილება ახასიათებს აორთქლებას, ატმოსფერულ ნალექებს, მცენარეთა ვეგეტაციასა და სხვა პროცესებს, რომლებიც წლიური სეზონების სახით ფორმირდებიან. ცხადია, რომ წელიწადის დროთა კლიმატური თუ აგროკლიმატური მახასიათებლების დროითი „დაგვიანებები“, მათი ბუნებრივი და ასტრონომიული საზღვრების შეუთავსებლობა მჟღავნდება. ამავე დროს, აღნიშნული „დაგვიანებების“ ხანგრძლივობა ხმელეთისა და ოკეანის გადანაწილებაზეა დამოკიდებული. შიდაკონტინენტურ არეალებში იგი მინიმალურია, რადგან ოკეანიდან დაშორებული ხმელეთი მოკლებულია წყლის მარეგულირებელ ზემოქმედებას. ზღვების სანაპიროებზე კი, პირიქით, თვალსაჩინოა მისი სწრაფი გამოვლინება.

რადგან მზის რადიაციის, ტემპერატურის, ნალექების, ვეგეტაციის მაქსიმუმები ერთმანეთს არ ემთხვევა, მიმდინარეობს პროცესთა წლიური მსვლელობის მკვეთრი სურათის გადღაბნა-გადაშლა. იგი გარეგანი ფაქტორის – მზის რადიაციის ზემოქმედების ეფექტის შემცირებისაკენაა მიმართული, ანუ უზრუნველყოფს გეოგრაფიულ გარსის მდგომარეობის მაქსიმალურ და შესაძლებელ სტაბილიზაციას. ტემპერატურული მაქსიმუმის შემდგომ სითბო მცირდება და მცენარეთა ვეგეტაცია მიყუჩდება ხოლმე.

ტემპერატურის დაცემასთან ერთად მოქმედებას იწყებს ბუფერული სისტემები – სითბოს აკუმულატორები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის შენელებას. ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად ადგილი აქვს უკვე აღწერილი პროცესის მსვლელობას, ოღონდ საპირისპირო მიმართულებით. მისი კავშირები შემდეგნაირია: **აორთქლების შემცირება→ოკეანის ზედაპირული ფენის მარილიანობის დაკლება→სითბოს გაცემა და ჩაძირვა"→თბილი წყლის აბველინგი→სითბოს გადასვლა ატმოსფეროში→სითბოს გადასვლა ხმელეთზე.** ჩანს, რომ ამოქმედდა მეორე რიგის სითბური მანქანა, რომელსაც უკვე შექცეული, უკუმიმართულება გაუჩნდა: სითბოს გადატანას ადგილი აქვს ოკეანიდან ატმოსფეროს გავლით ხმელეთისაკენ; მაღალ განედებსა და ეკვატორულ ცხელ სარტყელს შორის ტემპერატურული კონტრასტი პირველი რიგის სითბური მანქანის ამოქმედებას იწვევს, რომლის მეშვეობით სითბური ენერგია ცივ სფეროში გადაიქაჩება; ზომიერი სარტყლის მცენარეულობა, ფოთოლცვენის უნარით, ტრანსპირაციის (სითბოს ხარჯვის) შემცირებას აღწევს; ამის გამო, ტემპერატურა ნელა მცირდება, თუმცა მზის სითბოს ნაკადი უკვე უმნიშვნელოა; ამიტომ ზომიერ სარტყელში ზამთარი მაშინ დადგება, როცა მზის რადიაციის მინიმუმიდან დიდი დროა (1-2 თვე) გასული.

ზამთარში ამოქმედდება გაცივებისაგან თავის დაცვის მექანიზმი: მოღრუბლულობის მუდმივი ფენა დედამიწის გამოსხივებას ანელებს; წყლის აუზები ყინულით იფარება, ხმელეთი კი თოვლის საფარით. ორივე მათგანი სითბოს ხარჯვას ამცირებს. არ მიმდინარეობს აორთქლება ხმელეთის ზედაპირიდან; სამაგიეროდ, ოკეანიდან სითბო თავისუფლად გადადის ატმოსფეროში; სითბოს მთლიანი გაცემა იწვევს ოკეანის ზედაპირზე ყინულის ფენის წარმოქმნას, რომელიც თავის მხრივ გაყინვის სითბოს გამოყოფას აძლიერებს, რაც ასევე გეოგრაფიულ გარსის „გათბობის" წინაპირობაა.

ამგვარად, მზის ენერგია – „სიცოცხლის" წყაროა, გეოგრაფიული გარსის ფუნქციონირების მამოძრავებელი ძალაა. მრავალი ეგზოგენური პროცესები მზის ენერგიაზეა დამოკიდებული და ეგუება მას. გეოგრაფიული გარსი გულმოდგინე და მუყაით მეურნეს ჰგავს: მზის რადიაციის მკვეთრი წლიური ცვლილების მიუხედავად, გეოგრაფიული გარსი ახდენს ენერგიის რეზერვების განაწილებას, იმარაგებს მას, გადაადგილებს ერთი ადგილიდან მეორეში, ზემოქმედებს სითბურ ბალანსზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს მის კონტრასტულობას, მინიმალურ საზღვრებში ინარჩუნებს თავისი პარამეტრების ინტენსივობის რყევით მნიშვნელობებს.

აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გეოგრაფიული გარსი, როგორც მაღალი რანგის ბუნებრივი სისტემა, თვითორგანიზებადი უნარის მქონე მოწესრიგებული წარმონაქმნია, რომელიც განვითარების მსვლელობაში სრულყოფას განიცდის, სულ უფრო ზრდის თავის მდგომარეობასა და „იარაღდება" გარეგანი ზემოქმედებების – „სტრესებისაგან" თავდასაცავად.

სფეროშიც კი აღწევს. თითქოს გეოგრაფიული გარსი იბრძვის მაღალი განედების გაცივებისაგან დასაცავად. ზაფხულში სითბოს რეგულირების აღნიშნული მექანიზმები წყვეტენ საქმიანობას და კარგავენ თავიანთ მნიშვნელობას. ამავე დროს, თანდათანობით ძალას იძენენ სითბოს აკუმულატორები.

თოვლის დნობაზე დახარჯული სითბოს ანაზღაურების შემდეგ ხმელეთის ზედაპირი სწრაფად თბება. სითბოს ნაწილი სიღრმეში გადადის და მიწისპირა ფენაში გროვდება. მტკნარი წყალსაცავების ზედა ფენაც გათბობას განიცდის. ტემპერატურის ზრდასთან (0-დან 4^0-მდე) ერთად, მისი სიმკვრივე მატულობს და წყალი ძირს ეშვება. მიმდინარეობს წყლის ვერტიკალური შერევის აქტიური პროცესი. ტემპერატურის ზრდით ჩამოყალიბდება წყლის მდგრადი სტრატიფიკაცია: ქვედა ფენაში – ცივი, ზედაპირზე – თბილი; ცივი ზამთრის მდგომარეობის დადგომამდე ვერტიკალური შერევაც შეწყდება. აქ საქმეში თერმოჰალინური პროცესები ერთვება.

ოკეანეებში სხვა სურათია: ყინულის დნობისა და აორთქლების ზრდასთან ერთად მარილიანობის მატებასა და ტემპერატურის შემცირებას აქვს ადგილი. უფრო ცივი და მლაშე წყალი ქვევით „იძირება“. სითბოს მარაგი ოკეანის ზედაპირიდან უფრო ღრმა (1 კმ-მდე) ფენაში გადადის. ამიტომ ტემპერატურა ოკეანეზე, ხმელეთთან შედარებით, უფრო დაბალია. სითბოს ასეთი სხვაობა იწვევს მეორე რიგის (ოკეანე-კონტინენტი) სითბური მანქანის ამოქმედებას: სითბო ხმელეთიდან ოკეანისაკენ იწყებს მოძრაობას. იგი გროვდება ატმოსფეროს ორთქლში, ხოლო კონდენსაციის დროს მის გამყოფსა და ჰაერის გათბობას აქვს ადგილი. ტემპერატურის ზრდასთან ერთად ძლიერდება ფოტოსინთეზიც, რომელსაც მივყავართ ენერგიის ორგანულ ნივთიერებაში აკუმულირებამდე. მისი ნაწილი მცენარეული ნარჩენების ლპობის დროს გამოიყოფა.

როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის სხვადასხვა ქვესისტემებს შორის სითბური მიმოცვლის რთული ტრაექტორიების გამო, ბუნებრივი პროცესების დამუხრუჭებას აქვს ადგილი. მზის რადიაციის შემოსვლისა და ჰაერის ტემპერატურის მაქსიმუმები ერთმანეთს არ ემთხვევა, რადგან თავდაპირველად მიმდინარეობს სითბური აკუმულატორების „დამუხტვა“, შემდეგ კი ამ სითბოს შემოდინებას აქვს ადგილი, რომელიც მზის შემცირებული რადიაციის რამდენადმე კომპენსაციას ახდენს. ამიტომ რადიაციის შემოსვლის შემცირება ტემპერატურის მსვლელობაზე გავლენას ვერ ახდენს.

ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ტემპერატურის მაქსიმუმი, მზის ენერგიის ნაკადის უმაღლეს მნიშვნელობასთან შედარებით, 1-1,5 თვითაა გადაწეული. ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად დროითი გადაადგილება ახასიათებს აორთქლებას, ატმოსფერულ ნალექებს, მცენარეთა ვეგეტაციასა და სხვა პროცესებს, რომლებიც წლიური სეზონების სახით ფორმირდებიან. ცხადია, რომ წელიწადის დროთა კლიმატური თუ აგროკლიმატური მახასიათებლების დროითი „დაგვიანებები“, მათი ბუნებრივი და ასტრონომიული საზღვრების შეუთავსებლობა მჟღავნდება. ამავე დროს, აღნიშნული „დაგვიანებების“ ხანგრძლივობა ხმელეთისა და ოკეანის გადანაწილებაზეა დამოკიდებული. შიდაკონტინენტურ არეალებში იგი მინიმალურია, რადგან ოკეანიდან დაშორებული ხმელეთი მოკლებულია წყლის მარეგულირებელ ზემოქმედებას. ზღვების სანაპიროებზე კი, პირიქით, თვალსაჩინოა მისი სწრაფი გამოვლინება.

რადგან მზის რადიაციის, ტემპერატურის, ნალექების, ვეგეტაციის მაქსიმუმები ერთმანეთს არ ემთხვევა, მიმდინარეობს პროცესთა წლიური მსვლელობის მკვეთრი სურათის გადღაბნა-გადაშლა. იგი გარეგანი ფაქტორის – მზის რადიაციის ზემოქმედების ეფექტის შემცირებისაკენაა მიმართული, ანუ უზრუნველყოფს გეოგრაფიულ გარსის მდგომარეობის მაქსიმალურ და შესაძლებელ სტაბილიზაციას. ტემპერატურული მაქსიმუმის შემდგომ სითბო მცირდება და მცენარეთა ვეგეტაცია მიყუჩდება ხოლმე.

ტემპერატურის დაცემასთან ერთად მოქმედებას იწყებს ბუფერული სისტემები – სითბოს აკუმულატორები, რომლებიც ხელს უწყობენ ამ პროცესის შენელებას. ტემპერატურის შემცირებასთან ერთად ადგილი აქვს უკვე აღწერილი პროცესის მსვლელობას, ოღონდ საპირისპირო მიმართულებით. მისი კავშირები შემდეგნაირია: **აორთქლების შემცირება→ოკეანის ზედაპირული ფენის მარილიანობის დაკლება→სითბოს გაცემა და ჩაძირვა"→თბილი წყლის აბველინგი→სითბოს გადასვლა ატმოსფეროში→სითბოს გადასვლა ხმელეთზე.** ჩანს, რომ ამოქმედდა მეორე რიგის სითბური მანქანა, რომელსაც უკვე შექცეული, უკუმიმართულება გაუჩნდა: სითბოს გადატანას ადგილი აქვს ოკეანიდან ატმოსფეროს გავლით ხმელეთისაკენ; მაღალ განედებსა და ეკვატორულ ცხელ სარტყელს შორის ტემპერატურული კონტრასტი პირველი რიგის სითბური მანქანის ამოქმედებას იწვევს, რომლის მეშვეობით სითბური ენერგია ცივ სფეროში გადაიქაჩება; ზომიერი სარტყლის მცენარეულობა, ფოთოლცვენის უნარით, ტრანსპირაციის (სითბოს ხარჯვის) შემცირებას აღწევს; ამის გამო, ტემპერატურა ნელა მცირდება, თუმცა მზის სითბოს ნაკადი უკვე უმნიშვნელოა; ამიტომ ზომიერ სარტყელში ზამთარი მაშინ დადგება, როცა მზის რადიაციის მინიმუმიდან დიდი დროა (1-2 თვე) გასული.

ზამთარში ამოქმედდება გაციებისაგან თავის დაცვის მექანიზმი: მოღრუბლულობის მუდმივი ფენა დედამიწის გამოსხივებას ანელებს; წყლის აუზები ყინულით იფარება, ხმელეთი კი თოვლის საფარით. ორივე მათგანი სითბოს ხარჯვას ამცირებს. არ მიმდინარეობს აორთქლება ხმელეთის ზედაპირიდან; სამაგიეროდ, ოკეანიდან სითბო თავისუფლად გადადის ატმოსფეროში; სითბოს მთლიანი გაცემა იწვევს ოკეანის ზედაპირზე ყინულის ფენის წარმოქმნას, რომელიც თავის მხრივ გაყინვის სითბოს გამოყოფას აძლიერებს, რაც ასევე გეოგრაფიულ გარსის „გათბობის" წინაპირობაა.

ამგვარად, მზის ენერგია – „სიცოცხლის" წყაროა, გეოგრაფიული გარსის ფუნქციონირების მამოძრავებელი ძალაა. მრავალი ეგზოგენური პროცესები მზის ენერგიაზეა დამოკიდებული და ეგუება მას. გეოგრაფიული გარსი გულმოდგინე და მუყაით მეურნეს ჰგავს: მზის რადიაციის მკვეთრი წლიური ცვლილების მიუხედავად, გეოგრაფიული გარსი ახდენს ენერგიის რეზერვების განაწილებას, იმარაგებს მას, გადაადგილებს ერთი ადგილიდან მეორეში, ზემოქმედებს სითბურ ბალანსზე, მნიშვნელოვნად ამცირებს მის კონტრასტულობას, მინიმალურ საზღვრებში ინარჩუნებს თავისი პარამეტრების ინტენსივობის რყევით მნიშვნელობებს.

აქედან გამომდინარე შეიძლება დავასკვნათ, რომ გეოგრაფიული გარსი, როგორც მაღალი რანგის ბუნებრივი სისტემა, თვითორგანიზებადი უნარის მქონე მოწესრიგებული წარმონაქმნია, რომელიც განვითარების მსვლელობაში სრულყოფას განიცდის, სულ უფრო ზრდის თავის მდგომარეობასა და „იარაღდება" გარეგანი ზემოქმედებების – „სტრესებისაგან" თავდასაცავად.

როგორც ჩანს, ბუნებრივი პროცესების განვითარება მუდმივი გარდაქმნისა და მონაცვლეობის გზით მიმდინარეობს. ამიტომ სახეზეა ამ პროცესების განვითარების ტენდენციის მიმართულება, რომელიც ბუნებრივი პირობების შედეგად ყალიბდება. ამ ტენდენციაში ანთროპოგენური დატვირთვების შეტანამ ბუნებრივი ნაკადების პარამეტრების ცვლილებები უნდა გამოიწვიოს. ამავე დროს, ბუნებრივი სისტემების ორგანიზაციულობამ, თვითაღდგენის მდგომარეობა უნდა ჩამოაყალიბოს, რომლის ხელშემწყობი იმპულსი რეგულაციის ფაქტორი უნდა გახდეს.

რეგულირება* (ლათ. regula – ნორმა, წესი) – რაიმე პროცესის ამა თუ იმ მახასიათებლის სიდიდის შენარჩუნება ან გარკვეული კანონით ცვლაა. გეოგრაფიული პროცესების რეგულირება მათი ბუნებრივი რეჟიმის დარღვევის შემთხვევაში გახდა აუცილებელი. ამ დროს, ბუნებრივი პროცესები ნეგატიური გზებით ვითარდება, არასასურველ და სახიფათო ტენდენციებს ღებულობს. ცხადია, რომ ამგვარი ტენდენციების ჩამოყალიბება გარემოს ანთროპოგენურ დატვირთვასთანაა დაკავშირებული. მათი შედეგები ხშირად კატასტროფულ ხასიათს ატარებს. მით უმეტეს თუ ბუნებრივი ობიექტები მეტად დინამიკურ სისტემებს (მდინარეთა შესართავები, ზღვის სანაპიროები, ნიადაგურ-მცენარეული საფარი, ფერდობები) მიეკუთვნება. ამ სისტემებში და, საერთოდ, გარემოს ფუნქციონირებას, ბუნებრივ პირობებთან ერთად ანთროპოგენური ფაქტორიც განაპირობებს, რომელიც ე.წ. შემაშფოთებელი ზემოქმედების ზეგავლენით ნაწილობრივ ან მთლიანად არღვევს ხანგრძლივად ჩამოყალიბებული სისტემის მუშაობის რეჟიმსა და, აქედან გამომდინარე, მდგრადობასა და ბალანსირებულ მდგომარეობას.

ბუნებრივ-კატასტროფული პროცესები არა მხოლოდ ანთროპოგენურ რეჟიმში ყალიბდება, არამედ ადამიანის ჩაურევლადაც მიმდინარეობს. მათ მიეკუთვნება ექსტრემალური შტორმები, სეტყვა, მდინარეთა წყალმოვარდნა, ღვარცოფები, კლდეზვავები, მეწყრების გააქტიურება, მიწისძვრები, ვულკანიზმი. ამ მავნე პროცესების კომპენსაცია და სტაბილიზაცია თანამედროვეობის ურთულესი პრობლემაა. ამ ამოცანის გადაწყვეტის მიზნით საზოგადოება ბუნებრივი მოვლენების რეგულირებას მიმართავს. მისი ამოცანაა სარეგულირებელი მმართველი ზემოქმედების გამომუშავება.

სარეგულირებელი ობიექტის (მდინარე, ტყე, ნიადაგი, ზღვისპირეთი, ფაუნა, სეტყვა, წაყინვა და ა.შ.) განმსაზღვრელი მახასიათებლებისა (მდინარის დონე ან ხარჯი, ტყის გაჩეხვის ტემპი, ნიადაგის ეროზიისა და პლაჟის გარეცხვის სიდიდეები, სეტყვისა და წაყინვის მაჩვენებლები) და შემაშფოთებლების (ზღვის შტორმის ძალა, მდინარის დონის აწევა) გაზომვის საფუძველზე შესაძლებელი ხდება მარეგულირებელი ზემოქმედების გამომუშავება და, რაც მთავარია, მისი პრაქტიკაში დანერგვა ანუ ამ ზემოქმედების ისეთი ცვლილება, როცა მიღწეულია მიმდინარე პროცესზე სათანადო მოქმედება, რის შედეგადაც ამ უკანასკნელის შესაბამისი მაჩვენებელი საჭირო (მისაღებ) მნიშვნელობას ღებულობს.

ბუნებრივ-ანთროპოგენური პროცესის რეგულირებითი პრინციპით წარმართვას, რომელიც ხშირად ხელსაყრელ შედეგებს იძლევა, მართვას უწოდებენ. იგი ორგანიზებული სისტემის განმსაზღვრელი სტრუქტურისა და მოქმედების რეჟიმის შენარჩუნება, მისი მოწესრიგება, ხარისხის მუდმივობისა და საზოგადოების მოქმედების

* უფრო დეტალურად იხ. საქართველოს გეოგრაფია. ნაწილი I. მ. ალფენიძისა და კ. ხარაძის რედაქციით. 1999 წ. გვ. 169-170.

(საქმიანობის) მიზნის მიღწევაა. რეგულირებისა და მართვის პრინციპები ნებისმიერი ბუნებრივი პროცესის ან რეგიონის შინაგანად დამახასიათებელი თვისებაა და მათი სისტემურობის უნარიდან გამომდინარეობს.

გეოგრაფიული გარსის ცალკეულ სისტემებში რეგულირება – მართვის პრინციპების გამოყენებას საკმაოდ ფართოდ მიმართავენ. ამ მხრივ, აღსანიშნავია მდინარეთა დონეებისა და წყლიანობის რეგულირება, მათი სანაპიროს დატბორვისა და ეროზიის შემცირების, ასევე სანაოსნოდ ათვისების მიზნით. მეწყრული მოვლენების ფაქტორების რეგულირება მოიცავს მათი რეჟიმის შენარჩუნებითი საქმიანობის (ფიტომელიორაცია, ზედაპირული წყლების დრენაჟი, მრავალწლიანი კულტურების გაშენება) დანერგვას. საყოველთაოდ აღიარებულია ზღვის პლაჟის ზოლის რეგულირება, რომელიც ითვალისწინებს შტორმული ტალღების დამანგრეველი (აბრაზიული) მოქმედების „შემობრუნებას“ შემოქმედებითი (შექმნითი, პლაჟის მასალის დაგროვებითი, ანუ აკუმულაციური) საქმიანობისაკენ.

ბუნებრივი ნაკადების მართვა. გეოგრაფიული გარსი – ბუნებრივი ნაკადების არსებობისა და ურთიერთმოქმედებების არენაა. ენერგეტიკული ნაკადები მათი ერთ-ერთი სახეა. ისინი გარემოს ორგანიზაციაში აქტიურად მონაწილეობენ. მხედველობაში გვაქვს გეოგრაფიული გარსის რადიაციული და სითბური ბალანსის წარმოდგენა მართვის სისტემის სახით, როცა გათვალისწინებულია დედამიწის ზედაპირის, ატმოსფეროსა და ოკეანის რადიაციული და სითბური ბალანსების ურთიერთმოქმედება. გეოგრაფიულ გარსში შემოსული და გასული რადიაციული ბალანსის როგორც თეორიული, ისე მოდელური ან მექანიკური ანალოგების ანალიზიდან ჩანს, რომ: რადიაციული ბალანსი – მზის ენერგიის შემოსულ და გასულ სიდიდეებს შორის დამყარებული მდგრადი დინამიკური წონასწორობაა; მდგრადობის უნარის წყალობით, დინამიკური ფაქტორების ხანმოკლე ფლუქტუაციების („სტრესების“) მიერ შეუძლებელია წონასწორობითი მდგომარეობის მიმართული ცვლილებების გამოწვევა; წონასწორობაში მყოფ სისტემებზე მცირე, თუმცა მუდმივი ზემოქმედებით – შესაძლებელია მათი ამ მდგომარეობიდან გამოყვანა და სასურველი მიმართულებისაკენ გადახრა.

სინამდვილეში (ბუნებაში) კი, სტეფან-ბოლცმანის კანონით, გამოსხივებასა (B) და აბსოლუტურ ტემპერატურას (T) შორის დამოკიდებულება ($B=bT^4$) გვიჩვენებს, რომ ქვეფენილი ზედაპირის ტემპერატურის ზრდით სითბური გამოსხივების მკვეთრი მატებაა შესაძლებელი. თუმცა ტემპერატურის ფლუქტუაციური ხასიათის ზრდის შემთხვევაში – წონასწორობის სწრაფ აღდგენასთან გვექნება საქმე. თუკი რაიმე სისტემაში სითბოს შემოსავლის გამომწვევი ფაქტორის მოქმედება ხანმოკლეა, მაშინ ახალი წონასწორობა მყარდება, რომელიც მზის რადიაციასა და დედამიწის სითბურ გამოსხივებას შორის სრულიად ახალი თანაფარდობით იქნება მიღწეული.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის მიერ ათვისებული მზის ენერგია ამ სისტემის განსხვავებულობათა შენარჩუნებას ანუ განსაზღვრული სტრუქტურის შენახვას ხმარდება, რაც, საბოლოო ჯამში, ლანდშაფტური გარსის „თვითშენარჩუნების“ უნარის გამომუშავებას იწვევს. თუკი დავუშვებთ, რომ აღნიშნული ენერგიის შენახვას არა აქვს ადგილი, მაშინ მოისპობოდა რა განსხვავებები – სტრუქტურის ქაოსურამდე გამარტივება, სისტემის მთლიან დაშლას გამოიწვევდა. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ რადიაციული ბიუჯეტის მიერ გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურულობის (განსხვავებათა) შერჩენა (შენარჩუნება), ნაკადების მოძრაობათა

გამო, ნივთიერებისა და ენერგიის ბუნებრივი წრებრუნვის უნიკალურ შესაძლებლობას ამყარებს.

მრავალი პრაქტიკული მიზნების მისაღწევად ხშირად რადიაციული ბალანსის შემოსავალ-გასავალი სტატიების (ნაწილების) ხელოვნურად შეცვლის აუცილებლობის წინაშე ვდგებით. ამ ამოცანის გადაწყვეტას სარეგულაციო მექანიზმის ელემენტების სიდიდეთა ცვლილებით აღწევენ. ჩვენ უკვე აღვნიშნეთ, რომ ალბედო (a) გეოგრაფიულ გარსში შემოსული რადიაციის შეთვისების ერთ-ერთ მთავარ კოეფიციენტს წარმოადგენს, რომლებსაც სივრცე-დროითი ცვლილების დიდი უნარი გააჩნიათ და ბუნებრივი გარსის რადიაციული ბალანსის როგორც ტერიტორიულ, ისე ქრონოლოგიურ არაერთგვაროვნებას ახასიათებენ. ამავე დროს, იგი შემოსული სითბური ნაკადის ერთგვარ რეგულატორს, ან კიდევ, მექანიკური ანალოგის მიხედვით, „ვენტილს" წარმოადგენს. ამ მხრივ, შეიძლება აღვნიშნოთ ცნობილი ბუნებრივი ფაქტი: თოვლის საფარის ფორმირება ზედაპირის ალბედოს ზრდასთან ერთად შემოსული რადიაციის მკვეთრ შემცირებას იწვევს, რაც თოვლის შემდგომ გაძლიერებას მოასწავებს. ამ მაგალითიდან ნათელია დადებითი უკუკავშირების სისტემის ჩამოყალიბება. ცხადია, რომ თოვლის საფარის წარმოქმნა, დადებითი უკუკავშირის არსებობის გამო, დედამიწას „თეთრ პლანეტად" გადააქცევდა. მაგრამ ბუნებაში ადგილი აქვს ალბედოს განუწყვეტელ რეგულირებას. ამ შემთხვევაში, ალბედოს ზრდის რეგულატორის ფუნქციას ასრულებენ როგორც გეოგრაფიული გარსის ხასიათი და მდგომარეობა (ოკეანე-ხმელეთის ურთიერთობა, სინოტივე, ფენოლოგიური ასპექტები), ისე ადამიანის სამეურნეო საქმიანობა.

ბუნებრივი გარსის მდგომარეობის ინდიკატორს სწორედ, რომ ალბედო წარმოადგენს, რომელიც რეგულაციას საკმაოდ ადვილად ემორჩილება. ალბედოს რეგულირების მრავალი საშუალება არსებობს: ტყის გაჩეხვა ან ხელოვნური ნარგავების შექმნა, დაშრობა ან მორწყვა, თოვლის საფარის ჭვარტლით ან ნახშირით დაფარვა და ა.შ. ჰაერის ტემპერატურის ცვლილება შესაძლებელია CO_2-ის შემცველობის რეგულირებით. ოკეანესა და ატმოსფეროს შორის სითბოგაცვლის რეჟიმის დარღვევა შესაძლებელია წყლის ზედაპირის ნავთობის აფკით დაფარვისას. ამ დროს ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლება თითქმის ორჯერ მცირდება და, შესაბამისად, ატმოსფეროში ენერგიის გადატანის შემცირებას უნდა ველოდოთ. ხმელეთის მშრალი ფრაგმენტების მორწყვას თან სდევს წყლის ორთქლის მკვეთრი ზრდა და რეგიონის სინოტივის ახალი რეჟიმის ჩამოყალიბება.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის რადიაციულ ბალანსზე ზემოქმედების მრავალი ბუნებრივი მექანიზმი არსებობს, რომელთა რეგულატორული უნარით შესაძლებელია ბუნებრივი სისტემის დინამიკური წონასწორობის მდგომარეობამდე მიყვანა. მაგრამ ბუნებრივი ნაკადების მართვა საკმაოდ რთული საქმიანობაა, რადგან მოითხოვს რეგულირების ფაქიზი მექანიზმების ღრმა ცოდნას.

საკმაოდ დიდი მნიშვნელობისაა ამინდის მართვის მიზნით ატმოსფეროზე ზემოქმედების გონივრული წარმართვა. ამ მხრივ, მიმართავენ ღრუბლებში რეაგენტების შეტანას, რომელიც წყლის ორთქლის კონცენტრაციასა და წვიმის ან სეტყვის ხელსაყრელი ოდენობით მოსვლას უწყობს ხელს. ამჟამად ფართოდ მიმართავენ ღრუბლებში კონდენსაციის ბირთვების (იოდოვანი ვერცხლი) შეფრქვევასა და სასურველი ატმოსფერული ნალექების გამოწვევას. ამ მხრივ, საყურადღებოა სეტყვის მოსვლის სარეგულაციო (სხვებთან ერთად, მისი ავტორი პროფ.

გ. სულაქველიძეცაა) სისტემის შექმნა, რომელიც გამოიყენებოდა საქართველოში. შესაძლებელია, აგრეთვე ატმოსფეროს ლოკალური გათბობა და კონვექციური დინების გამოწვევა, რაც ნალექების მოსვლას მოასწავებს. საყურადღებოა თერმოდინამიკური პროცესების მართვის გზით ღრუბლების წარმოშობის ან გაფანტვის, ასევე ნისლისა და ნალექების თავიდან აცილების მიღწევა. ცხადია, რომ ქვეფენილ ზედაპირზე ზემოქმედების უმრავლესობას (მორწყვა, დაშრობა, ატმოსფეროში რეაგენტების შეფრქვევა და სხვ.) მიწისპირა ჰაერის ფიზიკური თვისებების შეცვლის უნარი გააჩნია, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია არათუ რეგიონალური, არამედ გლობალური ფაქტორების როლის შესრულება.

გეოგრაფიული გარსის განვითარების ანთროპოგენურ ეტაპზე ხმელეთისა და წყლის აუზების ბალანსის ბუნებრივი რეჟიმის ცვლილების ფაქტორთა შორის აღსანიშნავია: ყამირი და ნასვენი მიწების ხვნა-თესვა და მათი აგროტექნიკურ-მელიორაციული გარდაქმნა; მოსავლიანობის ზრდის მიზნით, ნიადაგების სინოტივის რეჟიმის რეგულირება; წყალმომარაგებასა და მორწყვა-გაწყლოვანების მიზნით, ბუნებრივი სასმელი წყლების რესურსების მკვეთრი შემცირება; მდინარეული ჩამონადენის რეგულირებისა და წყალსაცავების შექმნის მიზნით, წყლის მასების დროსა და სივრცეში გადანაწილება; ქალაქების უწყვეტი ზრდის პირობებში მოსახლეობის მომარაგების მიზნით მიწის წიაღიდან წყლის მოპოვება და, მასთან დაკავშირებული, წონასწორობის დარღვევის ნეგატიური გამოვლინებები; სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით მდინარეების, ტბების, წყალსაცავებისა და მიწისქვეშა წყლების გაბინძურება.

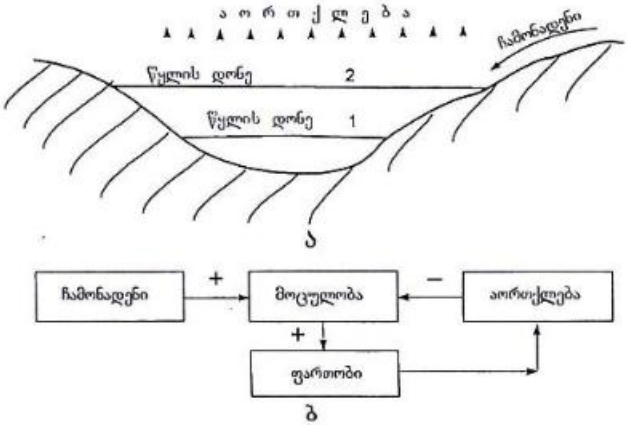
ბუნებრივი წყლის აღნიშნული ცვლილებებით შესაძლებელია კაცობრიობა სერიოზული საფრთხის წინაშე დადგეს. ამიტომ მეცნიერებას (პირველ რიგში, გეოგრაფიულ ცოდნას) ამ ეტაპზე შესასწავლი აქვს ბუნების ურთიერთკავშირების რთული მექანიზმი, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია ანთროპოგენური ფაქტორების გავლენების შეფასებათა დადგენა, წყლის რეჟიმის შესწავლა და ბალანსის ანგარიში, წყალმომარაგების ოპტიმიზაციის ეფექტური ღონისძიებების შემოთავაზება და მათი პრაქტიკაში რეალიზაცია.

მეცნიერული გამოკვლევებით დადგენილია, რომ დედამიწის წყლის ბალანსზე ზემოქმედების ეფექტი საკმაოდ დიდია. ინტენსიური მიწათმოქმედების გამო მორწყვას ყოველწლიურად 3,0-3,5 ათასი კმ^3 მდინარეული ჩამონადენი ხმარდება. შესაბამისად, ამავე სიდიდით აორთქლების გაზრდას აქვს ადგილი. ვარაუდობენ, რომ XIX და XX საუკუნეების განმავლობაში დასავლეთ ევროპის მოსარწყავი მიწების ზოგიერთ ფრაგმენტებზე აორთქლების ფენა 50-60 მმ-თაა გაზრდილი.

წყლის რესურსების მართვის წარმატებულ ხერხს მისი ტრანსპორტირება წარმოადგენს. ამ მხრივ, მსოფლიოში ცნობილია მრავალი სარწყავი არხი, რომელთა ჯამური სიგრძე ასეულათასობით კილომეტრია. საკმაოდ დიდია, აგრეთვე ამ არხებით ტრანსპორტირებული წყლის მოცულობაც. ხმელეთის წყლის ბალანსის მართვის წარმატებულ საშუალებას მდინარის ჩამონადენის რეგულირება წარმოადგენს. ამ მხრივ, მსოფლიოში შექმნილი 1500-მდე წყალსაცავში მოქცეულია 4100 კმ^3 მოცულობის მტკნარი წყალი.

წყალსაცავების შექმნას აქვს თავისი უარყოფითი მხარეც. მათ ქვეშ მოქცეულია სასოფლო-სამეურნეო თვალსაზრისით ვარგისი მიწები; წყალსაცავების ზედაპირიდან ადგილი აქვს აორთქლების ზრდასა და წყლის ბალანსის გადანაწილებას. დაბშულ

აუზში მოქცეული ტბის დონის ცვლილება (ნახ. XV.3.ა.) წყლის შემოსავლისა (ჩამონადენი) და გასავლის (აორთქლება) მოცულობათა შორის სხვაობითაა განსაზღვრული. თუკი ეს მაჩვენებლები ერთმანეთის ტოლია, მაშინ მიღწეულია დინამიკური წონასწორობა. მისი დარღვევა სისტემის ავტომატური რეგულირების ამოქმედების საწინდარია. ასე, მაგალითად, აორთქლების გადამეტება ჩამონადენზე იწვევს წყლის მოცულობისა და სარკის ფართობის შემცირებას, რომელსაც, თავის მხრივ, აორთქლების დაკლება უნდა მოჰყვეს. საბოლოოდ, დარღვეული დინამიკური წონასწორობის აღდგენას ექნება ადგილი.



ნახ. XV.3. უარყოფითი უკუკავშირის პრინციპით ავტომატური რეგულირების სქემა
ა – გაუმდინარი ტბის დონე შეესაბამება მდინარის ჩამონადენისა და აორთქლების თანაფარდობას;
ბ – გაუმდინარი ტბის სისტემის მოდელი

აღწერილი პროცესის რეალური მაგალითია კასპიის ზღვის დონის რყევა. ამ ზღვის დონის დაწევა მისი სარკის ფართობის შემცირებას იწვევდა. შესაბამისად, მცირდებოდა აორთქლებაზე დახარჯული წყლის რაოდენობა. ცხადია, რომ ასეთი სისტემა სტაბილიზაციას განიცდის, რადგან უარყოფითი უკუკავშირის მქონე სისტემას წარმოადგენს. მართლაც, კასპიის ზღვას უკვე 25 წელია დონის აწევა ახასიათებს. აღნიშნული ანალოგიის გადატანა შესაძლებელია სხვა ნებისმიერ სისტემაზე. ყველა შემთხვევაში მოსალოდნელია სისტემის სრული სტაბილიზაცია, რადგან მათ როგორც სისტემას, უარყოფითი უკუკავშირის უნარი გააჩნია.

ტექნოგენური ნაკადები და ბუნებრივი სისტემების თვითგადარჩენა. ადამიანთა საზოგადოების სამეურნეო საქმიანობა – სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო ქმედებები, აგრეთვე, გარემოს საყოფაცხოვრებო გაბინძურება, ქმნის რა ტექნოგენეტურ პროდუქციას, თავისი მიგრაციული უნარისაგან გამომდინარე, საკმაოდ ძლიერი ნეგატიური შედეგებით ხასიათდება. ტექნოგენეზის პროდუქციის გარემოზე ზემოქმედების ინტენსივობა განსაზღვრულია მათი მიგრაციული უნარით, გეოქიმიური ბარიერებით, ცოცხალი ორგანიზმების დამოკიდებულებით (მათ შეუძლიათ შთანთქან, დააგროვონ ან წრებრუნვებში ჩართონ ეს პროდუქტები) ანუ გეოგრაფიული გარსის იმ ბუნებრივი ფონით, რომლის კონტროლის ქვეშ ხვდება აღნიშნული ტექნოგენური „ნაწარმი“.

ნივთიერებათა მიგრაციული უნარის შესახებ ჩვენ უკვე გვქონდა (თავი XI) საუბარი. რაც შეეხება გეოქიმიურ ბარიერებს, გლობალური თვალსაზრისით, ისინი წარმოადგენენ გეოგრაფიული გარსის აქტიურ ზედაპირებს – გეოსფერობის გამომყოფ საზღვრებს, ნიადაგს, გრუნტის წყლების დონეს. ნივთიერებათა გეოქიმიური ნაკადების შემადგენლობისა და ფიზიკური მდგომარეობის მკვეთრი ცვლილებები, სწორედ, ამ ფიზიკურ-გეოგრაფიული ან თერმოდინამიკური პირობების (ჟანგვა-აღდგენის, ფილტრაციულ-სორბციული, სედიმენტაციური, ბიოგეოქიმიური, ტემპერატურული, ბარიული) ძირეული შეცვლის საზღვრებზე შეინიშნება. ამ ბარიერების გადალახვისას ნივთიერებათა ნაწილი კარგავს თავის მოძრაობის უნარს, გადადის ინერტულ (არახსნად) მდგომარეობაში, განიცდის აკუმულაციას. ამასთან, გეოქიმიური ბარიერის ზონა გაბინძურებას ადვილად განიცდის, თუმცა მისი დარჩენილი – ტრანზიტული ნაკადი რამდენადმე გასუფთავდება კიდევაც. პროცესის ამგვარი, ბუნებრივი გზით წარმართვა გლობალურ ასპექტში გრანდიოზულ როლს ასრულებს.

ტექნოგენური ნივთიერებები ნიადაგში საკმაოდ დიდ ცვლილებებს განიცდის. მისი ნაწილი შთაინთქმება ნიადაგის ზედა ფენაში, ხოლო ქვედა ჰორიზონტების თვისებების (დამჟანგავი, აღმდგენი) მიხედვით, ქიმიურ ნივთიერებებს განსხვავებული მიგრაციული უნარი უვითარდებათ. ატმოსფეროში წარმოქმნილი ქიმიური შენაერთები (წყალი, გოგირდისა და ნახშირბადის დიოქსიდები, სხვადასხვა გაზები) ნიადაგში აქტიურად ნეიტრალდება (ნახევარუდაბნოების ტუტე გარემო), თუმცა მჟავე რეაქციას (მაღალ განედებში) საკმაოდ დიდი ხნით ინარჩუნებს. ტუტეებით გაბინძურება უკუმიმართულებით მიმდინარეობს. როგორც ჩანს, ნიადაგები მთელი რიგი მინერალური და ორგანული ნივთიერებების გამწმენდი ფილტრის როლს ასრულებს. ცხადია, რომ ნიადაგების გაფილტვრის უნარი საკმაოდ დადებითი თვისებაა. თუმცა მას უარყოფითი გამოვლენაც აქვს: ქიმიური ელემენტები და შენაერთები, მათ შორის ტოქსიკური, გასუფთავებასთან ერთად ნიადაგში შეიძლება დაგროვდეს კიდევაც. აქედან კი ადვილია ტექნიკური ნარჩენების მიგრირება მცენარეულ ორგანიზმებსა და საბოლოოდ – საკვებში.

როგორც ვხედავთ, ნიადაგების ზედაპირზე ქიმიური შენაერთების, მათ შორის ტოქსიკური ნაერთების მოხვედრისას, მათი თავიდან აცილება ადამიანის ძალას აღემატება. ამავე დროს, ნორმალური ფუნქციონირების მიღწევის მიზნით ნიადაგები შეიძლება დავკგუფდეს მათი საპასუხო რეაქციის მსგავსი ხასიათის მიხედვით. რაიმე ტექნოგენური ზემოქმედების მიმართ ნიადაგების ნორმალური ფუნქციონირების (აკად. მ. გლაზოვსკაია) მაჩვენებლად გამოდგება მისი ბიოლოგიური პროდუქტიულობა და მცენარეთა სასიცოცხლო ფუნქციების დამრღვევი ორგანიზმების არყოფნა. ამავე დროს, ნივთიერებათა შემოსვლის მრავალფეროვნებასთან ერთად ნიადაგები თავდაცვას თვითონაც უზრუნველყოფენ. მას განაპირობებს ნიადაგებში აქტიური ნივთიერებების არსებობა. ამ მხრივ, გამოყოფენ პედოქიმიურ და ბიოქიმიურ აქტიურ ნივთიერებებს. პირველი მათგანი განაპირობებს ნიადაგების ჟანგვა-აღდგენითი თვისებების ცვლილებას, რაც ნივთიერებათა მიგრაციის უნარზე ახდენს გავლენას. პედოქიმიურად აქტიურია გოგირდწყალბადი და მეთანი, რომლებიც აღდგენითი გარემოს შექმნას განაპირობებენ. სტეპების მცენარეულობის მიერ ნახშირმჟავა კალციუმის აკუმულირება შავმიწა და წაბლა ნიადაგების მდგრადობას ზრდის მჟავე გამბინძურებლების მიმართ. იგივე მნიშვნელობა აქვს სოდასა და თაბაშირს არიდულ არეალებში მლაშობებისა და ბიცობი ნიადაგების მდგრადობის მისაღწევად.

ბიოქიმიური აქტიური ტექნოგენური ნივთიერებები ზემოქმედებას მხოლოდ ცოცხალ ორგანიზმებზე ახდენენ, რაც ნიადაგური ბიოტების დარღვევას განაპირობებს. ასეთ ნივთიერებებს მიეკუთვნება პესტიციდები, ჰერბიციდები, ზოგიერთი ნახშირწყალბადები, რომელთა მიერ შესაძლებელია ცოცხალი ორგანიზმების (მათ შორის ადამიანის) სერიოზული დაავადების გამოწვევა.

ამგვარად, ნიადაგების თვისებებისა და თვითგაწმენდის უნარის არსებობა, გვაფიქრებინებს მისი მართვის ფუნქციის პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობას. ამ მხრივ, ყურადღებას იმსახურებს ნიადაგების თვისებების იმდაგვარი დაცვა, როცა შესაძლებელი ხდება მათი ნაყოფიერების ზრდა. საყოველთაოდ ცნობილია მჟავე ნიადაგების მოკირიანება, ან თაბაშირის შეტანით ტუტე რეაქციის შემცირება, რომელსაც მოსავლიანობის ზრდისაკენ მივყავართ. ცხადია, რომ ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებასთან ერთად საყურადღებოა, აგრეთვე ნიადაგის თვისებების ნეგატიური შეცვლის – ტექნოგენური წარმონაქმნებით მისი გაბინძურების პრობლემა.

ქიმიური ელემენტების მიგრაცია ბუნებრივ სისტემაში (ატმოსფერო-მცენარეულობა-ნიადაგი) თავისუფლად მიმდინარეობს. თანაც, ბუნებრივი რეგულატორის როლს მცენარეულობა ასრულებს. ბუნებრივი ბიოცენოზების რთული გეოქიმიური სტრუქტურა, კულტურულ აგროცენოზებთან შედარებით, ანთროპოგენური დატვირთვების მიმართ მაღალ მდგრადობას განაპირობებს. მდგრადობის მაღალი მაჩვენებელი განსაზღვრულია იმით, რომ ბუნებრივი ბიოცენოზების მიერ მიკროელემენტების შთანთქმის ბიოლოგიური კოეფიციენტი განუზომლად მეტია, ვიდრე მონოკულტურის მიერ მხოლოდ განსაზღვრული ელემენტების შთანთქმის შემთხვევაში, როცა დაბალი კონკურენციის პირობებში აუთვისებელი ელემენტების ნიადაგში დაგროვების ტენდენციაა გამოხატული.

ბუნებრივი მცენარეულობა ქიმიური ნივთიერებების ნაკადების რეგულირებას სხვადასხვა ინტენსივობით ახდენს. ზოგიერთ არაბარიერულ მცენარეს რეგულირების უნარი არ გააჩნია. ამიტომ ამ მცენარეთა ორგანიზმში ელემენტების შემცველობა განსაზღვრულია ნიადაგში მათი კონცენტრაციით. თუკი ნიადაგში კონცენტრაცია ტოქსიკურია, მაშინ მცენარე იღუპება. ამ თვისებას კარგად იყენებენ ნივთიერების ნიადაგში განსაზღვრის ინდიკატორად. მცენარის ნაცრის ანალიზი ნათლად მიუთითებს საჭირო ელემენტების ანომალიურ გავრცელებაზე. ამ ხერხს წარმატებით იყენებენ მადნეული წიაღისეულის, ნავთობისა და გაზის საბადოების ძებნა-ძიების დროს.

რაც შეეხება მაღალბარიერულ მცენარეულობას, ისინი ძირითადი ბიოგეოქიმიური ბარიერის როლს ასრულებენ, რადგან თავისი ორგანიზმის გავლით არ ატარებენ ელემენტებს და ამიტომ ნიადაგში ტექტოგენური და ბიოგეოქიმიური ანომალიის ფორმირების წყაროს წარმოადგენენ. ფიტომასაში ელემენტების დაგროვება ნიადაგის ზედაპირზე მეორეული ანომალიების შექმნას მოასწავებს, რადგან მცენარეთა ხრწნის პროდუქცია სწორედ ნიადაგიდან შეთვისებულ და დაგროვილ ელემენტებს შეიცავს. როგორც ჩანს, მცენარეთა ბარიერულობის ტიპი არა მისი შეთვისების მქონე, არამედ გამოსვლის (გარემოში ელემენტების გამოყოფის) უნარით განისაზღვრება.

ნიადაგ-მცენარეული სისტემის ავტომატური რეგულირების შესაძლებლობის ნათელი მაგალითი მოცემული გვაქვს პროფ. ა. პერელმანის გამარტივებული სქემით. იგი დადგენილია პალეონტოლოგიური მონაცემების საფუძველზე. პალეოზოური ერის ნოტიო ტროპიკულ ტყეებში ორგანული მასის დაგროვებამ სიცოცხლის განვითარების წინააღმდეგობრივი სურათი შექმნა: რაც უფრო ძლიერი იყო

ლანდშაფტში ბიოგენური აკუმულაცია, მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობდა ცოცხალი ორგანიზმების გახრწნა, ენერგიული იყო ორგანული ნივთიერების მინერალიზაცია, ნიადაგებში იქმნებოდა მჟავე გარემო და მიმდინარეობდა მჟავე გამოტუტვა, მაღალი მოძრაობის უნარს იძენდნენ კალციუმის, კალიუმის, მაგნიუმის, ფოსფორის, გოგირდის შენაერთები. აქედან გამომდინარე, პალეოზოურ ტყეებში, დადებითი უკუკავშირის მექანიზმის წყალობით, მცენარეულობას მინერალური „შიმშილი" შეეტყო: მცენარეულობის წყლით, სინათლითა და სითბოთი მზარდ უზრუნველყოფასთან ერთად, მინერალური საკვები სულ უფრო კლებულობდა; ასე რომ, ბიოლოგიურმა წრებრუნვამ, საკვებითა და სინათლით არაერთგვაროვანი უზრუნველყოფის პირობებში მცენარეულობის წინააღმდეგობრივი განვითარება გამოიწვია; მცენარეულობა თვითონ აუარესებდა თავისი არსებობის პირობებს. მსგავსი წინააღმდეგობა, ადამიანის არაგონივრული სამეურნეო საქმიანობით, დღესაც ადვილად შეიძლება წარმოიქმნას.

გლობალური ბუნებრივი პროცესები. როგორც ჩანს, გეოგრაფიული გარსის გრანდიოზულობა არა მარტო მის მოცულობაშია გამოხატული, არამედ იგი თავისი ბუნებრივ თავისებურებათა უნიკალურობითაც ხასიათდება, რომლის ანალოგიური წარმონაქმნი სამყაროს სივრცეში მხოლოდ ვარაუდით თუ შეიძლება წარმოვიდგინოთ.

იმ მრავალ ბუნებრივ-გეოგრაფიულ კანონზომიერებებთან ერთად, რომელთა შესახებ უკვე დეტალურად გვქონდა საუბარი, მეტად საყურადღებო მეცნიერული და პრაქტიკული ღირებულებისაა გარემოს რაიმე ნაწილის, კერძო მნიშვნელობის ცვლილებით გამოწვეული, განვითარების შედეგად გეოგრაფიულ გარსის საყოველთაო-გლობალური გარდაქმნის პროცესების სრული აღქმა. მნიშვნელოვანია ამ პროცესების გეოგრაფიული ასპექტების წარმოდგენა საზოგადოების განვითარების თანამედროვე, ანთროპოგენურ ეტაპზე, როცა გეოგრაფიული გარსი დიდძალ ტექნოგენურ დატვირთვას განიცდის.

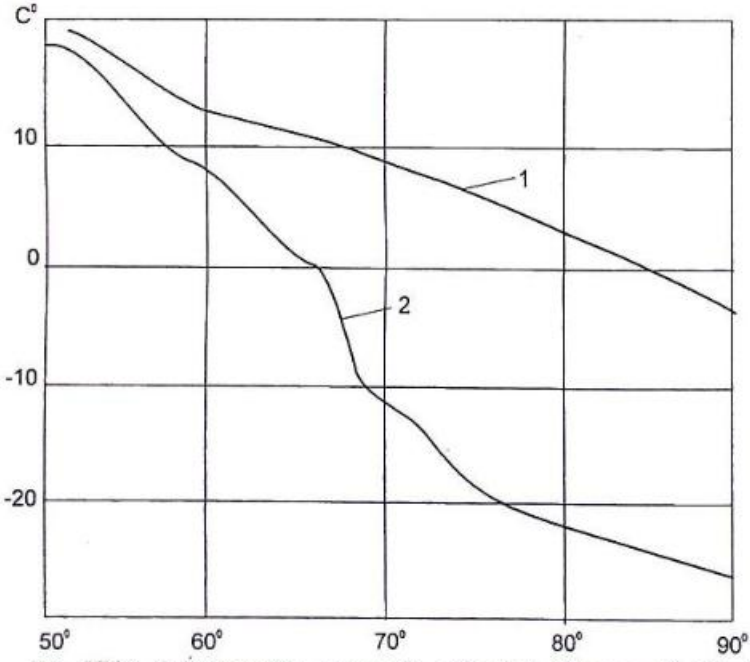
დედამიწის გეოგრაფიული გარსის გლობალური გარდაქმნის გამომწვევი ტექნოგენური ფაქტორების მაგალითები საკმაოდ ბევრია. შევჩერდებით ერთ-ერთ მათგანზე: მეცნიერები ხშირად მიუთითებენ ჰავის გლობალური დათბობის შესახებ, რომლის შედეგად პოლარული მყინვარების სწრაფი გალღვობაა მოსალოდნელი. ცხადია, რომ საფარისებური მყინვარების გადნობას ოკეანის დონის კატასტროფული აწევა (60-მდე) უნდა მოჰყვეს. ამავე დროს, არსებობს რამდენიმე პროექტი, რომლის მიხედვით ამ მყინვარების ხელოვნურად გადნობაა გათვალისწინებული. ასეთი პროექტების პრაქტიკაში რეალიზაციის მიზანშეუწონლობის მიუხედავად, მეტად საინტერესოა ბუნების გლობალური გარადქმნის შედეგად გეოგრაფიული გარსის წონასწორობის რღვევისა და ახალი მდგომარეობის ჩამოყალიბების მოდელის გეოგრაფიული შეფასება.

გეოგრაფიული გარსის მდგომარეობის შეცვლის მიზანშეწონილობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად მდგრადია გამყინვარების მდგომარეობა და ხელოვნურად შესაქმნელი „ყინულისგარეშე" ვითარება. თუკი ერთ-ერთი მათგანი მდგრადი წონასწორობით ხასიათდება, მაშინ უნდა ვივარაუდოთ, რომ სისტემა თვითნებურად ისევ პირველ მდგომარეობას დაუბრუნდება, რომლიდანაც იგი ადრე იყო გამოყვანილი.

მეცნიერები თვლიან (აკად. მ. ბუდიკო), რომ არქტიკის როგორც ყინულოვანი, ისე ყინულისგარეშე მდგომარეობა თეორიულად არამდგრადია. შესაბამისად, მართვითი ზემოქმედებების გამოყენებით, შესაძლებელია ამ სისტემის ერთი მდგომარეობიდან

მეორეში გადაყვანა. მართვის მექანიზმად შეიძლება გამოვიყენოთ მოღრუბლულობის შემცირებისა და აორთქლების სიჩქარის დაკლების ცნობილი ხერხები. ამის შედეგად ჩრდილოეთიდან „თბილი“ წყლის შემოსვლის ხარჯზე, ოკეანის ტემპერატურა გაიზრდება და ყინულოვან ოკეანეს სითბოს ნაკადი დაუბრუნდება. არქტიკისათვის დამახასიათებელი არამდგრადი თერმული წონასწორობის გამო, მისი გარდაქმნა გარე ძალების მოქმედების მხარეზე (ტემპერატურის ზრდისაკენ) გადაინაცვლებს. როგორც ჩანს, ოკეანის გარემოს გაბინძურების გამო სისტემის განვითარება სწორედ დათბობისა და მყინვარების გადნობისაკენ იქნება მიმართული. ამიტომ, ბუნებრივია, ისმის კითხვა: საჭიროა არქტიკის ყინულების გადნობა თუ აუცილებელია მათი შენარჩუნება?

ცნობილია, რომ არქტიკის გამყინვარების დასაწყისს არცთუ ისე შორეულ გეოლოგიურ ეპოქაში მივყავართ. პალეოგეოგრაფიული მონაცემები გვიჩვენებს ჩრდილოეთი ნახევარსფეროს ჰაერის ტემპერატურის (ნახ. XV.4) განედურ გადანაწილებას. გამოირკვა, რომ მაღალ განედებში (60-90^0) პოლარული მყინვარები დაბალ ტემპერატურას განაპირობებენ, ხოლო არამყინვარულ პერიოდებში იმავე



ნახ. XV.4. ტემპერატურის ცვლილება განედების მიხედვით (ჩ. ბრუკსი)
1. არამყინვარული ჰავა; 2. მყინვარული ჰავა.

განედების ჰაერის ტემპერატურა 12-15^0-ით მაღალია. რაც შეეხება ზომიერ და დაბალ განედებს, სხვაობა სრულიად (5^0) უმნიშვნელოა. აქედან გამომდინარეობს მეტად მნიშვნელოვანი დასკვნა: პოლარული მყინვარები განაპირობებენ დაბალ და მაღალ განედებს შორის ჰაერის ტემპერატურათა მკვეთრი კონტრასტების ჩამოყალიბებას. ცხადია, რომ ზამთარში წყლის გაყინვა და ყინულის ცალკეული ფრაგმენტის წარმოშობა ადვილი შესაძლებელია. მყინვარის საფარის წარმოქმნასთან

ერთად, ალბედოსა და რადიაციული ბალანსის შემოსავალი ნაწილის შემცირება, დადებითი უკუკავშირების სქემის მიხედვით გამყინვარების განვითარების წარმართვას შეუწყობს ხელს. სწორედ ამით დასტურდება არქტიკის როგორც არამყინვარული, ისე მყინვარული მდგომარეობის არასტაბილურობა. შესაბამისად, არქტიკის გამყინვარებაზე ერთჯერადი ზემოქმედება (დადნობა) საკმაოდ არაეფექტური შეიძლება გამოდგეს. ნებისმიერი ეფექტურობის მისაღწევად სუსტი, მაგრამ მუდმივი (ხანგრძლივი) ზემოქმედებაა აუცილებელი. ცალკეული, მაგრამ ძლიერი ცვლილება დროთა განმავლობაში თვითაღდგენას ექვემდებარება.

რჩება კიდევ ერთი კითხვა: რას გამოიწვევს არქტიკის მყინვარების გადნობა დედამიწაზე? გავიხსენოთ, რომ მყინვარების არსებობის პირობებში დაბალ და მაღალ განედებს შორის მკვეთრი ტემპერატურული სხვაობა გვაქვს, რომლითაც მიღწეულია ე.წ. სითბური მანქანების მუშაობის მაღალი ეფექტურობა. გამყინვარების პერიოდში გამათბობელის (დაბალი განედები) ტემპერატურის შემცირება უმნიშვნელოა, ხოლო მაცივრისა – შეუდარებლად დიდია. ამიტომ არქტიკის გავლენით მკვეთრად იზრდება ატმოსფეროს პლანეტარული ცირკულაციის სითბოს მერიდიანული ნაკადები. მყინვარების გადნობით მიღწეული სითბური გრადიენტის დაწევა ამ ცირკულაციის ინტენსიურობას რამდენადმე შეამცირებს, რაც გლობალური კლიმატური თვისებების ცვლაზე მეტყველებს. არქტიკის მყინვარების დნობა არც გრენლანდიას დატოვებს ხელშეუხებლად. ამჟამად მისი ტემპერატურა უარყოფითია ანუ გარემოსთან წონასწორობის არამდგრად მდგომარეობას ინარჩუნებს. დათბობამ შეუძლებელია არ გამოიწვიოს მყინვარული ფარის მცირედი გადნობა, რაც საკამრისია დადებითი უკუკავშირების სქემით მართვის მექანიზმის ამუშავებისათვის.

არქტიკის მყინვარების გადნობამ უნდა გამოიწვიოს ეკვატორული არეალების ტემპერატურის ზრდა, რაც არქტიკასა და დაბალ განედებს შორის სითბური კონტრასტების მატების მომასწავებელია. ეკვატორული თბილი ჰაერის სამხრეთით გადაადგილებამ დედამიწის თერმული დისიმეტრიის ფორმირებას უნდა შეუწყოს ხელი: სამხრეთი ნახევარსფეროზე მაცივარი, ხოლო ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გამათბობელი ჩამოყალიბდება; ჰაერის ახალი სისტემის ცირკულაცია ანტარქტიდის ყინულებს გაადნობს; ამასთან, მსოფლიო ოკეანის დონე 60 მ-ით აიწევს და დატბორავს ხმელეთის თითქმის მესამედ ნაწილს. ასეთი დიდი გარდაქმნები გამოიწვევს გეოგრაფიული ზონების სრულიად ახალი სისტემის ჩამოყალიბებას. ამავე დროს, ბუნების კონსერვატორული ელემენტები (გამოფიტვის ქერქი, ნიადაგი) დაიფარება დინამიკური ელემენტებითა (მცენარეულობა, ჰავის ტიპი) და კომპონენტებით.

გეოგრაფიული ზონების განსხვავებული სისტემის შესახებ ცნობებს მხოლოდ გამყინვარებათაშორისი ეტაპების რეკონსტრუქცია იძლევა. ამ ეპოქებში გეოგრაფიული ზონების განედურ გადანაცვლებამ 5-15^0 შეადგინა, თანაც უფრო შესამჩნევად მაღალი განედების ზონების გადაადგილებას ჰქონდა ადგილი, ვიდრე ეს ეკვატორულ და ტროპიკულ განედებში იყო დაფიქსირებული. ცხადია, რომ უწინდელი ზონების რელიქტური ელემენტები ახალ სისტემაში ღებულობდნენ მონაწილეობას, რითაც მათი ზოგადი სტრუქტურა საკმაოდ რთულ იერსახეს ღებულობდა.

ამგვარად, გეოგრაფიული გარსის მსხვილი კომპონენტების, მაგალითად, გამყინვარების წარმოშობა და განვითარება, ან კიდევ მისი დეგრადაცია, მთელ ბუნებრივ სისტემაზე საყოველთაო ზემოქმედებას ახდენს. მათი მაგალითები ბუნებაში საკმაოზე ბევრია.

მაღალ განედებზე ოკეანური და კონტინენტური ყინულების მოქმედებით, მატულობს რა ტემპერატურის მერიდიანული გრადიენტი, ძლიერდება ჰაერის გადატანა დაბალიდან მაღალი განედებისაკენ, რასაც მოსდევს მოღრუბლულობისა და ნალექების ზრდა. ჩანს, რომ მიმდინარეობს დადებითი უკუკავშირების ამოქმედება **მოღრუბლულობა→ნალექები→თოვლის საფარი→მყინვარი→მკაცრი ჰავა.** ოკეანური მკაცრი ჰავის პირობებში ჰავის დადებითი უკუკავშირის სქემას შემდეგი სახე ექნება: **მკაცრი ჰავა→CO_2 გახსნის უნარის ზრდა→სათბურის ეფექტის შემცირება→ჰაერის გამკაცრება.**

გამყინვარების დეგრადაციის შემთხვევაში აღწერილი პროცესი საპირისპირო მიმართულებით იმოძრავებს, თანაც დადებითი უკუკავშირების სქემის მიხედვით ანუ თვითგაძლიერებით იმოქმედებს. მაშინ რჩება ამოუხსნელი ამოცანა: არამყინვარული რეჟიმისა და გამყინვარების მდგომარეობის არამდგრადობის მიზეზის შესახებ. არამდგრადობას ხსნიან ავტონომიური რყევების წარმოშობით, რომელიც მიმდინარეობს სისტემაში: **დედამიწის ზედაპირი — ატმოსფერო — ოკეანე — მყინვარი.** ავტორყევის წარმოშობას კი სისტემის ელემენტების სხვადასხვა ინერციულობას (რელაქსაციის დროით, მახასიათებელი დროით) უკავშირებენ. ამის დასტურად მოვიყვანოთ ერთი მაგალითი.

ოკეანე ერთ-ერთი ყველაზე ინერტული ელემენტია, რაც ზღვის წყლის თვისებითაა გამოწვეული. ზღვის წყალს გაყინვის ტემპერატურაზე მაქსიმალური სიმკვრივე ახასიათებს. ცივი წყალი, მაღალი სიმკვრივის გამო, გაყინვის ტემპერატურის მიღწევამდე მუდმივ „ჩაძირვას" განიცდის. ამის შედეგად ოკეანის ზედაპირი არ გაიყინება, თუ მის მნიშვნელოვან სიღრმემდე არ დაეცემა წყლის ტემპერატურა. წყლის გაყინვა და ყინულის ფენის მიღება შესაძლებელია მტკნარი წყლის სიღრმიდან შემოსვლით. გაცივებული და სიღრმეში გადასული წყლის მაღალი სითბოტევადობის გამო, ოკეანის მდგრადი გაყინვის მიღწევას საკმაოდ დიდი დრო (25 ათასი წელი) სჭირდება. ცხადია, რომ ყინულების ხელოვნური გადნობის შემდეგ მათ ხელახალ, უკვე ბუნებრივ აღდგენას იმდენივე დრო დასჭირდება. თუმცა, უფრო მნიშვნელოვანი ისაა, რომ არამდგრადი წონასწორობიდან გამოყვანილ სისტემას, ავტონომიური რყევის რეჟიმში გადასვლის უნარის გამო, ამინდის ელემენტების ძირითადი მახასიათებლების მუდმივი სივრცე-დროითი ცვალებადობა დაეტყობა. ამინდისა და კლიმატური პირობების არასტაბილურობა ხშირად მოსავლიანობის დანაკარგებთანაა დაკავშირებული. ეს უკანასკნელი მეურნეობის სწორი წარმართვის გეგმების შესწორებებს მოითხოვს, რაც ამინდის ფლუქტუაციისა და, ყოველ კონკრეტულ არეალში, გეოგრაფიულ პირობებთან მისი შეგუების ასპექტების გათვალისწინებას საჭიროებს. თუმცა ამის მიღწევა ყოველთვის როდი შეიძლება.

აქედან გამომდინარე, ზოგადი გეოგრაფიული დასკვნა ასეთია: გეოგრაფიული გარსის მყინვარული და არამყინვარული მდგომარეობათა არამდგრადობა ადასტურებს, რომ გამყინვარებაზე მოქმედი ყოველი ცვლილება, არამდგრადი წონასწორობის ნაცვლად, ასევე არამდგრადი რყევითი რეჟიმის წარმოქმნას იწვევს. თუკი ამ დასკვნას კლიმატის თანამედროვე დათბობის ტენდენციას მივუსადაგებთ, ჩვენი ამოცანა არქტიკის გამყინვარების უფრო შენარჩუნებაა, ვიდრე მისი გალღვობა. კაცობრიობის მიზანია, დადებითი უკუკავშირების სისტემაში გატარებით, მიაღწიოს კატასტროფული მასშტაბების მიუღებლობას.

ვინაიდან ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შეწყვეტა შეუძლებელია, მის მიერ გამოწვეული კლიმატური დათბობაც გარდუვალია. ამიტომ საზოგადოებას მართვის იმ მექანიზმის ჩართვა მოუწევს, რომელიც ბუნების ცვლილების არაწინასწარგანზრახული, მაგრამ ვექტორული ტენდენციების ნეიტრალიზაციისაკენაა მიმართული და სისტემის წონასწორობის მდგომარეობის აღდგენას განაპირობებს.

იქიდან გამომდინარე, რომ მართვის ფაქიზ მექანიზმებზე მცირედი ზემოქმედებისას, შესაძლებელია მნიშვნელოვანი ეფექტის მიღწევა, გეოგრაფიული გარსის გონივრული რეგულირება-მართვის წარმართვა მოითხოვს პლანეტარული დიაგნოსტიკურ-პროგნოსტიკული საფუძვლიანი მოდელის შემუშავებასა და რაოდენობრივ დონეზე მართვის მექანიზმის დანერგვას. წინააღმდეგ შემთხვევაში, ბუნებრივი პროცესების ცვლილებები, რომლებსაც შეუქცევადი უნარი გააჩნიათ, შეიძლება მივიდეს საკმაოდ გამოუსწორებელ შედეგებამდე. ამჟამად დედამიწაზე უკვე არსებობს კლიმატის, ნიადაგების გაუთვალსწინებელი ნეგატიური განვითარების ფაქტები, რომელთა გამოწვევა საზოგადოების არაგონივრული სამეურნეო საქმიანობასთან, აგრეთვე, გარემოს სტაბილიზაციის მიზნით, რეგულირება-მართვის პრინციპების პრაქტიკაში აუცილებელი დანერგვის ჩაუტარებლობასთანაა დაკავშირებული.

დასკვნები

1. ადამიანთა საზოგადოებამ გაიარა რა განვითარების ხანგრძლივი დრო, ბუნებრივ პროცესებზე გავლენის თვალსაზრისით, თავისი ფორმირების საწყისი ეტაპისათვის დამახასიათებელი საკმაოდ უსუსური მდგომარეობიდან, თანამედროვე ხანაში, გარემოს ერთ-ერთ ძლიერ ძალად გარდაიქმნა, რის შედეგად გეოგრაფიული გარსი მნიშვნელოვან ანთროპოგენურ ცვლილებებს განიცდის.

2. ბუნების გარდაქმნა არა მარტო გარემოზე ანთროპოგენური ზემოქმედებაა, არამედ მასთან განსაკუთრებული შინაარსის ურთიერთდამოკიდებულება, როცა ბუნებრივი სისტემები, საზოგადოებრივი ურთიერთობის საფუძველზე, შრომის იარაღების გამოყენებით, შეგნებული და კოლექტიური გავლენის ქვეშ იმყოფება, თუმცა საზოგადოების განვითარების მამოძრავებელი მთავარი ძალა მატერიალური დოვლათის წარმოების წესებსა და ხერხებში მდგომარეობს; რადგან საზოგადოების განვითარების საზომი მისი გონების თვისებრივი მაჩვენებელია, მისი სამეურნეო საქმიანობაც გონებრივი განვითარების დონის შესაბამისი ქმედებად განიხილება.

3. გეოგრაფიული გარემო ადამიანთა საზოგადოების განვითარების ერთ-ერთი მატერიალური პირობაა, რომელიც თავისი მრავალფეროვანი სტრუქტურის გამო, გეოგრაფიული გარსის შემადგენელ ნაწილად განიხილება და საზოგადოების განვითარებასთან ერთად თანდათან აფართოებს მის მიერ დაკავებულ სივრცეს, რაც გარემოს შემადგენელი ელემენტების რაოდენობრივი და თვისებრივი ნიშნების გართულებას იწვევს.

4. ადამიანთა საზოგადოების გეოგრაფიულ გარემოზე ზემოქმედება-ურთიერთობის ხასიათი, ხარისხი, მიზანი და შესაძლებლობა განისაზღვრება რა მისი განვითარების დონით, საზოგადოებრივ-ეკონომიკური ფორმაციის ცვლილების შესაბამისად გარემომცველ სფეროზე გაელენაც თანდათან მატულობს, თუმცა ანთროპოგენური

ნეგატიური გამოვლინებები კერძო მეურნეობრიობისას უფრო მინიმალური შედეგებით ხასიათდება „საერთო-სახალხო საკუთრების“ პირობებთან შედარებით.

5. გეოგრაფიული გარსის ანთროპოგენური ნეგატიური ცვლილებების უკიდურესად გამწვავების შედეგად ფორმირებული ეკოლოგიურად კრიზისული მდგომარეობათა და სტიქიური პროცესების შემოტევების წინაშე ბრძოლის ხერხები მათი მიზეზების დადგენაში, აგრეთვე, მიმდინარეობის მექანიზმისა და გამოვლინების შედეგების ინფორმაციული სისტემის (მონიტორინგი) შექმნაში მდგომარეობს, რომლის საფუძველს დაკვირვებათა ხშირი ქსელი წარმოადგენს, რაც კონტროლის სისტემის ორგანიზაციას, გარემოს რაციონალურ ათვისებას, დაცვის ღონისძიებების შემუშავებასა და რეალიზაცია-დანერგვას ითვალისწინებს.

6. რაციონალური ბუნებათსარგებლობა – ბუნებაზე ზემოქმედების ერთობლიობა, გულისხმობს საზოგადოების საქმიანობის სისტემას, რომელიც მოიცავს ბუნებრივი რესურსების ეკონომიკურად ეფექტურ, სოციალურად გამართლებულ და ეკოლოგიურად უსაფრთხო ექსპლოატაციას.

7. დედამიწის ხანგრძლივი და ძლიერი (უკომპრომისო) ცვლილების პირობებში, ძირეული გარდაქმნებისა და არამდგრადი სისტემების ფორმირების საწინააღმდეგოდ, გეოგრაფიული გარსის იმ უნიკალური უნარის გამო, რომელიც მისი პარამეტრების ცვლილებების განსაზღვრულ ფარგლებში შენახვის თვისებაში მდგომარეობს, გარეგანი (მზის, კოსმოსური) და შინაგან ენერგიათა უწყვეტი ურთიერთმოქმედების მიმდინარეობის უცვლელობის საფუძველზე, ბუნებრივი სისტემები თავიანთ მდგომარეობებს უკიდურესი ცვლილებების (ვულკანიზმი, გამყინვარება, ოროგენეზისი) პერიოდებშიც კი ინარჩუნებენ (გეოგრაფიული გარსის პარამეტრების შენახვის კანონი).

8. ბუნებრივი მოვლენების ანთროპოგენური დარღვევის შედეგად წონასწორობიდან გამოყვანილი სისტემების მოწესრიგების ხელსაყრელი ამოცანა – გეოგრაფიული რეგულირება და მართვაა, როცა სარეგულირებელი ობიექტის განმსაზღვრელი მახასიათებელებისა და შემაშფოთებლების სიდიდეების მიხედვით შესაძლებელია მარეგულირებელი ზემოქმედების გამომუშავება: ზემოქმედების შეცვლით მიღწეულია მიმდინარე პროცესზე სათანადო მოქმედება, რაც მისი შესაბამისი სიდიდის საჭირო (მისაღები) მნიშვნელობის გამომუშავებას განაპირობებს.

9. გეოგრაფიული გარსის სისტემაზე ზემოქმედების ბუნებრივი მექანიზმების რეგულატორული უნარის საფუძველზე ბუნებრივი სისტემების დინამიკურ წონასწორობამდე შესაძლებელი მიყვანა და გარემოს ნაკადების მართვა, რეგულირების ფაქიზი მექანიზმების ღრმა ცოდნასა და გეოგრაფიულ გააზრებას, რეგულირების პირდაპირი და უკუკავშირების პრინციპების ამოქმედებასა და სისტემის დინამიკური წონასწორობის ჩამოყალიბებას განაპირობებს.

10. გლობალური გეოგრაფიული პროცესების (გლობალური არიდიზაცია, გაუდაბნოება, სწრაფი ეროზია, ზღვისპირეთების ნგრევა, ოზონის ფენის შემცირება) გარდუვალობიდან გამომდინარე, თანამედროვე ეტაპზე, გეოგრაფიული ცოდნით შეიარაღებული საზოგადოების უმთავრესი ამოცანაა მართვის იმ მექანიზმების ჩართვა, რომელიც ბუნებრივი ცვლილებების არაწინასწარგანზრახული, მაგრამ ვექტორული ტენდენციის ნეიტრალიზაციასა და სისტემის წონასწორობას განაპირობებს.

ლიტერატურა

გამოჩენილი მოგზაურები და ბუნების მკვლევრები. თბ., 1989.

გ. გეხტმანი. ნარკვევები გეოგრაფიის ისტორიიდან. თბ.,1955.

ე. ელიზბარაშვილი, ზ. ჭავჭანიძე. გვალვები, უნალექო და ნალექიანი პერიოდები საქართველოში. თბ., 1992.

ე. ელიზბარაშვილი, ზ. ჭავჭანიძე. ზოგადი დედამიწისმცოდნეობა. თბ., 1992.

ვახუშტის სახელობის გეოგრაფიის ინსტიტუტი – 50. თბ., 1984.

გ. ზარდალიშვილი გამოჩენილი ქართველი გეოგრაფები და მოგზაურები. თბ., 1966.

ს. კალესნიკი. დედამიწის ზოგადი გეოგრაფიული კანონზომიერებანი. თბ., 1972.

ლ. მარუაშვილი. საქართველოს გეოგრაფიული შესწავლის ფუძემდებელი, ვახუშტი ბაგრატიონი. თბ., 1956.

კ. მგელაძე. ბიოგეოგრაფია. თბ., 1974.

ნ. უკლება. ჰიდროლოგია. თბ., 1974.

ქართული საბჭოთა ენციკლოპედია, ტ. 3. თბ., 1977.

შ. ცხოვრებაშვილი. ზოგადი ფიზიკური გეოგრაფიის პრაქტიკუმი. თბ., 1955.

შ. ცხოვრებაშვილი. ზოგადი გეომორფოლოგია. თბ., 1996.

ე. ხარაძე. ასტრონომიის საფუძვლები. ტ. I და II., თბ., 1991.

კ. ხარაძე გეოგრაფიული ცოდნის ისტორია ძველ საქართველოში. თბ., 1996.

კ. ხარაძე XII-XV სს. ქართველი და უცხოელი მოგზაურები. თბ., 1987.

კ. ხარაძე XVII-XIX სს. ქართველი მოგზაურები. თბ., 1987.

კ. ხარაძე გეოგრაფიული აზროვნება ძველ საქართველოში. თბ., 1988.

ზ. ხვედელიძე, ე. ელიზბარაშვილი. რელიეფის გავლენა ატმოსფერულ პროცესებზე. თბ., 1982.

ა. ჯანაშვილი. ზოოგეოგრაფია. თბ., 1974.

ალ. ჯანელიძე. ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი. თბ., 1968.

Алисов Б. П. и др. Курс климатологии. Л., 1952.

Арманд А. Д. Обратная связь и саморазвитие рельефа. „Вопросы географии", №63, М.,1963.

Баррет Э., Куртис Л. Введение в космическое землеведение. М., 1979.

Беручашвили Н. Л. Геофизика ландшафта. М., 1990.

Боднарский М. С. Античная география. М., 1953.

Будыко М. И. Глобальная экология. Л., 1977.

Будыко М. И. Изменения климата. Л., 1974.

Будыко М. И. Климат и жизнь. Л., 1971.

Будыко М. И. Эволюция биосферы. Л., 1984.

Бунге В. Теоретическая география. М., 1967.

Вейль П. Популярная океанография. Л., 1977.

Вернадский В. И. Биосфера. Л., 1926.

Владимиров А. М. и др. Охрана окружающей среды. Л., 1991.

Герасимов И. П. Ресурсы биосферы на территории СССР. М., 1971.

Герасимов И. П. Советская конструктивная география. М., 1976.

Геренчук К. И., Боков В. А., Черванев И. Г. Общее землеведение. М., 1984.

Геттнер А. География, ее история, сущность и методы. Л.-М., 1930.

Долгушин Л. Д., Осипова Г. Б. Ледники. М., 1989.

Ермолаев М. М. Введение в физическую географию. Л., 1975.

Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. Л., 1979.
Исаченко А. Г. Оптимизация природной среды. М., 1980.
История открытий – Энциклопедия, т. I. М., 1998.
Калесник С. В. Основы общего землеведения. М., 1955.
Калесник С.В. Краткий курс общего землеведения. М., 1957.
Кормилицын В. И., Цицкишвили М. С., Яламов Ю. И. Основы экологии. М., 1997.
Краткая географическая энциклопедия, т. I-V. М., 1960-1966.
Курникова Г. В., Петров В. В. География растений с основами ботаники. М., 1987.
Лебедев В. Л. и др. Океан как динамическая система. Л., 1974.
Леонтьев О. К. Дно океана. М., 1968.
Магидович И. П., Магидович В. И. Очерки по истории географических открытий, т. I-V. М., 1982-1986.
Марков К. К. и др. Введение в физическую географию. М., 1973.
Марков К. К. и др. Физическая география мирового океана. М., 1980.
Монин А. С. История земли. Л., 1977.
Мировой водный баланс и водные ресурсы земли. Л., 1974.
Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы, ее естественное развитие и изменение человеком. М., 1972.
Солнцев В. Н. Системная организация ландшафтов. М., 1981.
Соломенцев Н. А. и др. Гидрология суши. Л., 1976.
Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. М., 1974.
Степанов В. Н. Мировой океан. М., 1974.
Опарин А. И. Возникновение жизни на Земле. М., 1957.
Подобедов Н. С. Общая физическая география и геоморфология. М., 1974.
Федоров Е. К. Взаимодействия общества и природы. Л., 1972.
Чеботарев А. И. Общая гидрология. Л., 1975.
Шипунов Ф. Я. Организованность биосферы. М., 1980.
Шубаев Л. П. Общее землеведение. М., 1977.
Якушова А. Ф., Хаин В. Е., Славин В. И. Общая геология. М., 1988.
Флинт Р. История Земли. М., 1978.
Jacobson M., Charlson R., Henning R. and Orians G. Earth sistem Science. From biogeochemi cal cycles to Global Change. Academic press, New york, London, 2000.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

წინასიტყვაობა (მ. ალფენიძე) 3

შესავალი

გეოგრაფიული მეცნიერების სისტემა. ფიზიკური გეოგრაფიის შესწავლის ობიექტი. დისციპლინის მიზანი და ამოცანები (მ. ალფენიძე) 5

თავი I. სამყარო და მზის სისტემა

ზოგადი ცნობები. ვარსკვლავები (მ. ალფენიძე). გალაქტიკები და მეტაგალაქტიკა (ე. ელიზბარაშვილი). დრო და სივრცე. მზის სისტემა. პლანეტარული სისტემა. პლანეტათშორისი სივრცე. მზის სისტემის წარმოშობა. დედამიწა – კოსმოსური კავშირები. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 11

თავი II. გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების ძირითადი ეტაპები

გეოგრაფიული მეცნიერების ჩასახვა. ანტიკური პერიოდის გეოგრაფიული ცოდნა. გეოგრაფიული ცოდნა ადრეულ და განვითარებულ შუა საუკუნეებში. მოგზაურობები და გეოგრაფიული აღმოჩენები XII-XIV სს-ში. დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების წინა პერიოდი. დიდ გეოგრაფიულ მოგზაურობათა და აღმოჩენათა პერიოდი. დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენათა შემდგომი (XVII-XVIII სს.) პერიოდი. გეოგრაფიული აღმოჩენები XIX-XX სს-ში. ქართული გეოგრაფიული სკოლა. გეოგრაფიული მეცნიერების განვითარების თანამედროვე პრობლემები. დასკვნები (კ. ხარაძე) 37

თავი III. დედამიწის პლანეტარული თავისებურებანი

ზოგადი ცნობები. დედამიწის ფორმა და ზომები. გრავიტაცია. სასაათო ზოლები. დედამიწის გარშემოვლა მზის ირგვლივ. წელიწადის დროები – სეზონები. წელთაღრიცხვა და კალენდარი. გეოგრაფიული სივრცე. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 75

თავი IV. დედამიწის შინაგანი აგებულება

ზოგადი ცნობები. წიაღის სითბური მდგომარეობა. აგებულება და შედგენილობა. ბაქნები და გეოსინკლინები. ლითოსფერული ფილების გლობალური ტექტონიკა. ვულკანიზმი და მიწისძვრები. გეოქრონოლოგია. დასკვნები. (მ. ალფენიძე) 106

თავი V. დედამიწის ზედაპირის ძირითადი ნიშნები

ხმელეთისა და წყლის განაწილება. მსოფლიო ოკეანე. კონტინენტები. ჰიფსოგრაფიული მრუდი. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 127

თავი VI. ჰიდროსფერო

ჰიდროსფერო და მისი ნაწილები (ზოგადი ცნობები). მსოფლიო ოკეანე. ოკეანის ცოცხალი სამყარო. ოკეანის წყლის მარილიანობა. ოკეანური წყლის მასები. მსოფლიო ოკეანის წყლის ბალანსი. მსოფლიო ოკეანის ფსკერი. ზღვები. სანაპიროები და პლაჟის ზოლები (მ. ალფენიძე). ჰიდროსფეროს გაბინძურება (ე. ელიზბარაშვილი). დასკვნები (მ. ალფენიძე) 139

თავი VII. ატმოსფერო

ზოგადი ცნობები. ატმოსფეროს შედგენილობა (ე. ელიზბარაშვილი). ჰაერის წნევა და წონა. ატმოსფეროს წარმოშობა და განვითარება. ატმოსფეროს აღნაგობა. ატმოსფეროს რადიაციული და სითბური რეჟიმი. რადიაციული ბალანსი. ტემპერატურის განაწილება. ატმოსფერული წნევა. ატმოსფერული ჰაერის ცირკულაცია. ატმოსფერული ტენი. ბოღრუბლულობა და მისი როლი. ატმოსფერული ნალექები. ჰაერის მასები და ატმოსფერული ფრონტები. ციკლონები და ანტიციკლონები. ამინდი და ჰავა (მ. ალფენიძე). ატმოსფეროს გაბინძურება და დაცვა. კლიმატის ცვლილებები. გლობალური დათბობა (ე. ელიზბარაშვილი). დასკვნები (მ. ალფენიძე) 155

თავი VIII. ხმელეთის წყლები

ზოგადი ცნობები. მდინარეები. მიწისქვეშა წყლები. ტბები. ჭაობები. მყინვარები. მუდმივი მზრალობა (მ. ალფენიძე). ხმელეთის წყლების გაბინძურება (ე. ელიზბარაშვილი). დასკვნები (მ. ალფენიძე) 205

თავი IX. ბიოსფერო

ზოგადი ცნობები. ორგანიზმების ტიპები და მათი ფუნქციები. ბიოსფეროს როლი გეოგრაფიულ გარსში. ცოცხალი ორგანიზმები და გარემო. ეკოლოგიური ფაქტორები და ცოცხალი სამყარო (მ. ალფენიძე). გლობალური ეკოლოგიური კრიზისები და კატასტროფები (მ. ალფენიძე, ე. ელიზბარაშვილი). დასკვნები (მ. ალფენიძე) 233

თავი X. გეოგრაფიული გარსის ერთიანობა და მთლიანობა

ზოგადი ცნობები – გეოგრაფიული გარსის სისტემური ასპექტები. განვითარებისა და ერთიანობა-მთლიანობის კანონები. ერთიანობა-მთლიანობის კანონის მნიშვნელობა. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 263

თავი XI. ნივთიერებისა და ენერგიის მიმოქცევები

მიმოქცევების ზოგადი ნიშნები. ატმოსფერული წრებრუნვები. წყლის წრებრუნვები. ოკეანური წრებრუნვები. ოკეანე-ატმოსფერო-ხმელეთი სისტემის წრებრუნვები. ბიოლოგიური და ბიოგეოქიმიური წრებრუნვები. ენერგიის წრებრუნვები. მიმოქცევების საფუძვლები და შედეგები. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 277

თავი XII. რიტმული მოვლენები

ზოგადი ცნობები. იძულებითი რყევები. შიდასაუკუნეობრივი და ზესაუკუნეობრივი რიტმები. გეოლოგიური ციკლები. გეომორფოლოგიური ციკლები. ავტონომიური რყევები. გეოგრაფიული სტადიალურობა. გეოგრაფიული პროგნოზირება. გეოგრაფიული გარსის თვითრეგულირება. რიტმულობის კანონი. დასკვნები (მ. ალფენიძე). 305

თავი XIII. ზონალურობა და აზონალურობა

ზოგადი ცნობები. ზონალურობის გამოვლინების სფეროები. სითბოს, სინოტივისა და ბარიული ველის ზონალურობა. ჰიდროლოგიური პროცესების ზონალურობა. ნიადაგწარმოშობის ზონალურობა. ცოცხალი ორგანიზმების ზონალურობა. რელიეფის ზონალურობა. ზონალურობის პერიოდულობისის კანონი. ბუნებრივი სარტყლები და ზონები. ოკეანური აკვატორიის ზონალურობა. აზონალური მოვლენები. სიმაღლეობრივი სარტყლურობა. ზონალურობა-აზონალურობის ერთიანობა. გეოგრაფიული გარსის ასიმეტრიულობა. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 327

თავი XIV. გეოგრაფიული გარსის განვითარება

ზოგადი ცნობები. დედამიწის წარმოშობა. გეოსფეროების წარმოშობა. სიცოცხლის წარმოშობა. გეოგრაფიული გარსის წარმოშობა და განვითარება. ადამიანის წარმოშობა. გეოგრაფიული გარსის სტრუქტურის ევოლუცია. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 385

თავი XV. გლობალური გეოგრაფიული პროცესები და მათი რეგულირება – მართვა

ზოგადი ცნობები. ადამიანი – ბუნების ახალი ძალა. გეოგრაფიული გარემო. გეოგრაფიული გარსის ანთროპოგენური ცვლილებები. გარემოს მონიტორინგი. ბუნებრივი რესურსები. ბუნებათსარგებლობა. გეოგრაფიული გარსი – თვითორგანიზებადი სისტემაა. ბუნებრივი ნაკადების მართვა. ტექნოგენური ნაკადები და ბუნებრივი სისტემების თვითგაწმენდა. გლობალური ბუნებრივი პროცესები. დასკვნები (მ. ალფენიძე) 411

ლიტერატურა 441

გამომცემლობის რედაქტორი	ნ. ელიზბარაშვილი
ტექრედაქტორები:	ფ. ბუდაღაშვილი, თ. ქათამაძე
კორექტორები:	მ. ქუმსიაშვილი, ქ. გაჩეჩილაძე, ნ. ცაშაკიძე
კომპიუტერული გრაფიკა და დაკაბადონება	ნ. დარჩიაშვილი
ოპერატორები:	ი. ფხუტური, ე. კოჭლაშვილი, ქ. ნიკოლაშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 30.12.03
საბეჭდი ქაღალდი 70X108 1/16
პირ. ნაბეჭდი თაბახი 47,6
სააღრ.-საგამომც. თაბახი 36,2
შეკვეთა № VII-9 ტირაჟი 500

ფასი სახელშეკრულებო

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

დაიბეჭდა ს/ს „კარგოგრაფია“-ში
0167, თბილისი, ფ. მოსულიშვილის ქ., 1

Алпенидзе Мелор Джотоевич
Харадзе Коба Павлович
Элизбарашвили Элизбар Шалвович

Общая физическая география

(на грузинском языке)

издательство Тбилисского университета

Тбилиси 2003

ალფენიძე მელორ ჯოტოს ძე – გეოგრაფიულ მეცნიერებათა კანდიდატი, დოცენტი. დაამთავრა თსუ გეოგრაფია-გეოლოგიის ფაკულტეტი. მუშაობს თსუ სოხუმის ფილიალის საქართველოს გეოგრაფიის კათედრის გამგედ. არის აფხაზეთის რეგიონული და საქართველოს ეკოლოგიურ მეცნიერებათა აკადემიების აკადემიკოსი, საქართველოს ალ. ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოების აფხაზეთის ფილიალის თავმჯდომარე, აფხაზეთის არ გეოდეზიისა და კარტოგრაფიის სახელმწიფო დეპარტამენტის თავმჯდომარე. სამეცნიერო და პედაგოგიურ მუშაობას ეწეოდა შავი ზღვისპირეთის ნაპირების კვლევის სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანების „საქზღვანაპირდაცვა“ ლაბორატორიის ხელმძღვანელად. სტაციონარის გამგედ. სოხუმის პედაგოგიური ინსტიტუტის (შემდგომში, სახელმწიფო უნივერსიტეტის) გეოგრაფიის კათედრაზე, საქართველოს მინისტრთა კაბინეტის შავი ზღვის კომისიის აპარატის უფროსად. გამოქვეყნებული აქვს 50-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი და 4 სახელმძღვანელო. ისინი ეხება ზღვის ნაპირების მორფოდინამიკას, ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ ათვისებას, ბუნებათსარგებლობას. არის შავი ზღვის რესურსების ეკოლოგიურად უსაფრთხო ათვისების საერთაშორისო პროგრამის თანაავტორი. მუშაობს პრობლემაზე: „ანტაგონიზმის გეოგრაფია: შეიარაღებული კონფლიქტები და რეგიონების მდგრადი განვითარება“. დაჯილდოებულია ღირსების მედლით.

ელიზბარაშვილი ელიზბარ შალვას ძე – გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი. დაამთავრა თსუ ფიზიკის ფაკულტეტი. მუშაობდა თსუ გეოფიზიკის კათედრაზე, კურორტოლოგიისა და ფიზიოთერაპიის სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში ლაბორატორიის გამგედ, თელავის პედაგოგიურ ინსტიტუტში გეოგრაფიის კათედრის გამგედ, პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტში კლიმატის მოდელირებისა და კლიმატოლოგიის სექტორის გამგედ, თსუ აეროკოსმოსური მეთოდებით ბუნებრივი კვლევის ლაბორატორიაში მთავარ მეცნიერ-თანამშრომლად. ამუშავებს სამეცნიერო პრობლემებს: რელიეფის გავლენა პავაზე; პავის საუკუნეობრივი ცვლილება; საქართველოს კლიმატური რესურსები. გამოქვეყნებული აქვს 120-ზე მეტი ნაშრომი, მათ შორის 10 მონოგრაფიაა.

ხარაძე კობა პავლეს ძე – გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორი. დაამთავრა ქუთაისის სახელმწიფო პედაგოგიური ინსტიტუტი. მუშაობს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ვახუშტი ბაგრატიონის სახ. გეოგრაფიის ინსტიტუტის ფიზიკური გეოგრაფიის განყოფილების გამგედ, თსუ სოხუმის ფილიალის საქართველოს გეოგრაფიის კათედრაზე. სხვადასხვა დროს შეთავსებით მუშაობდა ქუთაისისა და გორის სახელმწიფო პედაგოგიურ ინსტიტუტებში. მისი კვლევის სფეროა გეოგრაფიის ისტორია და ისტორიული გეოგრაფია. ჩატარებული აქვს გამოკვლევა ქართველ გეოგრაფოსებსა და მოგზაურებზე, შეისწავლა საქართველოს ძველი ტოპონიმია, ქართული გეოგრაფიული ცოდნის ისტორია, ისტორიული სამხედრო და საეკლესიო გეოგრაფია. გამოქვეყნებული აქვს 250-ზე მეტი სამეცნიერო ნაშრომი, მათ შორის 25 მონოგრაფია და სახელმძღვანელოა. იგი რამდენიმე თემატური რუკის ავტორია. ეწეოდა გეოგრაფიული მეცნიერების პროპაგანდას. ამ მხრივ, ჟურნალ-გაზეთებში გამოქვეყნებული აქვს 300-ზე მეტი წერილი, მოაწყო ათეულობით რადიო და ტელეგადაცემა.