

გ. ალფაიძე, ზ. ლებანიძე, კ. ქოიავა

ზოგადი გეოლოგიის ლექციების კურსის  
ელექტრონული ვერსია

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო ფაკულტეტის  
გეოლოგიური დეპარტამენტის  
პირველი კურსის სტუდენტებისთვის

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის  
სახელმწიფო უნივერსიტეტი

თბილისი – 2010

## შესავალი

### თავი I გეოლოგიური მეცნიერება, მისი კვლევის საგანი, ამოცანები და მეთოდები

გეოლოგია არის დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებათა ერთ-ერთი დარგი, რომელიც იკვლევს მის ნივთიერ შედგენილობას, აგებულებას, წარსულის ორგანულ სამყაროს, გეოლოგიურ დროს (გეოქრონოლოგიას) და განვითარების კანონზომიერებებს. თავად ტერმინი „გეოლოგია“ შედგება ორი სიტყვისაგან: ბერძნული „გეო“ – დედამიწა და „ლოგოს“ – მოძღვრება, სწავლება. გეოლოგიას სხვაგვარადაც განმარტავენ: ესაა მეცნიერება (მოძღვრება) მარად განვითარებადი დედამიწის შესახებ.

ამ მეცნიერების კვლევის მთავარი ობიექტია (კვლევის საგანია) პლანეტის გარე მყარი გარსი, ანუ ლითოსფერო და მისი შემადგენელი ნაწილების ნივთიერი შედგენილობა, აგებულება და განვითარება (ევოლუცია).

გეოლოგია როგორც მეცნიერება, ისახავს ოთხ ძირითად ამოცანას:

1. დედამიწის (ან მისი ლითოსფეროს) ნივთიერი შედგენილობის, ანუ მინერალების, ქანებისა და მადნების შესწავლას, რასაც ემსახურება დისციპლინები: კრისტალოგრაფია, მინერალოგია, პეტროგრაფია, გეოქიმია;
2. დედამიწის (ან მისი ლითოსფეროს) აგებულებისა და მასზედ მიმდინარე გეოდინამიური პროცესების შესწავლას, რასაც ახდენს დინამიური (ფიზიკური) გეოლოგია, სტრუქტურული გეოლოგია და გეოლოგიური აგეგმვა, გეოტექტონიკა, გეოფიზიკა;
3. გეოლოგიური წარსულის ორგანული სამყაროს, გეოლოგიური დროის (გეოქრონოლოგიის) და გეოლოგიურ მოვლენათა ისტორიული თანმიმდევრობის შესწავლას, რაც წარმოადგენს შემდეგი დისციპლინების კვლევის საგანს: პალეონტოლოგია, ისტორიული გეოლოგია, სტრატეგრაფია, მეოთხეულის გეოლოგია;

4. დედამიწის წიაღისეულის (მადნების) შესწავლასა და სხვა პრაქტიკული მიზნებით კვლევა, რასაც ემსახურება დისციპლინები: სასარგებლო წიაღისეულის საბადოების გეოლოგია, წიაღისეულის საბადოების ძებნა-ძიება, ჰიდროგეოლოგია, საინჟინრო გეოლოგია, საძიებო გეოფიზიკა.

ამ ჩამონათვალში არ ჩანს „ზოგადი გეოლოგია“ (იხ. ცხრილი 1), რომელიც როგორც ცალკე დარგი არ არსებობს. იგი უფრო **სახსრავლო - სამეცნიერო დისციპლინაა**, რომელიც აერთიანებს ზემოთ ჩამოთვლილ დარგებს (დისციპლინებს) და მიზნად ისახავს დამწვებ სტუდენტს მიაწოდოს ზოგადი ცნობები (ინფორმაცია) და შეხედულებები გეოლოგიური მეცნიერების დარგების და მათი კვლევის ობიექტების შესახებ.

ამრიგად, გეოლოგია როგორც დედამიწის შესახებ მეცნიერებათა ერთ-ერთი დარგი (მიმართულება) სწავლობს მინერალებს, ქანებს, წიაღისეულ სიმდიდრეებს, გეოლოგიური წარსულის ორგანიზმების განამარხებულ ნაშთებს, იკვლევს თუ როგორ წარმოიშვნენ ისინი, რა ცვლილებები განიცადეს მათ, როგორ შეიძლება აღვადგინოთ მათ მიხედვით გეოლოგიური ისტორია და სად და როგორ ვეძებოთ წიაღისეული სიმდიდრეები, ანუ მინერალური რესურსები. ამ უკანასკნელს სოფლის მეურნეობის პროდუქტებთან ერთად უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ადამიანთა საზოგადოების არსებობისათვის. აღნიშნულის გარდა გეოლოგიას აქვს დიდი შემეცნებითი მნიშვნელობა მატერიალური **სამყაროს** გაგებისა და **ეკოლუციური** პროცესების შესწავლისათვის.

გეოლოგიის, ისევე როგორც სხვა მეცნიერებებს, საკუთარი კვლევის ობიექტის (ანუ რა უნდა შეისწავლოს, რა უნდა გამოიკვლიოს) გარდა აქვს საკუთარი კვლევის მეთოდებიც (ანუ როგორ უნდა შეისწავლოს, როგორ უნდა გამოიკვლიოს). ზემოთ აღინიშნა, რომ გეოლოგიის კვლევის მთავარი ობიექტია დედამიწის ლითოსფერო და მისი შემადგენელი ნაწილები. რაც შეეხება კვლევის მეთოდებს, ისინი სხვადასხვაგვარია და შეიძლება შემდგენაირად დავაჯგუფოთ:

# გეოლოგიის ძირითადი ამოცანები და დისციპლინები.

## ამოცანები

I

II

III

IV

დედამიწის  
(ლითოსფეროს)  
ნივთიერი  
შედგენილობა  
(მინერალები,  
ქანები,  
მადნები)

დედამიწის  
(ლითოსფეროს)  
აგებულება და  
გეოდინამიური  
პროცესები

გეოლოგიური  
წარსულის  
ორბანული  
სამყარო და  
გეოქრონოლოგია

წიაღისეულის  
შესწავლა და  
სხვა  
პრაქტიკული  
მიზნები

## დ ი ს ც ი კ ლ ი ნ ე ბ ი

1. კრისტალოგრაფია
2. მინერალოგია
3. პეტროგრაფია
4. გეოქიმია
5. ლითოლოგია

1. დინამიური (ფიზიკური) გეოლოგია
2. სტრუქტურული გეოლოგია და გეოლოგიური აგებმვა
3. გეოტექტონიკა
4. გეოფიზიკა
5. რეგიონული გეოლოგია

1. პალეონტოლოგია
2. ისტორიული გეოლოგია
3. სტრატეგრაფია
4. მეთოქეული გეოლოგია

1. წიაღისეულის საბადოების გეოლოგია
2. საბადოების კვანძ-პიკვა
3. ჰიდრო-გეოლოგია
4. საინჟინერო გეოლოგია
5. საძიებო გეოფიზიკა

1. გეოლოგიურ ობიექტზე უშუალო დაკვირვება ბუნებრივ (ან საველე) პირობებში. ამ დროს შეისწავლება მინერალები, ქანები და მადნები; მიწის ქერქში მათი განლაგების პირობები, ნამარხი ორგანიზმების ნაშთები, (ნიჟარები, ძვლოვანი ნარჩენები, ფოთლებისა და ღეროების ნაშთები და აღნაბეჭდები); მადნეული და არამადნეული წიაღისეულის სხეულები. ხდება მათი ნიმუშების გროვება შემდგომი შესწავლის მიზნით;
2. ბუნებაში (ველზე) შეგროვილი მასალის ლაბორატორიული შესწავლა მიკროსკოპით ან მის გარეშე, სპეციალური ხელსაწყოებით, დანადგარებით, ქიმიური და სხვა მოწყობილობით;
3. ტექნიკური საშუალებების გამოყენება – სამთო გამონამუშევრები (თხრილები, შურფები, შახტები, შტოლნები, ბურღვა, გეოფიზიკური და გეოქიმიური ხელსაწყოები);
4. სხვა საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა დარგების (ფიზიკის, ქიმიის, ბიოლოგიის, მათემატიკის, გეოგრაფიის, გეოდეზიის) მეთოდების გამოყენება;
5. დისტანციური გადაღების მეთოდები – აეროფოტოსურათების, აეროკოსმოსური სურათების, აეროგეოლოგიური გადაღების მეთოდები;
6. ელექტრონულ-გამომთვლელი და კომპიუტერული ტექნიკის გამოყენება;
7. ზოგადმეცნიერული მეთოდები – ინდუქციის და დედუქციის, შედარებითს და ანალოგიის, განზოგადების და კლასიფიკაციის, სისტემური მიდგომის, კონკრეტულიდან ზოგადისაკენ და პირუკუ სვლის და ა.შ.
8. ზოგადგეოლოგიური მეთოდები – აქტუალიზმის მეთოდი და შედარებით-ისტორიული მეთოდი. ეს მეთოდები გამოიყენება გეოლოგიური წარსულის აღდგენისათვის. გეოლოგიაში დასაშვებად მიაჩნიათ, რომ ძალები და პროცესები, რომლებიც იწვევენ მიწის ცვლილებებს, წარსულშიც ძირითადად ისევე მოქმედებდნენ, როგორც დღეს. მაგალითად, მდინარეები, ზღვის ტალღები, მყინვარები, ქარი, ვულკანები იმავე მუშაობას აწარმოებდნენ, რასაც ამჟამად ასრულებენ.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს აქტუალიზმის მეთოდს (პრინციპს), რომლის ავტორად და გეოლოგიაში დამამკვიდრებლად მიიჩნევა ინგლისელი (წარმოშობით შოტლანდიელი) მეცნიერ ჩარლზ ლაიელი. მან შეადგინა გეოლოგიის პირველი

სახელმძღვანელო – „გეოლოგიის საფუძვლები” სამ ტომად (1830-1833 წ.წ.). ამ წიგნში მან დაასაბუთა მოსაზრება, რომ „ბუნებაში მიმდინარე თანამედროვე პროცესებისა და მოვლენების შესწავლით, შესაძლებელია ვიპოვოთ გარდასულ გეოლოგიურ მოვლენათა ახსნა”, ანუ ხატოვნად რომ ვთქვათ: „აწმყო არის წარსულის გასაღები”. ამაში მდგომარეობს აქტუალიზმის პრინციპის ძირითადი არსი. თავად სიტყვა მომდინარეობს ლათინურიდან – „აქტუალის”, რაც თანამედროვეობას, თანამედროვეობასთან მიმართებას ნიშნავს. მაგალითისთვის მოვიხსანიოთ თანამედროვე ვულკანების მოქმედება. მასზე დაკვირვება გვაძლევს საშუალებას ავხსნათ გეოლოგიურ წარსულში მომხდარი ვულკანური მოვლენები იქ, სადაც ვულკანი საერთოდ არაა, მაგრამ არის მისი მოქმედების პროდუქტები, მაგალითად, ვულკანური ლავა და სხვა ქანები. მათი შესწავლით და თანამედროვე ვულკანების მოქმედების პროდუქტებთან შედარებით დავადგენთ, რომ წარსულში აქ ვულკანს უმოქმედია. ასევე შეიძლება ავხსნათ წარსულში მდინარეების, ზღვის, ქარის და სხვა მოვლენების მოქმედება.

აქტუალიზმის მეთოდის ნაკლად მიიჩნევა ის გარემოება, რომ თავდაპირველად აქ იგულისხმებოდა თანამედროვე და წარსული გეოლოგიური მოვლენების იდენტურობა, მათი მოქმედების ერთგვაროვნება, გეოლოგიური პროცესების ძალის და ტემპის მუდმივობა, რის გამოც ამ შეხედულებამ მიიღო „უნიფორმიზმის” სახელწოდება („უნიფორმის” – ერთგვაროვანი, თანაბარი). მაგრამ ცნობილია, რომ ორგანული და არაორგანული სამყაროს განვითარება ისტორიული პროცესია, მას შეუქცევადი და ცვალებადი ხასიათი აქვს, რაც უნიფორმისტულ შეხედულებას მიუღებელს ხდის. ამიტომ ძველი და ახალი მოვლენების შედარება და შეფასება უნდა მოხდეს ისტორიული ცვლილებების გათვალისწინებით. ამიტომ აქტუალიზმის იდეამ განიცადა მნიშვნელოვანი ცვლილება და ჩამოყალიბდა მისი თვისობრივად უფრო მაღალი ფორმა – **„შედარებით-ისტორიული მეთოდი”**. ამ მეთოდის თანახმად წარსული გეოლოგიური ეპოქების მოვლენათა შედარება თანამედროვეობასთან უნდა ხდებოდეს არა მექანიკურად, არამედ მომხდარი ფიზიკურ-გეოგრაფიული და გეოლოგიური პირობების ცვალებადობის გათვალისწინებით. ამგვარად გაგებული აქტუალიზმი დღეს წარმატებით გამოიყენება გეოლოგიის სხვადასხვა დარგებში.

## თავი II ზოგადი ცნობები სამყაროს შესახებ

### 2.1. კოსმოსი და ვარსკვლავთ სამყარო

დედამიწა წარმოადგენს ციურ სხეულს, კოსმოსის ნაწილს და მზის სისტემის ერთ-ერთ პლანეტას. მზე თავის მხრივ არის ერთ-ერთი ვარსკვლავი იმ ასეულ მილიონ და მილიარდ ვარსკვლავთაგან, რომლებიც ქმნიან უზარმაზარ დაჯგუფებას – „*რძეულ სარბიელს*“ (ლათინურად – *via lactea*; რუსულად – *Млечный Путь*), ანუ „*ირმის ნახტომს*“, როგორც მას ქართველები უწოდებენ. ვარსკვლავთა ამგვარ დაჯგუფებას გალაქტიკას უწოდებენ. იგი არის ზომითა და ფორმით განსხვავებული ერთ-ერთი იმ მრავალრიცხოვან გალაქტიკათა შორის, რომლებიც ქმნიან სამყაროს ანუ კოსმოსს. გალაქტიკა შედგება მილიონობით და მილიარდობით ვარსკვლავებისგან. „ირმის ნახტომის“ ვარსკვლავები და სხვა მატერია არსებულ მდგომარეობაში კავდება ერთიმეორეთი და სამყაროში არსებული გრავიტაციული მიზიდულობის ძალების მეშვეობით.

აღრე ადამიანისათვის ვარსკვლავი ცაზე უთვალავი იყო, ვინაიდან არ ხერხდებოდა მათი დათვლა, მაგრამ ასტრონომებმა ცა დაანაწილეს ცალკეულ ნაკვეთებად და თითოეულ მათგანში დათვალეს ვარსკვლავები, რომელთა რიცხვი ორივე ნახევარსფეროში 3 000 –დან 6 000 – მდე აღმოჩნდა. მაგრამ ეს იყო შეუიარაღებელი თვალით დანახული ვარსკვლავები. ტელესკოპის გამოგონების შემდეგ პირველად გალილეის მიერ 1610 წელს აღნიშნული იქნა, რომ ცა შედგება მილიონობით ვარსკვლავებისაგან და რომ ისინი უწესრიგოდ როდი არიან განლაგებული, არამედ ქმნიან მოწესრიგებულ სისტემებს. ერთ-ერთი ასეთი სისტემაა „ირმის ნახტომი“, რომელიც დამის მოწმენდილ ცაზე კიდრიან კიდემდე გამოიყოფა ნათელი ზოლის სახით. ეს ზოლი იმიტომაც ნათელი, რომ იქ მეტი ვარსკვლავია. სწორედ ამ სისტემას ეკუთვნის მზე როგორც ვარსკვლავი. „ირმის ნახტომს“ გვერდიდან ლინზის ფორმა აქვს, ხოლო ზევიდან – სპირალური. გალაქტიკას აქვს ეკვატორი – გალაქტიკური სიბრტყე, რომელიც მას შუაზე ჰყოფს და მის მართობულად – ღერძი, რომელზეც გალაქტიკა ბრუნავს. გალაქტიკის დიამეტრი ეკვატორულ სიბრტყეში უდრის 80 000 – 100 000 სინათლის წელიწადს, ხოლო სისქე ღერძის გასწვრივ – 10 000 სინათლის წელიწადს. სინათლის

წელიწადი არის მანძილი, რომელსაც სინათლე ერთ წელიწადში გაივლის. ეს იქნება 300 000 კმ იმდენჯერ, რამდენიც წელიწადში წამი არის, ანუ ეს მანძილი უდრის  $9.6 \times 10^{12}$  კმ. ასტრონომიაში არის მანძილის სხვა ერთეულებიც, კერძოდ, ასტრონომიული ერთეული, რომელიც მიახლოებით უდრის მანძილს მზიდან მიწამდე, ანუ  $150 \times 10^6$  კმ. აგრეთვე პარსეკი, რომელიც სინათლის წელიწადზე უფრო დიდია და უდრის  $30,8 \times 10^{12}$  კმ, ანუ 3,3 სინათლის წელიწადს. მზესთან ყველაზე ახლოს არის ვარსკვლავი ალფა ცენტავრი, რომელიც მზისგან 4 სინათლის წელიწადი მანძილითაა დაშორებული.

## 2.2. მზე და მზის სისტემა

მზე ერთ-ერთი ვარსკვლავია, ზომით საშუალო. იგი გალაქტიკის ცენტრიდან იმყოფება 26 000 სინათლის წელიწადის მანძილზე. მზე გალაქტიკაში შედის არა ცალკეულად, არამედ როგორც ციური სხეულების პატარა ჯგუფის ცენტრი. ამ ჯგუფს მზის სისტემას უწოდებენ. ამ სისტემას, გარდა თვით მზისა, შეადგენენ პლანეტები (ცთომილები) და მათი თანამგზავრები, ასტეროიდები, კომეტები, მეტეორიტები და ვარსკვლავთშორისი, ამ შემთხვევაში, პლანეტაშორისი ნივთიერება. მზის მასა მზის სიტემის 99,8% - ს შეადგენს. მზის რადიუსი უდრის 109 მიწის რადიუსს, მოცულობა თითქმის  $1,3 \times 10^6$  – ჯერ აღემატება მიწისას, მაგრამ მასა მხოლოდ 332 000 – ჯერ მეტია. ეს იმას ნიშნავს, რომ მზის საშუალო სიმკვრივე თითქმის 4-ჯერ ნაკლებია ვიდრე მიწისა. მზეზე ცნობილია 66 ქიმიური ელემენტი, რომლებიც მიწაზეც მოიპოვებიან (დანარჩენების განსაზღვრა არ ხერხდება). მათგან პირველი ადგილი უჭირავს წყალბადს, რომელიც მზის მთელი მასის 54% - ია, ხოლო მეორე – ჰელიუმს – 45%. ტემპერატურა მზის ზედაპირზე  $6\ 000^{\circ}\text{C}$ , ხოლო ცენტრში –  $2\ 000\ 000^{\circ}\text{C}$ . მიუხედავად იმისა, რომ წნევა ცენტრში  $10^9$  ატმოსფეროს უდრის და სიმკვრივე 100 ერთეულს აღემატება, ეს ვარსკვლავი მთლიანად გაზობრივ მდგომარეობაშია, ატომები დაშლილნი არიან და აქ მიმდინარეობს ბირთვული რეაქციები, ანუ წყალბადის ბირთვების შეერთება, რაც წარმოქმნის ჰელიუმის ბირთვს.

გამოთვლილია, რომ მზის მიერ გამოსხივებული ენერგია შეადგენს  $10^{33}$  ერგი/წამი –ს, რაც წარმოუდგენლად დიდი ციფრია. ეს ენერგია მიწამდე აღწევს ელექტრომაგნიტური გამოსხივების სახით, რომლის სიხშირე ქმნის სპექტრს, რომელიც შეიცავს რენტგენურ

და ულტრაისფერ სხივებს, ხილულ სინათლეს, სითბურ გამოსხივებას და რადიოტალღებს. ზოგიერთი ტალღისათვის მიწის ატმოსფერო გაუღწევადია, მაგრამ სითბური გამოსხივება და ხილული სინათლე თავისუფლად გადიან მასში. მიუხედავად იმისა, რომ მზის ენერჯის სრულიად უმნიშვნელო ნაწილი აღწევს მიწაზე, ეს ენერჯია კმარა იმისათვის, რომ ამოძრავოს მიწაზე ჰაერი და წყალი, ასახრდოს სიცოცხლე.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ მზის მიერ სითბოს გამოსხივება ამ ვარსკვლავს წარმოშობისას თანდაყოლილი სითბოს ხარჯზე ხდება. ასეთ შემთხვევაში სითბოს მარაგი მალე უნდა შემცირებულიყო და მზეც უნდა გაცივებულიყო. მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვებანი მოწმობს, რომ უკანასკნელი ერთი მილიარდი წლის მანძილზე მზის სითბო შესამჩნევად არ შემცირებულა. ეს იმით აიხსნება, რომ მზეზე მიმდინარე ბირთვული რეაქციების გამო უზარმაზარი ენერჯია გამოიყოფა. მზე კი არ ხარჯავს მხოლოდ ენერჯიას, არამედ წარმოშობს კიდევ მას. ამის გამო მისი გაცივება უკიდურესად ნელა უნდა მიმდინარეობდეს. გამოთვლილია, რომ მზის სათბობი, ანუ წყალბადი, მზეს ეყოფა კიდევ არანაკლებ 5 მილიარდ წელიწადს. ასე რომ, მზე შუახნის ვარსკვლავია, ვინაიდან მისი წარმოშობიდანაც 5 მილიარდი წელიწადია გასული. ნავარაუდევია, რომ მზის მასის ვარსკვლავები შედიან რა ხანდაზმულ ასაკში, მათი წყალბადის საწვავი მცირდება, ეცემა მათი გამოსხივება, ჰელიუმის ბირთვი იკუმშება, ხოლო გარეთა ფენები ფართოვდება, რის გამოც წარმოიქმნება „წითელი გიგანტები“ (მზე ამჟამად ყვითელი ვარსკვლავია). ამ სტადიის გავლისას ვარსკვლავი კარგავს ზედაპირული მასლის გარკვეულ ნაწილს და გადადის „თეთრი ჯუჯის“ სტადიაში. ასეთ შემთხვევაში გაიზრდება მისი გამოსხივება, რაც მისი გავლენით გაზრდის მიწის ზედაპირის ტემპერატურას. ამის შედეგად მიწაზე ამოშრება ოკეანეები და მოისპობა სიცოცხლე. ვარაუდობენ იმასაც, რომ „თეთრი ჯუჯის“ სტადიის შემდეგ მზე შევა სიბერის სტადიაში და თანდათან ჩაქრება, გადაიქცევა რა ბნელ, ცივ კოსმოსურ ნივთიერებად, ფერფლად ან ნაცრად.

მზეზე უფრო დიდი მასის ვარსკვლავების განვითარება უფრო სწრაფად და უფრო რთული გზით მიმდინარეობს. მათი სიბერის სტადია მოიცავს „უახლესი ვარსკვლავების“ აფეთქების საფეხურს, რის შედეგადაც ვარსკვლავის მასალა დიდი სიჩქარით იფანტება სივრცეში. აფეთქებული ვარსკვლავის დარჩენილი ბირთვი გადაიქცევა უზარმაზარი სიმკვრივის სხეულად (ნეიტრონულ ვარსკვლავად), ან ქრებიან მხედველობიდან, გადა-

იქცევიან რა „შავ ხვრელებად“, ანუ ობიექტებად ისეთი მძლავრი გრავიტაციული მიზიდულობით, რომ არავითარ ნაწილაკებს და სხივებს, მათ შორის სითბურს და სინათლისას, აღარ შეუძლიათ მათგან მოწყვეტა, ამიტომაც ჩანან შავ ხვრელებად.

### 2.3. პლანეტები

პლანეტები წარმოადგენენ მსხვილ ციურ სხეულებს, რომლებიც მოძრაობენ მზის გარშემო საკუთარ ორბიტებზე. ისინი მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან ზომით და შეიძლება ზომით შედგებოდნენ მყარი ნივთიერებით (მარილით), ნაწილობრივ ან მთლიანად შემოსაზღვრული იყვნენ კონცენტრული გარსებით, გაზების, აირადი ატმოსფეროთი ან გაყინული მყარი ნივთიერებით. დღეისათვის მზის სისტემაში გამოვლენილია 9 პლანეტა. ამათგან *მერკური, ვენერა, დედამიწა და მარსი* შეადგენენ შიგა, ანუ მზესთან ახლოს განლაგებულ პლანეტებს, რომლებიც შედარებით მცირე ზომისანი არიან და შედგებიან ქვიერი ან ლითონური ნივთიერებისაგან. მათ *დედამიწის ჯგუფის* პლანეტებსაც უწოდებენ. ბევრად უფრო მსხვილი პლანეტებია *იუპიტერი, სატურნი და ურანი*, ხოლო *პლუტონი* მცირე ზომისაა (იხ. ცხრილი). მათ გარე პლანეტებს უწოდებენ და შედგებიან დიდი რაოდენობით აირებისაგან: წყალბადის, ჰელიუმის, მეთანის და აგრეთვე მყარი ამიაკისა ( $\text{NH}_3$ ) და ნახშირორჯანგისაგან („მშრალი ყინული“). ეს ნივთიერებები გარს ეკვრიან მკვირვ ქვიან ბირთვის. პლუტონი იმდენად შორსაა ჩვენგან, რომ მის შესახებ მწირი ინფორმაცია მოიპოვება. ბოლო დროს გამოუთქვა აზრი, რომ იგი არც კი წარმოადგენს პლანეტას, რასაც ყველა არ ეთანხმება.

*დედამიწა, როგორც პლანეტა* (ანუ დედამიწა კოსმოსურ სივრცეში). დედამიწა მოზრაობს მზის გარშემო თითქმის წრიულ (ელიფსურ) ორბიტაზე. მისი საშუალო დაშორება მზისაგან 150 მლნ კმ-ია. ვინაიდან ორბიტა ელიფსური ფორმისაა და მზე კი ელიფსის ერთ-ერთ წერტილში იმყოფება, მისგან დედამიწის დაშორებაც სხვადასხვა დროს სხვადასხვაა. ყველაზე ახლო მანძილი უდრის 147 მლნ კმ-ს (აფელიუმი), ხოლო შორი მანძილი 152 მლნ კმ-ს (პერიჰელიუმი). დედამიწის მოძრაობის სიჩქარე ორბიტაზე უდრის 29,7 კმ/წამში. სულ შემოვლას მზის გარშემო იგი ანდომებს 365 დღე-ღამეს და 6 საათს. მიწა ბრუნავს წარმოსახვის დერძზე და ერთ შემობრუნებას ანდომებს 23 სთ., 56 წუთს და 4 წამს. მიწა, ისევე როგორც სხვა პლანეტები, გალაქტიკაში მონაწილეობს

რამდენიმე ბრუნვაში: 1. საკუთარ ღერძზე – სიჩქარით 0,46 კმ/წამში; 2. მზის გარშემო ორბიტაზე – სიჩქარე 29 კმ/წამში; 3. გალაქტიკის შიგნით, სისტემის ცენტრის (მზის) გარშემო – 20 კმ/წამში; 4. მზესთან ერთად - 250 კმ/წამში; 5. გალაქტიკასთან ერთად სხვა გალაქტიკებს შორის - 250 კმ/წამში; ეს სიჩქარე ტყვიის სიჩქარეზე 1000-ჯერ მეტია.

დედამიწის მასა ( ) უდრის  $5.976 \cdot 10^{27}$  გრ (მიახლ.  $6 \cdot 10^{27}$  გრ). მოცულობა =  $1,083 \cdot 10^{27}$  სმ<sup>3</sup>; სიმკვრივე გამოითვლება მასის და მოცულობის მიხედვით და უდრის 5,52 გრ/სმ<sup>3</sup>. ვინაიდან მიწის გარეთა, ქვიერი გარსის სიმკვრივე, საშუალოდ 2,2-ს უდრის, იმისათვის რომ მივიღოთ საშუალო სიმკვრივე 5,52, მიწის შიგა ნაწილები უნდა იყოს ბევრად უფრო მკვრივი, ვიდრე გარეთა გარსია. ვარაუდობენ, რომ შიგა ბირთვის სიმკვრივე არის 13, რაც იქ არსებული წნევის პირობებში შეესატყვისება ლითონური რკინის, ან ნიკელ-რკინის სიმკვრივეს.

**წელიწადის დროები.** ამ დროებს განსაძღვრავს მიწის მოძრაობა მზის სისტემაში და მზის სითბოს გავლენა, რაც იცვლება წლის განმავლობაში მიწის ღერძის დახრილობის გამო ორბიტის, ანუ ეკლიპტიკის სიბრტყისადმი. მიწის ბრუნვის ღერძის გადახრა ამ სიბრტყის მართობიდან უდრის 23,5 –ს. ამასთან, ეს გადახრა ორბიტაზე მოძრაობისას არ იცვლება, ამის გამო წლის განმავლობაში ხან ერთი ნახევარსფეროა მზისგან მეტად განათებული და მექ სითბოს იღებს, ხან მეორე. ასეთ შემთხვევაში მეტად განათებულ (გამთბარ) ნახევარსფეროში ზაფხულია, ხოლო ნაკლებად განათებულში, სადაც მზის სხივების დაცემის კუთხე მცირე - ზამთარი. შუალედური მდებარეობისას მზე თანაბრად ათბობს ორივე ნახევარსფეროს და ამ დრო გაზაფხული და შემოდგომაა. ამავე მდებარეობით განისაზღვრება დღე-ღამის ხანგრძლივობა ზაფხულში, სამთარში, გაზაფხულსა და შემოდგომაზე.

**მთვარე.** მთვარე წარმოადგენს დედამიწის ერთადერთ ბუნებრივ თანამგზავრს (იხ. ცხრილი №2). იგი საშუალოდ მიწის 60 რადიუსის ტოლი მანძილით არის დაშორებული მიწისგან (დაახლოებით 400 000 კმ. ). მთვარის რადიუსი დაახლოებით 1738 კმ-ია, ხოლო დიამეტრი – 3475 კმ., რაც თითქმის ოთხჯერ ნაკლებია დედამიწისაზე. მთვარის საშუალო სიმკვრივე მიწის სიმკვრივის 0.6 – ს შეადგენს (3,3 გრ/სმ<sup>3</sup>). ასე რომ, მთვარე მიწაზე პატარაა და თან მასზე მსუბუქი შედგენილობა აქვს. მიწის გარშემო მისი ერთი მიმოქცევის ციკლი (ერთი სავსე მთვარიდან მეორემდე) იკავებს 29,5 დღელამეს (ზოგი

მონაცემით 28 დღეღამეს). მთვარის ორბიტა მიწის ორბიტასთან ქმნის  $5^{\circ}$  – იან კუთხეს, რის გამოც მთვარე იშვიათად ხვდება მიწის ჩრდილში, მაგრამ მზისა და მთვარის დაბნელება გვიჩვენებენ, რომ ისეთი მდგომარეობა, როდესაც მთვარე და მიწა ერთმანეთს ჰფარავენ მზის სხივებისგან, მაინც ხდება. თუ მთვარე მოექცა მიწასა და მზეს შუა, იგი მზეს დაფარავს მთლიანად ან ნაწილობრივ და მოხდება მზის დაბნელება. თუ პირიქით, მიწა მოექცა მზესა და მთვარეს შუა, მიწის ჩრდილი მთვარეზე დაეცემა და მთვარის დაბნელებას გამოიწვევს, სრულს ან ნაწილობრივს. ამიტომ იმ სიბრტყეს, რომელშიც ხდება მზისა და მთვარის დაბნელება *ეკლიპტიკა* ეწოდება (ეკლიპს – ბერძნ. – დაბნელება).

მთვარის ბრუნვის პერიოდი საკუთარი ღერძზე და მიწის გარშემო მიმოქცევის დრო ერთიმეორეს ემთხვევა. ამიტომ მთვარის ერთი მხარე ყოველთვის მიქცეულია მიწისაკენ. თანამგზავრის მეორე მხარე მეცნიერებისათვის უცნობი იყო, სანამ მისი ფოტოსურათები რაკეტებმა არ მოგვაწოდეს. მთვარის ქანების აბსოლუტური ასაკი მასზედ მოპოვებული ნიმუშების რადიოლოგიური განსაზღვრით, შეადგენს 4,7 მილიარდ წელს, ანუ 0,9 მილიარდი წლით მეტს, ვიდრე დედამიწის ქანებისა.

მთვარის ზედაპირი შესწავლილია როგორც ასტრონავტების მიერ, ისე დისტანციურად მართვადი კოსმოსური მფრინავი აპარატებით. დედამიწისაკენ მიქცეული მხარე ხასიათდება *კრატერებით* (ჩაღრმავებებით), რომელთა დიამეტრი ათეული მეტრებიდან ასეულ კილომეტრებამდეა. მიაჩნიათ, რომ მათი უმეტესობა მეტეორიტების დაცემის კვალს წარმოადგენს, თუმცა ზოგიერთი კრატერი ვულკანური წარმოშობისა შეიძლება იყოს. მთვარის ზედაპირი დაფარულია ქვების ნატეხებით და მეტეორული მტვრით, მინერალთა მარცვლებით და მინისებური ნამსხვრევებით. ერთიანად ისინი ქმნიან მთვარის გრუნტს, ანუ *რეგოლითს*. შესწავლის შედეგად დადგენილია ზოგი განსხვავება მთვარესა და დედამიწას შორის. მთვარე ბევრად პატარაა და მასზე სიმძიმის ძალა შეადგენს დედამიწის ძალის  $1/6$ , მაგნიტური ველი სუსტია. მთვარეს არა აქვს ატმოსფერო, ამიტომ დღისით მისი ზედაპირი  $+115-120^{\circ} \text{C}$  ცხელდება, ხოლო ღამით ცივია

### მზის სისტემის პლანეტების მახასიათებლები

პლანეტა	დიამეტრი კმ-ში	მანძილი მზემდე მლნ კმ-ში	ორბიტაზე მიმოქცევის პერიოდი	თანამგზავრთა რაოდენობა	შეფარდებითი მასა (მიწის მასა = 1)	სიმკვრივე	ატმოსფერო	ზედაპირის ტემპერატურა C <sup>0</sup>
მერკური	4 880	57,9	88 დღე	0	0,055	5,4	—	დღე +350 ღამე - 170
ვენერა	12 253	108,2	224,7 დღე	0	0,815	5,2	CO <sub>2</sub>	ღრუბ-33 ზედაპ. +480
დედამიწა	12 756	149,6	365,26დღე	1	1,0	5,52	N, O, CO <sub>2</sub> , Az, H <sub>2</sub> O	ზედაპ. +22
მარსი	6 774	227,9	687დღე	2	0,108	3,9	CO <sub>2</sub> , Az, (?)	ზედაპ. -23
იუპიტერი	142 800	778,9	11,86 წლ.	13	317,9	1,314	H, He	ღრუბ. -150
სატურნი	120 000	1427	29, 46 წლ	11	95,2	0,704	H, He	ღრუბ. -180
ურანი	51 800	2870	84, 01 წლ	5	14,6	1,21	H, He, CH <sub>4</sub>	ღრუბ. -270
ნეპტუნი	49 500	4497	164,8 წლ	2	17,2	1,67	H, He, CH <sub>4</sub>	ღრუბ. -220
პლუტონი	5 800	5900	247,7 წლ	1	0,1(?)	2(?)	არაა აღმოჩენილი	-230 (?)

– 135<sup>0</sup> C. მთვარის საშუალო სიმკვრივე არის 3,3 გრ/სმ<sup>3</sup>, რითაც მცირედ განსხვავდება დედამიწის ზედა ფენების სიმკვრივისაგან, მაგრამ მიწის საშუალო სიმკვრივის 7/10 შეადგენს (გავიხსენოთ, რომ მიწის საშუალო სიმკვრივე 5,52-ია). ვინაიდან მთვარეს არ აქვს ატმოსფერო, აქ არც წვიმა და არც თოვლი არ იცის, მისი ზედაპირიც მცირედ იცვლება გეოლოგიური პროცესებით.

**ვენერა.** ეს უახლოესი პლანეტაა და ზომით და სიმკვრივით ჰგავს მიწას (იხ. ცხრილი 2), მაგრამ განსხვავდება ატმოსფერული წნევით, რომელიც 90 – ჯერ მეტია დედამიწისაზე. ატმოსფერო ძირითადად შედგება CO<sub>2</sub> და H<sub>2</sub>O-საგან, O<sub>2</sub> და HF ძალზე ცოტაა. ეს მკვრივი ატმოსფერული გარსი ქმნის ღრუბლების გაუვალ ფენას და წარმოშობს „სათბურის ეფექტს“, რის გამოც მის ზედაპირზე ტემპერატურა 750<sup>0</sup> –მდეა აბსოლუტურ ნულს ზევით, ანუ დაახლოებით +480<sup>0</sup> C. ვენერის ზედაპირი მყარია, რელიეფი ზომიერი, აქ არაა ოკეანეები და ოკეანური ღრმულები. პლანეტა ნელა ბრუნავს მიწის ბრუნვის უკუმიმართულებით, ანუ აღმოსავლეთიდან დაავლეთისაკენ და ღერძზე შემობრუნებას ანდომებს 243 მიწის დღედამეს.

**მარსი.** ეს არის წითელი პლანეტა. დედამიწას ჰგავს იმით, რომ აქვს დახრილი ბრუნვის ღერძი, რის გამოც მისთვის დამახასიათებელია წელიწადის დროები. პლანეტაზე იცის გიგანტური ქვიშიანი ქარები. მიწისგან განსხვავდება ზომით (დიამეტრი 6 774 კმ.), ხოლო მასა მიწის მასის 11% შეადგენს. სიმკვრივეც ნაკლებია (3,9), დედამის ხანგრძლივობა 24,5 საათია, ატმოსფერული წნევა 0,5 მიწისა. ატმოსფერო შედგება CO<sub>2</sub> (97%), ტემპერატურა მერყეობს –75<sup>0</sup> დან +15<sup>0</sup> –მდე. არაა ოკეანეები, მაგრამ არის ვულკანური გორები. ერთ-ერთი ვულკანური გორის დიამეტრი 600 კმ-ია, ხოლო სიმაღლე 23 კმ.

**ასტეროიდები.** პლანეტების გვერდით მზის სისტემაში აღსანიშნავია ბევრად უფრო მცირე ზომის სხეულები, რომელთაც ასტეროიდებს (ვარსკვლავის მსგავსს) ან *პლანეტოიდებს* (პლანეტების მსგავსს) უწოდებენ. ისინიც მზის გარშემო მიმოიქცევიან მარსსა და იუპიტერს შორის ორბიტაზე. პლანეტებისაგან განსხვავებით მათ აქვთ უწესო, კუთხედი ფორმა, რაც მათი სიპატარავის გამოა (დიდი ციური სხეულები სფერული ფორმისა არიან). ფიქრობენ, რომ ასტეროიდების საერთო რიცხვი შეიძლება 30 000 – მდე აღწევდეს. მათ შორის ყველაზე დიდია *ცერარის* ასტეროიდი (770 კმ). ასტრონომების აზრით, ასტეროიდები წარმოადგენენ გაფანტულ მასას, რომელმაც მზის სისტემის ჩამოყალიბების დროს რატომღაც ვერ წარმოქმნა ცალკე პლანეტა და არც სხვა პლანეტას შეუერთდა.

**კომეტები.** ესაა უცნაური ციური სხეულები, რომლებიც მოძრაობენ ძალზე წაგრძელებულ ელიფსურ ორბიტაზე, უახლოვდებიან მზეს და შორდებიან მას პლუტონის ორბიტის გარეთაც. კომეტების საერთო მასა მცირეა. მათში არის ამიაკის ( $\text{NH}_3$ ), მეთანის ( $\text{CH}_4$ ), წყალბადის ( $\text{H}_2$ ) და ციანმეთილის ( $\text{CH}_3 \text{CN}$ ) მოლეკულები. როდესაც კომეტა უახლოვდება მზეს, მისი გაყინული ნივთიერების ნაწილი გადადის გაზში (სუბლიმაციას განიცდის) და „მზის ქარის“ გავლენით გაიდევნება მზისგან საწინააღმდეგო მიმართულებით, რაც წარმოქმნის განათებულ კუდს. ანუ კომეტა შედგება თავისაგან, რომელიც წარმოადგენს *მანათობელ მყარ ბირთვის* და *გაზების კუდისაგან* (კომასაგან – კომა ბერძ. თმა), რის გამოც ხალხში მათ *კუდიან ვარსკვლავებს* უწოდებენ. ზოგი კომეტა, მაგალითად *გალეის კომეტა*, პერიოდულად – 76 წელიწადში ერთხელ ჩნდება. ზოგი კი უკან აღარ ბრუნდება, ამიტომ გაურკვეველია, ეკუთვნიან თუ არა ისინი მზის სისტემას.

**მეტეორიტები.** მზის სისტემაში, პლანეტაშორის სივრცეში, ცნობილია მცირე ზომის ციური სხეულები, რომლებსაც *მეტეორებს* უწოდებენ. დედამიწა ორბიტაზე მოძრაობისას გაივლის ამ ციური სხეულების ჯგუფის ახლოს, რის გამოც ეს სხეულები მიიზიდებიან დედამიწის მიერ და ხდება მათი შემოჭრა ატმოსფეროში. მეტეორები კოსმოსური სინქარით მოძრაობენ. ჰაერი მათ მოძრაობას წინააღმდეგობას უწევს და ძლიერი ხახუნის გამო ისინი ხურდებიან და ნათებას იწვევენ. ხალხი მათ *მოწყვეტილ ვარსკვლავებს* უწოდებს. ხშირად მეტეორი ჰაერშივე იწვევა, მაგრამ დიდი ზომისანი დედამიწის ზედაპირზე ეცემა. ამათ უკვე *მეტეორიტებს* უწოდებენ. მეტეორიტები ფორმით ნამტვრევებს წარმოადგენენ. მათი ზედაპირები ჰაერში სწრაფი გავლისა და გახურების გამო მოლღობილია და მინისებური ქერქი აქვთ გადაკრული. ზომით სხვადასხვა სიდიდისა არიან. მაგალითად ტუნგუსკის მეტეორიტი, რომელიც 1908 წელს ჩამოვარდა აღმოსავლეთ ციმბირში, რამდენიმე ათეულ ტონას იწონიდა, ხოლო სიხოტე-ალინის მეტეორიტის წონა სავარაუდოდ 100 ტონამდე იყო. მიწის ზედაპირზე დაცემისას მეტეორიტები ორმოს აჩენენ, რასაც მეტეორულ კრატერს უწოდებენ. ცნობილია *დიაბლოს* კრატერი ჩრდილო ამერიკაში.

შედგენილობისა და სტრუქტურის მიხედვით არჩევენ რამოდენიმე ჯგუფს. არის *რკინა-მეტეორიტები*, რომლებიც რკინისა და ნიკელისაგან შედგებიან და *ქვამეტეორიტები*, რომლებიც მაგმურ ქანებს უახლოვდებიან შედგენილობით. არის მათ შორის გარდამავალი *რკინა-ქვის მეტეორიტები*.

### თავი III თანამედროვე სამყაროს წარმოშობა

#### 3.1. დიდი აფეთქება და ცხელი სამყაროს მოდელი

ამჟამად ასტროფიზიკოსებს შორის ყველაზე მეტი პოპულარობით სარგებლობს „ცხელი სამყაროს“ მოდელი, ანუ წარმოდგენა, რომლის თამახმად თანამედროვე სამყარო წარმოიქმნა 15 – 20 მილიარდი წლის წინათ „დიდი აფეთქების“ შედეგად.

დღეს დადგენილად ითვლება, რომ სამყარო არასტაციონალურია – იგი ფართოვდება და მისი შემადგენელი გალაქტიკები დიდი სიჩქარით სცილდებიან ერთიმეორეს. მაშასადამე, ადრეულ ეპოქებში იგი უფრო მკვრივი უნდა ყოფილიყო. იგულისხმება, რომ არსებობდა უზარმაზარი სიმკვრივის და წარმოუდგენლად მაღალი ტემპერატურის მქონე მატერიის შეგუნდება, რომელშიც თავმოყრილი იყო მთელი სამყაროს მასა, ანუ დაახლოებით 15 – 20 მლრდ წლის წინათ არც ვარსკვლავები, არც გალაქტიკები ჯერ არ არსებობდნენ და ნივთიერება იმყოფებოდა ისეთ მდგომარეობაში, რომლის შესახებ ძალზე ცოტა რამ ვიცით, ისევე როგორც რატომ და როგორ წარმოიშვა იგი.

ამ გაგარგარებული მასის კოლოსალური შინაგანი წნევის გამო, გარკვეულ კრიტიკულ მომენტში, იგი სწრაფად უნდა გაფართოებულიყო, არსებითად გიგანტური აფეთქების ფორმით, რასაც მეცნიერები „დიდი აფეთქებას“ უწოდებენ. ამ აფეთქებას, რომელიც 15 მლრდ წლის წინათ მოხდა, შედეგად უნდა მოჰყოლოდა ნივთიერების გაფანტვა ყველა მიმართულებით, რასაც თან ახლდა სიმკვრივისა და ტემპერატურის სწრაფი დაცემა. სწრაფი გაფართოების შედეგად ამა თუ იმ სტადიაზე ტურბულენტური (გრიგალისებური) დინებების გამო უნდა წარმოქმნილიყო ნივთიერების სიმკვრივის თანაბარი განაწილება სამყაროში. ამ გზით გაჩნდებოდა ნივთიერების პირველადი შეგუნდებები, ვთქვათ გაზებრივ-მტვრისებური ნისლოვანებები და მათ შორის დიფუზიური მატერია (გაზი). ამ შეგუნდების შიგნით ნივთიერების დიფერენციაციის გზით გაჩნდა პროტოგალაქტიკები, ხოლო ამათ შიგნით – პროტოვარსკვლავები და ვარსკვლავები და ა. შ. მიანინათ, რომ გალაქტიკების საშუალო ასაკი 10 მლრდ წელია, ხოლო ჩვენი მზე და მისი სისტემა, დაახლოებით 5 მლრდ წლისაა. ამრიგად, „დიდი აფეთქების“ გამო სამყარო მიმდინარე პროცესების შედეგად სამყარო (კოსმოსი) გახდა ისეთი, როგორიც ამჟამად არის. მაგრამ გეოლოგიისათვის საინტერესოა თავად მზის სისტემის და, კერძოდ, დედამიწის

წარმოშობის საკითხი. ამ საკითხზე მეცნიერებაში წარმოიშვა განსხვავებული შეხედულებები, ვარაუდები, ანუ ჰიპოთეზები, რომელთაც 250-მდე წლის ისტორია აქვს.

### 3.2. კოსმოგონური ჰიპოთეზები და წარმოდგენები დედამიწის წარმოშობის შესახებ

ბერძნული სიტყვა „კოსმოსი“ ნიშნავს ციური სხეულებისა და მათი სისტემების ერთობლიობას, რომლის შემადგენლობასი შედის მზის სისტემაც და, მაშასადამე, დედამიწაც. *კოსმოგონია* კი არის მეცნიერება ციური სხეულების წარმოშობისა და განვითარების შესახებ. მზის სისტემის წარმოშობის მეცნიერული ახსნის ცდებს 250-მდე წლის ისტორია აქვს. მე – 12 და მე -19 საუკუნეებში, როდესაც კოსმოსის შესწავლის ტექნიკური საშუალებები ჯერ კიდევ პრიმიტიული იყო, სამყაროში აღმოჩენილი იქნა არამარტო მანამდე უცნობი ვარსკვლავები, არამედ მრავალრიცხოვანი ნისლოვანებები, ანუ ვარსკვლავთშორისი მატერიის ღრუბლისებური წარმონაქმნები (ნებულოზები), რომლებიც მეცნიერებმა გავარგარებული გაზების დაგროვებებად მიიჩნიეს. ამ ნისლოვანებებს აღმოაჩნდათ ბრტყელი ლინზისებური, ან სპირალური ფორმა, რაც მათ ბრუნვით მოძრაობაზე მიუთითებდა, ეს დაკვირვებები გახდა პირველი კოსმოგონიური ჰიპოთეზების საფუძველი. შემდგომში, ციურ სხეულებზე დაკვირვების ტექნიკური საშუალებების სრულყოფისა და დაგროვილი ცოდნის შესაბამისად, იცვლებოდა კოსმოგონიური ჰიპოთეზებიც, რაც გარკვეულ გავლენას ახდენდა გეოლოგიური მეცნიერების განვითარებაზეც. სწორედ ამ თვალსაზრისით არის გეოლოგებისათვის საინტერესო არსებული ჰიპოთეზების გაცნობა, რადგან მიწის, როგორც ციური სხეულის წარმოშობა-განვითარება განხილული უნდა იქნეს მზის სისტემისა და საერთოდ კოსმოსის განვითარებასთან კავშირში.

### 3.3. ადრეული კოსმოგონიური ჰიპოთეზები

კოსმიური ნისლოვანებებისაგან მზის სისტემის წარმოშობის ახსნის პირველი მეცნიერული ცდა ეკუთვნის გერმანელ ფილოსოფოსს *იმანუელ კანტს (1724 – 1804)*. მან ნიუტონის კანონებზე დაყრდნობით 1755 წელს გამოთქვა მოსაზრება, რომ სამყარო შედგებოდა გაფანტული მყარი და ცივი მატერიისაგან, რომელსაც ქაოტური მოძრაობა

ჰქონდა, მსოფლიო მიზიდულობის კანონის შესაბამისად მატერიის ნაწილაკებმა დაიწყეს უფრო მსხვილ ხეულებად შეერთება, ხოლო ურთიერთშეჯახების შედეგად შეიძინეს მიმართული ბრუნვითი მოძრაობა და სითბო. მიზიდულობის ძალების მოქმედებამ გამოიწვია ცენტრალური მასების წარმოშობა, რომელთა გარშემო მოძრაობდნენ დანარჩენი მასები. ამგვარი გზით გაჩნდა მზე, ხოლო მის გარშემო მბრუნავი მატერიისაგან – პლანეტები. კანტის აზრით, მზე წარმოადგენს გავარვარებულ, მაგრამ გაცივებულ მასას, რის გამოც მზე დროთა განმავლობაში უნდა ჩაქრეს. კანტის ჰიპოთეზას მეცნიერებისათვის დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა, ვინაიდან მანამდე სამყარო უცვლელად წარმოედგინათ.

1796 წელს ფრანგმა მათემატიკოსმა და ასტრონომმა *პიერ ლაპლასმა (1749-1827)* წამოაყენა მზის სისტემის წარმოშობის საკუთარი ჰიპოთეზა. იგი მიზნად ისახავდა აეხსნა ამ სისტემის კანონზომიერებები. კერძოდ, იმ დროისთვის უკვე ცნობილი იყო პლანეტებისა და მათი თანამგზავრების თითქმის წრიული ორბიტები და მათი მოძრაობა ერთი მიმართულებით და ერთ სიბრტყეში. აქედან ლაპლასი ასკენიდა, რომ ყოველივე ამის მიზეზი იყო მზის სისტემის ყველა სხეულის საერთო წარმოშობა. მისი აზრით, მზის სისტემა ჩამოყალიბდა უზარმაზარი პირველადი ნისლოვანებისაგან, როგორც მზის ატმოსფეროა და მას ახასიათებდა ნელი ბრუნვა. ხანგრძლივი დროის მანძილზე ნისლოვანება ცივდებოდა და იკუმშებოდა, რის გამოც იზრდებოდა ბრუნვის კუთხური სიჩქარე. ნისლოვანების ფორმა უახლოვდებოდა ბრტყელი დისკოს მოყვანილობას, რომლის ცენტრში ჩამოყალიბდა პირველყოფილი მზე. როდესაც ბრუნვის სიჩქარემ მიაღწია კრიტიკულ ზღვარს, ეკვატორულ სიბრტყეში მზეს მოსწყდა ნივთიერების გარკვეული მასა, რომელიც განაგრძობდა მზის გარშემო ბრუნვას. გარკვეული დროის შემდეგ ამავე გზით მოსწყდა ახალი მასა, რომელიც პირველის შიგნით იყო მოთავსებული და ა.შ. ეს მოწყვეტილი მასები შეგუნდდა სფერული ფორმის სხეულებად, რომლებიც შემდეგ ჩამოყალიბდნენ პლანეტებად და მათ თანამგზავრებად.

ი. კანტისა და პ. ლაპლასის შეხედულებებს ხშირად ერთიანი ჰიპოთეზის სახელით მოიხსენიებდნენ, რაც არ არის გამართლებული მათ შორის არსებული განსხვავებების გამო. კერძოდ, კანტისათვის ნისლოვანება შედგებოდა ცივი და მყარი სხეულებისაგან და სითბო მათ მხოლოდ შემდეგ შეიძინა, მაშინ როდესაც ლაპლასი ნისლოვანებას მიიჩნევდა გავავარებულ გაზად. ამის გარდა კანტი თვლიდა, რომ ნისლოვანებაში გაჩნდა

ცენტრალური მასა – მზე, რომლის გარშემო დაჯგუფდნენ იმავე ნისლოვანებისაგან წარმოქმნილი პლანეტები, ხოლო ლაპლასის აზრით, პლანეტების წინამორბედი მასები მზეს მოსწყდნენ და ამ მოწყვეტილიმასებისაგან წარმოიშვნენ. კანტისა და ლაპლასის ჰიპოთეზებში მე-19 საუკუნის დამლევს და მე-20 საუკუნის დასაწყისში წააწყდნენ რიგ წინააღმდეგობებს და ისეთ ახალ ფაქტებს, რომ უძველური აღმოჩნდნენ აეხსნათ მზის სისტემისა და პლანეტების მოძრაობის ზოგი თავისებურება. ამიტომ მე-20 საუკუნის დამდეგისთვის კანტისა და ლაპლასის ჰიპოთეზები ისტორიის საკუთრება გახდა.

### 3.4. ევოლუციონური ჰიპოთეზები

ახალ კოსმოგონიურ ჰიპოთეზებს უნდა დაეძლია ადრეულ ჰიპოთეზებში არსებული წინააღმდეგობები, მაგრამ მათი უმეტესობა *კატასტროფისტული* შეხედულების რიგისა იყო. ისინიც მზისაგან ნივთიერების წატაცებას გულისხმობდნენ, ხოლო თავად მზის წარმოშობის საკითხი არსებითად უგულვებელყოფილი იყო.

კატასტროფული ჰიპოთეზების კრიტიკულმა ანალიზმა მეცნიერები დაარწმუნა იმაში, რომ მზის სისტემის წარმოშობის ახსნა შეუძლებელია კოსმოსის ევოლუციის პროცესის გათვალისწინების გარეშე. ამერიკელი, ევროპელი და ყოფილი საბჭოთა კავშირის მეცნიერთა მცდელობით მე – 20 საუკუნის მეორე ნახევარში ჩამოყალიბდა *ევოლუციონური შეხედულებები*, რომლებიც კოსმოსური მატერიის ერთი ფორმის მეორეში გადასვლას და ევოლუციურ განვითარებას გულისხმობდნენ.

მეცნიერებს კოსმოსური მატერიის ევოლუციის პროცესი შემდეგნაირად აქვთ წარმოდგენილი. ვარსკვლავთშორისი სივრცის გაზი იმდენად მცირე სიმკვრივისაა, რომ შეუძლებლად მიაჩნიათ ასეთ გარემოში რაიმე სტაბილური და დამოუკიდებელი ციური სხეულების წარმოშობა. მაგრამ დროთა განმავლობაში კონდენსაციის გზით ეს გაზი გადაიქცევა წვრილ მტვრისებურ ნაწილაკებად, რომლებიც მიზიდულობის ძალის გაცლენით იკრიბებიან. ამას *გრავიტაციული კონდენსაცია* ეწოდება. ამ გზით წარმოიქმნებიან *გაზებრივ-მტვრისებური ნისლოვანებები*, რომელთა სიმკვრივე მნიშვნელოვნად სჭარბობს ვარსკვლავთშორისი გაზებისას. ამიტომ ახლა უკვე შესაძლებელი ხდება ნისლოვანებების არსებობა ერთიან დამოუკიდებელ სხეულებად. გაზის კონდენსაციისა და მტვრისებური ნაწილაკების შეკრების პროცესის შემდგომი გაგრძელება იწვევს *ბოჭკოვანი ნისლოვანების* წარმოქმნას და მის შიგნით მატერიის

რაოდენობრივი დიფერენციაციის (გადანაწილების) გზით უზარმაზარი *ვარსკვლავისებური შეგუნდებების* წარმოშობას. ეს უკანასკნელი ჯერ კიდევ არ წარმოადგენენ ვარსკვლავებს და ახასიათებთ სუსტი ნათება. მიზიდულობის ძალით შემდგომი შეკუმშვა და სიმკვრივის ზრდა ხელს უწყობს ტემპერატურის ზრდას, ხოლო ამ უკანასკნელის გარკვეული ზღვრის მიღწევას – ბირთვული რეაქციების განვითარებას (წყალბადის ატომების შეერთებით ჰელიუმის მიღებას). ასე იბადებიან *კაშკაშა ვარსკვლავები*, რომელთა შორის მანძილები იმდენად დიდია, რომ მათი ურთიერთგავლენა და ამის შედეგად დაშლა არ ხდება. დროთა განმავლობაში ენერჯის ხარჯვისა და გამოსხივების გამო ხდება კაშკაშა ვარსკვლავების გადაქცევა ჯერ *რიგით* (საშუალო, ყვითელ) *ვარსკვლავებად*, ხოლო შემდეგ – *ჩამქრალ ვარსკვლავებად*.

ამრიგად, კოსმოსური მატერიის ევოლუციის პროცესი შეიძლება წარმოვიდგინოთ შემდეგი გამარტივებული სქემის სახით: 1. ვარსკვლავთშორისი გაზი – 2. გაზებრივ-მტვრისებური ნისლოვანება – 3. ბოჭკოვანი ნისლევანება ვარსკვლავური შეგუნდებით – 4. ახალი კაშკაშა ვარსკვლავები – 5. რიგითი (საშუალო) ვარსკვლავები – 6. ჩამქრალი ვარსკვლავები (ცივი და ბნელი კოსმიური ნივთიერება, ფერფლიანი ნაცარი). აღნიშნული ევოლუციური პროცესის გარკვეულ სტადიაზე შესაძლებელი ხდება ვარსკვლავთა გარშემო *პლანეტების წარმოშობა და დაჯგუფება*. დღეისათვის მიაჩნიათ, რომ მკვრივ ბოჭკოვან დაჯგუფებაში ჩამოყალიბებული ვარსკვლავისებური შეგუნდების, ანუ *პირველყოფილი მზის* გარშემო და მის ეკვატორულ სიბრტყეში წარმოიქმნება დისკოსებური ან ლინზისებური სხეული, რომლის მატერიის მნიშვნელოვანი ნაწილი სწრაფი ბრუნვის გამო ვერ უერთდება მზეს. ამ სხეულის შიგნით ნივთიერება უთანაბროდ იყო განაწილებული. გრავიტაციული კონდენსაციის შედეგად ამ სხეულის ეკვატორულ სიბრტყეში ჩნდება შეგუნდებები – *პროტოპლანეტები*, რომელთაგან მხოლოდ ზოგიერთი შემორჩა და ჩამოყალიბდა პლანეტად. პლანეტები ერთიმეორისაგან დაცილებული იყვნენ უსაფრთხო მანძილებით, რათა არ დარღვეულიყო მათი გრავიტაციული წონასწორობა სივრცეში. ზოგი მეცნიერის აზრით პლანეტთა შედგენილობა დასაწყისში ერთგვაროვანი უნდა ყოფილიყო, მაგრამ მზის ენერჯის გავლენით მზესთან ახლომყოფ პლანეტებს მსუბუქი ელემენტების ნაწილი სივრცეში გაფანტვის გზით უნდა დაეკარგათ. სხვა მეცნიერების მიხედვით, კი ნივთიერების დიფერენციაცია უნდა მომხდარიყო ჯერ კიდევ პლანეტური სხეულების ჩამოყალიბებამდე. აღსანიშნავია, რომ მიწის ჯგუფის შიდა

პლანეტები (მერკური, ვენერა, დედამიწა, მარსი) წარმოქმნის შემდეგაც განიცდიდნენ გრავიტაციულ წაზრდას (აკრეციას), ლითონური ნივთიერების თანდათან მატების გზით. აკრეციის ენერჯის გამოყოფა იწვევდა მიწის შიგნეთის პირველად გახურებას და ნივთიერების პირველად გრავიტაციულ დიფერენციაციას. ასე რომ, პლანეტები უკვე ადრეულ სტადიებზე იწყებდნენ ჩამოყალიბებას უფრო მკვრივი და ძნელადღვობადი **ლითონური ბირთვით** და ნაკლებად მკვრივი და ადვილადღვობადი **სილიკატური მანტიით**. დასაშვებია ისიც, რომ მიწის ჯგუფის პლანეტებმა მზესთან სიახლოვის გამო და მზისმიერი ქარის (გამოსხივების) გავლენით დაკარგეს მსუბუქი (აქროლადი) ელემენტების დიდი ნაწილი და ამიტომაც შედგებიან უმთავრესად ქვიერი, რკინა-სილიკატური მასალისაგან, მაშინ როდესაც გარე პლანეტები აგებული არიან ძირითადად ყინულისა და გაყინულ მდგომარეობაში მყოფი მსუბუქი გაზებისაგან: წყალბადის, ამიაკის, მეთანის და სხვათაგან.

ყოველივე ზემოთქმულიდან უნდა დავასკვნათ, რომ მზის სისტემის პლანეტები, მათ შორის მიწაც, გაჩნდნენ არა მზისგან მოწყვეტის გზით, არამედ **კოსმოსის გაზებრივ-მტვრისებური ნისლოვანების თანდათან ჰარდაქმნის გზით**. მიწა კიდევაც რომ ჩასახულიყო როგორც ცივი პლანეტა, მისი შინაგანი სითბოს დაგროვება უნდა გამოეწვია მთელ რიგ ფაქტორებს, ასეთებად მიაჩნიათ: მიწაზე მეტეორიტების დაცემა, ანუ გრავიტაციული აკრეცია სითბოს გამოყოფით; მიწის შიგნეთში გრავიტაციული დიფერენციაცია ბირთვისა და მანტიის წარმოქმნით და სითბოს გამოყოფით; რადიოაქტიური ელემენტების დაშლა დიდი რაოდენობის სითბოს გამოყოფით; ქიმიური რეაქციები და სხვ.

## თავი IV. დედამიწის საერთო რაგვარობა

### მიწის ფორმა და სიდიდე

დედამიწა ციური სხეულია და სამყაროს მცირე ნაწილის – მზის სისტემის ერთ-ერთ პლანეტას წარმოადგენს. მისი ერთიანად დანახვა ადამიანს არ შეუძლო და ამიტომ მისი ფორმისა და სიდიდის შესახებ არ ჰქონდა სწორი წარმოდგენა. რასაც ხედავდა, იმის მიხედვით, მიწა ადამიანს წარმოედგინა როგორც თვალუწვდენელი ვაკე, მეტად თუ ნაკლებად მთებით მოფენილი და ზღვებით გარემოცული.

ძველი ბერძენი მეცნიერები უკვე მე – 5 საუკუნეში ჩვენს წელთაღრიცხვამდე მივიდნენ დასკვნამდე, რომ მიწის *ფორმა სფერული არის. არისტოტელემ* მე – 4 საუკუნეში ჩვ. წ. აღრიცხვამდე გამოიყენა ისეთი საბუთიც, როგორიც არის მთვარეზე მიწის ჩრდილის ყოველთვის რკალური კონტური მთვარის დაბნელებისას. ის აღნიშნავდა, რომ ყველა მდებარეობაში წრიული ჩრდილის მოცემა მხოლოდ სფერულ სხეულს შეუძლიაო. დღეს მიწის სფერული ფორმა ადამიანს შეუძლია დაინახოს ხელოვნური თანამგზავრებიდან გადაღებული ფოტოსურათებით, ან უშუალო დაკვირვებით.

რაც შეეხება მიწის სიდიდეს, უკვე მე – 3 საუკუნეში ჩვენ წელთაღრიცხვამდე ბერძენმა მეცნიერმა *ერატოსთენემ* მოახერხა მისი გაზომვა. ამისათვის მან გამოიყენა სფეროს, როგორც გეომეტრიული ფიგურის, თვისება, რომლის მცირე ნაწილით შესაძლებელია მთელი ზედაპირის აღდგენა. საჭირო იყო ამ მცირე ნაწილის, ანუ რკალის სიგრძისა და მისი შესატყვისი ცენტრალური კუთხის სიდიდის ცოდნა. ერატოსთენემ იცოდა, რომ ეგვიპტის ქალაქები ქაირო და სიენა (ასუანი) ერთ მერიდიაზე მდებარეობენ. მაშასადამე მანძილი მათ შუა სისი წრის რკალს წარმოადგენს. ეს მანძილი სამხედრო შარაგზას ემთხვეოდა და კარგად იყო გაზომილი. გასაზომი რჩებოდა რკალის შესატყვისი ცენტრალური კუთხე. ეს ამოცანა ერატოსთენემ მარტივად გადაწყვიტა. მან იცოდა, რომ ზაფხულის არდადეგის დღეს (22 ივნისს) მზის სხივები სიენში მართობული არიან, ხოლო ალექსანდრიაში – დახრილი და შევეულთან ქმნიან კუთხეს. სიენში და ალექსანდრიაში გატარებული მიწის ზედაპირისადმი მართობული ხაზები (შვეულები) გადაიკვეთებიან წრის ცენტრში და მაშასადამე ქმნიან <sup>1</sup> ცენტრულ კუთხეს. = <sup>1</sup> (რატომ?). ერატოსთენემ გაზომა კუთხე და ამით გაიგო <sup>1</sup> – ის სიდიდე, რაც იგივეა რომ გაეგო

სათანადო რკალის გრადუსული სიდიდი. ეს რკალი, ანუ მანძილი სიენიდან ალექსანდრიაში, გაყოფილია -ზე და მიიღო ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძე. ეს რიცხვი გამრავლებული 360 – ზე იქნება მთელი მერიდიანის წრეხაზის სიგრძე –  $2 R$ ,  $R =$  ამით მან გაიგო რადიუსის სიგრძე და ამით მთელი მერიდიანის სიგრძეც. აღმოჩნდა, რომ ერთოსთენეს მიერ მიღებული რიცხვები მცირედ განსხვავდებიან თანამედროვე გაზომვების შედეგებისაგან. ამგვარად, მიწა რომ სფერულია, დიდი ხანია მტკიცედ არის დადგენილი, მაგრამ რატომ არის იგი სფერული, ეს უცნობი იყო. ამ საკითხს მე - 17 საუკუნეში *ი. ნიუტონმა* მოჰფინა შუქი. მსოფლიო მიზიდულობის კანონის თანახმად მიზიდვის ძალა მასის ცენტრისკენ არის მიმართული და ყოველმა დიდმა სხეულმა (აგლომერატმა, გროვამ) სფერული ფორმა, ანუ ყველაზე რაციონალური გეომეტრიული ფორმა უნდა მიიღოს. ამიტომაც არიან პლანეტები სფერული ფორმისა, ხოლო ასტეროიდებს, რომლებიც გაცილებით მცირე ზომისა არიან, შემთხვევითი კუთხედი ფორმა აქვთ. მაგრამ ნიუტონმავე გამოსთქვა აზრი, რომ მიწა ზუსტად სფერული არ შეიძლება იყოს, ვინაიდან იგი ღერძზე ბრუნავს. ამიტომ ბრუნვის ხაზობრივი სიჩქარე ეკვატორთან უდიდესი იქნება, ხოლო პოლუსებთან ნულის ტოლი. ამ მოძრაობამ უნდა წარმოშვას ცენტრიდანული (ცენტრგამრიდი) ძალა, რომელსაც სიმძიმის ძალის საწინააღმდეგო მიმართულება ექნება და გამოაკლდება სიმძიმის ძალას. პოლუსებისაკენ ეს ძალა თანდათან კლებულობს და ნულს უტოლდება. ამ მიზეზთა გამო მიწა ეკვატორთან გამოიბურცება, ხოლო პოლუსებთან ჩაბრტყელებული უნდა იყოს. ამრიგად, მერიდიანის ფორმა იქნება არა წრეხაზი, არამედ *ელიფსი*, რომლის მოკლე ღერძი დაემთხვევა ბრუნვის ღერძს. მიწის ბრუნვისას ელიფსი შემოხაზავს ფიგურას, რომელსაც *ბრუნვითი ელიფსოიდი* ეწოდება. ე. ი. მიწის ფორმა არის არა სფერო, არამედ *ელიფსოიდი*.

ნიუტონის ეს მოსაზრება საფრანგეთის მეცნიერებათა აკადემიის ექსპედიციებმა შეამოწმეს გაზომვებით და დაადასტურეს კიდევ. ამჟამად მიღებულია, რომ მიწის *პოლუსური რადიუსი Rp* უდრის 6356, 912 კმ, ხოლო ეკვატორული *Re* უდრის 6378,388 კმ. სხვაობა მათ შორის არის 21,4765 კმ. აქედან ჩანს, რომ მიწის ჩაბრტყელება, ანუ *ექსცენტრისიტეტი* უდრის  $1 : 297$  (30 – სანტიმეტრიანი რადიუსის მქონე გლობუსზე ეს ჩაბრტყელება ერთი მილიმეტრი იქნება, ე. ი. პრაქტიკულად შეუმჩნეველი დარჩება).

რაკი ვიცით მიწის რადიუსის სიდიდე, ძნელი არ არის მიწის ზედაპირის ფართობისა და მისი მოცულობის გამოთვლა. **ფართობი  $S = 4 R^2 = 510 \cdot 10^6$  კმ<sup>2</sup>. მოცულობა  $V = 4/3 R^3 = 1,083 \cdot 10^{12}$  კმ<sup>3</sup>.**

მყარი მიწის ზედაპირი ძლიერ უსწორმასწოროა და ვერც სფეროდ და ვერც ელიფსოიდად ვერ ჩაითვლება, მაგრამ მიწის ზედაპირის თითქმის სამი მეოთხედი დაფარულია წყლით. ამიტომ **მიწის ელიფსოიდის ზედაპირის ფიზიკურ გამოხატულებად** სწორედ ოკეანეების ზედაპირი იგულისხმება. მაგრამ არც ეს არის სწორი გამოხატულება, ვინაიდან კონტინენტების მასა ოკეანის წყალს თავისკენ იზიდავს და ამის გამო ოკეანის დონე კონტინენტებთან მიახლოებისას მეტად ან ნაკლებად ამაღლებულია და ამიტომ ელიფსოიდი **დეფორმირებულია** და მას **გეოიდს** უწოდებენ. **გეოიდი** არ არის რომელიმე წესიერი გეომეტრიული ფიგურა. იგი წარმოსახვითი ფიგურაა, რომლის ფორმა მიწის ზედაპირზე და შიგნეთში მასათა გადანაწილების გამომხატველია და დამახასიათებელია მიწისათვის. გეოიდის ზედაპირი ზევით იწევს კონტინენტების ფარგლებში და ქვევით – ოკეანეებში. განსხვავება ელიფსოიდის ზედაპირისაგან ათიოდე მეტრებს შეადგენს, მაგრამ ზუსტი მათემატიკური გამოთვლებისათვის, კერძოს, თანამგზავრების ან რაკეტების გაშვებისას ეს გასათვალისწინებელია.

#### **გრავიტაცია, მასა და სიმკვრივე.**

ყოველი მოვლენა მიწის, ზედაპირზე თუ მის ქვეშ, მიწისმიერი მიზიდულობის გარემოში მიმდინარეობს, ანუ მიწის **გრავიტაციულ ველში** ხდება. ასეა ყველა გეოლოგიური პროცესიც. იმავე გრავიტაციას უნდა ვუმაღლოდეთ, რომ მიწას გაზებრივი ატმოსფერო აქვს. ზევით გასროლილი ქვა გრავიტაციის საწინააღმდეგოდ მოძრაობს, მაგრამ გრავიტაცია მის სიჩქარეს თანდათან ამცირებს, ბოლოს ქვა შეჩერდება და უკან წამოვა მიწისკენ. ასევეა ჰაერის ნაწილაკებიც, მაგრამ თუ ნაწილაკის სიჩქარე იმდენად დიდია, რომ მისი მოძრაობის ენერჯია მეტია, ვიდრე მიწის მიზიდულობა, ეს ძალა მას უკან ვეღარ დააბრუნებს. იმ სიჩქარეს, რომელიც კმარა იმისათვის, რომ სხეული გასცდეს მიწის მიზიდულობას, **გასხლტომის სიჩქარე** ჰქვია. მიწის ზედაპირზე გასხლტომის სიჩქარე უდრის 11 კმ/წმ. იმისათვის, რომ რაკეტა მიწას გასცილდეს, მისი სიჩქარე ამდენი ან ამაზე მეტი უნდა იყოს.

სხვადასხვა პლანეტის შემთხვევაში გრავიტაციაც სხვადასხვაა და რაც უფრო დიდია პლანეტა და დიდი მასა აქვს, მით მეტია გრავიტაცია. ამიტომ არის, რომ პატარა მთვარის

გარშემო ატმოსფერო არ არის. გრავიტაციამ შესაძლებელი გახადა მიწის *მასისა* და *სიმკვრივის* გაზომვა. იმისათვის, რომ მიწის მასა გაეზომოთ, უნდა ვიცოდეთ მისი მოცულობა და სიმკვრივე. მოცულობა ვიცით  $V = 1,083 \times 10^{12}$  კმ<sup>3</sup>, საძებნია სიმკვრივე.

*ნიუტონის მსოფლიო მიზიდულობის კანონის* თანახმად ორი სხეულის ურთიერთ-მიზიდულობა პირდაპირპროპორციულია მასის და უკუპროპორციულია მათი ცენტრებიდან მანძილების კვადრატისა. აქედან გამომდის, რომ რომელიმე სხეულის წონა  $P$  (ანუ მიწის მიერ მისი მიზიდულობის ძალა) პროპორციულია ამ სხეულის მასის ( $m$ ) ნამრავლის მიწის მასაზე ( $M$ ), გაყოფილს მიწის რადიუსის კვადრატზე ( $R^2$ ), ე. ი.  $P = \dots\dots\dots$   $k$  არის პროპორციულობის კოეფიციენტი, რომლის სიდიდე მე-18 საუკუნეში გაზომა ინგლისელმა *კავენდიშმა* და იგი უდრის  $9,67 \times 10^{-8}$  CGS სისტემაში.

იმისათვის, რომ გაეზომოთ სხეულების ურთიერთმიზიდულობა, უნდა ჯერ გავიგოთ საკმაოდ დიდი სხეულის მასის მოქმედება, ანუ ავწონოთ იგი. ამით ვიპოვით ამ ძალის შეფარდებას მიწის მასასთან. ამ მიდგომით სხვადასხვა ხერხით სვადეს მიწის სიმკვრივის გაზომვა. ყველაზე ხელსაყრელი აღმოჩნდა *მობრუნალი სასწორით* გაზომვა, რაც იმავე კავენდიშმა გამოიყენა, ხოლო *ჟოლიმ* – მარტივი, მაგრამ ძალზე მგრძობიარე *თევშებიანი სასწორით* გაზომა. კავენდიშმა სხეულად აირჩია ტყვიის ბურთი ( $A$ ) და შეადარა მისი წონა რომელიმე მცირე სხეულს ( $a$ ) და დედამიწის მასას  $a : A : M$ , ე.ი. რამდენჯერაც  $A$  მეტია  $a$ -ზე, იმდენჯერ  $M$  მეტია  $A$ -ზე. ჩასვა მიღებული სიდიდეები ფორმულაში  $M = \dots\dots\dots$  სადაც  $P$  სხეულის წონაა,  $R$  – მიწის რადიუსი,  $m$  – პატარა სხეულის წონა,  $k$  – პროპორციულობის კოეფიციენტი. ასე, რომ აიწონა მიწა, რომლის მასა  $M = 6 \cdot 10^{27}$  გრ.

ვინაიდან მოცულობა უკვე ცნობილი იყო, მთელი მიწის საშუალო სიმკვრივე გამოვიდა  $5,52$  გრ/სმ<sup>3</sup>. მაგრამ ეს სიმკვრივე სჭარბობს ყველა ცნობილი ქანის სიმკვრივეს, რომელიც  $3,3$  –ზე მეტი არ არის, ხოლო გრანიტისა  $2,7$  –ია. საშუალო რომ მივიღოთ, მიქის შიგნეთში ნივთიერების სიმკვრივე მეტი უნდა იყოს და ამჟამად მიაჩნიათ, რომ გულში იგი 11-მდე იზრდება და იგი ნიკელ-რკინით არის აგებული (ნიფე – Ni, Fe). ასეტი გარემოება უნდა მომხდარიყო ნივთიერების *გრავიტაციული დიფერენციაციის* შედეგად, რაც თხევად და სუსტად ბლანტ სხეულში შედარებით ადვილი წარმოსადგენია, მაგრამ მყარ მიწაში – ძნელი. თუმცა იგულისხმება, რომ ეს პროცესი ძალიან ნელა უნდა განვითარებულიყო და რომ გარკვეული, ძალიან მცირე დენადობა წნევისა და ტემპერატურის გაზრდით მყარ ნივთიერებასაც უნდა ახასიათებდეს.

*სიმძიმის ძალის ინტენსივობა* მიწის ზედაპირზე არათანაბრად არის განაწილებული. იგი ჩვეულებრივ იზომება *იმ აჩქარებით*, რომელსაც ეს ძალა აძლევს სხეულს ვარდნის პროცესში. მიწა რომ სფერული იყოს და უძრავი, ეს ძალა ზედაპირზე თანაბარი იქნებოდა. ელიფსოიდურობის გამო იგი უნდა შეიცვალოს ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ: ეკვატორზე უმცირესი იქნება, პოლუსებზე კი უდიდესი. მართლაც გამოთვლით დადგინდა, რომ ეკვატორზე  $g = 978$  სმ/წმ<sup>2</sup>, პოლუსებზე  $= 985$  სმ/წმ<sup>2</sup>, ხოლო თბილისში  $= 980$  სმ/წმ<sup>2</sup>.

გარდა ამ განედური ცვალებადობისა,  $g$ -ს შემცირება ხდება დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლის ზრდასთან ერთად, რადგან აქ  $g =$    სადაც  $h$  – სიმაღლეა მიწის ზედაპირიდან. საკითხავია, როგორია სიმძიმის ძალის ინტენსივობის განაწილება მიწის შიგნით, სიღრმეში. ნიუტონის კანონის თანახმად, რაც უფრო ახლო ვართ მიზიდულობის ცენტრთან, ძალა კვადრატში იზრდება, მაგრამ ასეთი რამ ხდება, როცა მიმზიდველი მასები ერთიმეორის გარეთ მდებარეობენ. მაგრამ თუ სხეული შიგნით მდებარეობს, მაშინ მის გარეთ მდებარე მიწის ნაწილი გამოაკლდება სიმძიმის ძალას, ვინაიდან ამ ნაწილის შემადგენელი ნივთიერების მიზიდულობის ძალა ბათილდება და ნულს უდრის. შიგნით მოთავსებულ სხეულს მხოლოდ მის ქვეშ დარჩენილი მასა იზიდავს, ხოლო გარეთ დარჩენილი მასა თითქოს არც არსებობს. რაც უფრო ღრმას ჩავიწევთ, მით უფრო ნაკლებია მიზიდულობის ძალა და *მიწის ცენტრში* იგი *ნულს გაუტოლდება*.

რაც შეეხება წნევას, ცნობილია, რომ მას იწვევს რომელიმე წერტილის ზევით მდებარე ფენების სიმძიმე და ფენების სვეტის სიმაღლე სწორედ ცენტრში იქნება ყველაზე მეტი. ამიტომ დაწოლაც აქ იქნება უდიდესი. გამოთვლილია, რომ მიწის ცენტრში წნევა 3,3 – 3,5 მილიონ ატმოსფეროს უდრის, თანაც ეს წნევა *ჰიდროსტატიური ხასიათისაა*, ანუ ყოველმხრივ არის მიმართული.

### 4.3 გეოთერმია

აღნიშნავენ მიწის სითბოს ორ ძირითად წყაროს – მზის სითბო და მიწის შინაგანი სითბო. მიწის ზედაპირის ტემპერატურა იცვლება დღეღამეში (დღისით მეტი, ღამით ნაკლები) და წლის განმავლობაში (ზაფხულში მეტი, ზამთარში ნაკლები). მაგრამ როგორია მდგომარეობა ამ მხრივ ზედაპირის ქვეშ? გამოირკვა, რომ მიწის ზედაპირიდან სიღრმეში ტემპერატურის დღეღამური ცვლილება თანდათან იკლებს და გარკვეულ სიღრმეზე იგი ზამთარ-ზაფხულ უცვლელი რჩება. იმ სიღრმეს, სადაც დღეღამეში და წლის განმავლობაში უცვლელი ტემპერატურა იწყება, *მუდმივი ტემპერატურის დონე* ეწოდება. ეს ის დონეა,

სადამდეც აღწევს მზის სითბოს უშუალო გავლენა. აქ ტემპერატურის დღეღამური, სეზონური, წლიური და საუკუნეებრივი რყევა არ შეიმჩნევა. მუდმივი ტემპერატურის დონის სიღრმე და თავად ტემპერატურის სიდიდე სხვადასხვა მხარეში სხვადასხვაა და ჰაერის მიხედვით მიწის ზედაპირის საშუალო წლიურ ტემპერატურას უდრის.

ამ დონის ქვევით სიღრმეში ტემპერატურის სეზონური ცვლილება აღარ შეინიშნება, მაგრამ ტემპერატურა იზრდება სიღრმესთან ერთად. ასეთი ზრდა გვირაბებში, შახტებში, ბურღილებში ხდება კანონზომიერად, თუმცა სხვადასხვა ადგილებში სხვადასხვა ზომით. საშუალოდ აღნიშნავენ, რომ ყოველ 100 მ-ზე ტემპერატურა იზრდება  $3^{\circ}$ , ე.ი. 33 მ-ზე  $1^{\circ}$  – ით, თუმცა ვულკანურ მხარეებში ცვლა ხდება უფრო სწრაფად, კერძოდ, 7-10 მ-ზე, ხოლო კოლის ნახევარკუნძულზე – 153 მ-ზე. ამ გარემოების დახასიათებისათვის შემოღებულია სპეციალური სიდიდეები: 1. ტემპერატურის ნამატს (ზრდას) სიგრძის ერთეულზე, ვთქვათ 100 მ-ზე, *გეოთერმული გრადიენტი* ეწოდება, კერძოდ, 100 მ-ზე იქნება  $3^{\circ}$ , 1 კმ-ზე  $30^{\circ}$ ; 2. შებრუნებულ სიდიდეს, ანუ მანძილს, რომეზეც ხდება ტემპერატურის ცვლა  $1^{\circ}$ -ით, ეწოდება *გეოთერმული საფეხური*. მაგალითად, 100 მ :  $3^{\circ}$  = 33მ. ეს იქნება საფეხური, თანაბარი ტემპერატურის მქონე მიწის სიტტმის წერტილების შემაერთებელი ხაზები იქნება *გეოიზოთემები*. მათი მოხაზულობა უსწორმასწოროა და უახლოვდება მიწის ზედაპირის მოყვანილობას, ანუ რელიეფის ფორმას. მიწა რომ სფერული და ერთგვაროვანი ყოფილიყო, გეოიზოთერმები კონცენტრული წრეხაზები იქნებოდა.

ტემპერატურის მატება მიწის ცენტრისკენ ისევე რომ გაგრძელებულიყო, როგორც ზედაპირთან ახლოს არის, ცენტრში ტემპერატურა 200 000<sup>0</sup> მიუახლოვდებოდა. გამოირკვა, რომ დიდ სიღრმეებში ტემპერატურის ამაღლება თანდათან უფრო ნელა მიმდინარეობს, ანუ გეოთერმული გრადიენტი მცირდება, ანუ გეოთერმული საფეხური იზრდება. ამჟამად მიღებული შეხედულების თანახმად მიწის ცენტრში 100 000<sup>0</sup> –ზე ნაკლები, 4-6 ათასი გრადუსი უნდა იყოს. ის გარემოება, რომ ტემპერატურა მიწის სიღრმეში იზრდება, გვაფიქრებინებს, რომ შიგნეთიდან ზედაპირისკენ, ანუ მაღალი ტემპერატურიდან დაბალისაკენ, *სითბოს მუდმივი ნაკადი* მოძრაობს, ეს ნაკადი გაზომილიც არის. მიწის ზედაპირის ყოველი 100 მ<sup>2</sup> სეკუნდში 1,2 კალორია სითბოს ატარებს და მაშასადამე, მიწა სითბოს უზარმაზარ რაოდენობას ხარჯავს. ადრე მიაჩნდათ, რომ მიწა წარმოშობისას ძლიერ მხურვალე იყო და სითბოს დიდი მარაგი ჰქონდა, მაგრამ გამოირკვა, რომ ასეც რომ ყოფილიყო, მიწის გაციება 40 მილიონი წელიწადი უნდა გაგრძელებულიყო. დღეს

დადგენილია, რომ მიწა 4,5 მილიარდი წელიწადი არსებობს. ამ წინააღმდეგობის ასხნა მე-20 საუკუნეში მოხერხდა, მას შემდეგ, რაც რადიოაქტიური ელემენტები იქნა აღმოჩენილი. ეს ქიმიური ელემენტები განუწყვეტლივ დაშლას განიცდიან და სითბოს დიდ რაოდენობას წარმოშობენ, ასე, რომ მიწა სითბოს კი არ ხარჯავს მხოლოდ, არამედ წარმოშობს კიდევ. ცხადია, რადიოაქტიური ნივთიერება კლებულობს და მიწა მაინც უნდა ცივდებოდეს, მაგრამ ეს გაცივება შეუდარებლად ნელა ხდება, ვიდრე წინათ მიაჩნდათ. საყურადღებოა, რომ სითბოს ნაკადი კონტინენტებში და ოკეანის ფსკერში თითქმის თანატოლი არის და უდრის  $1,2 \times 10^{-6}$  კალორიის ყოველ სმ<sup>2</sup>/წმ-ში.

#### 4.4. მიწის მაგნეტიზმი

უკვე ძველ დროში ცნობილი იყო, რომ ზოგი რკინის მადანი რკინის საგნებს იზიდავს. ისეთი ქანი ცნობილი იყო მცირე აზიის ქალაქ მაგნეზიასთან და ამის მიხედვით მას მაგნეტი, ანუ *მაგნეტი* დააერქვა. მე-12–მე-13 საუკუნეებში ყურადღება მიექცა იმას, რომ თავისუფლად მოძრავი მაგნიტური ისარი გარკვეულ ორიენტაციას იჩენს. ამის საფუძველზე შეიქმნა *კომპასი*. მაგნიტური ისრის იმ ბოლოს, რომელიც ჩრდილოეთისკენ იყურება, ჩრდილო პოლუსი ეწოდება, ხოლო მეორეს - სამხრული. ერთი მაგნიტის ჩრდილო პოლუსი მეორის სამხრულს იზიდავს, ხოლო ჩრდილოს უკუაგდებს. მაგნიტს გააჩნია მაგნიტური ველი, რომელიც მის გარეთაც ვრცელდება და თანდათან სუსტდება და ბოლოს ქრება. ინგლისელი მეცნიერი *ვილბერტი* 1600 წელს მივიდა დასკვნამდე, რომ მიწაც უზარმაზარ მაგნიტს წარმოადგენს, თავის გარშემო წარმოშობს მაგნიტურ ველს და ასე განსაზღვრავს მაგნიტური ისრის მდებარეობას, მიწის ორი მაგნიტური პოლუსი აქვს, ანუ მაგნიტურ დიპოლს წარმოადგენს. ერთი გეოგრაფიული ჩრდილო პოლუსის ახლოსაა, მეორე კი სამხრეთ პოლუსის ახლოს. მათი მდებარეობა აღნიშნულია ნახევარსფეროების ფიზიკურ-გეოგრაფიული რუკებზე. მაგნიტური ისრის გასწვრივ ატარებენ *მაგნიტურ მერიდიანებს*. ეს მერიდიანები გეოგრაფიულ ნერიდიანებს ჰკვეთენ და მასთან ქმნიან გარკვეულ კუთხეს. გადახრის ამ კუთხეს *დეკლინაციას* (მიხრილობას) უწოდებენ. მაგნიტურ პოლუსებთან მაგნიტის ისარი ვერტიკალურად დგება. ამ დახრას *ინკლინაცია* (დახრა, დახრილობა) ჰქვია. ორ პოლუსს შუა გარკვეულ ხაზზე ისარი პორიზონტალურია და ამ ხაზს *მაგნიტური ეკვატორი* ეწოდება. იმის გამო, რომ მიწა არაა სფერული და არც ერთგვაროვანი, მაგნიტური მერიდიანები არ წარმოადგენენ

წესიერ წრეხაზებს. მაინც მიწის ზედაპირზე მერიდიანების ქსელს გარკვეული ხასიათი აქვს და მიწის დიდი მონაკვეთიც გარკვეული მაგნიტური მაჩვენებლებით ხასიათდება, რასაც **ნორმალურ მაგნიტურ ველს** უწოდებენ. იმ შემთხვევაში, თუ მაგნიტური ელემენტები სულ სხვაა, ვიდრე ნორმული ველის მაჩვენებელი, ამას **მაგნიტური ანომალია** ჰქვია. ამის გამომწვევი მიზეზი ადგილობრივი ხასიათისაა, მაგალითად, რკინის მადანი, რომელიც საკუთარ მაგნიტურ ველს წარმოქმნის და მაგნიტური ისრის გადახრას იწვევს. ამის მაგალითია კურსკის მაგნიტური ანომალია რუსეთში.

მიწის მაგნიტური ველი ცვალებადია დროშიც, რასაც **საუკუნებრივ ვარიაციას** უწოდებენ. ამ მაგნიტურ ველში მოთავსებული რომელიმე სხეული შეიძლება **დამაგნიტდეს**, სხვა შემთხვევაში კი - **განმაგნიტდეს**. მაგალითად, ცნობილია, რომ **კიურის წერტილზე**, რაც 750<sup>0</sup> უდრის, მაგნიტი განმაგნიტებას განიცდის. მდნარი მაგმა ზედაპირზე ამოსვლისას ცივდება და მაგნიტური თვისებების მქონე მინერალები დამაგნიტდება. გაცივების შემდეგ ქანის მაგნეტიზმი იგივე დარჩება, რაც მან მიწის მაგნიტური ველის გავლენით შეიძინა. ამის შემდეგ მიწის მაგნიტური ველი კიდევაც რომ შეიცვალოს, ეს შეძენილი დამაგნიტება ქანს ისევ შერჩება, რასაც ნაშთი ან **გადმონაშთი მაგნეტიზმი** ეწოდება. ზოგჯერ გადმონაშთი მაგნეტიზმი დანალექ ქანებსაც ახასიათებს, თუ მათში შესაფერი თვისებების მინერალების ნამსხვრევები არის.

გადმონაშთი მაგნეტიზმის კვლევამ მეცნიერები მიიყვანა იმ დასკვნამდე, რომ კონტინენტები მიწის პოლუსებისა და ერთმანეთის მიმართ გადაადგილებას განიცდიან, ანუ **კონტინენტები მოძრავი არიან**. ამ საკითხს კურსის სათანადო ადგილას შევეხებით.

#### 4.5. გეოსფეროები

ცნობილია, რომ მიწა შედგება განსხვავებული ფენებისაგან, რომლებიც კონცენტრულად არიან განლაგებული მიწის ცენტრის გარშემო. მათ **გეოსფეროებს** უწოდებენ. თუ გარედან დავიწყებთ, პირველი იქნება **ატმოსფერო**, ანუ **გაზებრივი ფენა**, რომელიც მთელ მიწას ჰფარავს. შემდეგია თხევადი **ჰიდროსფერო**, ანუ წყლის გარსი, რომელიც მოიცავს ოკეანეებს, ზღვებს, ხმელეთის ზედაპირულ და მიწისქვეშა წყლებს. მყარი მიწის გარე ფენას **ლითოსფეროს**, ანუ ქვის სფეროს უწოდებენ. ამჟამად ამ სახელწოდებით აერთიანებენ **მიწის ქერქს** და მის ქვეშ განლაგებული **ზედა მანტიის** სულ ზედა ნაწილს. მიწის ქერქი მყარი ნივთიერების მეტად თუ ნაკლებად თხელ ფენას

წარმოადგენს. მიწის იმ ფენას, სადაც ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ქერქი ერთმანეთს ხვდებიან და რომელშიც ცოცხალი ორგანიზმები ბინადრობდნენ,

**ბიოსფეროს** უწოდებენ. ქერქს ქვეშ 2900 კმ სიღრმემდე განლაგებულია **მანტია** (სამოსი, მოსასხამი). იგი მიწის გულამდე ვრცელდება. თავად გული შედგება **გარე** და **შიდა** ბირთვებისაგან. გარე ბირთვი თხევადი იგულისხმება, ხოლო შიდა ბირთვი-მყარი. ვინაიდან მიწის ქერქისა და ლითოსფეროს შესახებ კურსის გავლისას არაერთხელ მოგვიწევს საუბარი, ამჟამად მხოლოდ ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს დავახასიათებთ.

**ატმოსფერო.** ატმოსფერო არის საკმაოდ სქელი გაზბერივი გარსი, რომელიც მთლიანად ჰფარავს მიწას. მოცულობით იგი ჭარბობს პლანეტის დანარჩენ ნაწილს, ხოლო მასა მიწის მასის ერთ მემილიონედს უდრის. ზევით ატმოსფერო თანდათან გადადის კოსმოსში. აქ საზღვარი პირობითია და ზედა ზღვრად ითვლება დონე, სადაც მიწის მიზიდულობის ძალა კომპენსირდება პლანეტის ბრუნვის ცენტრიდანული ძალით. გამოთვლილია, რომ ეს ზღვარი ეკვატორიდან 42000 კმ-ზეა, ხოლო პოლუსებზე 22 000 კმ-ზე. პრაქტიკულად კი 1000-1300 კმ-ზე ზევით ჰაერის კვალი აღარ შეიმჩნევა. ატმოსფეროს ქვედა საზღვარი უფრო მკაფიოა ჰიდროსფეროსთან და ქერქთან (ლითოსფეროსთან), თუმცა შიგნით აღწევს პორიან და დანაპრალებულ ქანებში და გახსნილი სახით წყალში.

ატმოსფერო მიწის ზედაპირთან შედგენა მოლეკულური აზოტისაგან ( $N_2$ -72%), მოლეკულური ჟანგბადისაგან ( $O_2$ -20,9%), არგონისაგან ( $r$  - 0,93%), ნახშირორჟანგისაგან ( $CO_2$  - 0,03%) და აგრეთვე წყლის ორთლისაგან (ძალზე მცირე რაოდენობით). ასევე მცირე რაოდენობით არის წყალბადი, ჰელიუმი, ნეონი, კრიპტონი, ქსენონი, ოზონი, მეთანი და სხვა გაზები. ამათ გარდა ატმოსფეროში ყოველთვის არის წვრილი მტკვერი, როგორც მიწიერი, ისე კოსმოსური.

ატმოსფერო მთელი წონით აწვება დედამიწას და ამის შედეგად წარმოიქმნება **ატმოსფერული წნევა**. იგი ყველა მიმართულებით გადაეცემა და ზღვის; დონეზე უდრის საშუალოდ 1033 გრამს, ანუ დაახლოებით 1 კგ/სმ<sup>2</sup> (ანუ 1,033 ბარს, 1 ბარი + 1 000 000 დინს სმ<sup>2</sup>-ზე). წნევა ქვევიდან ზევით თანდათან მცირდება. ასევე ქვევიდან ზევით გამოყოფენ სამ მთავარ ფენას: 1. ტროპოსფეროს; 2. სტრატოსფეროს და 3. იონოსფეროს.

**ტროპოსფეროში** მოთავსებულია მთელი ატმოსფეროს 0,8 ნაწილი. მისი სისქე ეკვატორზე 16-18 კმ-ია, საშუალო განედებზე 10 - 13 კმ, ხოლო პოლუსებზე, 7 - 10 კმ. ტემპერატურა ეკვატორზე საშუალოდ +26<sup>0</sup>-ია, პოლარულ მხარეში - 30 - 36<sup>0</sup> ზამთარში, 0<sup>0</sup>

ზაფხულში. ეს იწვევს ატმოსფეროში ენერგიულ ცირკულაციას. ტროპოსფეროში მიმდინარეობს ამინდის ცვლილებები. ტემპერატურა იცვლება სიმაღლესთან ერთად და ყოველ 1 კმ-ზე 5-6<sup>0</sup>-ით იკლებს.

**სტრატოსფერო** მდებარეობს ტროპოსფეროს ზევით და ვრცელდება 60-80 კმ-დე. სტრატოსფეროში გამოყოფენ მის ქვედა და ზედა სფეროებს. ქვედაში ტემპერატურა თითქმის უცვლელია (იზოთერმული ზონა), ხოლო ზედაში - მომატებული ტემპერატურაა, რაც **ოზონის მიერ** მზის ულტრაიისფერი სხივების შთანთქმის შედეგია. ეს ფენა 22-25 კმ სიმაღლეზე გამოიყოფა სტრატოსფეროსა და ტროპოსფეროს შუა გამოყოფენ თხელ ფენას, რომელსაც **ტროპოპაუზა** ეწოდება. სტრატოსფერო მთელი ატმოსფეროს მასის 20% შეადგენს.

**იონოსფერო** ვრცელდება სტრატოსფეროს ზევით. იგი წარმოადგენს ელექტრონებითა და იონებით; მდიდარ ფენას, რაც ულტრაიისფერი სხივებით გაზების მოლეკულების დისოციაციის შედეგია. იონოსფერო ფაქტობრივად ატმოსფეროს სულ ზედა ფენებამდე ვრცელდება. აქ არის ჟანგბადის იონები, ნეიტრალური წყალბადი და სულ ზევით – ჰელიუმი. ბოლო დროს დაადგინეს, რომ მიწასაც, ისევე როგორც კომეტებს, აქვს თავისი **გაზური კუდი**, რომელიც **ეკლიპტიკის** სიბრტყეშია მზის საწინააღმდეგო მხარეს. ამ კუდის მეშვეობით ატმოსფეროს ნაწილაკები იფანტება პლანეტაშორის სივრცეში.

ცნობილია, რომ ტროპოსფერო მზისგან თბება; უმთაავრესად იგი სითბოს იღებს მიწის გათბობის შედეგად. გამთბარი ჰაერი ზევით მიიწვეს წნევის ნაკლებობის გამო ფართოვდება და სითბოს ხარჯავს, ამიტომ ცივდება და ტემპერატურაც კლებულობს, ღრუბლები და ჰაერი მიწისათვის ქმნიან **სითბურ ეფექტს** (სითბო მიწისკენ თავისუფლად მოდის, რადგან ულტრაიისფერი სხივებია. უკან კი ვერ ბრუნდება, რადგან სითბოს სხივები გრძელტალღიანი ულტრაწითელი სხივებია). ატმოსფეროში მიმდინარეობს პროცესები, რომელთაც გეოლოგიისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვთ. ასეთებია ქარი, ფიტვა, სიცოცხლის განვითარება და სხვა.

**ჰიდროსფერო.** ესაა წყლის გარსი, რომელიც წყვეტილად აკრავს მიწის ქერქს. ჰიდროსფერს შემადგენლობაში გულისხმობენ ბუნებრივი წყლების 4 ტიპს: 1. ოკეანეებსა და მათ ზღვებს (ოკეანოსფერო); 2. ხმელეთის ზედაპირულ წყლებს (ტბები და მდინარეები); 3. მდინარეებს და 4. მიწისქვეშა წყლებს (რომელიც ქერქში ან

ლითოსფეროშია მოქცეული, მაგრამ მჭიდროდ არის დაკავშირებული ჰიდროსფეროს სხვა წყლებთან). რაოდენობის მიხედვით ეს წყლები ასეა განაწილებული:

ოკეანეთა წყალი – 1370 მლნ კმ<sup>3</sup>;

ხმელეთის წყალი – 4 მლნ კმ<sup>3</sup>;

კონტინენტური წყალი -16-20 მლნ კმ<sup>3</sup>;

მიწისქვეშა წყალი – 400 მლნ კმ<sup>3</sup>.

მთელი ეს წყლები მიწის მასის 0,03% შეადგენენ. ჰიდროსფეროს ქიმიური შედგენილობა განსხვავებულია ოკეანეებში და ხმელეთზე. ოკეანის წყალი საშუალოდ შეიცავს 35 გრამ მარილებს ლიტრში ( 35‰ -ია, ოცდათხუთმეტი *პრომილე*). იგი მლაშე-მწარე გემოსია. წყალი, რომელშიც მარილები 1 გრამამდეა 1 ლიტრში, მტკნარად ითვლება. მდინარეების წყალში 0,1 - 0,3 გრ/ლ. მიუხედავად იმისა, რომ ოკეანეებისა და ხმელეთის წყლებში მარილების კონცენტრაცია განსხვავებულია, მათი იონური შედგენილობა ერთნაირია. ჰიდროსფეროში მიმდინარე პროცესებს დიდი მნიშვნელობა აქვს გეოლოგიისათვის, რასაც კურსის სათანადო თავებში გავეცნობით.

**ბიოსფერო.** ესაა მიწის სფერო, რომელშიც თავმოყრილია სიცოცხლე, ცოცხალი ორგანიზმები (ეს სფერო გამოჰყო გეოლოგმა *ე.ზიუსმა* 1875 წელს). ამ სფეროს მნიშვნელობა გეოლოგიური და გეოქიმიური პროცესებისათვის გამოავლინა რუსმა გეოქიმიკოსმა *გ. ვერნადსკიმ*. ბიოსფერო ვრცელდება თითქმის უწყვეტად. იგი არაა მხოლოდ ვულკანთა კრატერებში, სადაც ლავაა ჩამდგარი და ჩაკეტილ მარილიან ტბებში. მიწის სიღრმეში აღწევს 3-4 კმ სიღრმემდე, სადაც ტემპერატურა + 1000 - მდეა. უმარტივესი ორგანიზმების მასის დიდი ნაწილი თავმოყრილია ოკეანეებში უმთავრესად პლანქტონის (პასიურად მცურავი) სახით. ცოცხალი ორგანიზმების გეოლოგიური მნიშვნელობა ძალზე დიდია. ცოცხალი ორგანიზმების მოქმედებასთანაა დაკავშირებული ქვანახშირის, ტორფის, ნავთობის, კირქვების, ფოსფორიტების, რკინის ზოგიერთი და მანგანუმის ზოგი საბადოები. ჟანგბადის წარმოქმნა ფოტოსინთეზის გზით ხდება მცენარეების მიერ 2- ის გადამუშავებით.

## თავი V მიწის ქერქის საერთო რაგვარობა

### 5.1. მიწის ქერქის რელიეფი.

მიწის ფორმაზე ლაპარაკისას მხედველობაში არ ვიღებთ მისი ზედაპირის უსწორმასწორობას, ანუ რელიეფის ფორმებს, რადგან იგი მიწის ზომასტან შედარებით უმნიშვნელოა. მაგალითად, დედამიწის უმაღლესი მწვერვალი – ევერესტი (ჯომოლუნგმა) 8848 მ-ია, ხოლო ურრმესი ადგილის – მარიანის ღრმულის სიღრმე – 11022 მ (ზოგი მონაცემით – 11521მ), ანუ ვერტიკალური მანძილი (სხვაობა) ამ ორ წერტილს შორის, დაახლოებით 20 კმ-ია, რაც მიწის რადიუსის 1/312 შეადგენს. მაგრამ თუ ვილაპარაკებთ მიწის ქერქის რელიეფის შესახებ, მაშინ მისი ზედაპირის უსწორმასწორობანი თვალსაჩინო ხდება. სინამდვილეში ეს ზედაპირი სწორი არ არის და აქ გვაქვს კონტინენტური ზეგნები და ოკეანური აუზები მათზე განლაგებული *მაღალი მთებით* და ოკეანეთა კიდეებზე მოთავსებული *ღრმაობებით* (იხ. ცხრილი).

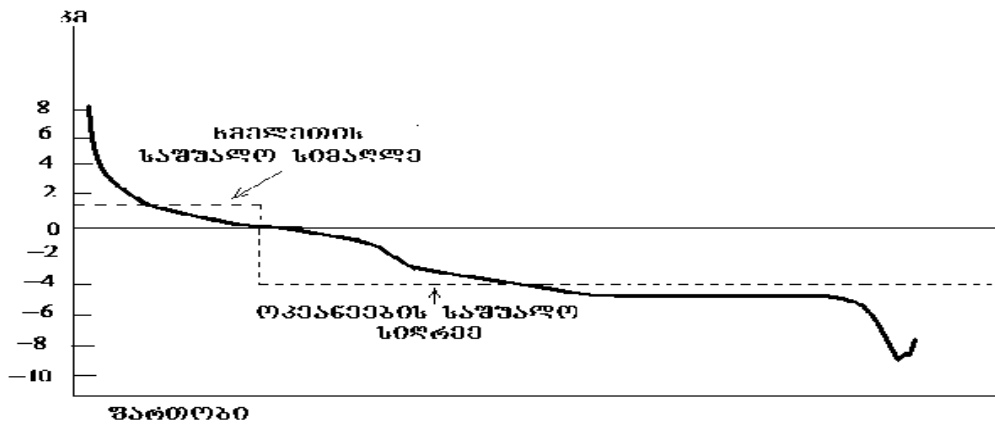
ცხრილი

### კონტინენტებისა და ოკეანეების რელიეფი

კონტინენტის დასახელება	კონტინენტური ზეგნები		ოკეანეების დასახელება	ოკეანური აუზები		
	ფართობი 10 <sup>6</sup> კმ <sup>2</sup>	საშუალო სიმაღლე მ-ში		ფართობი 10 <sup>6</sup> კმ <sup>2</sup>	მაქსიმალური სიღრმე მ-ში	
ევროპა	11,6	300	წყნარი	180	11 022	
აზია	42	950		ატლანტური	93	9 219
N ამერიკა	24	700				
S ამერიკა	18	600	ინდოეთის	75	7 450	
აფრიკა	28	750				
ავსტრალია	8	400	ჩრდილო ყინულოვანი	13	5 220	
ანტარქტიდა	14	2 000				

ცხრილიდან ჩანს, რომ რაც უფრო დიდია კონტინენტი, მით მეტია მისი საშუალო სიმაღლე და რაც უფრო დიდია ოკეანის ფართობი, მით მეტია მისი მაქსიმალური სიღრმე.

გამონაკლისს წარმოადგენს ანტარქტიდა, რომლის საშუალო სიმაღლე განისაზღვრება ყინულის საფარით და არა მისი ხმელეთის ზედაპირით. ბუნებრივად მიბადება კითხვა, როგორი იქნება ერთად აღებული ყველა კონტინენტის საშუალო სიმაღლე და ასევე ერთად აღებული ყველა ოკეანის საშუალო სიღრმე? გერმანელი მეცნიერი კოსინა შეეცადა გაეცა პასუხი ამ კითხვაზე. მან ჰიპსოგრაფიული და ბათიმეტრიული რუკების გამოყენებით ააგო იმ დროისათვის ცნობილი მრუდი, რომელზედაც ნაჩვენებია მიწის ქერქის ზედაპირის სიმაღლეები და სიღრმეები და მათი გავრცელების ფართობები გასაშუალებული სახით (იხ ნახაზი)



ნახ. მიწის ზედაპირის ჰიპსოგრაფიული მრუდი (კოსინას მრუდი).

წარმოდგენილი მრუდის მიხედვით, კონტინენტების საშუალო სიმაღლე შეადგენს 840 მეტრს, ხოლო ოკეანეების საშუალო სიღრმე – 3800 მეტრს. კონტინენტებისა და ოკეანეების სიღრმე-სიმაღლეთა ასეთი განაწილება არ არის შემთხვევითი, იგი გამოსახავს ქერქის გარკვეულ სტრუქტურას, რომლის თავისებურებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ამ ქერქის წარმოშობა-განვითარების თვალსაზრისით.

კონტინენტების ზეგნებისა და ოკეანური აუზების რელიეფის ასეთი ბუნება დადასტურდა მე-20 საუკუნის გეოფიზიკური კვლევებით. შემდეგ დაგინახავთ, რომ კონტინენტები და ოკეანეების ფსკერი ნივთიერი შედგენილობითაც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან. მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში გამოირკვა ისიც, რომ ოკეანეების ფსკერის რელიეფი ბევრად უფრო რთულია, ვიდრე ეს კოსინას მრუდზე არის წარმოდგენილი. კერძოდ, ოკეანეების უდიდესი სიღრმეები მათ შუა ნაწილებში კი არაა, არამედ მათ კიდეებზე, მოებთან და კუნძულთა რკალებთან. ამავე დროს, შუა ოკეანეებში აღმოჩნდა წყალქვე-

შა ქედების გლობალური სისტემა, რომლის შესახებ კურსი სათანადო ნაწილში გვექნება საუბარი.

## 5.2 მიწის ქერქის ნივთიერი შედგენილობა

დედამიწის ქიმიური კომპონენტების შესახებ შედარებით ცოტა რამ არის ცნობილი და რაც ცნობილია, ისიც შეეხება მის სულ ზედა ნაწილს – ქერქის ზედა ფენებს, აგრეთვე ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს. დღეისათვის ცნობილია, რომ მიწა შეიცავს ყველა იმ ქიმიურ ელემენტს, რომლებიც *მენდელეევის პერიოდულ სისტემაშია* აღნუსხული. მაგრამ ამ ელემენტების წილი, ანუ მათი მონაწილეობა მიწის შემადგენლობაში არ არის თანასწორი. მიწის ქიმიურ შედგენილობას, აქ მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს და ელემენტების მიგრაციის საკითხებს იკვლევს მეცნიერება *გეოქიმია*. ამერიკელმა გეოქიმიკოსმა *კლარკმა* დიდძალი მასალის დამუშავების საფუძველზე დაადგინა, რომ მიწის ქერქის ზედა ჰორიზონტებში ძირითადი ადგილი უკავია 10 ელემენტს, რომლებიც შეადგენენ ქერქის შესწავლილი მასის 99,3% (იხ. ცხრილი).

### ყველაზე გავრცელებული ელემენტები

ელემენტი	რაოდენობა წონით პროცენტებში	ელემენტი	რაოდენობა წონით პროცენტებში
ჟანგბადი – O	46,68 (49,13)	ნატრიუმი – Na	2,7 (2,4)
სილიციუმი – Si	27,72 (26,0)	კალიუმი – K	2,6 (2,35)
ალუმინი – Al	8,07 (7,45)	მაგნიუმი – Mg	2,1 (2,35)
რკინა – Fe	5,05 (4,20)	ტიტანი – Ti	0,62 (0,1)
კალციუმი – Ca	3,6 (3,25)	წყალბადი – H	0,15 (1,0)

დანარჩენი ელემენტები სხვადასხვა მონაცემებით შეადგენენ 0,66 – 0,21 %, ზოგის მიხედვით კი – 1,87%. წონით პროცენტებში გამოხატულ ელემენტთა შეფარდებით რაოდენობას, რომლითაც ესა თუ ის ელემენტი გვხვდება მიწის ქერქში *კლარკი* ეწოდება. კლარკი გამოხატავს ელემენტის საშუალო გავრცელებას, მაგრამ თუ მისმა გაზრდილმა კონცენტრაციამ მიაღწია პრაქტიკულ მნიშვნელობას, გვექნება ამ *ელემენტის მადანი* და მისი *საბადო*.

საინტერესოა ვიცოდეთ, თუ როგორია მიწის სიღრმის ქიმიური შემადგენლობა. მიაჩნიათ, რომ სიღრმეში ნივთიერება შემდგენიარად არის განაწილებული:

0 – დან 60 კმ-მდე მიწა სილიკატურია (გრანიტული, ბაზალტური), ანუ სილიციუმ – ალუმინიანი, მოკლედ *სიალო*;

60 – დან 1200 კმ-მდე – ეკლოგიტურია (ულტრაფუძე, პერიდოტიტული), ანუ სილიციუმ – მაგნიუმიანი, მოკლედ *სიმა*;

1200 – დან 2900 კმ – მდე – *სულფიდური* (მადნიანი, მეტალთა სულფიდები);

2900 – დან 6370 კმ – მდე მიწის გული შედგება ნიკელ - რკინისაგან, ანუ მოკლედ *ნიფე*.

### 5.3 მინერალები

ქიმიური ელემენტების მცირე ნაწილი გვხვდება ხალასი, ანუ თავისუფალი სახით, მაგალითად, ნახშირბადი, გოგირდი, თვითნაბადი მძიმე მეტალები (სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, პლატინა) და სხვ. მაგრამ ელემენტების უდიდესი ნაწილი კანონზომიერი ნაერთების სახით გვაქვს. ამ ხალას ელემენტებს და ნაერთებს შეისწავლის მეცნიერება *მინერალოგია*. *მინერალი* ეწოდება ხალას ქიმიურ ელემენტებს და ელემენტთა ბუნებრივ ნაერთებს. მათი რაოდენობა 2 000 – 3 000 – მდეა და ისინი მიწის ქერქში ჩვეულებრივ გვხვდებიან მცირე ზომის სხეულების სახით. მათი გარჩევა და გამოცნობა არის მინერალოგიის უპირველესი ამოცანა.

მინერალთა სახეებს არჩევენ: 1. ქიმიური შედგენილობით; 2. კრისტალური სტრუქტურით (ფორმით) და 3. ფიზიკური თვისებებით. ქიმიური ნარეთების ჯგუფების მიხედვით ამჟამად ცნობილი მინერალების 34% -ს შეადგენენ *სილიკატები*, 25% –ს *ჟანგეულები* (ოქსიდები) და *ჰიდროჟანგები*, 20% -მდეა *სულფიდური* შენაერთები და დანარჩენი 21% სხვა შენაერთები (კარბონატები, სულფატები, ჰალოიდები და სხვ.).

მინერალები ბუნებაში გვხვდება *კრისტალურ* და *ამორფულ* მდგომარეობაში. კრისტალური ნივთიერებისათვის დამახასიათებელია ბუნებრივი მრავალწახნაგა ფორმა, მისი შემადგენელი ატომებისა და იონების მკაცრად განსაზღვრული დაჯგუფება, განლაგება სივრცეში, რის შედეგადაც ქმნიან *კრისტალურ მესერს*, *კრისტალურ ხარაჩოს*. ამისგან განსხვავებით ამორფულ სხეულებს ახასიათებთ ატომების უწყესრიგო განლაგება ( ა – უარყოფის ნიშანია, მორფე – ფორმა (ბერძნულად); კრიტალოს – ყინული, ბროლი). ზოგ შემთხვევაში მოხდება, რომ მინერალში ერთი ელემენტი

*იზომორფულად* შეცვალოს მეორემ, დაიჭიროს პირველის ადგილი ისე, რომ მინერალის სტრუქტურა იგივე დარჩეს. შეიძლება მოხდეს ისეც, რომ თვისებებით განსხვავებულ ორ მინერალს ქიმიური შედგენილობა ერთი და იგივე აქვს. ასეთ შემთხვევაში გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ქიმიურ ანალიზს.

მინერალთა კრისტალურ ფორმებს შეისწავლის კრისტალოგრაფია. კრისტალები წარმოადგენენ ბრტყელი ზედაპირებით, ანუ წახნაგებით შემოსაზღვრულ წესიერ მყარ სხეულებს, რომელთა გარეგანი ფორმა პასუხობს შინაგან აგებულებას, ანუ სტრუქტურას. ამ სტრუქტურული ფორმის მიხედვით გამოყოფენ 7 ჯგუფს, ანუ 7 *სინგონიას*: კუბური, ტეტრაგონალური, ჰექსაგონალური, ტრიგონული, რომბული, მონოკლინური, ტრიკლინური. ეს ფორმები ერთიმეორესაგან განსხვავდებიან კრისტალთა სიმეტრიის დეკების სიგრძითა და ურთიერთდამოკიდებულებით.

საველე პირობებში მუშაობისა მინერალთა გამოცნობა შეიძლება მოხდეს მათი კრისტალების ზოგადი *გარეგნული იერისა* და *ფიზიკური ნიშნების* მიხედვით. გარეგნული იერის მიხედვით გამოიყოფა სამი ჯგუფი:

1. იზომეტრიული ფორმისა, როდესაც კრისტალები სამივე მიმართულებით ერთნაირად არიან განვითარებული. ასეთებია პირიტის კუბი, მაგნეტიტის ოქტაედრი;
2. ერთი მიმართულებით წაგრძელებული ფორმის – პრიზმული, სვეტისებური, ნემსისებური. პრიზმულის მაგალითია კვარცის (მთის ბროლი);
3. ორი მიმართულებით წაგრძელებული ფორმის – ფირფიტისებური, ფურცლოვანი, ქერცლისებური, მაგალითად, ქარსი, გრაფიტი.

რაც შეეხება ფიზიკურ ნიშნებს, როგორცაა სიმკვრივე, სიმაგრე, მონატეხის ზედაპირის ფორმა, ფერი, გამჭვირვალობა, ელვარება, ხაზის ფერი, აგრეთვე სხვა ნიშნები – მრჩობლები, ტკეჩვადობა, დაშტრისხვა, მათი გარკვევა და მინერალთა გამოსაცნობად გამოიყენება პრაქტიკული მეცადინეობის პროცესში ხდება. აღნიშნული ნიშნებიდან ცალკე უნდა გამოვეყოთ *სიმაგრე* და *ხაზის ფერი*.

მინერალის სიმაგრე არის გარეგანი მექანიკური ზემოქმედებისადმი წინააღმდეგობის უნარი. ვინაიდან სხვადასხვა მინერალს განსხვავებული სიმაგრე აქვს, ეს ნიშანი გვეხმარება მათ გამოყენებაში. სიმაგრეს ამოწმებენ ერთი მინერალის წვეტიანი ნაწილით მეორე მინერალის წახნაგზე გასმით. უფრო მაგარი მინერალი გაკაწრავს რბილს, მაგალითად, კვარცი გაკაწრავს კალციტს, რაც მიგვითითებს პირველის მაღალ

სიმაგრეზე. ამ წესის გამოყენებით შემუშავებულია მინერალების სიმაგრეთა სპეციალური სკალა, რომელშიც სიმაგრის აღმავალი რიგით დალაგებულია ეტალონური 10 მინერალი (მოოსის სკალა):

- |             |              |
|-------------|--------------|
| 1. ტალკი    | 6. ორთოკლაზი |
| 2. თაბაშირი | 7. კვარცი    |
| 3. კალციტი  | 8. ტოპაზი    |
| 4. ფლუორიტი | 9. კორუნდი   |
| 5. აპატიტი  | 10. ალმასი   |

მინერალის ხაზის ფერის გამოყენება იმით არის საყურადღებო, რომ ხშირად ეს ფერი სრულას არ ემთხვევა თავად მინერალის ფერს. მაგალითად მომწვანი-ნაცრისფრ ტალკს თეტრი ხაზის ფერი აქვს. ეს არის ამ მინერალის ფხვნილის ფერი. მისი დადგენა ხდება ფაიფურის მოუჭიქავ (ხაოიან) ზედაპირზე მინერალის გასმით, რის შედეგად ამ ზედაპირზე რჩება მინერალის ფხვნილი ხაზის სახით.

#### 5.4. მინერალთა გენეზისი და კლასიფიკაცია

მინერალთა უმეტესობა წარმოიქმნება მიწის სიღრმეში მაგმური მდნარის კრისტალიზაციის შედეგად. ეს იქნება *ენდოგენური* მინერალები. მიწის ზედაპირზე მოხვედრისას ისინი არამდგრადი არიან, გარდაიქმნებიან ამ პირობებისათვის უფრო მდგრადად და მივიღებთ მეორად *ეპიგენურ მინერალებს*. ეს უკანასკნელნიც შეიძლება გარდაიქმნან მიწის სიღრმეში მოხვედრისას, სადაც დიდი წნევა (P) და მაღალი ტემპერატურაა (t). მათი გავლენით მივიღებთ *მეტამორფოგენურ* მინერალებს.

მინერალთა თანამედროვე *კლასიფიკაციას* საფუძვლად უდევს შეხედულება ქიმიურ შემადგენლობასა და კრისტალურ სტრუქტურას შორის ურთიერკავშირის შესახებ. ვინაიდან შინაგან სტრუქტურულ კავშირებზე დამყარებული კლასიფიკაცია რთულია, უფრო მოხერხებულად ითვლება ქიმიური კლასიფიკაცია. ამ უკანასკნელის მიხედვით გამოიყოფა მუნერალთა შემდეგი კლასიფიკაცია:

1. ხალასი ელემენტები; 2. სულფიდები; 3. ჰალოიდური შენაერთები; 4. ჟანგეულები (ოქსიდები) და ჰიდროჟანგები; 5. კარბონატები; 6. სულფატები; 7. ფოსფატები; 8. სილიკატები; 9. ვოლფრამიტები; 10. მოლიბდატები და ა.შ.

*ხალასი ელემენტები* მცირერიცხოვანი ჯგუფია, მაგრამ მნიშვნელოვანი ადგილი უკავიათ პრაქტიკაში, ასეთებია ოქრო (Au), ვერცხლი (Ag), პლატინა (Pt), ალმასი და გრაფიტი (C), სპილენძი (Cu), გოგირდი (S).

*სულფიდების* კლასი შედგება მეტალებისა და გოგირდის ნაერთებისაგან: გალენიტი ( $\text{PbS}$ ); სფალერიტი ( $\text{ZnS}$ ); სინგური ( $\text{HgS}$ ); რეალგარი ( $\text{AsS}$ ); პირიტი ( $\text{FeS}_2$ ); მოლიბდენიტი ( $\text{MoS}_2$ ); ანთიმონიტი ( $\text{Sb}_2\text{S}_2$ ); ქალკოპირიტი ( $\text{Cu Fe S}_2$ ).

*ჰალოიდური* შენაერთების ცნობილი წარმომადგენლები: ჰალიტი (ქვამარილი- $\text{NaCl}$ ); სილვინი ( $\text{KCl}$ ); ფლუორიტი ( $\text{Ca F}_2$ ).

*ჟანგეულები და ჰიდროჟანგები* ქმნიან საკმაოდ მრავალრიცხოვან ჯგუფს: ჰემატიტი ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); მაგნეტიტი ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); ილმენიტი ( $\text{FeTiO}_3$ ); ქრომიტი ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ); ურანიტი ( $\text{UO}_2$ ); კორუნდი ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – ლურჯი-საფირონი, წითელი-ლალი); კასიტერიტი ( $\text{SnO}_2$ ); კვარცი (მთის ბროლი –  $\text{SiO}_2$ ); ლიმონიტი ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ); კრისტალური კვარცის ( $\text{SiO}_2$ ) გარდა გამოყოფენ კვარცის 4 ფარულ სახეობას:

1. ქალცედონი – სხვადასხვაგვარად შეფერილი;
2. აქატი და ონიკსი – აგებული ქალცედონის წვრილი პარალელური ფენებით;
3. იასპი – კვარცისა და ქალცედონის ნაერთი რკინის ჟანგის ნარევით;
4. კაჟი – თიხის მინარევით გაჭუჭყიანებული ქალცედონი, ოპალი –  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  წყლიანი გელი კაჟისა, სხვადასხვა ფერის.

*კარბონატების* ჯგუფი წარმოდგენილია ნახშირმჟავას შენაერთებით: კალციტი ( $\text{CaCO}_3$ ); ისლანდიური შპატი ( $\text{CaCO}_3$  – გამჭვირვალე კალციტი ორმაგი გარდატეხის უნარით); არაგონიტი ( $\text{CaCO}_3$ ) იგივე კალციტი, მაგრამ რომბულ სინგონიაში დაკრისტალებული; დოლომიტი ( $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ ); აზურიტი ( $\text{Cu}[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$ ).

*სულფატები* წარმოდგენენ გოგირდმჟავას შენაერთებს: ბარიტი ( $\text{BaSO}_4$ ); (მძიმე მინერალი), ანჰიდრიტი ( $\text{CaSO}_4$ ); თაბაშირი ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

*ვოლფრამიტები* – ვოლფრამიტი ( $\text{Fe, Mn} \text{WO}_4$ ); შეელიტი  $\text{CaWO}_4$ .

*ფოსფატები* – ფოსფორთან ნაერთები – აპატიტი ( $\text{Ca}_5 [\text{PO}_4]_3 (\text{F Cl})$ ).

*სილიკატები* – ყველაზე მრავალრიცხოვანი ჯგუფია და მინერალების საერთო რიცხვის მესამედს შეადგენენ, მიეკუთვნებიან მთავარ ქანმაშენ მუნერალებს. მათი მნიშვნელოვანი შემადგენელი ნაწილებია სილიციუმისა და ჟანგბადის იონები. სილიკატების ძირითად სტრუქტურულ ერთეულს წარმოადგენს სილიციუმ-ჟანგბადიანი ტეტრაედრი  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , სილიკატების გარდა მინერალთა ამ ჯგუფში თავსდება ალუმოსილიკატები სადაც  $\text{Si}^{4+}$  - იონი ტეტრაედრში შენაცვლებულია  $\text{Al}^{3+}$  იონით. შინაგანი სტრუქტურის მიხედვით გამოყოფენ: კუნძულისებურ (ოლივინი –  $[\text{Mg, Fe}]_2 [\text{SiO}_4]$ ),

გრანატები, კერძოდ, პიროპი –  $(Mg_3Al_2 [SiO_4]_3)$ , ტოპაზი –  $Al_2 [F,OH]_2 [SiO_4]$ ; *ბაფთისებურ და ძეწკვისებური* (პიროქსენები და ამფიბოლები). *სილიკატები* ((ავგიტი  $Ca, Na (Mg, Fe, Al) [(Si, Al)_2 O_6]$ ; რქატყუარა –  $(Ca,Na)_2 (Mg, Fe, Al, Mn, Ti)_5 [Si_4O_{11}]_2 [OH,F]_2$ . *ფენებრივ სილიკატებს* – (ბიოტიტი –  $K (Mg,Fe)_3 [Si_3AlO_{10}] [OH,F]_2$ ; მუსკოვიტი –  $Kal[Al Si_3O_{10}] [OH]_2$ . და ბოლოს, *კარკასული სილიკატები და ალუმოსილიკატები*, რომელთა წარმომადგენლები გაერთიანებული არიან *მინდვრიშპატების* ჯგუფში. ამ ჯგუფს სილიკატებს შორის ყველაზე დიდი გავრცელება აქვთ და შედგენილობის მიხედვით აქ გამოყოფენ: *კალიუმისანი და კალიუმისან-ნატრიუმისანი* მინდვრიშპატები (ორთოკლაზი  $(K(AlSi_3O_8))$  და მიკროკლინი –  $K(AlSi_3O_8)$  და *ნატრიუმისან-კალციუმისანი* მინდვრიშპატები (პლაგიოკლაზები) ყველას ერთად ფელდშპატებსაც უწოდებენ. ამათგან *პლაგიოკლაზები* წარმომადგენენ ბინალური რიგის იზომორფულ (ხანაცვლების უნარის მქონე) ნარევის, რომელშიც რიგის კიდურა წევრები არის წმინდა ნატრიუმისანი პლაგიოკლაზი – *ალბიტი* და წმინდა კალციუმისანი *პლაგიოკლაზი-ანორთიტი*. დანარჩენი შუალედური წევრები გაირჩევიან მათში ანორთიტის მილეკულის პროცენტული შემცველობით.

ალბიტი	}	ალბიტი - $Na [Al Si_3O_8]$ .....	0 – 10%	ანორთიტია
		ოლიგოკლაზი .....	10 – 30%	„-----“
საშუალო – ანდუზინი .....			30 – 50%	„-----“
ფუძე	}	ლაბრადორი .....	50 – 70%	„-----“
		ბიტონიტი .....	70 – 90%	„-----“
		ანორთიტი - $Ca [Al_2Si_2O_8]$ ....	90 – 100%	„-----“

აღნიშნულ მინერალთა გარდა არის კიდევ *ფელდშპათოიდების* ჯგუფი : ნეფელინი –  $Na_3K [AlSiO_4]_4$ , ლეციტი –  $K[AlSi_2O_6]$  – ტუტე შედგენილობისა.

მინერალური მასალა, რომლისგანაც შეიძლება პრაქტიკულად გამოსადეგად ამოღებული იქნას ლითონი ან არალითონური შემადგენლობა (კომპონენტი), იქნება *მადანი*, ხოლო ამ მადნის პრაქტიკული მნიშვნელობის დაგროვება – *საბადო*.

## თავი VI ქანები

ქანები წარმოადგენენ ბუნებრივ მინერალურ ნარევეს (აგრეგატებს), რომლებიც აგებენ მიწის ქერქს. ხალხი მათ ქვებს ან კლდეს უწოდებს. ქანები შედგებიან მინერალებისაგან ან მათი მარცვლებისაგან. *წარმოშობის მიხედვით* ქანები იყოფა სამ დიდ ჯგუფად. ეს არის მათი გენეტიკური, ანუ წარმოშობის მიხედვით კლასიფიკაცია (დაჯგუფება): 1. მაგმური ქანები; 2. დანალექი ქანები; 3. მეტამორფული ქანები. თითოეული მათგანის წარმოშობის ადგილისა და პროცესის შესახებ წარმოდგენას გვიქმნის *გეოლოგიური ციკლი*, ანუ ნივთიერების ბრუნვა მიწის ქერქში (ან ლითოსფეროში).

*მაგმური ქანები.* მაგმური (ან მაგმეული) ეწოდებათ ისეთ ქანებს, რომლებიც წარმოიშობიან მიწის სიღრმეში ან მის ზედაპირზე, მიწის შიგნით არსებული სილიკატური მდნარის, ანუ მაგმის გაცივების შედეგად.

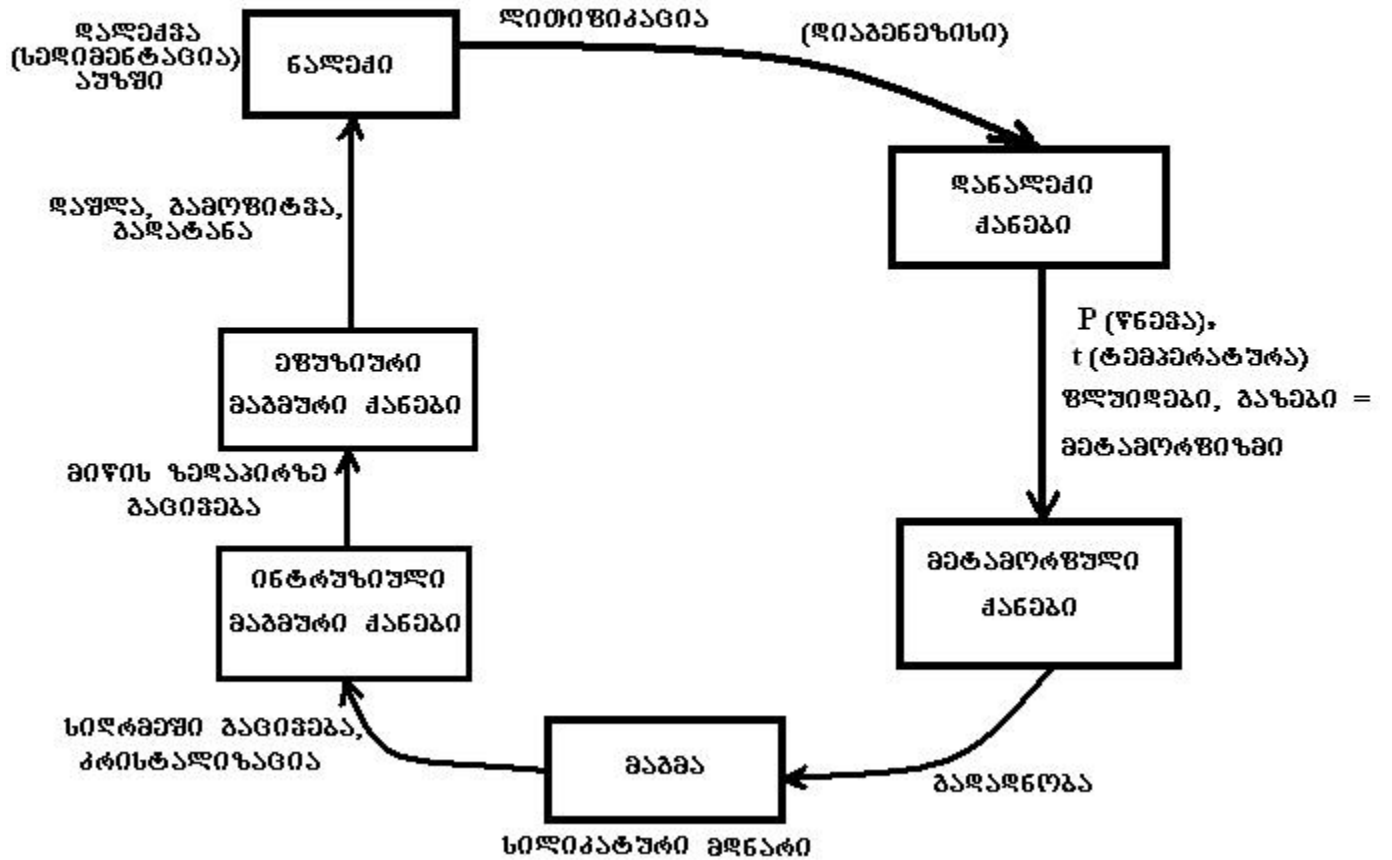
*დანალექი ქანები* წარმოიშობიან მიწის ზედაპირზე ადრე არსებული ქანების მექანიკური ან ქიმიური დაშლის პროდუქტების დაგროვების, ან ორგანიზმების ნაშთების ან მათი მოქმედების პროდუქტების დაგროვების, ან ქიმიური პროცესების მიმდინარეობის გზით.

*მეტამორფული ქანები* წარმოადგენენ მიწის შინაგანი პროცესების (ტემპერატურის, წნევის) ზეგავლენით მაგმური ან დანალექი ქანების გარდაქმნის პროდუქტებს.

### 6.1. მაგმური ქანების დახასიათება

ამ ქანებს ერუპტულსაც უწოდებენ (შემოჭრილი, ამონთხეული), ვინაიდან ისინი სიღრმიდან არიან შემოჭრილი სხვა ქანებში. მაგმის გაცივების ადგილის მიხედვით არჩევენ სიღრმეში გაცივებულს, ანუ *ინტრუზიულ მაგმურ* ქანებს და მიწის ზედაპირზე გაცივებულს, ანუ *ეფუზურ მაგმურ* ქანებს. ინტრუზიულია ეფუზიური მაგმური ქანები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან შინაგანი აგებულებით (სტრუქტურით და ტექსტურით)

ნივთიერების ბრუნვა ლითონფეროში (პეოლოგიური ციკლი)  
და ქანების გენეტიკური ჯგუფები



თუმცა ქიმიური შედგენილობა შეიძლება ერთნაირიც იყოს. მთავარი განსხვავება არის კრისტალიზაციის ხარისხში; ინტრუიული ქანები *სრულკრისტალური* არიან, ხოლო ეფუზიური – *არასრულკრისტალური*, თვალით უხილავი კრისტალურობის (აფანიტური), ან საერთოდ დაუკრისტალელებელი, მინებრივი. ე.ი. სხვადასხვა სტრუქტურა აქვთ.

მაგმური ქანების კლასიფიკაცია (დაჯგუფება) ხდება მათში  $SiO_2$  რაოდენობის მიხედვით. ამის მიხედვით გამოიყოფა ხუთი ჯგუფი, რომელთაგან თითოეულში გაერთიანებულია ინტრუიული და ეფუზიური სახესხვაობები

ჯგუფი SiO <sub>2</sub> %-ულობა	ინტრუზიული	ეფუზიური
1. მჟავე – 65 - 75 %	გრანიტი	რიოლითი
2. ტუტე – > 65 %	სიენიტი	ტრაქიტი
3. საშუალო – 52 – 65 %	დიორიტი	ანდეზიტი
4. ფუძე – 40 – 52 %	გაბრო	ბაზალტი
5. ულტრაფუძე – <	პერიდოტიტი	პიკრიტი

თითოეული ჯგუფის სახელწოდება შედგება ინტრუზიული და ეფუზიური ქანების სახელებისაგან, მაგალითად, გრანიტ-რიოლითის ჯგუფი, სიენიტ-ტრაქიტის ჯგუფი და ა.შ.

აღნიშნული ჯგუფის ქანები განსხვავდებიან ფერთაც. ვინაიდან მჟავე ქანებში ჭარბობს ღია ფერის მინერალები – კვარცი, ორთოკლაზი, პლაგიოკლაზი, მუსკოვიტი – მათ ღია ფერები ახასიათებთ (ნაცრისფერი, ვარდისფერი) და ამიტომ *ლეიკოკრატულს* უწოდებენ (ლეიკოს – ბერძნ. თეთრი, რძისფერი). ფუძე ქანებში უმთავრესია მუქი მინერალები – აგეიტი, რქატყუარა, მუქი პლაგიოკლაზები, ბიოტიტი, მათ *მელანოკრატულს* უწოდებენ (მელანოს – ბერძნ. შავი). საშუალო ქანებს მათ შორის გარდამავალი ფერები აქვთ.

## 6.2. დანალექი ქანების დახასიათება

დანალექი ქანების კლასიფიკაცია აგებულია გენეტიური პრინციპით, ანუ მათი დაჯგუფება ხდება წარმოშობის მიხედვით. ამ ნიშნით არჩევენ კლასტურ, ქემოგენურ და ორგანოგენულ დანალექ ქანებს.

- ა) **კლასტური**, ანუ ნამსხვრევი ქანები შედგება ადრინდელი ქანების ნატეხებისაგან, დაქუცმაცებული ნამსხვრევებისაგან. ნამსხვრევების სიდიდის მიხედვით გამოიყოფა მსხვილნატეხოვანი ქანები (ფსეფიტები): *კონგლომერატი* და *ბრექჩია*, რომელთა მასალის სიმსხო 2მმ-ზე მეტია. კონგლომერატი შედგება შეცემენტებული, დამუშავებული ქვარგვალეებისაგან და კენჭებისაგან, ხოლო ბრექჩია – კუთხედი, დაუმუშავებელი ნატეხებისაგან. შემდეგი ჯგუფია *ქვიშაქვები* (ფსამიტები), ანუ ქვიშის შეცემენტებული მარცვლებით აგებული ქანები, რომლებშიც მარცვლების სიმსხო 2 მმ – დან 0,1 მმ – მდეა. უფრო მცირე ზომის მარცვლებით ( 0,1 – 0,01მმ) აგებულია *ქვიშიანი თიხები*

(*ალეგროლიტები*), ხოლო 0,01 მმ – ზე ნაკლები ზომის მარცვლებით – *თიხები* (*პელიტები*), კერძოდ, კაოლინიტური, მონტმორილონიტური, ჰიდროქარსული თიხები.

- ბ) *ქემოგენური*, ანუ ქიმიური დანალექი ქანები წარმოშობიან ქიმიური დალექვის გზით ზღვებში, ტბებში, ლაგუნებში და წყაროების გამოსავლებთან. მათ შორის ქიმიური შედგენილობის მიხედვით გამოიყოფიან *სილიციტები* (კაუიანი ნალექები), *ალიტები* (ალუმინის ქანგის შემცველი ქანები – ლატერიტები, ბოქსიტები), კარბონატები (მინერალ კალციტის, დოლომიტის და სიდერიტის შემცველი ქანები – კირქვები, დოლომიტები, კირქვის ტუფი), ევაპორიტები (სხვადასხვა შედგენილობის მარილები – თაბაშირი, ანჰიდრიტი, ჰალიტი (ქვამარილი), კალიუმის მარილები და ა.შ.).
- გ) *ორგანოგენული ქანები* წარმოშობილი არიან ორგანიზმების ნაშთების დაგროვებით, ან მათი სასიცოცხლო აქტივობის შედეგად. ცხოველური ორგანიზმების სკელეტის (ნიჟარი) შედგენილობის მიხედვით გამოიყოფა: *კაუიანი ქანები* (დიატომიტები, რომლებიც მდგებიან მიკროსკოპული წყალმცენარეების კაუიანი ნაჭუჭებისაგან; ტრეპელები, სკელეტის დაშლილი ნაშთებით აგებული და ოპოკები, მინერალ ოპალისა და სკელეტის ნამსხვრევებით აგებული); *კარბონატული ქანები*, რომლებიც შედგებიან კარბონატული სკელეტის მქონე ორგანიზმების ნაშთებისაგან (მარჯნის რიფები, წყალმცენარეების რიფები, ლუმაშელი, კარბონატული ნიჟარების ნასხვრევებით აგებული ქანები და ა.შ.); *კაუსტობიოლითები*, რომლებიც წარმოადგენენ ორგანული წარმოშობის საწვავ ნამარხ ქანებს. მათ შორის არჩევენ *ჰუმუსიან* (ტორფი, მურა ნახშირი, ქვანახშირი, ანტრაციტი) და *ბიტუმიანი* (ნავთობი, ასფალთი) სახეობებს.

### 6.3. მეტამორფული ქანები

მეტამორფული, ანუ სახეცვლილი (გარდაქმნილი) ქანები წარმოიშობიან ადრე არსებული მაგმური და დანალექი ქანების გარდაქმნის შედეგად მიწის სიღრმეში მოხვედრისას იქ არსებული დიდი წნევის, მაღალი ტემპერატურისა, ხსნარებისა და გაზების ზეგავლენით. ქანების ისეთ გარდაქმნას, რომლის დროსაც ხდება მათი შინაგანი აგებულებისა და შედგენილობის შეცვლა *მეტამორფიზმს* უწოდებენ, ხოლო თავად ქანებს

– მეტამორფულს. ძირითადი (წამყვანი) ფაქტორის მიხედვით არჩევენ *კონტაქტურ, თერმულ, დინამო, თერმოდინამიურ, ჰიდროთერმულ, პნევმატოლითურ* მეტამორფიზმს. მეტამორფული ქანებისათვის დამახასიათებელია *ფიქლებრივობა*, ანუ ფირფიტებად, ფიქლებად დაშლა და *კრისტალურობა*, რითაც ისინი განსხვავდება როგორც მაგმური, ისე დანალექი ქანებისაგან. მაგმური ქანებიდან წარმოქმნის შემთხვევაში მეტამორფულ ქანებს უწოდებენ *ორთომეტამორფიტებს*, ხოლო დანალექი ქაბებიდან ქარმოშობის შემთხვევაში – *პარამეტამორფიტებს*. მეტამორფული ქანების მაგალითებია:

*მარმარილო* – კირქვის თერმული გარდაქმნის შედეგი;

*კვარციტი* – კვარცის ქვიშაქვის შეცვლის შედეგი;

*თიხა-ფიქალი* – თიხის დინამიური (წნევის) ზეგავლენის შედეგი;

*ფილიტი* – ფარულკრისტალური, სუსტად დაფიქლებული ქანი, რომელიც მიიღება დანალექი ქანის გარდაქმნის შედეგად;

*კრისტალური ფიქლები* – კრისტალური და ფიქლებრივი აგებულების ქანი, რომელშიც დამახასიათებელი მინერალის მიხედვით არჩევენ ქარსიან, ქლორიტიან, გრანიტიან, ამფიბოლიან და სხვა კრისტალურ ფიქლებს.

*გნეისები* – ღრმად მეტამორფული, მსხვილკრისტალური ფიქლებრივი ქანი, რომელიც ხასიათდება ზოლური აგებულებით და წარმოიშობა თერმოდინამიური (რეგიონული) მეტამორფიზმის შედეგად;

*მიგმატიტები* – მეტამორფული და მაგმური ქანებისათვის დამახასიათებელი ნარევი აგებულების ღრმად მეტამორფული ქანი;

*გრანულიტები* – უმაღლესი რეგიონული მეტამორფიზმის პროდუქტი, რომელშიც ძირითადი მინერალებია კვარცი, მინდვრისშპატები, გრანატი.

*მეტამორფული გრანიტები* – მეტამორფიზმის ბოლო სტადიის პროდუქტი, ანუ *გრანიტიზაციის* შედეგი. თუ მეტამორფული გრანიტი მივიდა სრულ გადნობამდე, მივიღებთ მეორად გრანიტულ მაგმას.

მაგმური, დანალექი და მეტამორფული ქანების უფრო სრულ დახასიათებას, მათ მინერალოგიურ შედგენილობას და წარმოშობის საკითხებს სტუდენტები შეისწავლიან *პეტროგრაფიისა* და *ლითოლოგიის* კურსების გავლისას. აქ კი ქანების სახესხვაობების ერთიანად წარმოდგენის მიზნით ვთავაზობთ ქანების გამარტივებულ კლასიფიკაციას.

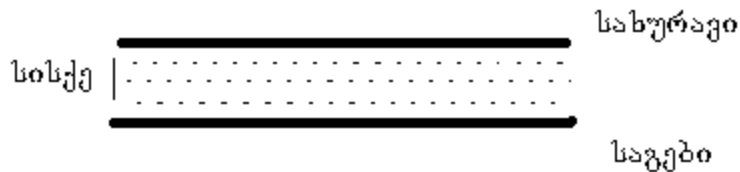
## თავი 7 ქანების წოლის ფორმები

ქანები აგებენ დედამიწის ქერქს, მაგრამ იბადება კითხვა, როგორია მათი განლაგება, ანუ წოლის ფორმები ქერქში და როგორია მათი როლი ქერქის აგებულებაში? ქანების წყობას მიწის ქერქში, მათ **წოლის ფორმას** უწოდებენ. ვინაიდან ქანები წარმოადგენენ განსხვავებული წარმოშობის წარმონაქმნებს, მათი წოლის ფორმებიც განსხვავებული არიან. ამიტომ ცალ-ცალკე განიხილება დანალექი და მაგმური ქანების წოლის ფორმები. მეტამორფული კი მათზეა დამოკიდებული.

### 7.1 დანალექი ქანების წოლის ფორმები.

მიწის ზედაპირო ჩვეულებრივ დაფარულია ნიადაგით, ღორღით, მცენარეული საფარით, ფიტვითი ქერქით, რაც ხელს უშლის მკვიდრი ქანების დანახვას. მაგრამ ბუნებაში არის ადგილები, სადაც ეს ზედა საფარი გადაწმენდილია და მის ქვეშ მდებარე ქანები გაშიშვლებულან. ასეთ ადგილებს **ნაჩენი** ან **გაშიშვლება** ჰქვია. გაშიშვლება შეიძლება იყოს **ბუნებრივი**, მაგალითად, მდინარის ხეობაში, რაც მდინარის მიერ გადარეცხვის შედეგია, და შეიძლება იყოს **ხელოვნური**, მაგალითად, თუ ფრდობზე გზა არის გაჭრილი ან თხრილი (ტრანშეა) არის გაყვანილი.

დანალექი ქანებისათვის დამახასიათებელი წოლის ფორმა არის **შრე** და **შრეებრივობა**. **შრე ეწოდება** ერთი შედგენილობის ბრტყელი ფორმის გეოლოგიურ სხეულს (ფენას), რომელიც შემოსაზღვრულია შრეებრივობის ზედაპირებით – **საგებით** და **სახურავით**.

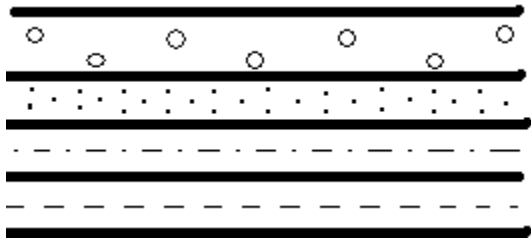


შრე და მისი ზედაპირები



უმოკლეს მანძილს საგებსა და სახურავს შორის **ლინზა შრის სისქე** ან **სიმძლავრე** ეწოდება. გარკვეული

შედგენილობის ფენების წარმოშობა დალექვის დროს ხდება, ხოლო ნალექების შრეებად განთავსება, ანუ **შრეებრივობის** წარმოშობა ხდება **დიაგენეზის**, ანუ ნალექების ქანებად გადაქცევის, პროცესში შრეთა სიმრავლე ქმნის დანალექი ქანის შრეებრივობას. შრეები



კონგლომერატი  
ქვიშაქვა  
ქვიშიანი თიხა  
თიხა

სხვადასხვა სისქისაა. არის თხელ-შრეებრივი, საშუალოშრეებრივი და სქელშრეებრივი რამდენიმე მმ – დან რამდენიმე მ –მდე) ქანები. შრე არ ვრცელდება უსასრულოდ. შრის სისქე თანდათან კლებულობს და

ბოლოს ის უნდა

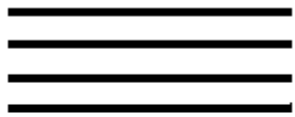
გათავდეს, ანუ **გამოისოლოს**. კერძოდ, თუ შრე ილექება ზღვის ფსკერზე ნაპირისკენ მისი



შრის გამოსოფლება

სისქე შეიძლება თანდათან შემცირდეს დასადაც აუზი დამთავრდება, შრეც გამოისოლება. თუ შრის გამოსოფლა

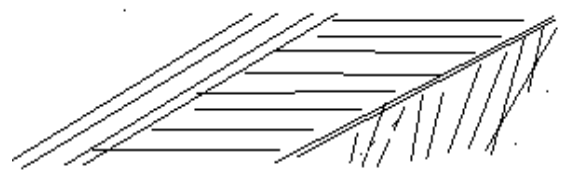
ყველა მიმართულებით ყველა მიმართულებით ახლო მანძილზე ხდება, მივიღებთ თავისებური ფორმის შრეს, რომელსაც **ლინზა** ჰქვია. შრეთა გამოსოფლის ფაქტი გვიჩვენებს, რომ შრეები ყოველთვის არ არიან ერთიმეორის პარალელური, ისინი ზოგჯერ ირიბად ესაზღვრებიან ერთმანეთს, რასაც **ირიბი** შრეებრივობას უწოდებენ, ზოგჯერ კი მათ შორის დამოკიდებულება უფრო რთულია და გამოისახება **ხლართული შრეებრივობა**.



ა) პარალელური შრეებრივობა



ბ) ირიბი (დიაბონალური) შრეებრივობა



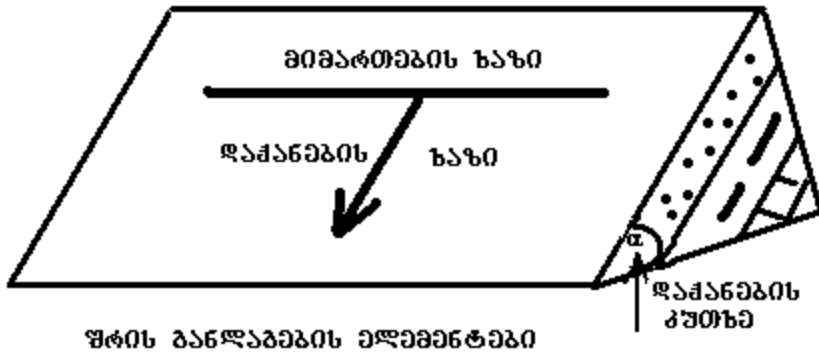
ბ) ხლართული შრეებრივობა

ხშირად შრის ზედაპირი ტალღისებურად არის ამოზნექილ-ჩაზნექილი და ემსგავსება ადამიანის გვერდზე ნეკნების მოხაზულობას, რის გამოც მათ **რიპელმარკები** (გერმან. – ნეკნის ნიშნები) შეარქვეს. რიპელმარკები ჯერ კიდევ გაუმტკიცებელ ნალექზე წყლის



გამტკიცებამდე არიან გაჩენილი.

ლივლივის გავლენით და სხვა მიზეზით ჩნდება. რის ზედაპირზე ხშირად შეიმჩნევა ცხოველთა ნაკვალევი, წვიმის წვეთების აღნაბეჭდები, ჭიების მოქმედების კვალი და სხვა, რომლებიც შრის



პირველად, ანუ აუშლელ განლაგებაში დანალექი ქანების შრეები ჰორიზონტალურად ვრცელდებიან, მაგრამ ასეთი განლაგება ხშირად იცვლება, განსაკუთრებით მიწის შინაგანი ძალების ზეგავლენით და აუცილ-

ბელი ხდება მათი მდებარეობის გარკვევა ჰორიზონტის მიმართ. ამისათვის საჭიროა შრის განლაგების ელემენტების გაზომვა. ასეთებია შრის მიმართება და მისი აზიმუტი, შრის დაქანების აზიმუტი და შრის დაქანების კუთხე. დაქანება არის შრის დახრილობა ჰორიზონტისა და მისი მხარეების მიმართ, რასაც გვიჩვენებს დაქანების ხაზი, გავლებული შრის ზედაპირზე მისი უდიდესი დახრილობის მიმართულებით. ეს ხაზი მიმართების ხაზის მართობულია

ქანების კლასიფიკაცია (გამარტივებული სახით)

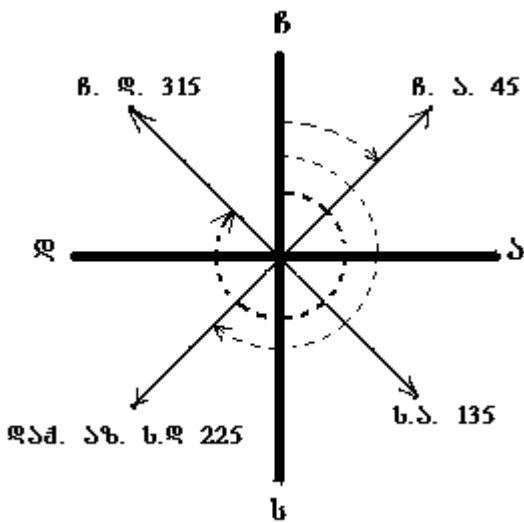
მაგმური ქანები		
SiO% შემცველობა	ინტრუზიული	ეფუზიური
მჟავე (65-75)	გრანიტი	რიოლითი
ტუტე (>65)	სიენიტი	ტრაქიტი
საშუალო (52-65)	დიორიტი	ანდეზიტი
ფუძე (40-52)	გაბრო	ბაზალტი
ულტრაფუძე (<40)	პერიდოტიტი	პიკრიტი

დანალექი ქანები		
ნამსხვრევი (კლასტური)	ქიმიური (ქემოგენური)	ორგანოგენური
კონგლომერატი	სილიციტები	კაჟიანი
ბრეჭჩია	(კაჟიანი)	(დიატომიტე,
ქვიშაქვა	ალიტები	რადიოლარიტი)
ქვიშიანი თიხა	(ლატერიტი,	კირქვიანი
თიხიანი	ბოქსიტი)	(კირქვა,
ქვაიშაქვა	კარბონატები	ლუმაშელი,
ლიოსი	(კირქვა,	კირქვის ტუფი,
თიხა	დოლომიტე)	გლობიგერინიტი)
თიხაქვა (არგილიტი)	ევაპორიტები	კაუსტობიოლითები
	(თაბაშირი,	ი (ტორფი, მურა
	ქვამარილი,	ნახშირი,
	კალიუმის	ქვანახშირი,
	მარილები და	ანტრაციტი,
	სხვ.)	საპროპელიტი
		ბიტუმიანი
		(ასფალტი,
		ნავთობი)

მეტამორფული ქანები	
მეტამორფიზმის სახეობები (t,P ფლუიდები)	მეტამორფული ქანების სახეობები
თერმული	რქაულები მარმარილო
კონტაქტური	რქაულები, ლაქებიანი ფიქლები
დინამიური	თიხაფიქლები, ასპიდური ფიქლები
თერმოდინამიური, (რეგიონული) ჰიდროთერმული პნემატოლითური	კვარციტები, ფილიტები, კრისტალური ფიქლები, გნეისები, მიგმატიტები, გრანულიტები, მეტამორფული გრანიტები

და ვექტორულ ხაზს წარმოადგენს. **დაქანების კუთხე** არის კუთხე ჰორიზონტულ სიბრტყესა და შრის ზედაპირს შორის, ანუ გვიჩვენებს შრის დახრილობის სიდიდეს.

მიმართების ხაზისა და დაქანების ხაზის მიმართულებებს ზომავენ **გეოლოგიური**



**კომპასით**, რომლის მეშვეობით ადგენენ ამ **ხაზების**

**აზიმუტს**, ანუ კუთხე მერიდიანსა აღნიშნულ ხაზებს შორის, ათვლილს საათის ისრის მოძრაობის მიმართულებით. გასათვალისწინებელია ის

გარემოება, რომ მიმართების აზიმუტის გაზომვა დაქანების აზიმუტს ვერ მოგვცემს, ვინაიდან ერთი და იგივე მიმართების შრეები, შეიძლება ურთიერთ-საწინააღმდეგოდ იყვნენ დახრილი. ამისგან განსხვავებით, დაქანების აზიმუტის

გაზომვა სავსებით განსაზღვრავს მიმართების ხაზის

აზიმუტსაც. ეს უკანასკნელი დაქანების ხაზის მიმართულების მართობული იქნება. მაგალითად, თუ დაქანების ხაზის აზიმუტია ს. დ. 225<sup>0</sup>, მაშინ მიმართების აზიმუტი იქნება 225<sup>0</sup> + 90<sup>0</sup>, ანუ ჩრდ. დას. 315<sup>0</sup> – ს.ა. 135<sup>0</sup>.

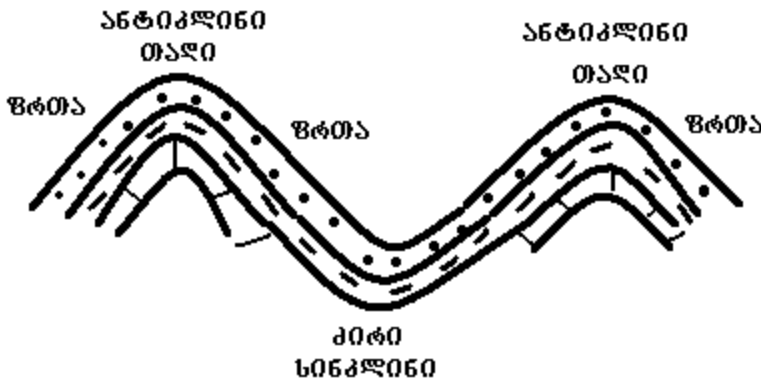
შრეების განლაგების (წოლის) ელემენტების გაზომვის ხერხებს სტრუქტურები შეისწავლიან პრაქტიკული მეცადინეობის და სავსე პრაქტიკის გავლისას.

შრის დაქანების კუთხის სიდიდე იზომება გეოლოგიურ კომპასზე მოთავსებული კუთხემზომი (კლინომეტრის) საშუალებით. ეს კუთხე თავსდება 0<sup>0</sup> – დან 90<sup>0</sup> – ის ფარგლებში, ანუ ჰორიზონტულიდან ვერტიკალურ მდგომარეობამდე, რაც შრეთა აშლის სიდიდეზეა დამოკიდებული. ცალკეულ შემთხვევაში შრეების დაქანების კუთხე შეიძლება გასცდეს ვერტიკალურ მდგომარეობას და გადაბრუნდეს. ასეთ შემთხვევაში საჭირო იქნება წოლის ელემენტების გაზომვა, ოღონდ მითითებული უნდა იქნეს შრეთა გადაბრუნების მოვლენა, რასაც სათანადო პირობითი ნიშნით აღნიშნავენ.

**შრეების დისლოკაცია.** დალექვისას შრეები დაახლოებით ჰორიზონტალურად არიან განლაგებული, ზღვის ფსკერის დახრილობის შესაბამისად. მაგრამ ბევრი მათგანი დღემდე ასე არ დარჩენილა. მაგალითად, მთიან მხარეებში, როგორც საქართველო და კერძოდ თბილისის მიდამოებია, შრეები ზოგან ჩრდილოეთისაკენ, ზოგან სამხრეთისაკენ არიან დახრილი სხვადასხვა კუთხით. ცხადია, ისინი ასე არ დალექილან და მათი განლაგება დალექვის შემდეგ არის შეცვლილი. ზოგან შრეები გაწყვეტილნი და ერთიმეორის მიმართ გადაადგილებულნი არიან. შრეების პირველადი განლაგების შეცვლის

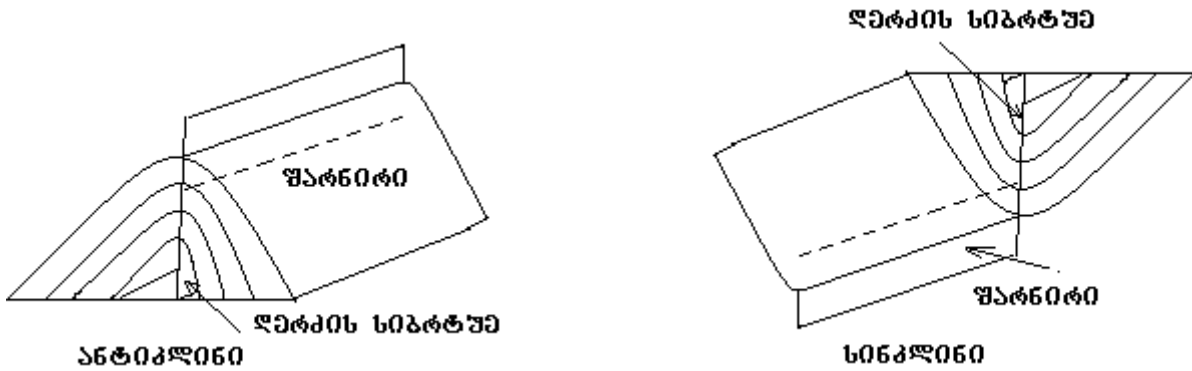
ასეთ მოვლენებს *შრეების აშლა*, ანუ დისლოკაცია ჰქვია. დისლოკაცია შეიძლება იყოს *უწყვეტი* და *წყვეტილი*. რომელთა შესწავლას აწარმოებს დისციპლინა – *სტრუქტურული გეოლოგია*, ხოლო თვით ეს განლაგება იქნება *ტექტონიკა* (ბერძ. შენება).

*უწყვეტი, ანუ ნაოჭა დისლოკაციები*. ნაოჭა დისლოკაციების შემთხვევაში შრეები ტალღისებურად არიან დეფორმირებული – ზოგან ამოხნეკილი, ზოგან ჩაზნეკილი. ამგვარ გაღუნვებს გეოლოგიაში *ნაოჭებს უწოდებენ*. ამოხნეკილ გაღუნვას *ეწოდება ანტიკლინი*, რომელიც შედგება თალისა და მასთან მოსაზღვრე ორი ფრთისაგან, ხოლო ჩაზნეკილ გაღუნვას – *სინკლინი*, რომელიც შედგება ძირისა და ორი ფრთისაგან. ანტიკლინსა და სინკლინს ერთი ფრთა საზიარო აქვთ, თუ ერთიმეორის გვერდით არიან განვითარებული (იხ. ნახაზი).



ანტიკლინის თალის ან სინკლინის ძირის იმ ადგილს, სადაც ხდება შრეების გადაღუნვა, *შარნირი*, ანუ *საქცევი* ჰქვია, ხოლო იმ წარმოსახვით ზედაპირს, რომელშიც ყველა ეს შარნირი მოექცევა – *ნაოჭის ღერძული სიბრტყე* ეწოდება. იგი

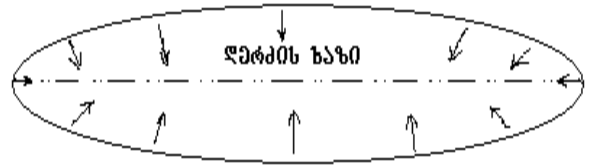
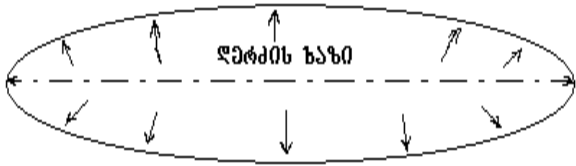
ნაოჭს შუაზე ჰყოფს (იხ. ნახაზი).



ანტიკლინები და სინკლინები იშვიათად გვხვდება ცალედი სახით. ისინი ერთიმეორეს მოჰყვებიან და მიწის ქერქში ქმნიან *ნაოჭთა დაჯგუფებას, ნაოჭა სტრუქტურას*. მაგალითად, თბილისის მიდამოებში აღინიშნება რამდენიმე ასეთი ნაოჭი (სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ): თელეთის ანტიკლინი, კრწანისის სინკლინი, მამადავითის ანტიკლინი, საბურთალოს სინკლინი, ლისის ანტიკლინი, დიდმის სინკლინი, მცხეთის ანტიკლინი. როგორც ვხედავთ ნაოჭთა სახელწოდება ადგილის დასახელებას ემთხვევა, რაც

მიღებულია გეოლოგიაში. ამასთან, თუ დავაკვირდებით დავინახავთ, რომ თბილისის მიდამოებში ანტიკლინები ემთხვევა იმავე სახელწოდების ქედებს, ხოლო სინკლინები – მდინარეთა ხეობებს. ასეთი ვითარება დამახასიათებელია ახალგაზრდა ნაოჭა მთებისათვის, როგორც თრიალეთის ქედი. ძველ მთებში ასეთი პირდაპირი დამოკიდებულება წაშლილია, რაც ქანების ხანგრძლივი გადარეცხის შედეგია.

გადარეცხილი ნაოჭები შეგვიძლია აღვადგინოთ, როგორც გადარეცხვამდე უნდა ყოფილიყო და ეს იქნება **პაერული ნაოჭები**. ნაოჭებს აქვთ **განი და სიგრძე**. განი იზომება ერთი ნაოჭის ღერძული სიბრტყიდან მეორის სიბრტყემდე, ხოლო სიგრძე–ნაოჭის დაბოლოებებს შორის. როგორი გრძელიც არ უნდ იყოს ნაოჭი, იგი მაინც თანდათან გაიშლება, შრეები შემოხაზავენ რკალს და დაბოლოვდებიან. ანტიკლინის შემთხვევაში გვექნება **პერიკლინური** დაბოლოება, ხოლო სინკლინის შემთხვევაში **ცენტრიკლინური** (იხ. ნახ.). ნაოჭების განი და სიგრძე ძლიერ ფართო ფარგლებში იცვლება. შეიძლება სულ

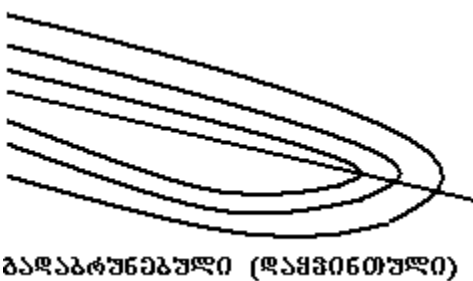
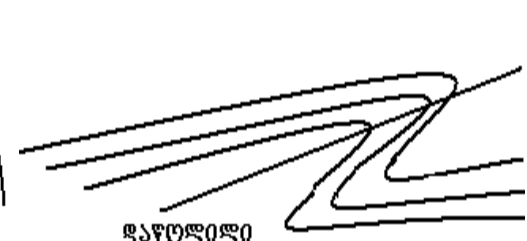
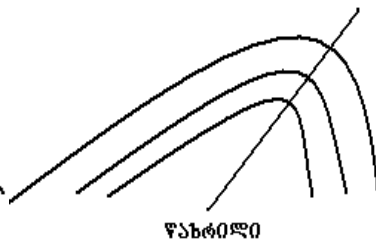
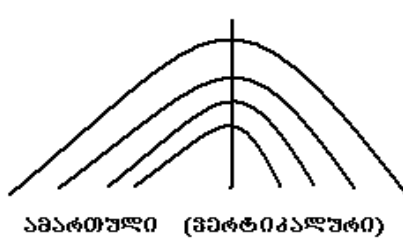


ანტიკლინის სიგრძე და მისი პერიკლინური დაბოლოებები (ისრები გვიჩვენებენ შრეების დაქანების მიმართულებას)

სინკლინის სიგრძე და მისი ცენტრიკლინური დაბოლოებები

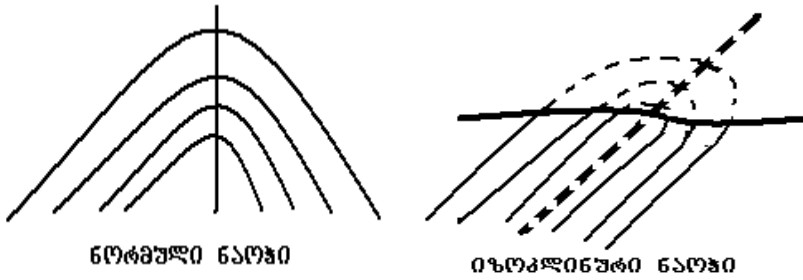
პატარა იყოს და შეიძლება ათეული და ასეული კილომეტრებითაც გაიზომოს.

ნაოჭები ღერძული სიბრტყის მდებარეობის მიხედვით შეიძლება იყოს: **ამართული (ვერტიკალური), წახრილი, დაწოლილი, გადაბრუნებული** (იხ. ნახ.)

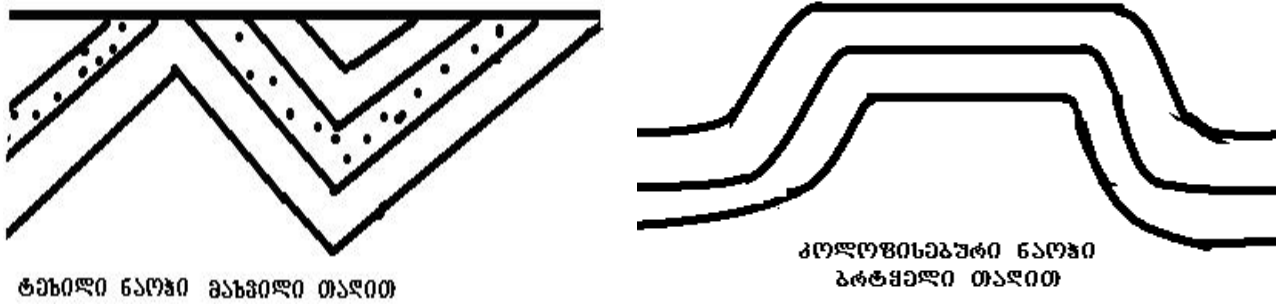


თუ ნაოჭის ღეძსა და ფრთებს შუა გარკვეული კუთხე იქმნება, ასეთ ნაოჭს **ნორმულს** უწოდებენ. თუ ფრთა ფრთას ეკვრის და ისინი ღერძული სიბრტყის პარალელური გახდებიან, ასეთ ნაოჭს **იზოკლინური** ჰქვია (იზო – ბერძ. მსგავსი, ტოლი; კლინოს – დახრა,

დახრილი). თუ ნაოჭი კიდევ უფრო შეიკუმშა და მისი თალი გაიშალა, შეიძლება წარმოიშვას *მაროსებური ნაოჭი* (იხ. ნახ.)



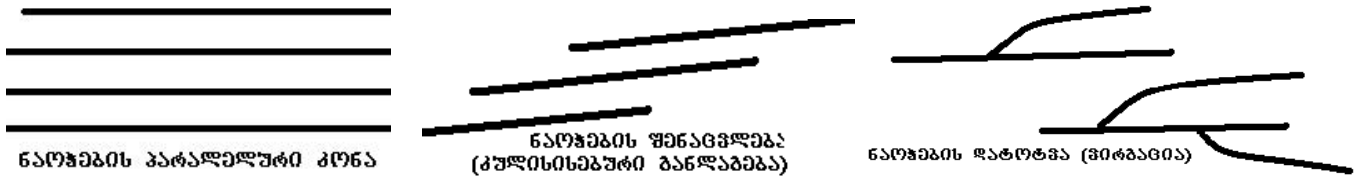
თალის ფორმის მიხედვით ნაოჭები შეიძლება იყოს *ტეხილი, კოლოფისებური*, არის კიდევ *ცალგვერდა* ნაოჭი, ანუ ფლექსური, რომელიც მუხლისებური გადაღუნვის სახითაა წარმოდგენილი (იხ. ნახ.)



რთული დანაოჭების შემთხვევაში, განსაკუთრებით იზოკლინურ ნაოჭებში, როდესაც მათი თალები გადარეცხილია, ანტიკლინისა და სინკლინის გამოცნობა ძნელია. ასევე შემთხვევაში გამოიყენება წესი, რომელიც მიგვითითებს, რომ ანტიკლინის ღეძთან ახლოს არიან *ქვედა* ანუ *ძველი* შრეები, ხოლო სინკლინის ღეძთან – *ზედა* ანუ *ახალი* შრეები. ამ შრეებს, რომლებიც ნაოჭის შიგა ნაწილებშია მოქცეული *ნაოჭის გული* ჰქვია. ასე რომ, ანტიკლინის გულში *ძველი შრეებია* მოთავსებული, ხოლო სინკლინის გულში – *ახალგაზრდა*.

**ნაოჭების დაჯგუფება.** ნაოჭები განცალკევებული იშვიათად გვხვდებიან. ასეთი ნაოჭები შეიძლება წაგრძელებული იყვნენ, მაგრამ მცირეხე და მათ მოკლე ანუ *ბრაქინაოჭები* ეწოდება (ბრაქიანტიკლინი, ბრაქისინკლინი). ანტიკლინებს ზოგჯერ თანაბარგანზომილებიანი (იზომერული) *გუმბათის* ფორმა აქვთ. უფრო ხშირად გვხვდება წაგრძელებული, *ხაზობრივი* ფორმის *ნაოჭები*, რომლებიც ერთიმეორის გვერდით არიან მოთავსებული და *ნაოჭთა კონებად* დაჯგუფებული. მოხდება ისეც, რომ ნაოჭი გათავდება და მის ადგილს მეორე იჭერს და იმავე მიმართულებით აგრძელებს მას. ზოგ შემთხვევაში ხდება ნაოჭის

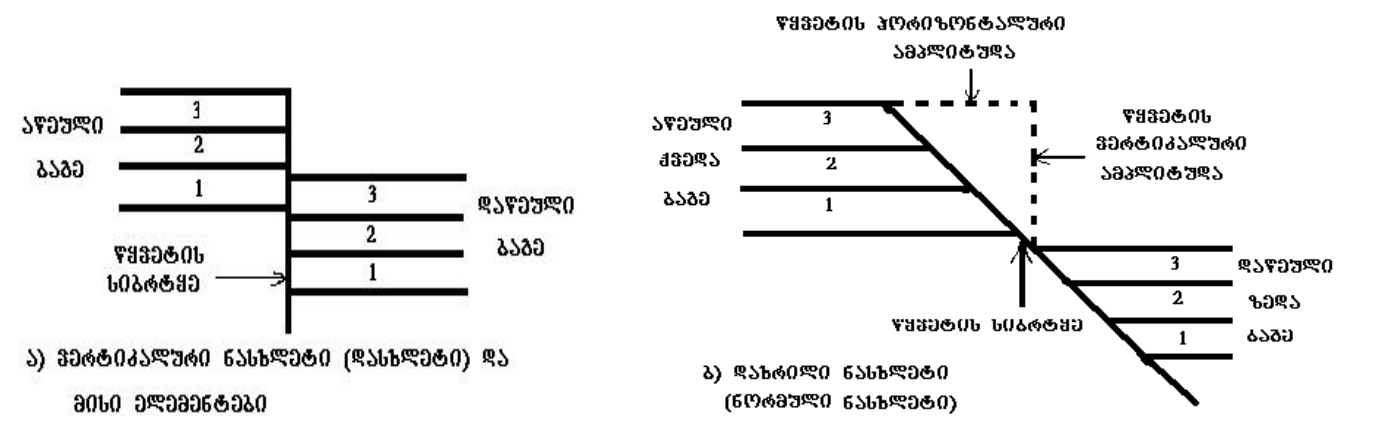
დატოვება, ანუ *ვირგაცია*. ნაოჭთა ეს კონები მათი ღერძის ხაზებით გამოიხატება ნახაზზე (იხ. ნახ.)

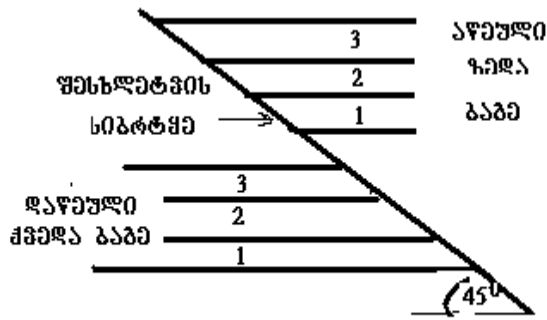


მთიან მხარეებში არის შემთხვევები, როდესაც დიდი ანტიკლინის ან სინკლინის ფრთებზე ვითარდება უფრო მცირე ნაოჭები. ასეთ დაჯგუფებას თხზულ ნაოჭებს, ანუ *ანტიკლინორიუმებს* და *სინკლინორიუმებს* უწოდებენ.

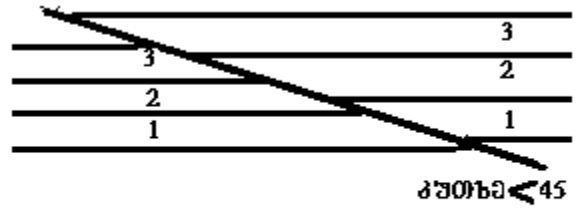
დადგენილად ითვლება, რომ ნაოჭებისა და მათი დაჯგუფებების წარმოშობა დაკავშირებულია მიწის ქერქში არსებულ შეკუმშვით ძალებთან.

*წყვეტილი დისლოკაციები (რღვევები)*. ქანები თითქმის ყოველთვის დასერილი არიან ბზარებით და ნაპრალებით, მაგრამ თუ ამას ნაპრალის გასწვრივ ქანის გადაადგილება არ ახლავს, ეს იქნება *განწვევება*, *ნაპრალიანობა* და არა დისლოკაცია. ჭეშმარიტი *წყვეტილი დისლოკაცია* ეწოდება იმ შემთხვევას, როდესაც ქანები გაწყვეტილია და ნაპრალის (ანუ წყვეტის სიბრტყის) გასწვრივ გადაადგილებაც მომხდარა. არჩევნ წყვეტილი დისლოკაციების სხვადასხვა სახეობებს და წყვეტების ელემენტებს (იხ. ნახ.)

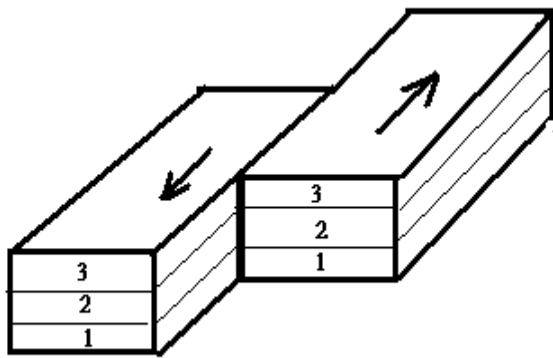




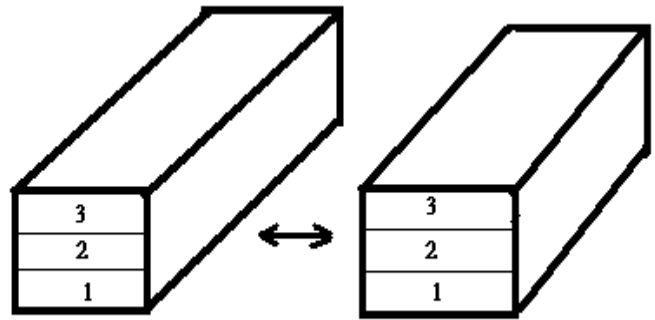
ბ) წმინდა ბაბი (წმინდა ბაბის კუთხე  $> 45^\circ$  -ზე)



დ) წმინდა ბაბი (წმინდა ბაბის კუთხე  $< 45^\circ$  -ზე)

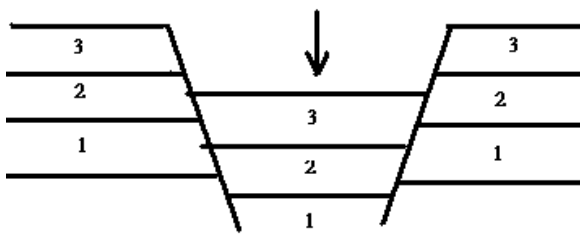


ე) ნაწევი (პროკონტინული გადაადგილება - ბანსელები)

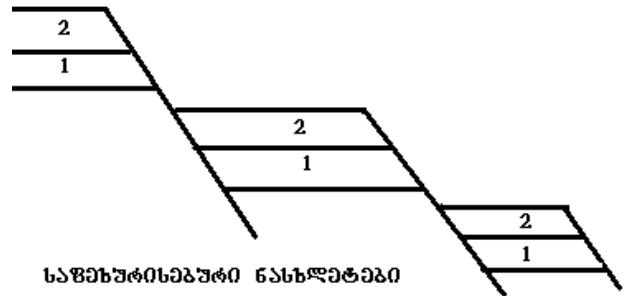


ვ) ბანსევი (ტიფტი)

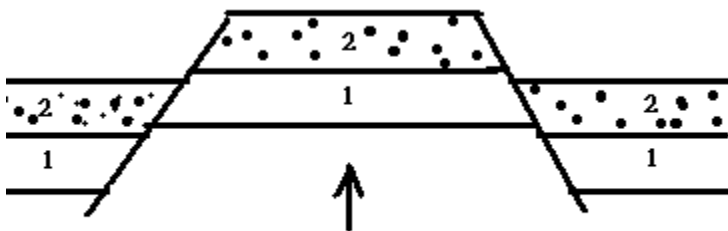
წყვეტები, ანუ რღვევები ბუნებაში გვხვდება როგორც ცაკელი, ისე დაჯგუფებების სახით (იხ. ნახ.)



ბრახანი (ტიფტი)



საწმინდა ბაბის ნაწევი



პროკონტინული გადაადგილება (ტიფტი)

განმარტებები:

*სხლეტვის სიბრტყე*, სხლეტვის ზედაპირი - არის ის ზედაპირი, რომლის გასწვრივაც ხდება გაწვეტილი შრეების გადაადგილება.

**წყვეტის ბაგეები** – გაწყვეტილი ქანების ნაწილები (ბლოკები), რომლებიც გადაადგილდებიან ზევით და ქვევით; სახრილი წყვეტის შემთხვევაში სხლეტვის სიბრტყის თავზე განლაგებული იქნება **ზედა ბაგე**, ხოლო სიბრტყის ქვეშ – **ქვედა ბაგე**. იმავე წყვეტაში ზევითკენ გადაადგილებული იქნება აწეული ბაგე, ხოლო ქვევითკენ – დაწეული ბაგე.

**წყვეტის ამპლიტუდა** – მანძილი, რომელზეც გადაადგილდებიან ბაგეები. ვერტიკალურ სიბრტყეში გაზომილი ეს მანძილი იქნება **ვერტიკალური ამპლიტუდა**, ხოლო ჰორიზონტულში – **ჰორიზონტული ამპლიტუდა**.

**ნასხლეტი** (ნორმული ნასხლეტი) – ეწოდება ისეთ დახრილ წყვეტას, რომელშიც ზედა ბაგე დაწეულია, ხოლო ქვედა – აწეული.

**შესხლეტი (შესხლეტვა)** – ეწოდება ისეთ დახრილ წყვეტას, რომელშიც აწეულია (შესხლეტილია) ზედა ბაგე, წყვეტის სიბრტყის დაქანება კი მეტია  $45^{\circ}$  –ზე.

**შეცოცება** არის ისეთი დახრილი წყვეტა, რომელშიც აწეულია (შესხლეტილია) ზედა ბაგე, წყვეტის სიბრტყის დაქანება კი ნაკლებია  $45^{\circ}$  –ზე.

**ნაწევი** (ანუ განსხლეტი) ეწოდება წყვეტას, რომელშიც გადაადგილებას წყვეტის სიბრტყის გასწვრივ ჰორიზონტული მიმართულება აქვს.

**განაწევი** (ანუ რიფტი) ისეთი წყვეტაა, რომელშიც ბაგეები ერთმანეთს შორდებიან ჰორიზონტული მიმართულებით და მათ შუა წარმოიქმნება თავისუფალი სივრცე.

**გრაბენი** (ჩაქცევა, თხრილი) არის წყვეტების ისეთი დაჯგუფება, რომელშიც შუა ნაწილი დაწეულია და შემოსახლდრულია ნასხლეტებით.

**ჰორსტი** (გორა, ამაღლება) არის წყვეტების ისეთი დაჯგუფება, რომელშიც შუა ნაწილი ამაღლებულია, აქეთ-იქეთ კი დაწეული.

**საფეხურისებური** (ანუ კიბური) **ნასხლეტები** ისეთი დაჯგუფებაა, რომელშიც პარალელური ნასხლეტები ერთი მიმართულებით არიან დასხლეტილი (ან ასხლეტილი).

სხლეტვის ზედაპირები ხშირად მოელვარებულია და წარმოშობა **სხლეტვის სარკეები**. ეს სარკეები შეიძლება დაკაწრული იყოს. ზოგჯერ კი წყვეტის ზონაში ხახუნის გამო წარმოიშობა დამსხვრეული ქანები, რომელთაც **ხახუნის ბრექჩიას** ან **ტექტონიკურ ბრექჩიას** უწოდებენ.

წყვეტების წარმოშობა დაკავშირებულია მიწის ქერქში წარმოქმნილ გაჭიმვით ან შეკუმშვით ძალებთან. კერძოდ, ნასხლეტების შემთხვევაში საქმე გვაქვს გაჭიმვასთან, შესხლეტვისას კი – შეკუმშვასთან.

7.2 მაგმური ქანების წოლის ფორმები

მაგმული ანუ ერუპტული წოლის ფორმების აღწერისას ითვალისწინებენ მათს ურთიერთობას დანალექ ქანებთან, რადგან ისინი შეჭრილი არიან დანალექ ქანებში და ხშირად არღვევენ მათ წყობას. ეფუზიური და ინტრუზიული მაგმური ქანები სხვადასხვა ფორმებს ქმნიან.

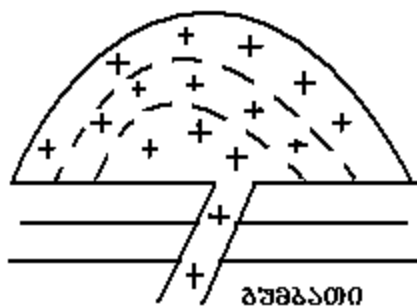
**ეფუზიური ქანები**, მაგალითად ბაზალტი ზედაპირზე ამოსვლისას ფართოდ გაიშლება და წარმოშობს **ლაგურ ზეწარს**. იგი ავსებს მიწის ზედაპირის უსწორმასწორობებს, ამიტომ მისი ქვედაპირი უსწორმასწოროა, ხოლო ზედაპირი – სწორი. თუ ლავა მცირე რაოდენობითაა, ან მიწის ზედაპირი დაღარულია, ლავა შეიძლება ხეობას გაჰყვეს და წარმოიშობა **ლავის ნაკადი**. ასეთია, მაგალითად, ლავის ნაკადი, რომელიც ბაკურიანში იწყება და ბორჯომში ბოლოვდება (იხ. ნახ.) ბლანტი მკვე მაგმას შემთხვევაში წარმოიშობა **ლაგური გუმბათი**.



ლაგური ზეწარი



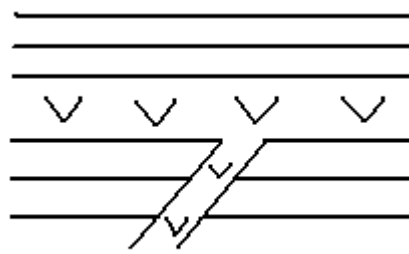
ლავის ნაკადი ხეობაში



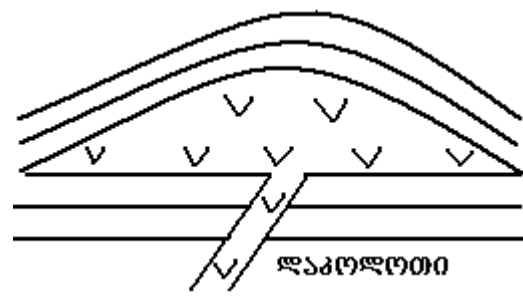
გუმბათი

უფრო მრავალგვარია **ინტრუზიული ქანების** ქოლის ფორმები. მათ შორის შეიძლება გავარჩიოთ **თანხმობითი** და **უთანხმო** ფორმები. თანხმობითი ფორმების შემთხვევაში ინტრუზიული მაგმა შეიძლება შეიჭრას შრესა და შრეს შუა და წარმოშვას **შრეძარღვი ანუ სილი**. თუ სილმა შრეები ასწია და ზედა შრეები ამობურცა, მივიღებთ

მიწისქვეშა სოკოსებურ ფორმას – **ლაკოლითს** (იხ.ნახ.)

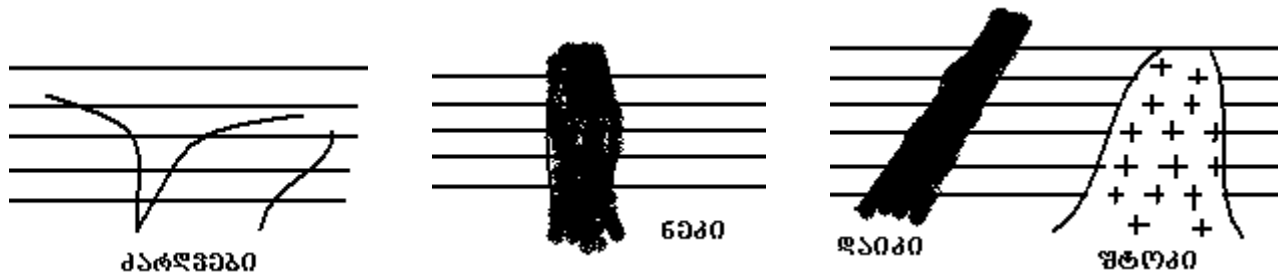


სილი (შრეძარღვი)

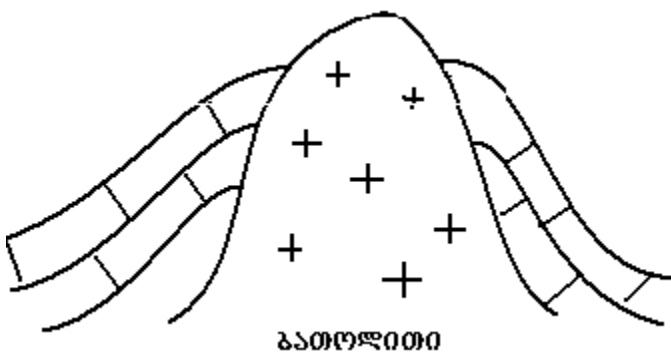


ლაკოლითი

უთანხმო ფორმების შემთხვევაში მაგმა შეჭრილია ქანებში და წარმოშობს სხვადასხვა სიდიდის ფორმებს, როგორცაა *ძარღვები, ნეკი, დაიკი, შტოკი და ბათოლითი* (იხ. ნახ.) ძარღვები წარმოიშობა ვიწრო ნაპრალებში შეჭრისას. ნეკი (ინგლ. კისერი) სვეტისებური იზომეტრიული ფორმაა, რომელიც ზოგჯერ მიწის ზედაპირზე ამოჩრდილი. შედარებით ვიწრო და გრძელი ნაპრალის ამოვსებისას წარმოიშობა კედლისებური ფორმა – დაიკი (ინგლ. კედელი), ხოლო შედარებით მოზრდილი ინტრუზივი მიწის სიღრმეში წარმოქმნის კუნძისებურ ფორმას – შტოკს (ინგ. – კუნძი, ჯოხი), რომელიც სიღრმეში ფართოვდება.



უთანხმო ინტრუზიულ ფორმებს შორის ყველაზე დიდია *ბათოლითები*, რომლებიც ხშირად მთების გულს შეადგენენ. ისინი ბევრგან თვალუწვდენელ სივრცეებზე არიან გაშიშვლებული და სიღრმეში თანდათან ფარტოვდებიან, თითქოს უძირო სხეულებს წარმოადგენენ („ბათოს“ ბერძ. სიღრმე; „ლოთოს“- ქვა). ძირითადად გრანიტოიდებით არიან აგებული (იხ. ნახ.) თანამედროვე შეხედულებით გრანიტოიდების გარდა



ბათოლითებში მეტამორფიზმის პროდუქტებიც მონაწილეობენ.

მეტამორფული ქანების წოლის ფორმები იმეორებენ ან უახლოვდებიან იმ დედაქანების ფორმებს, რომელთაგანაც წარმოიშვნენ. კერძოდ, დანალექი ქანებიდან შარმოშობის შემთხვევაში მათ შენარ-

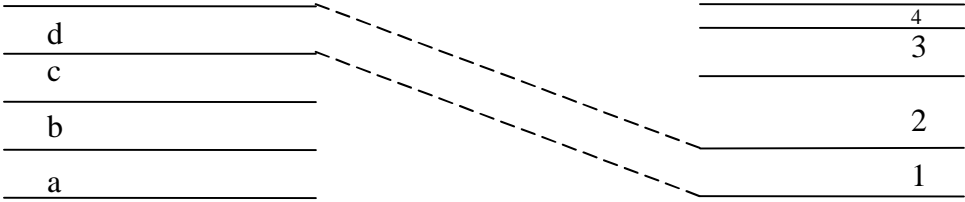
ჩუნებული აქვთ შრეებირივობა ან ნაოჭა ფორმა, მაგრამ ეს ისე მკაფიოდ აღარ შეინიშნება. ხშირად ამ ფორმებს ნიღბავს ფიქლებრივობა, გნეისებრივობა და სხვა მოვლენები. მაგმური ქანებიდან წარმოშობის შემთხვევაში მეტამორფული ქანები ინარჩუნებენ მაგმური სხეულის ფორმას, მაგრამ ამ სხეულს აქაც ემჩნევა ფიქლებრივობა, ზოლებრივობა, ლაქებრივი აგებულება და ა.შ. მეტამორფული ქანების წოლის ფორმების შესწავლისას ხშირად იყენებენ მიკროსკოპს, რომლის საშუალებით

შეისწავლება მინერალების განლაგების თავისებურებები და კანონზომიერებები, რაც სხეულის ფორმასთან არის დაკავშირებული (მიკროსტრუქტურული ანალიზი).

**თავი VIII. გეოლოგიური წარსული და გეოლოგიური ქრონოლოგია**

დანალექი ქანები ხშირად შეიცავენ ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთებს, რომლებიც ქანში მოხვედრილა მისი დალექვისას და ქანშივე შენახულა, ამგვარ შენახვას ხელს უწყობს კალციტური ნიჟარის არსებობა. შეიძლება შენახული იყოს ცხოველის ძვლები ან მცენარის ნაწილები, რომლებიც გაკაჟებული სახით არის დარჩენილი. ამგვარად შენახული ორგანიზმების გამოცნობაც შეიძლება და ამით გეოლოგები *ადადგენენ გეოლოგიურ წარსულს*. კერძოდ, თუ ეს ნიშნები ზღვის მცხოვრები მოლუსკები იყვნენ, მაშინ დაასკვნიან, რომ ერთ დროს აქ ზღვა ყოფილა და ქანები, რომლებშიც მოლუსკების ნიჟარები შეგვხვდა, ზღვიური წარმოშობისა არიან, ასევე შეიძლება ხმელეთის ცხოველების ან მცენარეების ნაშთებით დავასკვნათ, რომ მათი შემცველი ქანები ხმელეთზეა წარმოშობილი.

მაგრამ ბუნებრივად ისმის კითხვა, თუ როდის ხდებოდა ეს დალექვა, ანუ წამოიჭრება *მოვლენათა დათარიღების საკითხი*. გეოლოგებისთვის ცნობილია, რომ შრეთა წყობილში (ჭრილში) ყოველი ზედა შრე უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე მის ქვეშ მდებარე შრეები (იხ. ნახაზი).



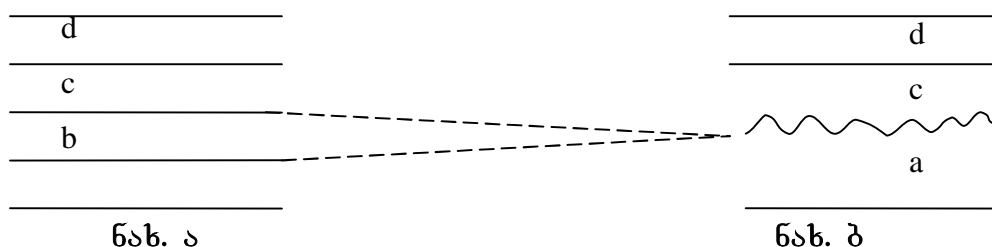
ნახ. ა

ნახ. ბ

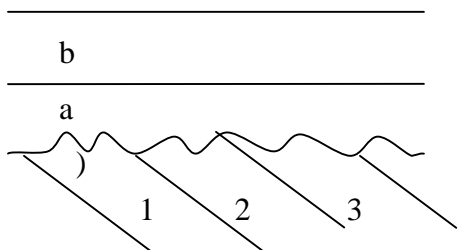
მაგალითად, ნახ. ა-ში, a – შრე უფრო ადრე დალექილა, ვიდრე b და ა.შ., ისევე როგორც ნახ. ბ-ში- 1 შრე უფრო ადრეა დალექილი, ვიდრე 2 და ა.შ. მაგრამ სხვადასხვა ადგილას ნანახი ამგვარი წყობილებით ვერ დავადგენთ a და 1 შრეები ერთნაირნი არიან, თუ მათი დალექვა სხვადასხვა დროს მოხდა. ამის გარკვევაში გვეხმარება *ნამარხი ორგანიზმების ნაშთები*. კერძოდ, თუ d შრე შეიცავს ისეთსავე ნამარხს, როგორსაც 1 შრე, შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ეს შრეები ერთნაირნი არიან, ანუ d = 1. შრეთა ამგვარ

დაკავშირებას *პარალელიზაცია* ეწოდება, ხოლო შრეების ურთიერთდამოკიდებულების დადგენას, რომ *b* უფრო ძველია, ვიდრე *c* ან მე-3 შრე, - *კორელაცია* ჰქვია.

შრეები შეიძლება ერთმანეთს მოჰყვებოდეს უწყვეტი თანმიმდევრობით, ანუ *თანხმობით*, ან უთანხმოდ, ანუ მათ წყობაში შეინიშნებოდეს წყვეტა, ანუ *ხარვეზები*, როდესაც რომელიმე შრე ან შრეები აკლია, გამოვარდნილია (იხ. ნახაზი ). მაგალითად, ნახ. ა- ში ოთხი შრეა, ნახ. ბ-ში მხოლოდ სამი. ჭრილიდან გამოვარდნილია *b* - შრე, ანუ



აქ აღგილი აქვს *ხარვეზს*. ე.ი. წყვეტას ნალექდაგროვებაში. ასეთი რამ შეიძლება მოხდეს ზღვის უკან დახვევის, ანუ მისი დონის დაწვევის და ფსკერის გაშიშვლების შედეგად, რასაც *რეგრესია* ეწოდება. ასეთ შემთხვევაში *b* შრე არ დაილექება, ან თუ დაილექა, გადაირეცხა. *c* შრის დალექვა მოხდება მას შემდეგ, რაც ზღვა წინ წამოიწევს , ანუ მისი დონე აიწევს და გაშიშვლებული ფსკერი დაიფარება ზღვით, რასაც *ტრანსგრესია* ჰქვია. წარმოდგენილ ბ ნახაზზე, *c* შრე *უთანხმოდ* (ხარვეზით) ადევს *a* შრეს. ამგვარ უთანხმოებას, როდესაც ქვედა და ზედა შრეები ურთიერთპარალელურია *პარალელური უთანხმოება* ჰქვია. მაგრამ უთანხმოებაში შეიძლება იყოს *კუთხურიც*, როდესაც ქვედა შრეებისა და ზედა შრეების განლაგებაში შეინიშნება კუთხური შეუსაბამისობა (იხ. ნახ.).



წარმოდგენილი ნახაზის მიხედვით

1 - 3 შრეები დახრილია, ანუ მათი დალექვის შემდეგ მოხდა მათი აშლა და ნაწილობრივი გადარეცხვა, ანუ მოხდა

ზღვის რეგრესია, რასაც შემდეგ მოჰყვა ზღვის დონის აწევა და *a* და *b* შრეების დალექვა, ანუ ტრანსგრესია. ზედა შრეები (*a* და *b*) *კუთხური უთანხმოებით* და *ხარვე-*

*ზებით აღეგნ* ქვედა (1 - 3) - შრეებს. ამრიგად ვხედავთ, რომ შრეთა თანმიმდევრობის გარკვევით, ვადგენთ მოვლენათა თანმიმდევრობას, ანუ ვახდენთ *მოვლენათა დათარიღებას*. გეოლოგიის იმ დარგს, რომელიც შეისწავლის შრეთა თანმიმდევრობისა და მათი დათარიღების საკითხებს *სტრატეგრაფია* ეწოდება. დათარიღება კი ძირითადად ხდება ნამარხი ორგანიზმების მეშვეობით, ანუ *პალეონტოლოგიური* მეთოდის დახმარებით (ბიოსტრატეგრაფია). ასეთი დათარიღება ზუსტად გვამცნობს მხოლოდ იმას, თუ რა მოხდა უფრო ადრე და რა უფრო გვიან, ანუ ასეთი გეოლოგიური ქრონოლოგია *შეფარდებითი ქრონოლოგია არის*. რაც შეეხება *აბსოლუტურ ქრონოლოგიას*<sup>1</sup>, ანუ წელთაღრიცხვას, ამ საცითხის გადაწყვეთა მხოლოდ მე - 20 საუკუნეში გახდა შესაძლებელი, მას შემდეგ რაც აღმოაჩინეს ქიმიურ ელემენტთა *რადიაქტივობა*.

მანამდე გეოლოგები იყენებდნენ შეფარდებით გეოქრონოლოგიურ სკალას. თავდაპირველად მიწის ქერქში გამოჰყვეს იმ დროს უძველესად მიჩნეული ნალექები, რომლებსაც *პირველეული* უწოდეს. მათ ზევით მდებარეს – *მეოთხეული*, შემდეგ – *მესამეული* და ყველაზე ახალგაძრდას – *მეოთხეული*. უფრო გვიან ტერმინი პირველეული შეცვალა *პალეოზოურმა*, ანუ ძველი ცხოველების დრომ. მეორეული – *მეზოზოურმა*, ანუ შუათანა ვხოვრების დრომ, მესამეული და მეოთხეული ერთად – *კაინოზოურმა*, ანუ ახალი ცხოვრების დრომ. ეს ახალი სახელწოდებები წარმოიშვა ჩ. დარვინის შემდეგ, როდესაც გაირკვა, რომ საქმე გვაქვს უმარტივესი მცენარეებიდან და ცხოველებიდან, ანუ უმარტივესი ორგანიზმებიდან დაწყებული ადამიანით დამთავრებული – *კანონზომიერ ევოლუციასთან*. ამიტომაც არის, რომ მეოთხეულს დღეს *ანთროპოდების*, ანუ ადამიანის წარმოშობის დროის სახელწოდებითაც მოიხსენიებენ (იხ. *გეოქრონოლოგიური სკალა*).

*გეოქრონოლოგიური სკალის* ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გეოლოგიური დროის უდიდესი ერთეული არის „ეონი“, ხოლო მისი შესატყვისი წარმონაქმნები – „ეონოთემა“. ეონი იყოფა „ერებად“ და მათ შესატყვის „ერთეულებად“. ერის ნაწილებია „პერიოდები იყოფა „ეპოქებად“ და მათ შესატყვის „სექციებად“. სკალის უმცირესი ერთეულებია „საუკუნე“ (გეოლოგიურად) და მისი შესატყვისი „სართული“ და გეოლოგიური დღეღამე, ანუ „ჰემერა“ და მისი შესატყვისი „ზონა“.

<sup>1</sup> *აბსოლუტური გეოქრონოლოგია* არის გეოლოგიური დროის გაზომვა, გამოსახული ასტრონომიული ერთეულებით – წელიწადებით.

## თავი IX გეოლოგიური დრო და ცოცხალი ბუნების ევოლუცია

ნამარხი ორგანიზმები წარმოადგენენ არა მარტო ნალექების დათარიღების საშუალებას, არამედ მიწის ქერქის წარსულის მნიშვნელოვან დოკუმენტს და წარმოდგენას იძლევიან ცოცხალი ბუნების ევოლუციის შესახებ.

მიწის ქერქის განვითარების პროცესში ხდებოდა ზღვისა და ხმელეთის განაწილების ცვლა, ანუ *პალეოგეოგრაფიული* ცვლილებები, ასევე ხდებოდა ცოცხალი ბუნების ცვლა ზოგადად მარტივი ორგანიზმებიდან რთულისაკენ და მათი მრავალფეროვნებისაკენ.

თავიდან პირობითად მიაჩნდათ, რომ სიცოცხლე უნდა ჩასახულიყო *არქეულ შივე*, რადგან პროტეროზოულში საკმაოდ მაღალგანვითარებული და მრავალფეროვანი ჯგუფები გვხვდებიან, მაგალითად, კიბოსნაირები. დღეს უკვე შესწავლილია არქეული ერის (ან ეონის) განამარხებული ორგანიზმების უძველესი ნაშთები, კერძოდ, მიკრო-ორგანიზმები: პროკარიოტები, ბაქტერიები, ლურჯ-მწვანე წყალმცენარეები. *პროტეროზოულში* განვითარდნენ ეოკარიოტები, ერთუჯრედიანი და მრავალუჯრედიანი მცენარეები და ცხოველები, მათ შორის კიბოსნაირები. *პალეოზოურში* ხდება უხერხემლოთა განვითარება, თუმცა ჩნდებიან პირველი ხერხეblლიანებიც, კერძოდ, თევზები, ამფიბიები. პალეოზოური ერის *კამბრიული* პერიოდისათვის დამახასიათებელია საკმაოდ მაღალორგანიზებული ჯგუფის – *ასოსახსრიანების* გავრცელება, რომელთა წარმომადგენელია *ტრილობიტები* - შემდგომში გადაშენებული ცხოველები ასევე უნდა აღინიშნოს გადაშენებული და ზღვის ღრუბლების მონათესავე კირქვიანი სკელეტის მქონე *არქეოცვატიდები*. *ორდოვიკულისა და სილურულისათვის* დამახასიათებელია *გრაფტოლიტები*. სილურულშივე ჩნდებიან პირველი ხერხემლიანები - *თევზები*, ხოლო დევონურში ხდება *ჯავშნიანი თევზების* დიდი განვითარება. მათ ძვლის ხერხემალი არა აქვთ, სამაგიეროდ მათი ტანი გარედან შემოსილია ძვლის ჯავშნით. *კარბონულსა და პერმულში* დიდ განვითარებას აღწევენ *ამფიბიები* და ჩნდებიან პირველი *ქვეწარმავლები*. აღსანიშნავია უმაღლესი მცენარეების – *სპორიანების* და *შიშველთესლიანების* დიდი განვითარება კარბონულში, რომელთაც ქვანახშირის დიდი საბადოები წარმოქმნეს.

*მეზოზოური ერისათვის* დამახასიათებელია *რეპტილიების* გაფურჩქვნა და გიგანტური *ქვეწარმავლების* – *დინოზავრების* გავრცელება. ასევე დამახასიათებელია *თავთფეხიანი* მოლუსკების ჯგუფის – *ამონიტების* განვითარება, რომლებიც ცარცული პერიოდის დასასრულისათვის გადაშენდნენ. იურულ პერიოდში ჩნდებიან პირველი *ფრინველები*, ხოლო ცარცულში – *ფარულთესლიანი* მცენარეები და პირველი *მაწოვრები*

(ტუქუმწოვრები). მეზოზოურის მიწურულს სხვა მრავალ ჯგუფებთან ერთად გადაშენდნენ დიდი ქვეწარმავლები (დინოზავრები).

*კაინოზოური* ერა არის *მაწოვრების* გაფურჩქვნის, *ფრინველების* გავრცელების, *ფარულთესლიანი* მცენარეების გაბატონების, *მოლუსკების* და *ძვლიანი თევზების* განვითარების დრო. ამ ერის პალეოგენურ პერიოდში დიდ განვითარებას აღწევენ *ნუშულიტები*, რომლებიც პალეოგენშივე გადაშენდნენ. პალეოგენშივე გაჩნდნენ *პრიმატები*, რომელთაგან *ნეოგენში* განვითარდნენ *ადამიანის მსგავსი მაიმუნები*, ხოლო *მეოთხეულში* (ანთროპოგენში) ჯერ *ძველი ადამიანები* (პიტეკანთროფი და სხვები) და ბოლოს თვით *ადამიანი*.

ამრიგად, გეოლოგია მიწის წარსულის მოვლენებს საკმაოდ ზუსტად ადადგენს და მწყობრადაც ალაგებს დროში მათი თანმიმდევრობის მიხედვით, მაგრამ როგორია ამ წარსულის ხანგრძლივობა და თითოეული მოვლენის ასაკი, ამის შესახებ თითქმის ვერაფერს გვეუბნება. გეოლოგიური დათარიღება გვამცნობს მხოლოდ იმას, თუ რა მოხდა უფრო ადრე და რა უფრო გვიან. ამიტომ გეოლოგიური ქრონოლოგია *შეფარდებითი არის*, მაგრამ როგორია გეოლოგიური წარსულის *აბსოლუტური ქრონოლოგია*, ანუ გეოლოგიური წელთაღრიცხვა ამ საკითხის გადაჭრა შესაძლებელი გახდა ქიმიურ ელემენტთა რადიაქტივობის აღმოჩენის შემდეგ.

*რადიაქტივობა* არის ზოგიერთი არასტაბილური ქიმიური ელემენტის თვითდაშლა უფრო მარტივ ატომურად. ამ პროცესს თან ახლავს ატომის ნაწილაკებისა და ენერჯის გამოყოფა, რის შედეგად იცვლება ატომბუნებაში პროტონებისა და ნეიტრონების რიცხვი და ერთი ქიმიური ელემენტი გარდაიქმნება სხვა ელემენტად. მაგალითად, ურანის ერთ-ერთი იზოტოპი ( $^{232}\text{U}$ ) თანდათანობით გაივლის რამდენიმე სტადიას და გარდაიქმნება ტყვიის ( $^{206}\text{pb}$ ) არარადიაქტიურ იზოტოპად. ამგვარი გარდაქმნა მიმდინარეობს თანაბარი (მუდმივი) სიჩქარით, რომელიც არაა დამოკიდებული ტემპერატურაზე, წნევაზე და ქიმიურ პირობებზე. თუ რომელიმე მინერალის კრისტალში გავზომავთ ამა თუ იმ რადიაქტიული ელემენტებისა და მისი დაშლის პროდუქტის რაოდენობას, მათი თანაფარდობით გავარკვევთ დაშლის მიმდინარეობის ხანგრძლივობას. დაშლის პროდუქციის დაგროვება კი მიმდინარეობს მინერალის დაკრისტალების დროიდან, ე.ი. განისაზღვრება მისი არსებობის ხანგრძლივობა. ამასთან, თუ ვიცით ამგვარი მინერალების წარმოშობის გეოლოგიური დრო, შესაძლებელი ხდება მიწის ქერქის მთელი წარსულის აბსოლუტური ასაკის სკალის შედგენა (იხ. გეოქრონოლოგიური სკალა).

## გეოქრონოლოგიური სკალა

ეონი, ეონოტემა	ერა, ერატემა	პერიოდი, სისტემა	აბსოლუტური წელთაღრიცხვა (მლნ. წელი)	
<b>ფ ა ნ ე რ თ ზ ო უ რ ი (Ph)</b>	კაინოზოური <b>KZ</b>	მეოთხეული ანტროპოგენული (Q)	1,6	
		მესამეული	ნეოგენური (N)	23,7
			პალეოგენური (P)	66
	მეზოზოური <b>MZ</b>	ცარცული (K)	144	
		იურული (J)	208	
		ტრიასული (T)	245	
	პალეოზოური <b>PZ</b>	პერმული (P)	286	
		კარბონული (C)	360	
		დევონური (D)	408	
		სილურული (S)	438	
		ორდოვიკული (O)	505	
		კამბრიული ( )	570	
	პროტოეროზოური (PR)	ზედა (PR <sub>2</sub> )		1650
		ქვედა (PR <sub>1</sub> )		2500
არქეოზოური (AR)	ზედა (AR <sub>3</sub> )		3000	
	შუა (AR <sub>2</sub> )		3500	
	ქვედა (AR <sub>1</sub> )		3800	

4000

## თავი X. გეოლოგიური რუკა

მიწის ქერქის გეოლოგიური აგებულების თვალსაჩინოდ გამოსახვის მიზნით ხაზავენ *გეოლოგიურ რუკას*. ეს არის ადგილის (ქვეყნის, კონტინენტს) გეოლოგიური აგებულების გრაფიკული ასახვა სიბრტყეზე, რომლებიც პირობითი ნიშნებით და გარკვეულ მასშტაბში დატანილია ასაკობრივად განსხვავებული ქანების ზედაპირული გამოსავლები. გეოლოგიურ რუკაზე ქანების ასაკი აღნიშნულია საერთაშორისოდ მიღებული სტანდარტული ფერებით და ანბანური და ციფრობრივი ინდექსებით. გარკვეული გეოლოგიური სისტემის წარმონაქმნებს პირობითად მინიჭებული აქვთ გარკვეული ფერი, მაგალითად, იურულ სისტემას რუკაზე დაფერავენ ლურჯი (ცისფერი) ფერით, ცარცულს – მწვანე ფერით და ა.შ. აქვე აღნიშნავენ ანბანურ ინდექსს, რომელიც შეესატყვისება სისტემის სახელწოდების საწყის ბგერას და გამოსახება ლათინური ანბანის მთავარი ასო-ნიშნით. მაგალითად, იურული სისტემის **J**, ცარცულისთვის **K** და ა.შ. სისტემის სექციის აღსანიშნავად იყენებენ ციფრობრივ ინდექსს - არაბულ ციფრს, რომელიც სისტემის ასო – ნიშნს მარჯვენა დაბალ მხარეს ეწერება. მაგალითად, ქვედა იურა აღინიშნება **J<sub>1</sub>**, შუა იურა – **J<sub>2</sub>**, ზედა იურა- **J<sub>3</sub>**. ამავე დროს, რაც უფრო ძველია სექცია, მით უფრო მუქადაა იგი დაფერილი რუკაზე. მაგალითად, ქვედა იურული სექცია აღინიშნება მუქი ლურჯი ფერით, ზედა კი – ღია ლურჯით (ცისფერი ტონით). გეოლოგიურ რუკებზე იყენებენ სხვა *პირობით ნიშნებსაც*, რომელთა განმარტებები თან ახლავს მათ. მიწის ქერქის ამა თუ იმ ნაწილის სიღრმეული აგებულების, ანუ ქანების განლაგების ხასიათის გამოსახატავად იყენებენ გეოლოგიურ ჭრილებს, რომლებიც წარმოადგენენ რუკაზე ასახული ტერიტორიის ვერტიკალურ კვეთს. გეოლოგიური რუკისა და ჭრილების მეშვეობით იქმნება წარმოდგენა არა მარტო ადგილის გეოლოგიური აგებულების, არამედ მისი გეოლოგიური განვითარების ისტორიის შესახებაც.

## თავი XI. გეოლოგიური მოვლენები და მათი ენერჯიის წყაროები

გეოლოგიის იმ ნაწილს, რომელიც შეისწავლის (იკვლევს) გეოლოგიური მოვლენების დინამიკას და მათი მიმდინარეობის კანონზომიერებებს, *დინამიური გეოლოგიის* უწოდებენ. ზოგ შემთხვევაში მას ფიზიკურ გეოლოგიას ან ფიზიოგრაფულ გეოლოგიასაც

უწოდებენ. ზოგადი გეოლოგიის კურსი ყურადღებას ძირითადად ამ მოვლენებზე ამახვილებს.

გეოლოგიური მოვლენების ორი ძირითადი წყარო არსებობს: პირველი თვით მიწა, რომლის შიგნით არის ვულკანიზმის, მიწისძვრების, მიწის ქერქის და ლითოსფეროს მოძრაობის ძალები, ანუ *მიწის შიგა* (ტელურული – Telluris – მიწა) *ძალები*; მეორე არის მზის ენერჯია, რომელიც განაპირობებს ქარის მოქმედებას, მდინარის მოძრაობას, სიცოცხლეს მიწის ზედაპირზე და ა.შ. ანუ *მიწისგარე* ძალები.

აღნიშნული ორი ძირითადი წყაროს შესატყვისად გეოლოგიურ მოვლენებსაც ორ დიდ ჯგუფად ჰყოფენ: *შიგადინამიური მოვლენები და გარედინამიური მოვლენები* (იხ. ცხრილი)

გარედინამიური მოვლენები	შიგადინამიური მოვლენები
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ფიტვა და მისი სახეობები</li> <li>2. გრავიტაციული დენუდაცია</li> <li>3. მიწისქვეშა წყლების მოქმედება</li> <li>4. მდინარე წყლის მოქმედება</li> <li>5. მყინვარების მოქმედება</li> <li>6. ზღვის მოქმედება</li> <li>7. ტბების და ჭაობების მოქმედება</li> <li>8. ქარის მოქმედება</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. მაგმატიზმი, კერძოდ ვულკანების მოქმედება</li> <li>2. მიწისძვრები</li> <li>3. მიწის ქერქის მოძრაობა</li> <li>4. ლითოსფეროს ფილების მოძრაობა</li> </ol>

## 11.1 გარედინამიური მოვლენები

### ფიტვა და მისი სახეობები

მიწის ზედაპირზე მოხვედრილი დანალექი, მაგმური და მეტამორფული ქანები მზის, ჰაერის, წყლის, ორგანიზმების ზემოქმედებით მრავალგვარსა და ხშირად რთულ ცვლილებებს განიცდიან. ამის საბოლოო შედეგი ქანის დამსხვრევა – დაქუცმაცება და მისი შემადგენელი ნაწილების დაშლა – გარდაქმნაა. ქანების ამგვარი გარდაქმნის პროცესს *ფიტვა* ეწოდება, ხოლო თავად ქანს – *გამოფიტული*. არჩევენ სამგვარ ფიტვას: მექანიკურს (ფიზიკურს), ფიზიკურ – ქიმიურს (ქიმიურს) და ორგანოგენულს.



ფიტვა ძლიერ ნელი პროცესია, მაგრამ ხანგრძლივ გეოლოგიურ დროში შესამჩნევი ხდება.

ფიტვის *სიღრმე* მკვეთრად არის განსაზღვრული, ვინაიდან ორი – სამი ათეული მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურეს ცვლილება აღარ შეინიშნება და ჰაერიც ვერ აღწევს იქამდე. აქ წყალიც ნაკლებად აგრესიულია, ამიტომ ხმელეთის ზედაპირს ჰფარავს გამოფიტული ქანების ფენა, რომელსაც *ფიტვითი ქერქი* (რეგოლითი) ჰქვია. ფიტვითი ქერქის ზედაპირულ ფენას, რომელიც მცენარეულობას კვებავს და გამდიდრებულია ორგანული მასალით, *ნიადაგი* ეწოდება.

ფიტვის გეოლოგიური მნიშვნელობა ისაა, რომ იგი იძლევა მასალას დანალექი ქანების წარმოსაქმნელად როგორც ზღვებში, ისე ხმელეთზე.

## 11. 2. გრავიტაციული დენუდაცია

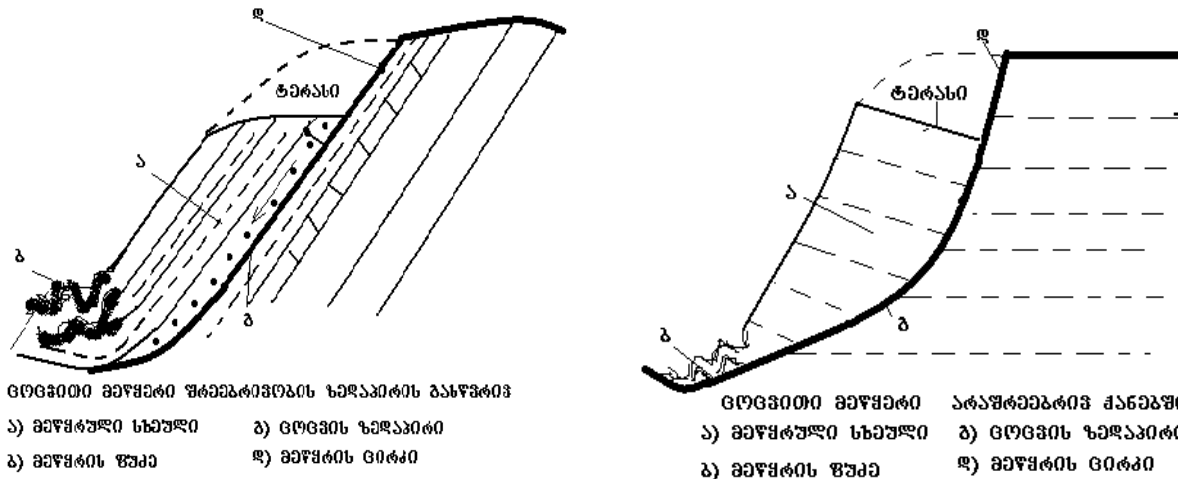
ყველა გეოლოგიური მოვლენა მიწის გრავიტაციულ ველში მიმდინარეობს, მაგრამ *გრავიტაციულ დენუდაციას* (მიწის ზედაპირიდან მასალის ჩამოშლას, გადატანას) ცალკე იმიტომ გამოჰყოფენ, რომ ამ შემთხვევაში სიმძიმის ძალა (გრავიტაცია) უშუალო *გეოლოგიური აგენტი* არის. ქვების ცვენა, კლდის მოწყვეტა ანუ კლდეზავი, მიწის მასების ჩამოცოცება (მეწყერი) და სხვა ასეთი მოვლენები გრავიტაციული დენუდაციის მაგალითებია.

კლდოვანი ქარაფებიდან დაბზარული და გამოფიტული ქანის ნამსხვრევები ქვევით ცვივა და კლდის ძირში წარმოიშობა მათი გროვა, *ქვის ნაკადი* (მაგალითად ვაკე-საბურთალოს გზაზე, მდინარე ვერეს და საბურთალოს გამყოფი სერის ტრანშეაში). უფრო რთული და გრანდიოზული მოვლენაა *კლდეზავი*, რომლის შემთხვევაში კლდეს მოწყდება დიდი მასა (რამდენიმე კუბური კილომეტრიც მოცულობით) და აჩქარებული მოძრაობით დაეშვება ქვევით. ზავი გზაზე მოგლეჯს შემხვედრ დაბრკოლებებს და თან წაიღებს დიდ მანძილზე. მთის ძირის მოვაკებაზე გაიშლება მასალა, რომელსაც *ნაზავის ფარადს* უწოდებენ. მისი ზედაპირი გარკვეული კუთხითაა დახრილი. რაც უფრო წვრილმარცვლოვანია მასალა, მით უფრო მცირეა კუთხე. ამ კუთხეს *ბუნებრივი დახრის კუთხე* ეწოდება.

გრავიტაციული დენუდაციის მოვლენათა შორის ფართო გავრცელება აქვს მეწყრებს, განსაკუთრებით ისეც მთიან მხარეებში, როგორც საქართველოა. *მეწყერი* ეწოდება სიმძიმის ძალის გავლენით ქანების ნელ მოძრაობას დახრილ ზედაპირზე. მის

მოძრაობას ხელს უწყობს ქანში წყლის არსებობა, ამიტომ ნესტიანი ჰავაც ხელშემწყობ ფაქტორად გვევლინება.

მოძრაობის ხასიათის მიხედვით არჩევენ *დინებით* და *ცოცებით* მეწყერებს. პირველ შემთხვევაში მეწყერი მიჰყვება გარკვეულ კალაპოტს თიხიანი ან ღორღიანი მიწის ნაკადის სახით. მის მოძრაობას სიმძიმის ძალის გარდა ქანში წყლის არსებობაც უწყობს ხელს. ცოცვითი მეწყერის შემთხვევაში ქანის შრეები ან მასები ერთიანი სხეულის სახით მიცოცავენ დაღმა, რასაც ხელს უწყობს დაძრული დასტის ქვეშ წყლიანი თიხის შრის არსებობა. ცოცვითი მეწყერი შეიძლება გაჩნდეს არაშრეებრივ ქანშიც. ასეთ შემთხვევაში ცოცვის ზედაპირი ჩახნექილი რკალის ფორმას იძენს. (იხ.ნახ.)



ზვავებისა და მეწყერების მოქმედების შედეგი ისაა, რომ მაღლობებიდან ქვევით ჩამოიტანება ფიტვითი ქერქის მასები ან მკვიდრი ქანების ნაწილები, რის გამოც ზევით შიშვლდება მკვიდრი ქანები. რაკი ძირითადი ფაქტორი აქ სიმძიმის ძალაა, ასეთ მოვლენას *გრავიტაციული დენუდაცია*, ანუ სიმძიმის ძალის გავლენით ჩამოშლა, გაშიშვლება ჰქვია. დარჩენილი გაშიშვლებული ქანები განიცდიან ფიტვას და ახლა ისინი ჩამოიშლებიან და ა.შ. მანმადე, ვიდრე მიწის ზედაპირი არ მოსწორდება და გრავიტაციული წონასწორობა არ დამყარდება.

ზვავების და მეწყერების შესწავლას და მათ წინააღმდეგ ბრძოლას დიდი მნიშვნელობა აქვს მოსახლეობისათვის და ნაგებობების ზარალის მიყენების თავიდან ასაცილებლად.

### 11.3 მიწისქვეშა წყალი და მისი გეოლოგიური მოქმედება

ატმოსფერული ნალექები ხმელეთზე სამ ნაწილად იყოფა: ნაწილი ორთქლდება და ისევ ატმოსფეროს უბრუნდება, ნაწილი ღვარებად ჩამოედინება და მდინარეების მეშვეობით ისევ ოცეანს უბრუნდება, ნაწილი კი მიწაში ჩაიჭონება და კვებას მიწისქვეშა წყლებს. ეს უკანასკნელი წყაროების სახით უკანვე ამოდის ზედაპირზე ან დაბინავდება მიწის სიღრმის ქანებში.

**ატმოსფერულ წყალს**, რომელიც მიწაში ჩადის და წყაროების სახით უკანვე ამოდია ზედაპირზე **ვადოზური** ანუ მთარული ეწოდება (ე. ზიუსი). მაგრამ მიწისქვეშა წყალში არის გარკვეული ნაწილი, რომელიც მაგმასთან, ვულკანებთან არის დაკავშირებული და არც ატმოსფეროში და არც ზღვაში ჯერ არ ყოფილა, თუმცა შეიძლება პირველად ჩაებას წყლის ცირკულაციაში. ასეთ წყალს **იუვენურს** (ახაგაზრდას, ყმაწვილს) უწოდებენ. მიწისქვეშა წყლის მესამე სახეობა იქნება **განამარხებული წყალი**, რომელიც ქანის დაღეკვისას არის შერჩენილი და მომწვედელია წყალგაუმტარ ფენებს შუა არსებულ ფოროვან ან ნაპრალოვან ქანებში. გეოლოგიის დარგს, რომელიც მიწისქვეშა წყლებს და მათ მოძრაობას იკვლევს – **ჰიდროგეოლოგია** ეწოდება.

მიწისქვეშა წყალი ქანებში მოთავსებულია ფორებში და ნაპრალებში და თუ მათში თავისუფალი ადგილი იმდენია, რომ წყალს შეეძლება სიმძიმის ძალით იმოძრაოს, ეს იქნება **თავისუფალი** მიწისქვეშა წყალი, ხოლო თავად ქანს წყალგამტარი ეწოდება. თუ ქანი უფოროა ან ფორები იმდენად მცირეა, რომ წყალს მოძრაობა არ შეუძლია, ასეთი ანი იქნება **წყალგაუმტარი**, ხოლო ისეთ ქანს, რომელიც წყალგამტარი და ამავე დროს შეიცავს მიწისქვეშა წყალს – **წყლიანი ან წყალშემცველი** ეწოდება.

მიწისქვეშა წყლების მოძრაობა და განაწილება გარკვეულ კანონზომიერებას ემორჩილება. მიწის ზედაპირთან ახლოს, ნიადაგის თხელ ფენაში არსებულ წყალს, **ნიადაგის წყალი** ეწოდება. უფრო ქვევით იმოძრავენ მანმადე, ვიდრე არ შეხვდება წყალგაუმტარ ქანს და იწყებს დაგროვებას. წარმოიშობა **წყლიანი ფენა**, რომელშიც გრუნტის **წყალია მოთავსებული**. ასე, რომ **გრუნტის წყალი** ეწოდება მიწისქვეშა წყალს, რომელიც მოთავსებულია პირველი წყალგაუმტარი ფენის ზევით. გრუნტის წყლის ზედაპირს ეწოდება **გრუნტის წყლის სარკე**, რომლის ფორმა შერბილებული სახით იმეორებს **რელიეფის ზედაპირის ფორმას**, ანუ ბორცვებში მაღლა იწევს ხეობებში კი, დაბლა დაიწევს. გრუნტის წყალი სუფთაა იმიტომ, რომ ზედაპირიდან ჩაჟონილი მღვრიე წყალი იფილტრება ფორებში მოძრაობისას. მისი ტემპერატურაც დაახლოებით ადგილის

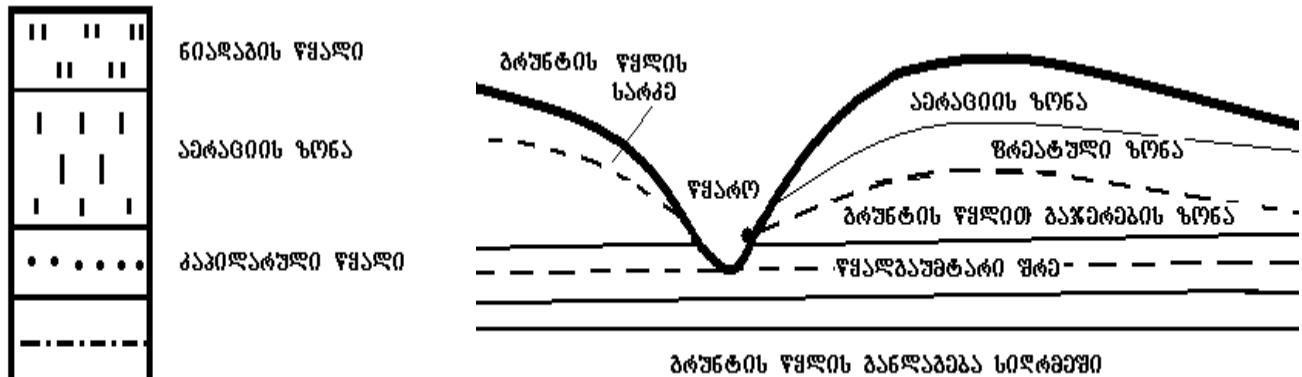
საშუალო წლიური ტემპერატურის ტოლია. გრუნტის წყალი შეიძლება ამოვიღოთ ჭის საშუალებით. თუ გრუნტის წყლის სარკე გადაიკვეთება რელიეფით, მაგალითად ფერდობით, გრუნტის წყალი იპოვის გამოსავალს და მივიღებთ *წყაროს*. ანუ *წყარო* არის მიწისქვეშა წყლის გამოსავალი მიწის ზედაპირზე.

მიწისქვეშა წყალი ახდენს ხსნადი ქანების გახსნას, მაგალითად კირქვების გახსნას, რასაც  $\text{CO}_2$ -ის არსებობაც უწყობს ხელს. თუ ამ გახსნილი ნივთიერებით დატვირთული წყალი გამოვა მიწის ზედაპირზე, იგი კარგავს  $\text{CO}_2$ -ს და დაილექება *კირქვის ტუფი* – მსუბუქი ფორიანი ქანი, ან კალციტის მკვრივი ფენა – *ტრავერტინე*. ნაპრალებში დალექილი კალციტი ან კვარცი ქმნიან *ძარღვებს*. ე. ი. მიწისქვეშა წყალი ახდენს ნივთიერების გახსნას და დალექვას.

მიწისქვეშა წყლები სხვადასხვაგვარად, *განსხვავებული წესით* არის ქანებში მოქცეული. ზოგი, წყალში დასველებული კენჭის მსაგავსად, თხელი ბრკის (აბსკის) სახით ფარავს ქანის შემადგენელ მარცვლებს. ამას *ბრკეულ წყალს* (ზოგჯერ *აბსკურ წყალს*) უწოდებენ. მას სიმძიმის ძალა ვერ აშორებს მარცვალს. იმ შემთხვევაში კი, თუ მარცვლები საკმაოდ დიდია და მათ შორის სივრცეც რჩება, ხოლო ბრკეული წყალი არ არის საკმარისი პორების ამოსავსებად, მაშინ სიმძიმის ძალით წყალი მასში იმოძრაავებს თავისუფლად. ამას *თავისუფალი წყალი* ქვია. არის კიდევ *კაპილარული წყალი*, რომელიც ავსებს კაპილარულ (უწვრილეს) პორებს და ამოდის თავისუფალი წყლის ზევით და შეჩერდება ზედაპირული დაჭიმულობის ძალებით. ეს წყალი ჰქმნის ფენას წყალშემცველი ჰორიზონტის თავზე. არჩევენ კიდევ *ჰიგროსკოპულ წყალს*, რომელიც მოლეკულების ფენის სისქით აკრავს ქანის ნაწილაკებს. ამრიგად, ქანებში წყალი შეიძლება იყოს: 1. ქიმიურად დაკავშირებული (კრისტალებში); 2. ფიზიკურად დაკავშირებული (ჰიგროსკოპული და ბრკეული, ანუ აბსკური) 3. გრავიტაციულად დაკავშირებული (კაპილარული და თავისუფალი წყალი). არის კიდევ 4. ორთქლისებური წყალი (წყლის ორთქლი), რომელიც ავსებს სიცარიელებებს ნიადაგში და ქანებში.

მიწის ზედაპირის ქვეშ წყლის მოძრაობა და განაწილება გარკვეულ კანონზომიერებებს ემორჩილება. სულ ზევით, ნიადაგის ფენაში გროვდება წყალი, რომელსაც *ნიადაგის წყალი* ეწოდება. ამის ქვევით წყალგამტარ ქანში, რომელიმე პირველ დაბრკოლებამდე, გროვდება ფენა, რომელსაც *გრუნტის წყალი* ჰქვია და რომელიც მოძრაობს ჰორიზონტული მიმართულებით მცირე დაქანების გასწვრივ. გრუნტის წყლის დონე, ანუ *სარკე*, ზევით იწევს შემოსავალ – გასავლის წონასწორობის დამყარებამდე. გრუნტის წყლის დონის ქანობის (აწვევ – დაწვევის) ზონას *ფრეატული*

**ზონა** ეწოდება. ნიადაგის წყალსა და გრუნტის წყლის ფენას შუა არის ქანების ფენა, რომელშიც წყალი წვეთავს ზევიდან ქვევით და მასში ჰაერიც მოძრაობს. ამ ფენას **აერაციის ზონას** უწოდებენ (ნიადაგის ფენასთან ერთად). საკუთრივ გრუნტის წყლის ფენა არის **გაჯერების ზონა**, რომელშიც ქანების პორები და ნაპრალები მთლიანად წყლით არის ამოვსებული და ჰაერი მხოლოდ წყალში გახსნილი სახით გვხვდება. გაჯერების ზონის ზედა საზღვარი არის **გრუნტის წყლის სარკე** (იხ. ნახ)



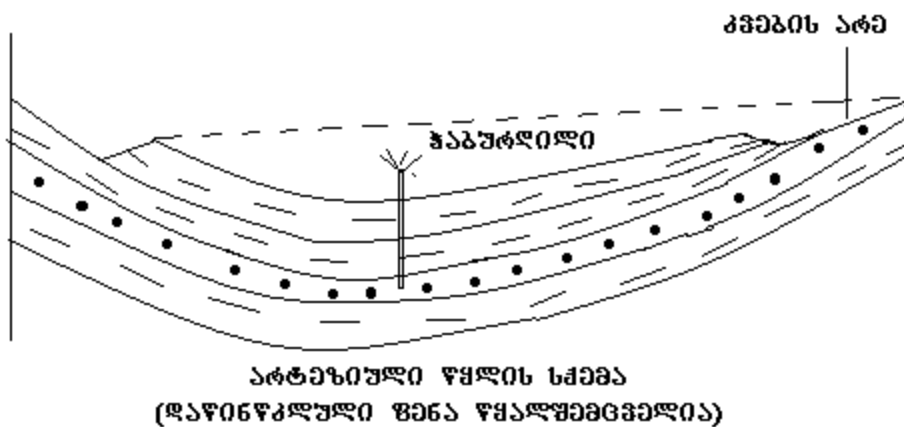
მიწისქვეშა წყლის გავრცელების ქვედა საზღვარი უფრო რთულია. იგი პირველივე წყალგაუმტარი ფენის ქვეშაც შეიძლება იყოს და ჭაბურღილებში წყალს საკმაოდ ღრმადაც გვხვდებიან. ასეთ შემთხვევაში წყალი უკვე სხვა წყალშემცველ ფენებთან იქნება დაკავშირებული და მოქცეული წყალგაუმტარ ფენებს შორის. ამათ **ფენათაშორისი წყალი** ეწოდება. მიწისქვეშა წყალს აქვს **კეება** და **ხარჯი**. კეება ხდება ატმოსფერული ნალექების სახით კეების უბანზე, სადაც ხდება წყლის **ინფილტრაცია**,

ანუ ჩაუონვა. ხარჯი კი წყაროების სახითაა.

**არტეზიული წყალი.** გრუნტის წყლისაგან განსხვავებით არტეზიული წყალი მოქცეულია წყალგაუმტარ ფენებს შორის, ანუ **ფენათაშორისი წყალია**. თუ ასეთი შრეები სინკლინურად არიან ჩაზნექილი, წყლის ზედაპირი ჰორიზონტული ვერ იქნება და მორგებულია წყალგაუმტარ შრეებს. სინკლინის შუა ნაწილში რომ ბურღილი გაიყვანოთ და წყლიან ფენამდე მივიდეთ, წყალი ბურღილში შემოვა და ზევით ამოიჭრება შადრევნის სახით. ასეთ წყალს **არტეზიული**, ანუ **წნევიანი** ჰქვია (სახელწოდება მოდის საფრანგეთის კუთხიდან „არტუა“, რომაელები „არტეზიას“

ეძახდნენ). ე. ი. არტეზიული წყალი გრუნტის წყლისგან განსხვავდება იმიტაც, რომ წნევიანია (იხ. ნახ)

**თერმული წყალი.** მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურე დამოკიდებულია შემცველი ქანების ტემპერატურაზე. ვინაიდან მიწის სიღრმეში ტემპერატურე მატულობს (გეოთერმია), მასთან ერთად იზრდება ქანში მოქცეული წყლის ტემპერატურაც. თუ



ასეთი წყალი მიწის ზედაპირამდე მოაღწევს, მართალია, იგი გზაში ცივდება, მაგრამ მისი ტემპერატურა საშუალო წლიურზე მაღალი მაინც იქნება. ისეთ წყაროებს, რომელთა წყლის ტემპერატურა ადგილის საშუა-

ლო წლიურ ტემპერატურაზე საგრძნობლად მაღალია **თერმულ წყაროებს** ან მოკლედ **თერმებს** უწოდებენ. ცნობილია თბილისის თერმები აბანოთუბანში, სადაც წყლის ტემპერატურა  $41^{\circ}$  – მდე აღწევს, მაშინ როდესაც აქ ჰაერის საშუალო წლიური- $12,6^{\circ}$  –ია.

**მინერალური წყალი.** მიწისქვეშა წყალში ყოველთვის არის გახსნილი სხვადასხვა ნივთიერება – მარილები ან გაზი. თუ ამ ნივთიერების რაოდენობა ჩვეულებრივზე მეტს მიაღწევს, მაშინ ასეთ წყალს **მინერალურს** უწოდებენ. დამახასიათებელი ნივთიერების მიხედვით არჩევენ **გოგირდის წყალს** (თბილისის თერმები), **რკინის წყალს**, **ნახშირუანგიან მუავე წყალს** (მაგ. ბორჯომის წყალი). მარილშემცველ წყალს ჩვენში **ვეძას** ეძახიან (გავიხსენოთ ადგილი „ვეძისი“ თბილისში).

#### 11.4. მიწისქვეშა წყალი და კარსტული მოვლენები

ხსნადი ქანების (თაბაშირი, კირქვა, დოლომიტე, ქვამარილი) ნაპრალებში მოძრავი მოწისქვეშა წყალი ხსნის ქანს და აფართოებს ნაპრალებს, რის გამოც მიწის ზედაპირზე და სიღრმეში წარმოიქმნება სიღრუეები (სიცარიელები), რაც ძალზე დამახასიათებელია კირქვებით აგებული მხარეებისათვის. ამ მხარეებისათვის დამახასიათებელ თავისებურ რელიეფს, რომელიც წარმოიქმნება კირქვების გახსნის

შედგად – *კარსტული* ჰქვია. სახელწოდება მომდინარეობს ადრიატიკის ზღვის მიმდებარე მხარის (ყოფილი იუგოსლავია) *კარსტის პლატოსაგან*.

კარსტული მოვლენების განვითარება ტიპიურად გამოხატულია კირქვებში იმის გამო, რომ ამ ქანებს დიდი ფართობი უკავიათ და სქელი შრენარით არიან წარმოდგენილი, რაც ხელს უწყობს კარსტული ფორმების წარმოშობას. ჩვენში ასეთი პირობები არის რაჭა-ლეჩხუმში, იმერეთსა და აფხაზეთის დიდ ნაწილში.

ზედაპირული კარსტული ფორმებიდან აღსანიშნავია:

*კარი ანუ ლაპიეზი* – ქანის დაღარული ზედაპირი, წარმოშობილი ზეწრული ჩამონადენი წყლის ნაკადებისაგან, რომლებიც ქანის გახსნას ახდენდნენ; წარმოიქმნება დაკლაკნილი ღარისებური არხები.

*კარსტული ძაბრი ანუ სასულე* – ძაბრისებური ჩაღრმავება, ორმო, რომელიც წარმოიშობა ნაპრალების გადაკვეთაზე ჩაჟონილი წყლის გამსხნელი მოქმედებით. სასულის ცენტრში თავმოყრილია წყლის ჩასადენი ნაპრალები – *პონორები*, რომლებიც სიღრმეში გადადიან კარსტულ *შახტაში*. სასულის ფსკერი ხშირად იფარება წითელი თიხით და ღორღით და იგი წყალს აღარ ატარებს, რის გამოც წარმოიქმნება კარსტული *ძაბრის ტბები*.

*დოლინა* – კარსტული ძაბრების თანდათან გაერთიანებით წარმოქმნილი ხეობისებური ჩაღრმავება, დეპრესია, რომელიც ამოვსებულია წითელი მიწით („ტერა როსა“). თიხა შეფერილია წითელი რკინის ჟანგით.

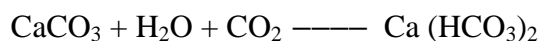
*პოლე, პოლიე* – მიწისქვეშა გამოქვაბულების ჭერის ჩაქცევის შედეგად წარმოქმნილი ტაფობი, ვრცელი დეპრესია, რომლის ფსკერზე შეიძლება მდინარე მიედინებოდეს.

სიღრმული კარსტული ფორმებია:

*კარსტული მღვიმე* – მიწისქვეშა სიღრუე (გამოქვაბული), რომელიც წარმოქმნილია სიღრმეში მოძრავი წყლების გამსხნელი მოქმედების შედეგად. ამგვარი მღვიმეები ჩვენში ცნობილია წყალტუბოს რაიონში, აფხაზეთში.

*კარსტული დერეფანი, გვირაბი* – მღვიმეების დამაკავშირებელი ხაზოვანი ფორმები, წარმოქმნილი წყლის მიწისქვეშა ნაკადის მიერ.

მღვიმეების და დერეფნების ჭერზე ხშირად ყინულის ღოღოლებით (სვინტორივით) მიმაგრებულია *სტალაქტიტები*, ხოლო ძირზე, სადაც ნაწვეთავი ეცემა, იზრდება *სტალაგმიტები*. მათი შეერთებით კი წარმოიქმნება *კირქვის სვეტები, სტივმატიტები*. კარსტულ მოვლენებში გახსნა – დაღეკვის რეაქცია ასეთ სახეს იძენს:



კორქვა  $H_2CO_3$  ბიკარბონატული ხსნარი  
ნახშირმჟავა

### 11.5 მდინარი წყლის მოქმედება

ატმოსფერული ნალექების ერთი ნაწილი აორთქლდება და ატმოსფეროსვე უბრუნდება, მეორე ნაწილი მიწაში ჩაიუნება, ხოლო მესამე ნაწილი - მიწის ზედაპირზე ჩამოედინება. მდინარი წყლების სახელწოდებით სწორედ ეს მესამე ნაწილი იგულისხმება.

წვიმისას ან თოვლის დნობის დროს დასაწყისში ზედაპირული წყალი თხელ ფენად მიედინება ზედაპირის დაქანების მიმართულებით და ქმნის *ზეწრულ ჩამონადენს*. დროთა განმავლობაში, განსაკუთრებით თქემის დროს, წარმოიშობა ღვარები, რომელთაც გარკვეული კალაპოტი არა აქვთ. ეს იქნება ე.წ. *ველური წყლება*. მაგრამ შემდეგ ეს ნაკადები გამოიშუშავენ კალაპოტს, რომელიც გრუნტის წყლის დონემდე ჩაადწევს და მივიღებთ მუდმივ *ნაკადულს*, ხოლო მათი შეერთებით *ხევებს* (ღელეებს) და ბოლოს *მდინარეებს*. წყალმა რომ იმოძრაოს, საჭიროა ენერგია, რასაც სიმძიმის ძალა იძლევა. რაც უფრო დიდია ზედაპირის დაქანება, მით მეტია წყლის სიჩქარე და ენერგია:

$E_{კინ.} = \frac{m \cdot v^2}{2}$ . ამგვარად განვითარებული მდინარი წყალი დიდ გეოლოგიურ მუშაობას

აწარმოებს. კერძოდ, ეს არის ფხვიერი გამოფიტული მასალის ჩამორეცხვა, ხოლო სადაც პირობები ხელსაყრელია, მკვიდრი ქანების ნგრევა. შემდეგ ხდება მონგრეული მასალის გადატანა და სხვაგან დალექვა. მდინარი წყლის მიერ ნგრევას და ჩამორეცხვას *ეროზიას* უწოდებენ. ზეწრული ჩამონადენი აწარმოებს *ფართობულ ეროზიას* და ხეობათა გაჩენას..

საერთოდ, მდინარი წყლის მოქმედება სამ ნაწილად შეიძლება გაიყოს: ნგრევა ანუ *ეროზია*, მასალის გატანა ანუ *ტრანსპორტი* და დალექვა ანუ *აკუმულაცია*.

*ეროზია* განსაკუთრებით მდინარეების სათავეებში და ზემო წელშია შესამჩნევი, რასაც ხელს უწყობს დიდი დაქანება, დინების დიდი სიჩქარე და ქანების გაშიშვლება. ჩამორეცხვა უფრო მნიშვნელოვანია წყალდიდობისას, როდესაც იზრდება წყლის მასა და ამიტომ მისი სიჩქარეც. აღიღებულ მდინარეს გადააქვს მეტი მასალა და თან ანგრევს მკვიდრ ქანებს, რაშიც გადატანილი მასალაც ეხმარება. მდინარე ცვეთავს გაშიშვლებულ ქანებს და აღრმავებს კალაპოტს. წყლის ტურბულენტური მოძრაობის

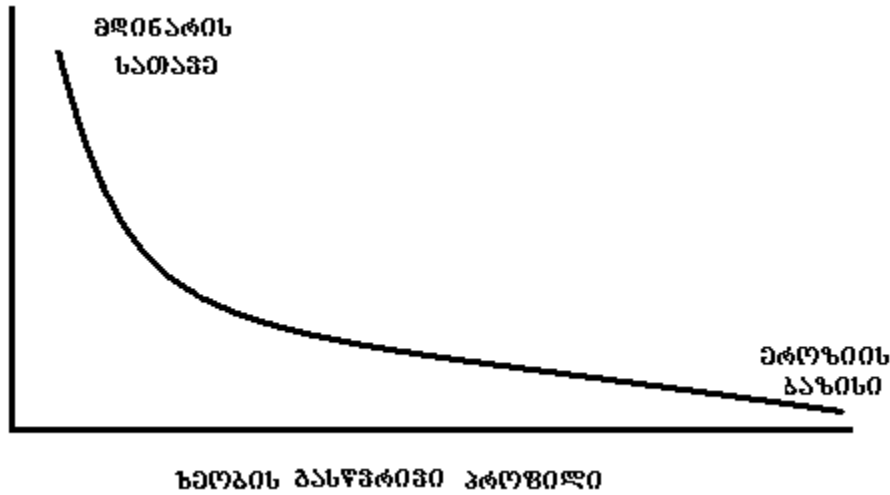
შედგად კალაპოტში წარმოიქმნება ქვაბისებური ღრუები, რომელთაც *ღევის ქვაბებს* უწოდებენ. მათი გაფართოებით და გაერთიანებით კალაპოტი ღრმავდება. კალაპოტი არის არხი, რომელსაც წყალი მიჰყვება. კალაპოტი შემოსაზღვრულია ფერღობებით, რომელთა შუა ჩადაბლება არის *მდინარის ხეობა*.

ნგრევით მიღებული მასალა წყალს ქვემოთ მიაქვს, ანუ ახდენს მასალის *ტრანსპორტს*. გადატანა ხდება სამი სახით – გახცნილი, ატივტივებული და ფსკერზე გორების გზით. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში ხდება დაკუთხული მასალის დამრგვალება და ქვარგვალების, რიყის ქვების წარმოქმნა. ამ ქვარგვალების ფორმა და სიდიდე სხვადასხვაა.

*დალექვას ანუ აკუმულაციას* ხელს უწყობს მდინარის დაღმა დაქანების და მასთან ერთად წყლის სიჩქარის შემცირება. მდინარეში ჯერ უფრო მსხვილი მასალა ილექება, უფრო ქვემოთ - თანდათან უფრო წვრილი და ბოლოს წვრილ მასალას წყალდიდობაც ვეღარ დაძრავს, ე.ი. ხდება მასალის *დახარისხება* სიმსხოს მიხედვით – ზემო წელიდან ქვემო წელისაკენ. მდინარის მთელ ნალექს *ელუვიონი* ეწოდება. მდინარის ქვემო წელი მოფენილია ალუვიური ნალექებით და ამიტომ ეს *ალუვიური ველს* წარმოადგენს. მასალის ზღვაში შეტანისას ჩნდება *დელტები* (ბერძნული ასო დელტას Δ ფორმის სმელეთი).

*ხეობის განვითარება*. მდინარეული ეროზიის მნიშვნელოვანი შედეგია ხეობის განვითარება. ვინაიდან მდინარის დაქანება და მისი ენერგიაც ზემო წელში უფრო დიდია, ეროზიაც აქ უფრო ინტენსიურად ვითარდება და ხეობაც ზემოთკენ უნდა წაიზარდოს. ამას *უკუსვლით ეროზიას* უწოდებენ, ანუ ხდება *ხეობის აღმა განვითარება*.

ხეობას გააჩნია *გასწვრივი* და *განივი პროფილები*. გასწვრივი, ანუ გრძივი პროფილი გამოისახება ჩაზნექილი მრუდით, რომელიც აერთებს ხეობის ძირის წერტილებს სათავიდან შესართავამდე, ანუ *ეროზიის ბაზისამდე*. განივი პროფილი აერთებს ხეობის გარდიგარდმო, წყალგამყოფებიდან ხეობის ძირის გავლით წერტილებს. განივი პროფილის ფორმა სათავეებში ლათინური ანბანის V-ს მაგვარია. ქვემოთ უფრო გაშლილია და U-ს მოგვაგონებს, ხოლო სულ ქვემოთ გაშლილი, ვარცლისებური



ფორმისაა. განვითარების სტადიის მიხედვით არჩევენ *ახალგაზრდა*, *მოწიფულ* და *მოხუც* ხეობებს. *ახალგაზრდა ხეობას* ახასიათებს ვიწრო და ღრმა განივი პროფილი და ძლიერ დაქანებული გასწვრივი პროფილი. *მოწიფული*

*ხეობის* პროფილები უფრო განიერი და დამრეცია, ხოლო *მოხუცი ხეობის* განივი პროფილი გაშლილია, (იხ. ნახ.)

ახალგაზრდა ხეობის განივი პროფილი, V - ნაგური



მოწიფული ხეობის განივი პროფილი U - ნაგური



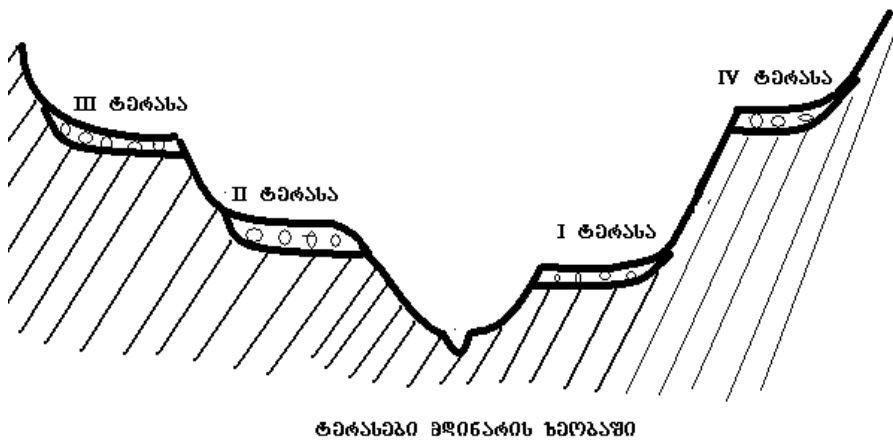
მოხუცი ხეობის განივი პროფილი, ვაკის ნაგური

ხეობის განივი პროფილის ფორმები

გასწვრივი კი ძალზე დამრეცი, იმდენად მცირედ დახრილი, რომ მთელი ენერჯია წყლის გადატანაზე იხარჯება. თავად მდინარე კი მიიკლაკნება და *მეანდრებს* აჩენს. ასეთ შემთხვევაში, როდესაც მდინარე თითქმის აღარ აწარმოებს ეროზიას *წონასწორობის პროფილს* აღნიშნავენ. გარდა საზოგადოებისა მდინარე ახდენს *გვერდით ეროზიას*, რომელიც აფართოებს ხეობის განს.

*ეროზიის ციკლები.* ეროზია შეეხება წონასწორობის პროფილის გამომუშავებით დამთავრდეს, ხოლო მდინარეთა საერთო ქსელმა მაღლობები მოასწოროს და

წარმოქმნას ტალღებრივი თითქმის ვაკე, ანუ *პენეპლენი*<sup>2</sup> მის წარმოქმნას ძალზე დიდი გეოლოგიური დრო სჭირდება და სანამ ეს დრო გაივლიდეს ხმელეთის აწევა შეიძლება მოხდეს, რაც ეროზიის განახლებას გამოიწვევს. ეროზიის პროცესის ასეთ მსვლელობას, ანუ ეროზიის შენელებას და განახლებას *ეროზიის ციკლს* უწოდებენ. ამგვარი ციკლების მსვლელობისას მდინარეთა ხეობებში ჩნდება *საფეხურები*, რომელთაც *ტერასები* ეწოდებათ. ტერასების უმეტესობა დაფარულია ალუვიონით, რომელიც ხეობის ყოფილი ჭაღის ნაშთს წარმოადგენს.



მაგალითად თბილისის მიდამოებში ოთხი ასეთი ტერასი გამოიყოფა: დიდუბე – ჩუღურეთის, საბურთალო – ავლაბრის, ლოტკის გორის და მახათას გორის, რომლებიც მტკვრის ძველი ალუვიონით არის დაფარული და მისი ხეობის

ყოფილი ჭაღების ნაშთებს წარმოადგენენ.

მდინარე წყლის მოქმედების გეოლოგიური მნიშვნელობა ძალზე დიდია. ისინი აწარმოებენ მასალის ჩამოტანას მალღობებიდან და მთებიდან დაბლობებში, რელიეფის თანდათან დადაბლებად და ალუვიონის სახით მასალის შეტანას ზღვებში. დიდია მათი ენერგეტიკული როლი, რასაც მოწმობს ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობა.

## 11.6. მყინვარების მოქმედება

მყინვარების მოქმედება არსებითად განსხვავდება მდინარე წყლის მოქმედებისაგან. ცნობილია, რომ ზომიერ ჰავაში თოვლი მხოლოდ ზამთრობით მოდის, მაგრამ პოლარულ მხარეებში და მაღალ მთებზე მისი საფარი ზამთარ – ზაფხულ რჩება. ამ თოვლს *მარად* ანუ *უდნობ* უდნობ თოვლს უწოდებენ. მარადი თოვლიანობის *ზოლს* *თოვლეთი* ჰქვია, ხოლო თოვლეთის ქვედა საზღვარს – *მარადი თოვლიანობის ხაზი*. ეს ხაზი გადის იქ, სადაც მოსული თოვლი უდრის მის დნობას, ანუ იგი წონასწორობის გამომხატველია. მარადი თოვლის ხაზის მდებარეობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე

<sup>2</sup> - პენეპლენი (peneplain / ინგლ.) - თითქმის ვაკე.

და ნალექების რაოდენობაზე. რაც უფრო ცივია ჰავა, მით უფრო დაბლა ჩამოდის ეს ხაზი, ტროპიკულ მხარეში კი იგი 6 000 მეტრამდეა ზღვის დონიდან ( მაგალითად კილიმანჯაროზე).

**მყინვარები.** თოვლეთში ყოველწლიურად თოვლს თოვლი უნდა ემატებოდეს და მთების სიმაღლეც უნდა იზრდებოდეს. მაგრამ ბუნებაში ხდება თოვლეთის განტვირთვა ჭარბი თოვლისაგან. განტვირთვის ერთი საშუალებაა **შვავი** (ანუ თოვლზვავი), მაგრამ ეს უმნიშვნელოა განტვირთვის მეორე ფაქტორთან – **მყინვარებთან** შედარებით. **მყინვარები** წარმოადგენენ მოძრავი მოძრავი ყინულების მასას, რომელიც წარმოიშობა ხმელეთზე მყარი ატმოსფერული ნალექების დაგროვებით და გარდაქმნით. მყინვარებს ამჟამად უკავიათ 16 – 17 მლნ კმ<sup>2</sup> ფართობი, ანუ ხმელეთის ზედაპირის 11% (ანტარქტიდა, გრენლანდია, მაღალი მთები).

მოსული თოვლი დნობა – შეყინვის შედეგად გარდაიქმნება ყინულის პაწია მარცვლებად. მათი შეზრდა – შემჭიდროების და თოვლის პორიანობის შემცირების გამო წარმოიქმნება **მარცვალა** თოვლი, რომელსაც **ფირნი** ჰქვია, ხოლო ფირნით დაფარულ ფართობს – ფირნის ველი. ფირნის შემდგომი გარდაქმნითა და შემჭიდროებით წარმოიშობა **მყინვარის ყინული**, რომელიც თავის სტატუსით განსხვავდება წყლის ყინულისაგან. მას მარცვლოვანი აგებულება აქვს. თანაც, ზღვის ყინულის სისქე მეტრობით იზომება, ხოლო მყინვარის ყინულისა ათასეულ მეტრს აღწევს.

მთის მყინვარი შედგება ორი ნაწილისაგან: 1. მისი მკვებავი ფირნის ველი და 2. საკუთრივ მყინვარი. ფირნის დაგროვება და მყინვარის ყინულად გარდაქმნა მიმდინარეობს **მყინვარულ ცირკებში**, ტაფობისებურ ჩაღრმავებებში, რომელთაც ერთი მხარე ღია აქვთ. სწორედ აქეთკენ გამოდის მყინვარული სხეული და მოძრაობს ხეობაში მდინარის მსგავსად, თუმცა თვალისათვის შეუმჩნეველად. გაზომვებმა გვიჩვენა, რომ მათი მოძრაობის სიჩქარე ორი – სამი სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე დღეღამეში. მყინვარის ნაპირებს **კიდევებს** უწოდებენ, ხოლო ბოლოს – **შუბლს ან ფრონტს**.

**მყინვარების სახეობები.** წარმოშობის ადგილისა და პირობების მიხედვით არჩევენ მყინვარების შემდეგ სახეობებს:

1. **ხეობის ანუ მთის მყინვარები** – წარმოიშობიან მთებში და მიჰყვებიან ადრინდელ მდინარის ხეობებს. მათ აქვთ ლათინური U –ს ფორმა და ამიტომ მას **ტროვს** ანუ ქართულად **გობს** უწოდებენ.

2. **სკანდინავიური ტიპის მყინვარი** – იწყებიან ერთი დიდი ფირნის ველიდან, საიდანაც გამოდის სხვადასხვა მიმართულების მყინვარის ენები. დამახასიათებელია სკანდინავიის მთებისათვის.
3. **მთის ძირის მყინვარები** – რამდენიმე მყინვარი ჩამოდის მთის ძირამდე და იქ ვაკეზე ერთდებიან. ამის მაგალითებია ალიასკაში.
4. **ზღვისპირის მყინვარი (შელფური)** – წარმოიქმნება ხეობის ან მთისძირის მყინვარების ზღვაში შესვლის შედეგად. ასეთი მყინვარი ზღვაში ატივტივდება და მოსწყდება მყინვარის სხეულს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება **აისბერგები**, ანუ **ყინულის გორები** წყალში.
5. **ზეწრული ანუ კონტინენტური მყინვარები** – წარმოიქმნებიან ძირითადად პოლარულ მხარეებში (გრენლანდია, ანტარქტიდა), სადაც ფარავენ უზარმაზარ ფართობებს. ზღვაში შესვლის შედეგად მათაც მოსწყდება აისბერგები. (ერთ-ერთმა ასეთმა აისბერგმა გამოიწვია „ტიტანიკის“ დაღუპვა).

მყინვარები აწარმოებენ მნიშვნელოვან გეოლოგიურ მუშაობას: **ნგრევას**, **მონგრეული მასალის გადატანას** და მის **დაგროვებას**. ნგრევას, ანუ **ეგზარაციას** (გადახვნას, მოშანდაკებას) ყინული ახდენს მოძრაობის პროცესში, ძირითადად მასში შეტაცებული ქანების ნამსხვრევებით. მყინვარის ფსკერზე და კიდეებზე წარმოიქმნება მოლიპული და დაკაწრული ზედაპირები. მასალას, რომელსაც მყინვარი გადაიტანს **მორენი** ჰქვია. ეს სარის სხვადასხვა ზომის ნატეხები, ლოდები, წმინდა მარცვლები. მორენებს შორის არჩევენ შემსეგ სახეობებს:

**ზედა მორენი** – ეწოდება იმ მასალას, რომელსაც მყინვარის ზედაპირზე დევს;

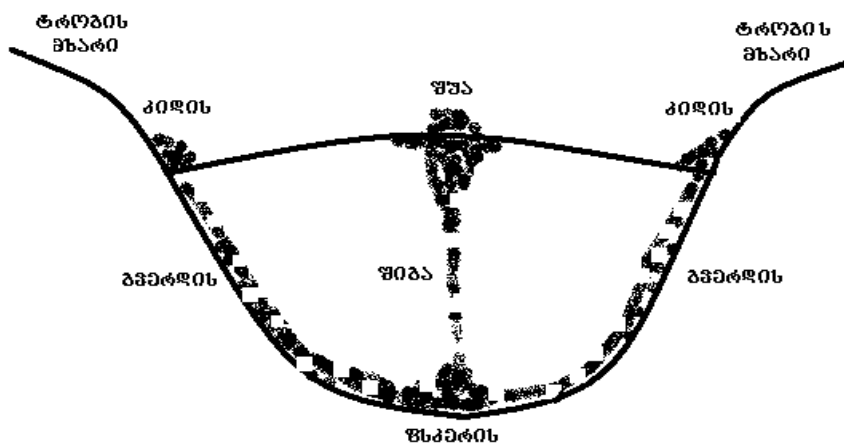
**კიდის მორენი** – არის მყინვარის კიდეებთან არსებული მასალა;

**შუა მორენი** – მყინვარის ზედაპირზე, მაგრამ მის შუა ნაწილში მყოფი მასალაა, იგი ორი ან მეტი მყინვარის შეერთებით მიიღება;

**ფსკერის მორენი** – მასალაა, რომელიც მყინვარის მიერ ძირში წატრეული ნატეხებისაგან შედგება;

**შიგა მორენი** – მასალა რომელიც მყინვარშია შიგნით მოქცეული;

**შუბლის ანუ ბოლო მორენი** – მასალა, რომელიც მყინვარის შუბლთან, ანუ მისი



მყინვარული ტროპი (ხეობა) და მისი მორენები.

მეფლა ერთად შუბლთან მორენებს შუბლის ანუ ბოლო მორენს.

დნობის ადგილთან არის დაგროვილი (იხ. ნახ.) მორენების მასალა მდინარის მონალექისაგან ანუ ალუვიონისაგან განსხვავდება იმით, რომ დაკუთხული და დაკაწრულია (და არა დამრგვალებული), ამავე დროს დაუხარისხებელი – მსხვილი და წვრილი მასალა ერთად გვხვდება.

**მეოთხეულის გამყინვარება.** მყინვარული მასალის შესწავლით დაადგინეს, რომ ახლო გეოლოგიურ წარსულში, მეოთხეულ პერიოდში, მყინვარებს ბევრად უფრო დიდი ფართობი ეკავათ დედამიწის ზედაპირზე, ვიდრე დღეს არის. ამის შედეგად გამოითქვა მოსაზრება, რომ მეოთხეული პერიოდის განმავლობაში ჰავა უფრო ცივი იყო, ვიდრე დღესაა. ამ პერიოდს **გამყინვარების დრო** ან **მეოთხეულის გამყინვარება** უწოდეს. დაადგინეს ისიც, რომ გამყინვარება ერთხელ კი არ მოხდა, არამედ ადგილი ჰქონდა აცივებისა და დათბობის პერიოდების მონაცვლეობას. ამის მიხედვით გამოიყო გამყინვარების 4 (ზოგან მეტი) **სტადია** და მატ შუა გამყინვარებათაშორისი სტადიები, ანუ **გლაციალური** და **ინტერგლაციალური** სტადიები. კერძოდ, ალპებში გამოიყოფა შემდეგი სტადიები:

1. გუნცური  
გუნცურ – მინდელური
2. მინდელური  
მინდელ – რისული
3. რისული  
რისულ – ვიურმული
4. ვიურმული  
გამყინვარების შემდგომი

აღინიშნა ისიც, რომ გამყინვარებებს დედამიწის ხანგრძლივ ისტორიაში სხვა გეოლოგიურ ერებშიც ჰქონდა ადგილი, მაგალითად, პალეოზოური ერის ბოლოს.

**მუდმივი მზრალობა.** გამოირკვა, რომ გარკვეულ მხარეებში მიწის სიღრმეში წყალი ზაფხულობითაც კი გაყინული რჩება, ანუ ადგილი, სადაც ზამთარ-ზაფხულ მიწის სიღრმეში წყალი გაყინული რჩება, იქნება მუდმივი **მზრალობის ადგილი** (მაგ. ციმბირის დიდი ნაწილი), სადაც გაყინული ფენა შეიძლება 400 მეტრამდე ჩაადწიოს (მაგ. აღმოსავლეთ ციმბირში).

## 11.7 ზღვის მოქმედება

**მსოფლიო ოკეანე და მისი შესწავლა.** მთელი წყლის საფარს დედამიწაზე ერთობლივად მსოფლიო ოკეანე უწოდეს, ვინაიდან ოკეანეები ერთმანეთთან არიან

დაკავშირებული. მსოფლიო ოკეანეში შედიან ოკეანეები, ზღვები, ყურეები, სრუტეები. მათ მიწის ზედაპირის 71% უკავიათ. მოცულობით  $1375 \cdot 10^6$  კმ<sup>3</sup>, რაც მიწის მასის 0,03% უდრის. ოკეანეებს იკვლევს მეცნიერება „ოკეანოლოგია“, ხოლო ოკეანეებისა და ზღვების როგორც გეოლოგიური აგენტების მოქმედებას – გეოლოგია. ამას გარდა, ბოლო დროს მათი ფსკერი გახდა სპეციალური გეოლოგიურ-გეოფიზიკური კვლევის ობიექტი, რადგან ფსკერი მიწის ქერქის უდიდეს ნაწილს შეადგენს. პირველი ოკეანოლოგიური კვლევა გემ „ჩელენჯერის“ ექსპედიციამ ჩაატარა (1872-1876 წ.წ.). ექლოტის გამოგონებამ (1929წ.) შესაძლებელი გახდა მსოფლიო ოკეანის ფსკერის მორფოლოგიის შესწავლა. 1968-1983 წლებში გემ „გლომარ ჩელენჯერის“ ექსპედიციის მიერ გაყვანილ იქნა 688 ბურღილი ოკეანეების და ზღვების ფსკერზე, საიდანაც ამოღებული კერნის (ნიმუშის) შესწავლით დადგინდა ფსკერის აგებულება. იმავე ფსკერის სიღრმული აგებულება შესწავლილ იქნა გეოფიზიკური მეთოდებითაც. ყოველივე ამან ხელი შეუწყო გეოლოგიური მეცნიერების განვითარებას და „ახალი გლობალური ტექტონიკის თეორიის“ ჩამოყალიბებას.

**მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფი.** ოკეანეთა სიღრმეების გაზომვამ ექლოტის მეშვეობით შესაძლებელი გახდა დაედგინათ ოკეანის ფსკერის მორფოლოგია. ფსკერი შედგება შემდეგი ძირითადი მორფოლოგიური ერთეულებისაგან:

1. შელფი (წყალმარჩხი ზღვა), სიღრმე 150 – 200 მ-მდე, დახრილობა  $1-2^{\circ}$  – მდე;
2. კონტინენტური ბექობი (ფერდობი), სიღრმე 2 – 3 კმ-მდე. დახრილობა  $4-17^{\circ}$ ;
3. საკუთრივ ოკეანის ფსკერი, სიღრმე 4-6 კმ, ვაკე რელიეფი;
4. ოკეანური ღრმაობები, სიღრმე 7-11 კმ, ხეობისებური წაგრძელებული ჩაღრმავებებით, მაგალითად მარიანის ღრმული (11 022 მ);
5. შუაოკეანური წყალქვეშა ქედები, ხაზობრივი ქედები ფსკერიდან 2-4 კმ-ის სიმაღლემდე, იშვიათად აღწევენ ზღვის დონეს;
6. კუნძულთა მწკრივები და რკალები – წყალქვეშა ქედების ამონრილი მწვერვალები და ხმელეთი;
7. ღრმაწყლიანი განაპირა ზღვები, მაგ., იაპონიის ზღვა. სიღრმე 3-4 კმ.

ამათ გარდა არის უფრო მცირე ზომის ფორმები.

**ზღვის წყალი.** ოკეანეებისა და ზღვების წყალს აქვს მომწარო-მლაშე გემო მასში გახსნილი მარილების გამო. ეს მარილებია: **NaCl – 78%;** **MgCl – 9,4%;** **MgSO<sub>4</sub> – 6,4%;** **CaSO<sub>4</sub> – 3,5%;** **CaCO<sub>3</sub> – 0,04%** და ა.შ. საერთო მარილიანობა ოკეანის წყლის არის 35 ‰ (პრომილე, 35 გრ/1ლ. სხვაგვარად 3,5%).

**ტემპერატურული რეჟიმი.** ოკეანეების ზედაპირზე ტემპერატურე დამოკიდებულია გეოგრაფიულ განედზე. ტემპერატურეს დრედამური ამპლიტუდე ეკვატორულ ზოლში მცირეა (1-2<sup>0</sup> – ფარგლებში), შუა განედებში იცვლება 10-15<sup>0</sup> –ით. ფსკერზე წყლის t : +2<sup>0</sup>, +3<sup>0</sup>. ასე, რომ ზედაპირიდან სიღრმისაკენ ტემპერატურე თანდათანობით მცირდება.

წყლის მოძრაობა. არჩევენ ოკეანეებისა და ზღვების წყლების მოძრაობის შემდეგ სახეობებს: **ღელვა**, რაც ქართაა გამოწვეული; **მიმოქცევითი მოძრაობა** – მთავრისა და მზის მიზიდულობით; **ოკეანური თბილი და ცივი დინებები** (მაგ. გოლფსტრიმიდა ლაბრადორის დინებები), გამოწვეული გაბატონებული ქარებით; **ცუნამი**, (ყურის ტალღა) – სწრაფი (500 – 700 კმ საათში) ტალღები, გამოწვეული მიწისძვრით ან ვულკანის მოქმედებით; **სიმღვრივის ღვარები** – ფსკერის მღვრიე ნაკადები, რომლებიც ეშვებიან ფსკერის დაქანების მიმართულებით და ქმნიან წყალქვეშა ხეობებს – კანიონებს.

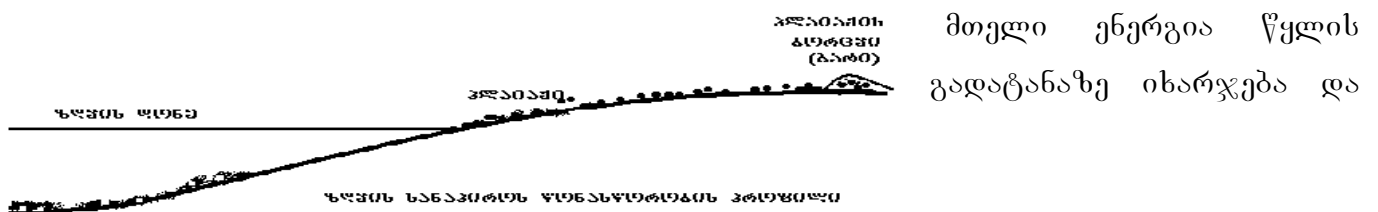
**სიცოცხლე ზღვაში.** მიაჩნიათ, რომ სიცოცხლე წყალში წარმოიშვა. ზღვებში და ოკეანეებში მრავლად არის მცენარეები და ცხოველები. ცხოვრების ნირის მიხედვით არჩევენ შემდეგ ფორმებს:

1. **პლანქტონი** – პასიურად მოძრავი, წყლის დინებებით გადაადგილებული. ასეთებია ფორამინიფერები, დიატომეები, გლობოგირინები და სხვ.
2. **ნექტონი** – აქტიურად მცურავი – მოლუსკები, თევზები, ვეშაპი;
3. **ბენტოსი** – ფსკერზე მიმაგრებული – მარჯნები, ბრაქიოპოდები, ან ფსკერზე მოძრავი – ზღვის ზღარბები, მოლუსკები.

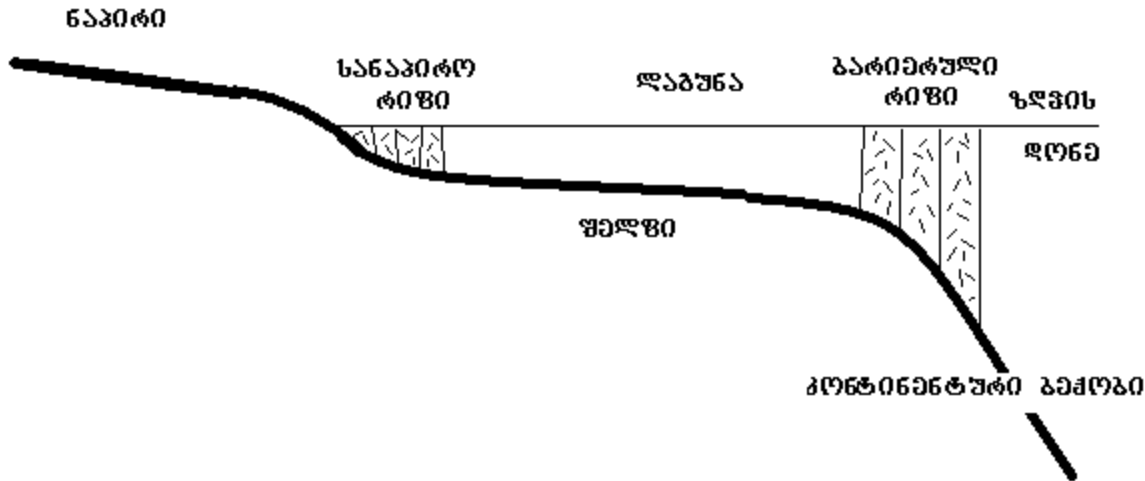
გეოლოგიისთვის მნიშვნელობა აქვს როგორც თანამედროვე ორგანიზმებს, ისე განამარხებულთა შესწავლას.

**ზღვის გეოლოგიური მოქმედება.** ზღვა, ისევე როგორც მდინარეები, ახდენს ნგრევას, გადატანას და დალექვას.

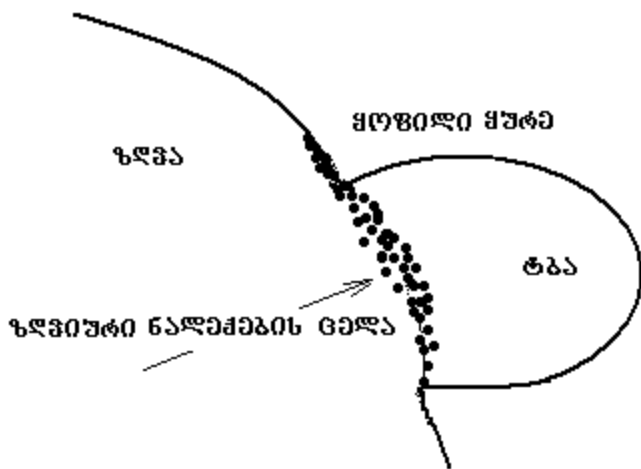
**ნგრევას** ძირითადად ზვირთები, ტალღები აწარმოებენ. ნაპირტან მიახლოებისას ტალღა ეხეთქება ნაპირს და ანგრევს მას. ამაში ხელს უწყობს ტალღის მიერ გადატანილი მასალაც (ქვიშა, ქანის ნატეხები). ზღვის დამანგრეველ მოქმედებას **აბრაზია** (მოფხეკა) ეწოდება. ზღვა წინ მიიწევს და იკაავებს სანაპიროს ხმელეთს. ასეთი მოქმედება მიმდინარეობს მანმადე, ვიდრე არ შეიქმნება ფართო პლიაუი, რომელიც რიყის ქვებითა ქვიშით არის მოფენილი. ასეთ შემთხვევაში მყარდება თითქმის ჰორიზონტული წონასწორობის პროფილი (შეადარეთ მდინარისას), როდესაც ტალღის



ნგრევა შეწყდება. ზღვის ამგვარ წინსვლას, ანუ ხმელეთის დაკავებას *ტრანსგესია* ეწოდება. მაგრამ თუ შემდეგ მოხდა ხმელეთის აწევა, ზღვა უკან დაიხევს, რასაც *რეგრესიას* უწოდებენ. უკან დახევის შედეგად წყლის დონის ზევით დარჩება ზღვის ძველი ფსკერი საფეხურის სახით. ამ საფეხურს *ზღვიური ტერასა* ჰქვია.



გადატანას ზღვა აწარმოებს მასალის აღმა-დაღმა გორებით, რაც ტალღის გადაადგილებას ახლავს. მასალა ცვდება და წარმოიქმნება ქვარგვალები, რიყის ქვები. სიღრმეში გადატანისას მასალის გადატანა წყდება და ხდება მისი დაბინავება, ანუ *დალექვა*. ამავე დროს მასალა დახარისხებულია, ანუ ნაპირთან მსხვილია, მოშორებით წვრილი, კიდევ უფრო შირს – უფრო წვრილი და ა.შ. ამ ნალექის გამტკიცებით წარმოიქმნება შრეებრივი *ზღვიური ქანები*. ხმელეთიდან შემოტანილ და დალექილ



მასალას *ტერიგენული* ეწოდება. ამას ემატება ორგანიზმების ნიჟარების ნაშთებიც, რომელიც *ბიოგენური* იქნება. ბიოგენურს მიეკუთვნება აგრეთვე *მარჯნის რიფები*, ანუ კლდოვანი ნაგებობები, რომელთაც თავად მარჯნები აშენებენ. რიფებს შორის გამოიყოფა *სანაპირო* და *ბარიერული რიფები*, (იხ. ნახ.) მაგალითად ავსტრალიის აღმოსავლეთ სანაპიროს

რიფები. კუნძულებზე ხშირად გვხვდება მარჯნების მიერ აშენებული ნალისებური ფორმის ნაგებობები – *ატოლები*. ზღვის ნალექებმა შეიძლება ყურე მოსწყვიტოს ზღვას და წარმოქმნას ტბა, რომელიც ზღვისაგან გამოყოფილია ზღვიური ნალექების ვიწრო

ზოლით (ცელა). ასეთი წარმოშობისაა პალიასტომის ტბა კოლხეთის დაბლობზე (იხ. ნახ.)

### 11.8 ტბები და ჭაობები

**ტბა** არის ხმელეთის მეტად თუ ნაკლებად დიდი ბუნებრივი ჩაღრმავება, რომელშიც წყალი დგას და ეს წყალი უშუალოდ ზღვას არ ერთვის. ტბებს ხმელეთის 1,8-2% უკავია და მათი რიცხვი მილლიონს აღწევს. ტბებს შორის ყველაზე დიდი კასპიის ზღვა, ყველაზე ღრმა – ბაიკალის ტბა (1 620 მ).

**მარილიანობის** მიხედვით ტბის წყალი შეიძლება იყოს მტკნარი, როდესაც 1 ლიტრზე მარილების რაოდენობა  $< 0,1\%$ . თუ მარილიანობა  $0,1\%$  დან  $0,35\%$  - მდგა, მაშინ მომარილოვნო ეწოდება, ხოლო თუ  $> 0,35\%$  - მაშინ მლაშე. გახსნილი ნივთიერებების მიხედვით ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) არჩევენ კარბონატულ ანუ სოდიან, სულფატურ, ქლორიდულ ტბებს. მარილიანობაში განსხვავება გამოწვეულია ტბიდან წყლის გადინებით. გამდინარე ტბების წყალი მტკნარია, გაუმდინარესი – მლაშე, მარილიანი.

**წარმოშობის მიხედვით** არჩევენ **ზღვიურ** და **ხმელეთულ** ტბებს. პირველნი წარმოადგენენ ზღვების გადმონაშტს, ანუ რელიქტს. ასეთად მიაჩნიათ კასპიის ზღვა – ტბა ან პალიასტომის ტბა. ხმელეთული ტბები ბევრად მეტი სახეობისაა. მათ შორის არჩევენ ორ დიდ ჯგუფს: **ენდოგენური** და **ეგზოგენური** წარმოშობისა. ენდოგენურია ვულკანური კრატერის, ლავის მიერ დაგუბებული, ტექტონიკური პროცესის შედეგად გრაბენში დაგუბებული და ა.შ.

ეგზოგენურს მიეკუთვნება მეწყრის მიერ დაგუბებული (გრავიტაციული), მდინარეული, როდესაც მდინარე იცვლის კალაპოტს და ჭალაში რჩება ნამდინარევი ტბა; არის სუფოზური და კარსტული ტბები, ანუ ქანებიდან გახსნილი მარილების გატანით წარმოქმნილი ჩაღრმავებები. გვხვდება მყინვარული ტბები: ჩაღრმავებით და შუბლის მორენის მიერ დაგუბებული.

**ტბების გეოლოგიური მოქმედება** ზოგადად ჰგავს ზღვისას, მხოლოდ უფრო მცირე მასშტაბისა არის. ისინიც აწარმოებენ ნგრევას, გადატანას და დალექვას. ტბიური ნალექები შეიძლება იყოს როგორც **მექანიკური** (ქვიშა, თიხა), ისე **ქიმიური** (სხვადასხვა მარილები) და **ორგანოგენული** (მცენარეული და ცხოველური ნაშთები). მათი ნარევი იძლევა ნახშირებს და საწვავ ფიქლებს.

**ჭაობები.** ჭაობი ეწოდება ისეთ ადგილს, სადაც ნიადაგი (ქანები) ზედაპირამდე წყლით არის ჭარბად გაჯერებული. ჭაობი ვითარდება იქ, სადაც ჰავა ნესტიანია და ნალექების რაოდენობა აღემატება აორთქლებას. ამასთან, არც წყლის გადინება ხდება. ჭაობში მცენარეული ნაშთების დაგროვებით წარმოიშობა ტორფი, გაუსრწნელი ორგანული ნივთიერება. დროთა განმავლობაში ხდება ტორფის განახშირება და ქვანახშირის საბადოთა წარმოშობა. ჭაობებში მიმდინარეობს სპეციფიკური ქიმიური რეაქციები ჭაობის ორგანულ ნივთიერებებთან კავშირში და წარმოიქმნება მარილების დაგროვებები, მაგალითად მურა რკინობი –  $\text{FeCO}_3$  (მინერალი სიდერიტი).

ტბების არსებობა გეოლოგიურად შედარებით ხანმოკლეა. ტბა შეიძლება დაშრეს მისგან გამომავალი მდინარის კალაპოტის გაღრმავების გამო, ან ტბაში შეტანილი მასალით ამოვსების შედეგად. არიდული ჰავის პირობებში გაუდინარი ტბები შედარებით მალე შრება წყლის აორთქლების გამო.

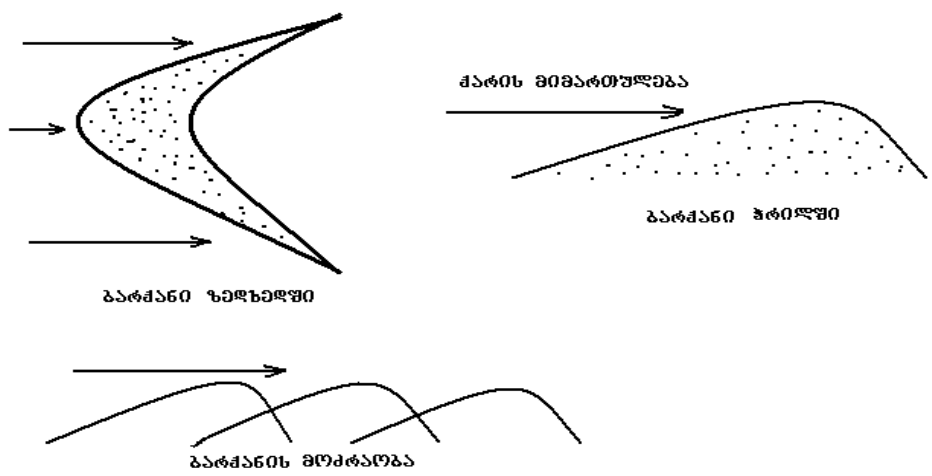
**ტბების გეოლოგიური მნიშვნელობა.** ტბიური ნალექების შესწავლა ბევრ საყურადღებო ცნობებს გვაწვდიან მხარის გეოლოგიური წარსულის შესახებ. ტბაში დალექილი მარილები (ევაპორიტები) ზოგჯერ მნიშვნელოვან საბადოებს წარმოქმნიან, მაგალითად, ყარა ბოლაზ გოლის ყურეში კასპიის ზღვის აღმოსავლეთით, სადაც დიდი რაოდენობით ილექება ქვამარილი, გლაუბერის მარილი და სხვა.

### 11.9. . ქარის მოქმედება

ქარი ჰქვია ატმოსფეროს ჰაერის ბუნებრივ ჰორიზონტალურ დინებას, **გადაადგილებას**. სუსტი ქარი არის *სიო* ან *ნიავი*, ძლიერი ქარი კი - *გრიგალი*, წვიმანარევი ქარი - *ქარიშხალი*, ხოლო თოვლნარევი - *ბუქი*, *ქარბუქი*. ქარის ძალა დამოკიდებულია მის სიჩქარეზე. ზოგ შემთხვევაში იგი აღწევს 200-300 კმ-საათში. რეჟიმის მიხედვით არჩევენ **პასატებს**- გაბატონებული მიმართულების ქანებს, **მუსონებს** - სეზონურ ქანებს, რომლებიც წლის ერთ ნახევარში ქრიან ზღვიდან ხმელეთისკენ, მეორე ნახევარში-ხმელეთიდან ზღვისკენ; **ბრიზებს**- დღელამური ცვალებადობის ქარებს -დღისით ზღვიდან ხმელეთისკენ, ღამით ხმელეთიდან ზღვისკენ. ქარის წარმოშობას იწვევს ატმოსფერული წნევის სხვადასხვაობა და იგი ქრის მაღალი წნევის არიდან დაბალისაკენ.

**ქარის გეოლოგიური მოქმედება.** ჰაერი ქანებზე ახდენს ზემოქმედებას გაზებით  $O_2, CO_2, H_2O$  (წყლის ორთქლი) და იწვევს ქიმიურ გამოფიტვას. მაგრამ არანაკლებ მნიშვნელოვანია ქარის მექანიკური მოქმედება. ამის მახვენებელია მტვრის დიდი რაოდენობა, რომელსაც ქარი ახვეტავს და გადაიტანს სხვა ადგილას. ამის **დეფლიაცია** (ჩამობერვა, ჩამონიავება) ჰქვია. დეფლიაციის შედეგად ახვეტილი მასალა ეჯახება ქანების ზედაპირს და ახდენს მათ მოცვეთას, რასაც **კორაზიას** (მოფხეკას) უწოდებენ (გაარჩიეთ კოროზიისაგან). ქარისმიერ მოვლენებს საერთოდ ეოლურს უწოდებენ (ეოლოს-ქარის ღმერთი ძველ საბერძნეთში).

ქარის გეოლოგიური მოქმედება განსაკუთრებით კარგად ჩანს **უდაბნოებში**, უდაბნოს ძირითადი ნიშანია უწყლობა, მცირე ატმოსფერული ნალექები, რის გამოც მცენარეული საფარი ღარიბია და მხოლოდ **ქსეროფიტები** (სიმშრალის მცენარე) და **ეფემერული** (სწრაფწარმავალი) მცენარეები ხარობს. ამის გამო ქანები გაშიშვლებულია და ქარის მოქმედება შესამჩნევი ხდება. ამავე მიზეზით უდაბნოში მკვეთრი ტემპერატურული ცვალებადობა იწვევს ქანების მექანიკურ (ფიზიკურ) ფიტვას და ღორღისა და მღვერის წარმოქმნას. წარმოქმნილი წვრილმარცვლოვანი მასალა ქარს მიაქვს **სალტაციის** (ხტუნვა-ხტუნვის) გზით და ახეთქებს შიშველ ქანებს და აწარმოებს მათ კორაზიას. ჩნდება ფიჭისებრი ფორმის ამოჭმული ზედაპირი. უდაბნოში ხშირია **მაგიდისებური გამოფიტვის** მაგალითები, როდესაც კლდოვანი ქანის ძირები გამოჭრილია და ზევით მაგიდასავით ნაწილია დარჩენილი. ასევე ხშირია **წახნაგოვანი ქვები**, რომლებიც ქარის მიმართულების შეცვლის გამო ჩნდება. ამრიგად, ქარი ფიტვის, დეფლიაციის და კოროზიის გზით იწვევს ქანების ნგრევას, მიღებული მასალის გადატანას, ანუ ეოლურ ტრანსპორტს და დალუქვას. ამის შედეგად ამდღებულ ადგილებში ძედაპირი შიშველდება და მოიფინება ნაყარი ქვებით, რასაც კლდოვან-ქვიანი უდაბნო, ანუ **ჰამადა** ჰქვია, ხოლო დადაბლებულ ადგილებში წარმოიქმნება ქვიშიანი უდაბნო, რასაც **ერგი** ან **ყუბი** ეწოდება. ქვიშიან უდაბნოებში ძალზე გავრცელებულია **ბარქანები და დიუნები**. ბარქანები წარმოადგენენ ახალი მთვარის ფორმის ქვიშის დაგროვებებს (იხ. ნახაზი),



რომლის გამოზნექილი მხარე ქარისკენაა მიქცეული, ხოლო შეზნექილი ქარდაღმა მიმართული და უფრო ციცაბოა. დიუნები უფრო წაგრძელებუ-

ლი ქვიშიანი ბორცვებია, რომლებიც ქარის მიმართულებით ან მის მართობულად ვითარდებიან. ბარქანები და ღიუნები ქარის მოქმედებით თანდათან გადაადგილდებიან (იხ. ნახაზი) და ზოგ შემთხვევაში დასახლებულ ადგილებს და ბაღ-ბოსტნებს ჰფარავენ, რის გამოც მათ წინააღმდეგ ბრძოლა მოსახლეობის ერთ-ერთ პრობლემას წარმოადგენს.

უდაბნოსპირა ან მიმდინარე ადგილებში, სადაც ატმოსფერული ნალექები შედარებით მეტი მოდის, უდაბნოდან ახვეტილი მტვერი ილექება და გროვდება მტვერიან-ქვიშიანი ფენების სახით. ამ სილანარევე კარბონატულ თიხას, რომელსაც არაშრებრივი და პორიანი აგებულება აქვს *ლიოსი* (ლოესი) ეწოდება.

*წყალი უდაბნოში.* მიუხედავად იმისა, რომ ნალექების წლიური რაოდენობა აქ მცირეა, წვიმა მაინც მოდის, ოღონდ უმცირესი თქემის სახით. წვიმის წყალი ახდენს ეროზიას და წარმოშობს ციცაბოკედლებიან ხეობებს, რომელთაც *უადი* ეწოდება. იგივე წყალი დეპრესიებში დაგროვებისას ქმნის დროებით წყალსაცავებს, რომელთაც საჰარაში *შოტი*, ხოლო ცენტრალურ აზიაში *ტაკირი*, ეწოდება. უდაბნოებში არის ტბებიც, რომლებიც მიწისქვეშა წყლებით და ატმოსფერული ნალექებით იკვებებიან. იქ, სადაც მიწისქვეშა წყლები მუდმივად გამოედინებიან, უდაბნოში ჩნდება *ოაზისები*. მოსახლეობაც ამ ადგილებს ეტანება. გეოლოგიისათვის უდაბნოების შესწავლას ის *მნიშვნელობა აქვს*, რომ გეოლოგიურ წარსულში უდაბნოები გაჩენილა იქ, სადაც დღეს ნესტიანი ჰავაა და მათი გამოცნობა სწორედ უდაბნოსათვის დამახასიათებელი ნიშნებით ხდება. ქარის მოქმედებას დიდი მნიშვნელობა აქვს *ეოლური რელიეფის* განვითარებაში. იგი ახდენს მაღალი ადგილების დადაბლებას და ჩადაბლებათა ამოვსებას ქვიშიანი ნალექებით, ანუ აწარმოებს რელიეფის მოსწორებას. უდაბნოების გავრცელება ტროპიკულ და ნაწილობრივ სუბტროპიკულ ან ზომიერ კლიმატურ სარტყლებთანაა დაკავშირებული, სადაც არიდული და სემიარიდული ჰავაა და ატმოსფერული ნალექები მცირე რაოდენობით მოდის.

## თავი XII. შიგადინამიური მოვლენები

### 12.1 მაგმატიზმი და ვულკანიზმი

ადამიანისათვის კარგად ცნობილი ვულკანები წარმოადგენენ კარგად ცნობილი ვულკანიზმის გამოვლინებებს მიწის ზედაპირზე. მაგმატიზმის პირველი სტადია *მაგმას*, ანუ სილიკატური მდნარის წარმოშობა (გენერაცია) მიწის შიგნეთში. აქ ხდება ნივთიერების გაღნობა მიწის შინაგანი სითბოს ხარჯზე, რის გამოც მაგმატიზმი და

კერძოდ, ვულკანიზმი მიეკუთვნება *ენდოგენურ მოვლენებს*. მაგმა შეიცავს გაზებს (აირებს) და წყლის ორთქლს, რაც წნევათა სხვაობის შემთხვევაში ხელს უწყობს სილიკატური მდნარის ამოსვლას ზევით. მიწის ზედა ფენებში, სადაც ტემპერატურა ნაკლებია, ხდება მაგმის თანდათან გაცივება და სიღრმული, ანუ *ინტრუზიული მაგმური ქანები* წარმოიშობა, მაგალითად, გრანიტისა. მიწის ზედაპირზე ამოსვლისას მაგმა სწრაფად ცივდება, კარგავს გაზებს წყლის ორთქლს და გადაიქცევა ლავად. ამ შემთხვევაში უკვე ჩნდება ზედაპირული, ანუ *ეფუზიური მაგმური ქანები*, მაგალითად ბაზალტი. ამრიგად, არჩევენ მაგმატიზმის ორ ძირითად სახეობას: 1. *ინტრუზიულ მაგმატიზმს*, ანუ *პლუტონიზმს* (პლუტონი – ბერძნული ქვესკნელის ღმერთი); 2. *ეფუზიურ მაგმატიზმს*, ანუ *ვულკანიზმს* (ვულკანო – ქვესკნელის რომაული ღმერთი).

მაგმას 9/10 გაცივებულია სიღრმეში, მაგრამ მის მიერ წარმოქმნილი ქანების დიდი ნაწილი ეროზიის შედეგად შიშვლდება მიწის ზედაპირზე და მისაწვდომი ხდება შესავლისათვის. რაც შეეხება ვულკანიზმს, ეს ერთ-ერთი შესამჩნევი გეოლოგიური მოვლენაა და მასზე უშუალო დაკვირვება ბუნებაში სავსებით შესაძლებელია, ამიტომ ეს მოვლენა კარგადაა შესწავლილი.

## 12.2. ვულკანიზმი

*ვულკანი და მისი მოქმედება.* ვულკანი არის ნივთიერების ამოსროლია ან ამოსვლა მიწის შიგნეთიდან ზედაპირზე. ვულკანის კლასიკურ მაგალითად ითვლება ვეზუვი, რომლის მოქმედების პირველი აღწერა მოგვცა პლინიუს უმცროსმა. 79 წელს ვეზუვის მთამ საშინელი ძალით იფეთქა, იძვრებოდა მიწა, მოისმოდა მიწისქვეშა გუგუნი, მთის მწვერვალიდან ამოვარდა ორთქლისა და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა, რომელიც ჰაერში ღრუბლად იქცეოდა. ღრუბელი დატვირთული იყო წვრილი და მსხვილი მასალით. წამოვიდა ცხელი ტალახის წვიმა და ღვარები, რომლებმაც დაფარეს და დამარხეს ქალაქები პომპეი, ჰერკულანუმი და სტაბია. ბოლოს მთის მწვერვალიდან წამოდინდა მდნარი ლავაც. ამ ამოფრქვევის შემდეგ ვეზუვი მოქმედებს დროგამოშვებით, როგორც ეს მოქმედ ვულკანებს ახასიათებს.

*ვულკანიზმის პროდუქტები.* მთავარი პროდუქტია *ლავა*, გავარვარებული (1 200- 1 300<sup>0</sup>) გამდნარი ბლანტ – დენადი მასა, რომელიც გაცივების შემდეგ იძლევა ვულკანურ ქანს. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ ფუქე და მჟავე ლავას. ფუქე ლავა ჩვეულებრივ ბაზალტური შედგენილობისაა, ძლიერ დენადია და საკმაოდ შორსაც

გადაადგილდება. მუავე ლავა კი უფრო ბლანტია და ნაკადს არ იძლევა, ან ძლიერ მოკლეს. გაცივებისას ლავას სწრაფად გადაეკვრის ქერქი, რომლის ქვეშ ლავა ისევ მოძრაობს. მოძრაობისას ქერქი იმსხვრევა და წარმოიშობა *ლოღური* ლავა, *დაბაწრული* (დაგრეხილი) ლავა და *ბალიშა* ლავა *მეორე პროდუქტია მყარი მასალა*, რომელიც სხვადასხვა სიდიდის ნასხვრევებისაგან შედგება. ესაა *ვულკანური ბომბები* – დაგრეხილი ელიფსოიდური ფორმის სხეულები, *ლაპილები* – მცირე ზომის ნატეხები და მარცვლები, *ვულკანური ქვიშა* და უფრო წვრილი ვულკანური *ფერფლი*. ყველას ერთად *პიროკლასტურ პროდუქტებს* უწოდებენ.

*ვულკანური აპარატი*. ჩვეულებრივ ვულკანი წარმოიდგინება როგორც კონუსისებრივი გორა, რომლის სიმაღლე სხვადასხვაა. ამ კონუსის ღერძს სიღრმეში მიჰყვება ცილინდრული მილი, რომელიც ლავით, ლავური ბრექჩიით ან ფერფლით არის გაჭედილი. ამ მილს *ვულკანის ყელს* უწოდებენ. მწვერვალზე ყელი ძაბრივით ფართოვდება და ჩნდება *კრატერი*, ჩაღრმავება, საიდანაც ხდება მასალის ამოსროლა ან ამოდინება. კრატერში ზოგ შემთხვევაში ატმოსფერული ნალექებია ჩამდგარი და წარმოიქმნება *კრატერის ტბა*. ვულკანის ყელიდან ხშირად გამოიყოფა წვრილი ტოტები, რომლებიც ვულკანის ფერდზე აღწევენ და პატარა *პარაზიტულ ვულკანებს* ქმნიან. ზოგჯერ ძველ დიდ კრატერში ჩნდება ახალი პატარა კონუსი. ძველი კრატერის სერსა და ახალ კონუსს შორის ჩნდება ჩაღრმავება, რომელსაც *კალდერა* ჰქვია.

ვულკანის კონუსის ჭრილში გაირჩევა ცალკეული ფენები, რომლებიც სხვადასხვა სიმსხოს მასალისაგან შედგებიან. მათ შუა არის ლავის ნაკადიც. ასეთ ფენებრივ ვულკანს *სტრატოვულკანი* ეწოდება. არის ვულკანები, რომლებშიც ლავა აფეთქების გარეშე გადმოდინდება და *ფარისებურ ფორმას* იღებს, ხოლო ბლანტი ლავის შემთხვევაში *გუმბათი* წარმოიქმნება.

*ვულკანური აპარატისა და ვულკანური მოქმედების ტიპები*. ვულკანური პროდუქტები ზოგ შემთხვევაში გარკვეულ ცენტრში ამოდიან მიწის ზედაპირზე და მათ *ცენტრულ ვულკანებს* უწოდებენ, ხოლო სხვა შემთხვევაში გრძელ ნაპრალს მოჰყვებიან და ისე ამოდიან ზედაპირზე. ამათ *ნაპრალური ვულკანები* ეწოდებათ. ცენტრულ ვულკანებს შორის არჩევენ სხვადასხვა სახეობებს, რომელთა მოქმედება დამოკიდებულია ლავის შედგენილობაზე და აფეთქების ხასიათზე. ასეთებია:

1. *ჰავაის ტიპის ვულკანები* – რომლებიდანაც კრატერში ჩამდგარი მსურვალე ლავა *მშვიდად გადმოედინება*, მაგალითად, მაუნალოა და ილაუა (ჰავაის კუნძულები). ლავა ფუძეა, *თხევადი*;

2. *სტრომბოლური ტიპის* წარმონაქმნებში კრატერიდან თითქმის უწყვეტად, მაგრამ ხდება პიროკლასტური მასალის ამოსროლა. ლავა უფრო ბლანტია, ვიდრე ჰავაის ტიპისა;
3. *ვეზუვის ტიპისათვის* დამახასიათებელია *ძლიერი* აფეთქება და *ეპიზოდური* მოქმედება. ლავა უფრო მუავეა და ბლანტი, ვიდრე წინა ორ ტიპში. ამიტომ ხდება ყელის საცობის წარმოქმნა და გაზების დაგროვება, რასაც აფეთქება და მასალის ამოსროლა და ლავის ამოსვლა მოჰყვება;
4. *ვულკანოს* ტიპის ვულკანებში ლავა კდერვ უფრო მუავეა და ბლანტი, სიმშვიდის პერიოდები ხანგრძლივი. ლავის ნაკადი არ წარმოიქმნება, ამიტომ მხოლოდ *პიროკლასტურ* მასალას იძლევა;
5. *მონ-პელეს* ტიპი (კუნძული მარტინიკა) ხასიათდება აფეთქებისას უზარმაზარი რაოდენობის ორთქლისა და გაზების გამოტყორცნით, ხოლო ბლანტი ლავა იძლევა *გირჩისებურ* შემოჭრილ სხეულს;
6. *კრაკატაუს* (კრაკატოა, ბონდის სრუტესტან, ინდონეზიის კუნძულებთან) ვულკანი ხასიათდება უძლიერესი აფეთქებით, თუმცა ლავას არ იძლევა. ამიტომ ამოსროლილი მასალა მთლიანად ადრინდელი ქანების ნამსხვრევებისაგან შედგება. ვულკანის მოქმედება აქაც წყვეტილი, ეპიზოდური არის.

ყველა ეს ვულკანი *მოქმედად* ითვლება, თუმცა ამ მოქმედებაში შესვენების პერიოდებიცაა. მაგრამ თუ ვულკანის მოქმედება საბოლოოდ შეწყდა, მას *ჩამქრალი* ეწოდება. რაც შეეხება *ნაპრალურ ვულკანებს*, მათი ტიპური მაგალითია *კუნძულ ისლანდიის* ვულკანები, რომლებიც ხაზობრივად განლაგებულ ლავის კონუსებს ქმნიან.

ვულკანური მხარეებისათვის დამახასიათებელია *პოსტვულკანური* მოვლენები – *გეიზერები*, ანუ შადრევანივით ეპიზოდურად მოქმედი ცხელი წყლები, აგრეთვე *თერმები*, ანუ ცხელი წყაროები, აგრეთვე *ტალახის ვულკანები* და *გაზები* (ფუმაროლები, სოლკატარები, მოფეტები).

*ვულკანების გეოგრაფიული გავრცელება.* ვულკანებს გარკვეული კანონზომიერი გავრცელება აქვთ. თითქმის ყველა თანამესროვე და ახალგაზრდა ვულკანები თავმოყრილი არიან ორ ვიწრო ზოლში: 1. *წყნარი ოკეანის ცენტლოვან რგოლში* და 2. *ხმელთაშუაზღვის და მისი გავრცელების ზოლში*. თუმცა ამათ გარდა არის აღმოსავლეთ აფრიკის ვულკანები და შუაოკეანური ქედების ვულკანები. ამ ორი უკანასკნელი ზოლის გავრცელება, ისევე როგორც წინა ორისა აიხსნება „ახალი

გლობალური ტექტონიკის თეორიით”, რომელსაც შემდგომში გავეცნობით. საერთოდ კი, ვულკანების შესწავლას გეოლოგიისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს და პრაქტიკული თვალსაზრისითაც მნიშვნელოვანი არიან, ვინაიდან მათთან სხვადასხვა გამადნებებია დაკავშირებული.

**ვულკანური ქანები.** დედამიწის ქერქის აგებულებაში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ ვულკანური წარმოშობის ქანები, რომელშიც გაირჩევა წმინდა ვულკანური ქანები და ქანები, რომელთა აგებულებაში ნორმული დანალექი ქანების მასალაც მონაწილეობს:

1. **ლაგური ზეწრები და ნაკადები.** ეს ქანები აგებული არიან გაცივებული ლავებით და მეტნაკლებად ერთგვაროვანი ტექსტურა აქვთ. ლაგური ზეწრები გაშლილი არიან მიწის ზედაპირზე ზეწრისებური ფენების სახით, ხოლო ლაგური ნაკადები ხაზობრივი ფორმის სახით არიან გავრცელებული, მაგალითად, ხეობებში.
2. **ლაგური ბრექჩია** – ლავით შეცემენტებული გაცივებული ლავის მიერ წატაცრებული სხვა ქანების ნასხვრევებით აგებული ქანი.
3. **ტუფბრექჩია, ან ვულკანურიბრექჩია** – ლავისა და წატაცრებული ქანების ნამსხვრევებით აგებული ქანი, რომელშიც ცემენტის როლს ასრულებს ვულკანური მასალა, კერძოდ ტუფური მასალა.
4. **ტუფი** – წვრილი და წმინდა ვულკანური მასალით აგებული შეცემენტებული ქანი.
5. **ტუფიტი** – ქანი, რომელშიც ვულკანური მასალის (ტუფიტური მასალის) გარდა გარკვეული რაოდენობით არის ნორმული ნალექების (თიხის, ქვიშის) მინარევი.
6. **ტუფოგენური ქანები** – ქანები რომლებშიც მინარევი მასალა ვულკანური მასალის ნახევარზე მეტია. არჩევენ ტუფოგენურ კონგლომერატს, ტუფოგენურ ბრექჩიას, ტუფოგენურ ქვიშაქვას.
7. **ვულკანოგენურ – დანალექი ქანები.** ქანების წყება, რომელშიც ვულკანოგენური და ნორმული დანალექი ქანების ფენები (შრეები) მორიგეობენ.

### 12. 3. მიწისძვრები

*მიწისძვრა* ეწოდება მიწის უეცარ შერყევას, რომლის მიზეზები ბუნებრივია და მიწის ქვეშ მდებარეობს. მიწის უეცარი შეძვრა ზღვის წყალსაც გადაეცემა და ამ შემთხვევაში *ზღვისძვრას* უწოდებენ. მიწისძვრებს ხშირად საზარელი შედეგები მოსდევს, რის გამოც მათ შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს. მიწისძვრის ცნობილ მაგალითებს შორის ასახელებენ სან-ფრანცისკოს 1906 წლის, მესინის (სიცილიაზე) 1908 წლის, ტოკიოს 1923 წლის, აშხაბადის 1948 წლის, ასამის (ინდოეთის ჩრდ. დასავ.) 1950 წელს და სხვებს, რომელთაც ნგრევა და ადამიანთა მნიშვნელოვანი მსხვერპლი მოჰყვა. მიწისძვრისას ხშირად მკაფიოდ გაირჩევა *წინაბიძგები, მთავარი ბიძგი და მომყოლო ბიძგები*. მათ ხშირად ახლავთ ზვაეებისა და მეწყერების დაძვრა, მიწის ზედაპირის დასკდომა და გადაადგილება, ზღვაში უძლიერესი ტალღები, რომელთაც *ცუნამი* ეწოდება.

*მიწისძვრის ძალის* გამოსახატავად იყენებენ *სიძლიერეთა სკალას*, რომელიც *12 ბალისგან* შედგება და მოიცავს შეუმყნეველიდან დაწყებული დიდ კატასტროფებს, რაც ნგრევის შედეგებით იზომება. არის სხვა საზომიც – მაგნიტუდე (რიხტერის სკალა), რომლითაც იზომება მიწისძვრის გამოთავისუფლებული ენერგია, გამოყოფილი მის კერაში. იგი დაფუძნებულია რხევათა მაქსიმალურ ამპლიტუდაზე, ცაწერილზე სეისმოგრამაზე (ამაზე ქვემოთ).

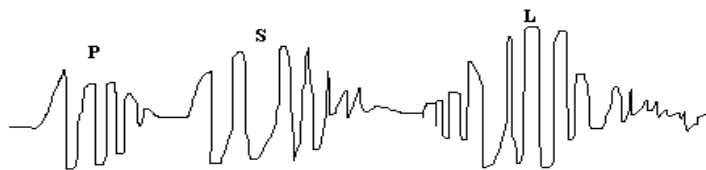
მიწისძვრა მთელ დედამიწაზე შეიძლება გავრცელდეს, მაგრამ ყველგან ერთნაირი ძალით არ გამოვლინდება, რადგანმისი ძალა კერიდან დაშორებით თანდათან კლებულობს. *იმ უბანს*, სადაც მიწის ზედაპირზე მიწისძვრა ყველაზე გვიან გამოვლინდა, *ეპიცენტრი* (ზედა ცენტრი) ეწოდება, ხოლო იმ ადგილს, სადაც მიწისძვრა იწყება, *ჰიპოცენტრი* (ქვედა ცენტრი) ან *კერა*, *ფოკუსი* ჰქვია. კერის სიღრმე სხვადასხვაა: 60 კმ-მდე არის *არაღრმაფოკუსიანი* (მარჩხი) მიწისძვრები; 60-300 კმ-მდე *საშუალოფოკუსიანი*, ხოლო 300-700კმ – *ღრმაფოკუსიანი* მიწისძვრები.

*მიწისძვრა იშვიათი მოვლენაა* და ერთსა და იმავე ადგილას ძლიერი მიწისზვრა ხშირი არ არის. მაგრამ მთელ დედამიწაზე ძლიერი და სუსტი მიწისძვრების რიცხვი წელიწადში მილიონამდე აღწევს. მიწისძვრები თანაბრად არ არიან განაწილებული მიწია ზედაპირზე. გამოიყოფა *სეისმური* და *ასეისმური* მხარეები. პირველში მიწისძვრის კერები ხშირია და მიწისზვრები უფრო ხსირად ხდება. ამათ მიეკუთვნება ახალგაზრდა მთების მხარეები, კერძოდ, კავკასია და საქართველო. ასეისმური („ა“ უარყოფაა, ანუ

არასეისმური) მხარეები დიდ ფართობებს იკავებენ და ზირითადად ვაკეებს მოიცავენ, როგორცაა რუსეთის ევროპული ნაწილი, ჩრდილო ამერიკის დიდი ნაწილი, ბრაზილიის პლატო, ავსტრალია და სხვ.

მიწისძვრათა *ძირითადი მიზეზი* ლითოსფეროში არსებული დაძაბულობის ზალებია. ეს ძალები იწვევენ მიწის ქერქში ქანების გაქვევებას და გაწვევტილი ნაწილების ურთიერთგადაადგილებას, ანუ ტექტონიკურ მიწისძვრებს, რომელთა უდიდესი ნაწილი ისევე, როგორც ვულკანური მოვლენებისა, ახალგაზრდა მთებთან არის დაკავშირებული, კერძოდ კორდილიერებთან, ანდებთან, ალპურ-ჰიმალაურ სარტყელთან და წყნარი ოკეანის დასავლურ (აზიურ) სანაპიროებთან. ასეთი ტექტონიკური მიწისძვრები მიწის უზარმაზარ ტერიტორიებს გადაეცემა და შეიძლება მთელ მიწასაც შემოუაროს.

*მიწისძვრების შესწავლა* ხდება *სეისმოგრაფიით*, ანუ მიწისძვრის ჩამწერი ხელსაწყოებით. ამ ხელსაწყოს ჩანაწერი, ანუ *სეისმოგრამა* ასახავს მოძრაობას ერთი მიმართულებით (კარდიოგრამის მსგავსად). ამიტომ ზუსტი ჩაწერისათვის საჭიროა ერთ *სეისმურ სადგურში* სამი სეისმოგრაფი მაინც იყოს: ორი ჰორიზონტული და ერთი ვერტიკალური, რის შედეგადაც მიიღება სამი შემადგენელი, რაც ნამდვილი მოძრაობის აღდგენის საშუალებას იძლევა. (იხ. ნახ.)



სეისმოგრამა

- P – გასწვრივი ტალღების ჩანაწერი;
- S – განივი ტალღების ჩანაწერი;
- L – გრძელი (ზედაპირული) ტალღების ჩანაწერი;

სეისმოგრამა შედგება სამი ნაწილისაგან: **P** – პირველი ტალღების ჩანაწერია, ესაა *გასწვრივი*, შედარებით სწრაფი ტალღების მოსვლა. **S** – მეორე ტალღის ჩანაწერი, *განივი* ტალღების მოსვლა და ბოლოს **L** – მესამე, *ზედაპირული* გრძელი ტალღების ჩანაწერია.

მიწისძვრების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს, ვინაიდან მათ ნგრევა და მსხვერპლი მოჰყვება. ამიტომ საჭირო ხდება მიწისძვრის გამძლე მშენებლობა, რისთვისაც ადგენენ *სეისმური დარაიონების* რუკებს. ასეთ რუკებზე შემოფარგლულია ცალკეული უბნები იმის მიხედვით, თუ სად როგორი სიძლიერის მიწისძვრებია მოსალოდნელი. ნაგებობებსაც ამის გათვალისწინებით აგებენ. ამას გარდა სეისმური ხელსაწყოების გამოყენება შესაძლებელი გახდა მიწის შინაგანი აგებულების შესწავლა და წიაღისეულის საბადოების გამოვლენა, რისთვისაც ხელოვნურად იწვევენ სეისმურ ტალღებს.

**სეისმური დარაიონების რუკა.** მიწისძვრების შესწავლამ შესაძლებელი გახადა შედგინათ სეისმური დარაიონების რუკები, რომლებზეც გამოყოფილია ცალკეული უბნები, იმის მიხედვით, თუ სად როგორი სიძლიერის მიწისძვრებია მოსალოდნელი. ასეთ რუკებს დიდი მნიშვნელობა აქვს საინჟინრო მაგებობების მშენებლობისათვის, რათა დაცული იქნას მიწისძვრისათვის გათვალისწინებული წესები და ნაგებობათა კონსტრუქციები.

#### 12.4. მიწის შინაგანი აგებულება სეისმური მონაცემებით

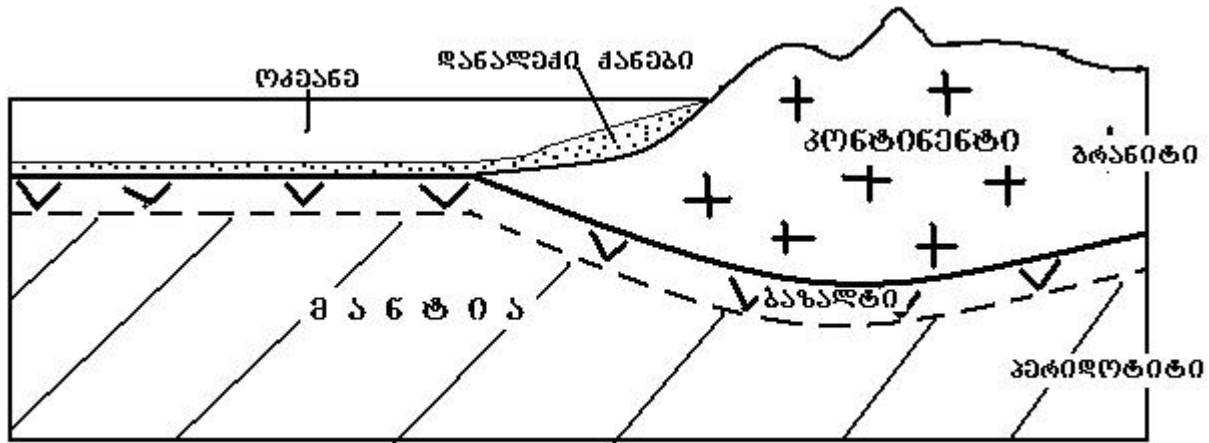
სეისმოგრამის წაკითხვა ანუ გაშიფვრა რთული საქმეა, ვინაიდან მიწისძვრის ტალღები, როგორც გასწვრივი, ისე განივი, ჰიპოცენტრიდან ყველა მიმართულებით ვრცელდებიან, ხოლო სიღრმეში მათი სიჩქარე თანდათან მატულობს. ამიტომ მათი გავრცელების ხაზი წრფე არ არის, არამედ ქვევითკენ ჩაზნექილი მრუდის სახეს იღებს. თუ სიჩქარის ცვლა უეცარია, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ შიგნეთის შემაღენლობა ან ფიზიკური მდგომარეობა ნახტომისებურად შეიცვალა, იქ მოხდება ტალღის გარდატეხა ან არეკვლა. სეისმოლოგები ახდენენ ჩანაწერების ანალიზს და გეოლოგებთან ერთად ადგენენ მიწის შიგნეთის აგებულებას.

ცნობილია, რომ სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე დამოკიდებულია გარემოზე, რომელშიც იგი ვრცელდება. სხვადასხვა ქანში სიჩქარე სხვადასხვაა და რაც მეტია ქანის სიმკვრივე, მით მეტია სიჩქარე. თუ ქანების შეცვლა სიღრმეში უეცრად ხდება, ასევე ნახტომისებურად შეიცვლება ტალღების სიჩქარეც. ამ სიჩქარის ზრდა შეიძლება გამოწვეული იყოს წნევის გაზრდით ან ნივთიერების მდგომარეობისა და შედგენილობის შეცვლითაც. სწორედ ამ გარემოებას ემყარება მიწის შინაგანი აგებულების შესწავლა.

მე-19 საუკუნეში მიაჩნდათ, რომ თავდაპირველად მიწა იყო მთლიანად მდნარი და კოსმოსში სითბოს გასხივების გამო ცივდებოდა. ამის გამო მას გადაეკრა მყარი ქერქი, რომელსაც **ლითოსფერო** ანუ ქვის ქერქი უწოდეს, მის ქვეშ მდნარ შიგნეთს კი – **პიროსფერო**, ანუ ცეცხლის სფერო. მე-20 საუკუნეში ეს შეხედულება უარყოფილი იქნა, რაც უმთავრესად სეისმოლოგიის დამსახურებაა. დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრის დრეკადი ტალღები, როგორც გასწვრივი P ტალღები, ისე განივი S ტალღები ქერქს ქვეშ სიღრმეში ვრცელდებიან, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ნივთიერება მყარია და არა მდნარი. მდნარი (თხევადი) რომ ყოფილიყო, მაშინ იქ S ტალღები არ გავრცელდებოდნენ და მხოლოდ P ტალღები გაივლიდნენ.

დადგინდა, რომ ქერქს ქვეს ორივე ტალღის სიჩქარის ნახტომისებური ზრდა ხდება, რაც იქ მყარი ნივთიერების სიმკვრივის გაზრდაზე მიგვითითებს. იმ დონეს, რომელზეც ეს ნახტომისებური ცვლა ხდება, მისი აღმომჩენი სერბი გეოფიზიკოსის *მოჰოროვიჩიჩის ზედაპირი*, ანუ შემოკლებით *მოჰო* უწოდეს. სიჩქარეების ლაბორატორიული გაზომვების მიხედვით განსაზღვრეს, რომ კონტინენტების ფარგლებში ქერქის შედგენილობა *გრანიტული* და *ბაზალტური*, ანუ მუავე და ფუძე ქანების ანლოგიურია, ხოლო მის ქვევით *ულტრაფუძე პერიდოტიტის* მსგავსი უნდა იყოს. აქედან დაასკვნეს, რომ მოჰო უნდა მივიჩნიოთ მიწის *ქერქისა* და მის ქვეშ მდებარე *მანტიის საზღვრად* (ანუ *სიალის და სიმას*).

გამოირკვა ისიც, რომ ოკეანეების ფსკერში ქერქი მხოლოდ *ბაზალტური* შედგენილობისაა. რაც შეეხება ქერქის სისქეს – კონტინენტებზე იგი 35-40 კმ-ია დაბლობებზე, 50-70 კმ. მთებში, ხოლო ოკეანეების ქვეშ 5-6 კმ-ს უდრის (იხ. ნახ.)



მიწის ქერქის და მანტიის ზედა ნაწილის აბეზულება და ფენობენილობა

ქერქის სისქის გაზრდა კონტინენტებზე და განსაკუთრებით მთებში იმით აიხსნება, რომ აქ გვაქვს როგორც გრანიტული, ისე ბაზალტური ფენი, მაშინ როდესაც ოკეანეებში გრანიტული ფენა არ არის. ამას გარდა, მთების გასწვრივ ქერქის ზედაპირი ზევით არის აზიდული, ხოლო მათ ქვეშ – ქვევითკენ ჩაზნექილი, თითქოს მთები მანტიაშია ჩაფლობილი. ამიტომ ამბობენ, რომ მთებს აქვთ *ფესვები*. იმისთვის, რომ *მთების ფესვები* მანტიაში იყვნენ ჩაფლობილი, მანტია პლასტიური და დენადი უნდა იყოს. სეისმური მონაცემებით კი *მანტია მყარი და მტკიცეა*. ამ წინააღმდეგობის ასხნა იმაში მდგომარეობს, რომ მანტია მიწისძვრის ტალღებისათვის მტკიცე წარმონაქმნია, ხოლო კონტინენტების უზარმაზარ და ხანგრძლივ დაწოლას პასუხობს როგორც პლასტიური მასა, რასაც ხელს უწყობს იქ არსებული მაღალი ტემპერატურა.

მანტია ვრცელდება 2 900 კმ სიღრმემდე, რომლის შემდეგ არის *დელამიწის გული*. მანტიისა და გულის საზღვარზე ხდება სეისმური ტალღების სიჩქარის უეცარი ცვლა და გარდატეხა. ამასთან გულში შედის მხოლოდ გასწვრივი **P** ტალღები, ხოლო განივი **S** ტალღები ქრება. ეს გარემოება იმაზე მეტყველებს, რომ გულის ეს გარეთა ნაწილი თხევადია. გულის შიგა ნაწილში შეღწეული **P** ტალღების სიჩქარე იზრდება, რის გამოც მიაჩნიათ, რომ ბირთვი მყარია. ამიტომ მიწის გულის ფარგლებში გამოყოფენ *თხევად გარე ბირთვს*, რომელიც 4980 კმ სიღრმემდე ვრცელდება (სისქე დაახლოებით 2 200 კმ) და *მყარ შიგა ბირთვს* მიწის ცენტრამდე (სისქე დაახლოებით 1 200კმ).

ამრიგად, მიწის შიგნეთში გამოყოფილი გეოსფეროები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან, როგორც შედგენილობით, ისე ნივთიერების ფიზიკური მდგომარეობით, რაც მათი გამოყოფის საფუძველს იძლევა.

## თავი XIII მიწის ქერის მოძრაობა

### 13.1 მიწის ქერქი

მიწის ქერქი არის გეოლოგიური კვლევის უშუალო ობიექტი, მაგრამ დაკვირვებისათვის მხოლოდ მისი ზედა ფენებია მისაწვდომი, ანუ ის რაც ზედაპირზე შიშველდება. სიღრმეების შესწავლა შესაძლებელია ბურღილების მეშვეობით, მაგრამ ისიც შეზღუდულია 7-10 კმ სიღრმემდე. თავდაპირველად მიაჩნდათ, რომ მიწას მყარი ქერქი გადაეკრა პლანეტის გაცივების პროცესში, როგორც ყინულის საფარი ტბაში. ამ გარე მყარ ქერქს *ლითოსფერო* უწოდეს, ხოლო მის ქვეშ არსებულ გავარვარებულ მდნარს – *პიროსფერო* ((ანუ ცეცხლის სფერო). დღეს ასეთი შეხედულებები უკუგდებულია, მაგრამ მიწის ქერქის ცნება მაინც დარჩა. სეისმური ტალღების გავრცელების მიხედვით დადგინდა, რომ გარკვეულ სიღრმემდე ტალღების სიჩქარე თანდათან იზრდება, მაგრამ შემდეგ ხდება სიჩქარის უეცარი, ნახტომისებური შეცვლა, რაც გამოწვეული უნდა იყოს მიწის შიგნეთის ფიზიკური მდგომარეობის, ან შემადგენლობის ასევე უეცარი შეცვლით. ის ზედაპირი, სადაც ხდება ტალღების სიჩქარის უეცარი ზრდა, მიჩნეული იქნა ქერქისა და მის ქვეშ მდებარე მანტის *საზღვრად*. ხოლო ამ ზედაპირს უწოდეს *მოჰროოვიჩიჩის* (მოკლედ მოჰო) *ზედაპირი*, მისი აღმომჩენი სერბი გეოფიზიკოსის გვარის მიხედვით.

ამრიგად *ქერქი არის* მიწის გარე მყარი ფენა, რომელიც თითქმის უწყვეტლივ აკრავს მის მანტიას და რომლის შედგენილობა კონტინენტებში *გრანიტულია*, ხოლო ოკეანეების ფსკერს ქვეშ – *ბაზალტური*. მანტის ზედა ნაწილი კი აგებულია ულტრაფუჟე ქანებით, რის გამოც სეისმური ტალღების სიჩქარე აქ სწრაფად იზრდება. ქერქის სისქე მთებში 45-70 კმ-ია, ვაკეებზე 35-40კმ. ხოლო ოკეანეებში 6-7კმ.

### 13.2. მიწის ქერქის მოძრაობის სახეობები.

მიწის ქერქი განიცდის რამდენიმე სახეობის მოზრაობას, რომელთაგან გამოყოფენ ორ ძირითადს: 1. ეპიროგენეტური მოძრაობები და 2. ოროგენეტური მოძრაობები.

*ეპიროგენეტური მოძრაობები*, ანუ *ეპიროგენეზი*, ეწოდება მოძრაობებს, რომელთა პროცესში ხდება ზევით და ქვევით ქერქის გადაადგილება იმგვარად, რომ ტექტონიკური აგებულება არსებითად უცვლელი რჩება. ამ მოძრაობებით გამოწვეული აზევეების ან დაძირვის სიდიდე იზომება ზღვის დონიდან. შეიძლება გვეფიქრა, რომ ე სარის არა მიწის ქერქის მოძრაობა, არამედ ზღვის დონის აწევ-დაწევით. მაგრამ ამ შემთხვევაში დონის ცვალებადობას პლანეტური ხასიათი ექნებოდა, რასაც *ვესტატიურ მოძრაობას* (რყევას) უწოდებენ. ჭეშმარიტი ეპიროგენეტური მოძრაობის შემთხვევაში მხოლოდ ხმელეთის რომელიმე დიდი ნაწილი იწევს ზევით ან ქვევით და ზღვის დონის ცვლაც მხოლოდ ამ ადგილას გამოვლინდება. ეპიროგენეტურ მოძრაობებს აზლავს მისი გამოვლენის ადგილას ზღვის *ტრანსგრესია* (წინსვლა, შემოტევა) ან *რეგრესია* (უკუსვლა). პირველ შემთხვევაში – ხმელეთი ფაიფარება ზღვით, მეორე შემთხვევაში – ხმელეთი გათავისუფლება ზღვისაგან. თავად სიტყვა „ეპიროგენეზისი“ ხმელეთის წარმოშობას ნიშნავს. ეპიროგენეზისის ცნობილი მაგალითია სკანდინავიის ხმელეთის აზევება ყოველწლიურად 1 სმ სიდიდით, რასაც ამ ტერიტორიის მეოთხეული მყინვარისაგან გათავისუფლებას უკავშირებენ. ამის გამო ხმელეთი გამსუბუქდა და შიგნეთის (ძირითადად ასთენოსფეროს) ამომგდები ძალის გავლენით ზევით მიიწევს, რატა დამყარდეს *იზოსტაზიური წონასწორობა* (არქიმედეს კანონის თანახმად). აქ იგულისხმება, რომ მიწის ქერქი ჩაფლობილია შიგნეში და მაში ტივტივებს. მეოთხეული გამყინვარების დროს ყინულის სიმძიმის გავლენით ქერქი ჩაეფლო სიღრმეში, ხოლო გამყინვარების შემდეგ ყინულის დნობის გამო ხმელეთი გამსუბუქდა და ზევით იწევს, რათა დამყარდეს იზოსტაზიური წონასწორობა (ქერქის წონასწორული მდგომარეობა).

არჩევენ ეპიროგენეტურ მოძრაობათა გენეტურ სხვადასხვაობას:

ა) *იზოსტაზიური ბუნების მოძრაობები*. ამის მაგალითია სკანდინავიის დატვირთვა მყინვარით მეოთხეული გამყინვარების დროს. ასეთი დატვირთვა გამოიწვევდა დაძირვას ჩაზნექის სახით. მყინვარის გადნობას კი მოჰყვებოდა იზოსტაზიური აზევება, ხმელეთის აწევა, რომელიც აქ დღესაც არ დამთავრებულა.

ამავე ბუნებისაა მძლავრი ნალექების დაგროვება ზღვის ფსკერზე ან ხმელეთზე, რასაც დაძირვა მოჰყვება, ხოლო ნალექების დენუდაციას (გადარეცხვას) – აზევება. ასეთი გადარეცხვის გამო მთების წონა იკლებს და იწეება იზოსტაზიური აზევება.

ბ) *ვულკანიზმით გამოწვეული ეპიროგენეტური დაძირვა*. ამ შემთხვევაში დაძირვა შეიზლება გამოიწვიოს ვულკანური გორის წარმოშობამ, მაგრამ ზოგის აზრით აქ დაძირვას ხელს უწყობს ლავის ამოსვლის გამო ქვევით ადგილის გათავისუფლება.

გ) *მანტის ზედაპირის აწევა-დაწევა*. ეს მანტიისმიერი მოძრაობები ქერქის საკმაოდ დიდი ნაწილების ეპიროგენეტურ მოძრაობებს გამოიწვევს, ვინაიდან ქერქი ეყრდნობა, ჩაძირულია მანტიაში.

დ) *გარდამავალი ბუნების მოძრაობები*. ამ შემთხვევაში იგულისხმება ფორმით ეპიროგენეტური, ხოლო მიზეზობრივად ოროგენეტური მოძრაობები. აღნიშნავენ, რომ მტების წარმოშობის ბოლო სტადია საერთოდ „ეპიროგენეტური“ არის, რადგან მტების აზევება დიდრადიუსიანი ამოზნექვით არის გამოხატული. ამტომ ეპიროგენეტური და ოროგენეტური მოძრაობების გამიჯვნა მკაფიო არ არის, განსაკუთრებით მთიან მხარეში.

*ოროგენეტური მოძრაობები*, ანუ *ოროგენეზისი* ეწოდება ისეთ მოძრაობებს, რომლებიც იწვევენ მთების წარმოშობას. *მთების სახელწოდებით* იგულისხმება მაღალი და უსწორმასწორო რელიეფი, რომელიც უპირისპირდება დაბალ და ვაკე გარემოს. პატარა ამაღლება იქნება *გორა* ან *ბორცვი*, ხოლო მთები *ხაზობრივად* არიან გავრცელებული და მათ *ქედებსაც* უწოდებენ, მაგალითად, კავკასიონი. ქედები კანონზომიერად არიან დაჯგუფებული. ისინი ერთიმეორეს გადაებმიან ან პარალელურად მიჰყვებიან, ქმნიან რა *მთების სისტემას*. ამის მაგალითია მათა სისტემა, რომელიც სამხრეთ ევროპაშია წარმოდგენილი პირინეებიდან ბალკანეთის მთებამდე, შემდეგაა მცირე აზიის და კავკასიის მთები და ბოლოს, ჰიმალაი და ინდოჩინეთ-ინდონეზიის მტები. მათა ამ სისტემას სხვა სისტემებისაგან გასარჩევად *ალპურს* უწოდებენ (ალპების მტების სახელწოდების მიხედვით).

მთებისათვის დამახასიატებელია არა მარტო სიმაღლე, არამედ შინაგანი *ნაოჭა* და *ნაოჭა-წყვეტილი აგებულება*, ანუ *სტრუქტურა*. ისინი შედგებიან ანტიკლინებად და

სინკლინებად დანაოჭებული და დაწვეტილ-შეცოცხებული ქანებისაგან, რომელთაც განუცდიათ აზეება. დანაოჭების გამო მთებში ქერქი გასქელებულია (50-70კმ-მდე), რაც იწვევს ზღვის დონის ზევით მათ აზეებას, ხოლო ქვევით *მთების ფესვების* წარმოშობას. ქერქის გასქელება მოხდა *დანაოჭებული ზოლის* ფარტობის, მისი განის შემცირების ხარჯზე.

*გეოსინკლინები.* მთები ყველგან არ წარმოიშობიან, მათი შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ისინი ჩაისახებიანდა თანდათან იზრდებიან იქ, სადაც მანამდე არ ყოფილან. მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში აპალაჩების კვლევისას ამერიკელმა გეოლოგმა *ჰოლმს* დაადგინა, რომ ამ მთებში ნალექების სისქე 15კმ-დეა და თან ნალექები მარჩხი (არაღრმა) ზღვის წარმონაქმნებია. ამის ახსნა მხოლოდ იმით შეიძლება, რომ ნალექების დაგროვებასთან ერთად ხდებოდა ზღვის ძველი ფსკერის დაძირვა. შემდგომში ამ მძლავრი ნალექების დანაოჭება იძლევა საზოგადოებრივად წაგრძელებული მტების ზოლს. ისეთ ზღვიურ აუზებს, სადაც ჯერ მიმდინარეობს მძლავრი ნალექების დაგროვება, ხოლო შემდეგ მათი დანაოჭება და მთების წარმოშობა ამერიკელმა გეოლოგმა *დენამ გეოსინკლინი* უწოდა. ასე რომ, მთები წარმოშობილი არიან წაგრძელებული ზღვიური აუზების ადგოლას, სადაც მიწის ქერქი შედარებით მოქნილი, *ლაბილურია*. მათი განლაგება მიწის ქერქში შემთხვევითი არ არის. დღეს უკვე ცნობილია, რომ მთების წარმოშობა უკავშირდება *ლითოსფეროს ფილების* გარკვეულ საზღვრებს და აქ მიმდინარე პროცესებს, რომელთა გეოტექტონიკის კურსის შესწავლისას გავეცნობით. ამასთან დაკავშირებით უნდა აღინიშნოს, რომ გეოსინკლინის ცნები დღეს მოძველებულად ითვლება და იშვიათად იხმარება, მაგრამ ის შეხედულება, რომ ჯერ დაძირვა და ნალექდაგროვება, ხოლო შემდეგ დანაოჭება და აზეება დროში ერთიმეორეს ცვლის, ისევ მიღებულია ითვლება.

მთების აგებულების შესწავლით დადგინდა, რომ ისინი ერთი მოქნევით, ერთი დანაოჭებით არ არიან წარმოშობილნი და რომ მათი განვითარების განმავლობაში დანაოჭება რამდენიმეჯერ მომხდარა. *დანაოჭების დასათარიღებლად* ფრანგმა გეოლოგმა *ელი დე ბომონმა* გამოიყენა *კუთხური უთანხმოების მეთოდი*. ეს მეთოდი ემყარება დაკვირვებას, რომელიც გვიჩვენებს, რომ დანაოჭებული შრეების ქვედა კომპლექსს გადარეცხილ ზედაპირზე ზედ უთანხმოდ ადევს მეორე კომპლექსი, ე სკი გულისხმობს, რომ ქვედა კომპლექსის დანაოჭება მოხდა მისი ყველაზე ახალგაზრდა შრეების *დალექების შემდეგ* და ზედა კომპლექსის ყველაზე ძველი შრეების *დალექების წინ*. ეს მეთოდი მიახლოებით საზღვრავს დანაოჭების ასაკს, მაგრამ მიუხედავად ამისა

მთების განვითარების ისტორიის აღდგენისათვის მას იყენებენ. დანაოჭების დათარიღების უფრო ზუსტი მეთოდი დაამუშავა ცნობილმა ქართველმა გეოლოგმა, *აკადემიკოსმა ალექსანდრე ჯანელიძემ*. მისი აზრით, ვინაიდან დანაოჭება არ არის უცარი, კატასტროფული მოვლენა, ამიტომ გარდა დანაოჭებამდე დაგროვილი და დანაოჭების შემდეგ უთანხმოდ განლაგებული ნალექებისა, უნდა იყოს *დანაოჭების თანადროული* ნალექებიც. ეს უკანასკნელნი წარმოიშობიან აუზის ფსკერის აზევების, ანუ *რეგრესიის* პროცესში და *რეგრესიული ნალექები დანაოჭების თანამგზავრი არიან*. მათი ასაკის განსაზღვრა, ვთქვათ პალეონტოლოგიური მასალის მიხედვით, დაათარიღებს დანაოჭების პროცესსაც. ამგვარი მიდგომით გაირკვა, რომ კავკასიაში მეზოზოური პერიოდიდან დღემდე ადგილი ჰქონია 9 თუ 10 დანაოჭებას, ანუ შესაბამისად ამდენივე *დაძირვა-ნალექდაგროვებას* და *დანაოჭება-აზევებას*, ანუ *ტრანსგრესიებისა და რეგრესიების მორიგეობას* დროში, რაც ხშირად კუთხური უთანხმოებით არის გამოხატული. თავად დანაოჭების პროცესი თითოეული ამ მორიგეობის დამაგვირგვინებელი ფაზა არის, ამიტომ მას *დანაოჭების ფაზისებს* ან *ოროგენეტიულ ფაზისებს* უწოდებენ, გერმანელი მეცნიერის კ. შტილეს წინადადებით.

#### 13.4. მთების ლოკალიზაცია სივრცეში და მათი კონსოლიდაცია.

მთების სისტემები უწესრიგოდ კი არ არიან მოფენილი მთელს მიწაზე, არამედ მკაფიოდ უკავშირდებიან გარკვეულ ზოლებს, როგორც ზემოთ ნახსენები *ალპური სისტემა*. როგორ უნდა გავიგოთ მთების ასეთი *ლოკალიზაცია* (განლაგება, მდებარეობა) სივრცეში ან უნდა დავუშვათ, რომ მთათაწარმოშობის ძალები მოქმედებენ მთელს მიწაზე, მაგრამ გამოვლინებიან იქ, სადაც მიწის ქერქის თვისებები შესაფერისია, სახელდობრ, სადაც ქერქი შედარებით სუსტია და ნაკლებ წინააღმდეგობას გაუწევს მთების წარმოშობ ძალებს, ან გარკვეული მიზეზებით ეს ძალები მოქმედებენ მხოლოდ იქ, სადაც მთები არიან წარმოშობილი. ადრე მიაჩნდათ, რომ მთათა წარმოშობი, ანუ *ოროგენეტიური* მოძრაობები უკავშირდებიან *გეოსინკლინურ ზოლებს*, რომელთაც *მოძრავ სარტყლებს უწოდებენ*, მაგრამ რატომ არიან ეს ზოლები განლაგებული სწორედ იქ, სადაც მთებია, ამაზე ზუსტი პასუხი არ არსებობდა.

მოძრავი სარტყლების საპირისპიროდ მიწის ქერქში აღნიშნავდნენ *კონტინენტურ ბელტებს*, სადაც დანაოჭება არ მიმდინარეობს და დაძირვა – აზევება თუ ხდება,

მხოლოდ მცირე, ეპიროგენეტური ხასიათისა არის. მოძრავ სარტყლებში დიდძალი ნალექების დაგროვება, ფსკერის დაძირვა, ნალექების დანაოჭება და ბოლოს მთების წარმოშობა იმიტომ ხდება, რომ მიწის ქერქის სიმტკიცე აქ მცირეა და ეს ზოლი **ლაბილურია** (მოქნილია, მერყევია), ხოლო კონტინენტური ბელტები მტკიცეა და **სტაბილური**, ანუ მედეგი, ამიტომ აქ მთების წარმოშობა არ ხდება. ასეთი შეხედულებებით აიხსნებოდა **მთების ლოკალიზაცია სივრცეში**.

დადგენილია, რომ მოძრავი სარტყლების ლაბირულობა დროთა განმავლობაში იცვლება და რომ დანაოჭება მათ სიმტკიცეს ჰმატებს. მიმდინარეობს ლაბილური სარტყლების თანდათან **კონსოლიდაცია**, ანუ გამყარება, განმტკიცება იმ ზომამდე მათი შემდგომი დანაოჭება შეუძლებელი გახდება. ამგვარად მთავრდება მოძრავი სარტყლების ისტორია და მთების წარმოშობის პროცესი. თუმცა თუ შემანაოჭებელი ძალები განსაკუთრებით დიდია კონტინენტურ ბელტებზე შეიძლება წარმოიშვას **ბელტურ-ნაოჭა მთები**, ანუ მთები, რომლებიც მიწის ქერქის დაწყვეტილი ბელტებით არის აგებული, ისეთით, როგორიცაა ცენტრალურ აზიაში (ალტაი, საიანები და სხვები). **ბელტური მთების** წარმოშობა ოროგენეზისის მომყოლ მოვლენად უნდა ჩაითვალოს, ვინაიდან ისინი დანაოჭების გზით არ არიან წარმოშობილი, თუმცა ოროგენეტური ძალები მაინც მოქმედებენ და ახდენენ გავლენას.

### 13.5. მთების ლოკალიზაცია დროში, დანაოჭების ციკლები და ფაზისები.

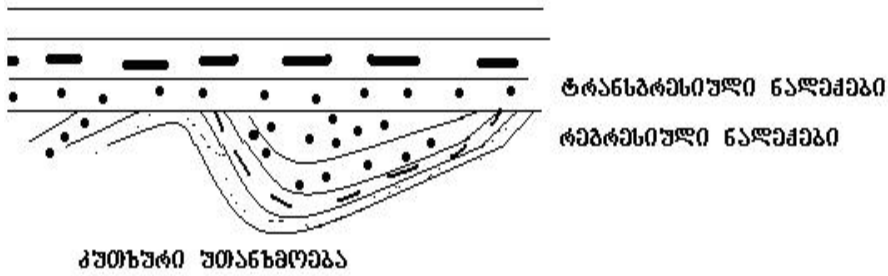
მე-19 საუკუნის მეორე ნახევარში ფრანგმა გეოლოგმა **ბერტრანმა** აღნიშნა, რომ ევროპაში მკაფიოდ გამოირჩევა მთების სამი ჯგუფი. პირველს ეკუთვნის სკანდინავიის და შოტლანდიის მთები, რომლებიც წარმოშობილი არიან **ადრე პალეოზოურში**; მეორეს – ცენტრალური ევროპის მთები, როგორიცაა ბრეტანი, ცენტრალური პლატო, არდენები, ვოგეზები, შვარცვალდი და ჰარცი, აგრეთვე ურალი რუსეთში; რომლებიც წარმოიშვნენ **გვიან პალეოზოურში**; მესამე კი შეადგენენ სამხრეთ ევროპის მთები – პირენეები, აპენინები, ალპები, კარპატები, ბალკანეთი და სხვები, რომლებიც **კაინოზოურში** არიან წარმოშობილი. პირველ ჯგუფს ბერტრანმა **კალედონიური**, მეორეს **ჰერცინული** და მესამეს **ალპური** სისტემები უწოდა. თითოეული სისტემის მთები ერთმანეთთან დაკავშირებული არიან არა მარტო გეოგრაფიულად და სტრუქტურულად (აგებულიებით), არამედ წარმოშობის დროის მიხედვითაც. ესაა სწორედ **მთების ლოკალიზაცია დროში**. იგულისხმება, რომ ეს სისტემები მთელს მიწაზე არიან გავრცელებული და ყველგან

ერთსა და იმავე დროს არიან წარმოშობილი. თითოეულ ასეთ პროცესს *ოროგენეტიური ციკლი* ეწოდება და ითვლებოდა, რომ კამბრიულის აქეთ ევროპაში სამი ოროგენეტიური, ანუ მთათაწარმოშობის ციკლი გვაქვს. შემდეგ ასეთივე ციკლები გამოიყოფა კამბრიულის წინ. თავად ციკლების გამოყოფა ხდება *მთების კონსოლიდაციის*, ანუ განმტკიცების დროის დადგენის მიხედვით. ამიტომ კალედონურ, ჰერცინულ და ალპურ ოროგენეტიურ ციკლებს *კონსოლიდაციის ციკლებიც* შეიძლება ვუწოდოთ.

*დანაოჭების ფაზისები.* ზემოთ აღნიშნული თითოეული ოროგენეტიური ციკლი, ანუ კონსოლიდაციის ციკლი, შედგება *დაძირვა-ნალექდაგროვების* (სედიმენტაციის) და *დანაოჭება-აზევების დროში მორიგეობისაგან*, ანუ პირველს ცვლის მეორე. ეს მორიგეობა მთების განვითარების მანძილზე რამდენიმეჯერ მეორდება და მიაჩნდათ, რომ იგი მთელ მიწაზე ვრცელდება და, სადაც კი შეიმჩნევა, ერთდროულად არის. ამ კანონზომიერების დადგენაში დიდი დამსახურება მიუძღვით ჰ. შტილეს, რომელიც დიდძალი მასალის შესწავლის შედეგად მივიდა დასკვნამდე, რომ გეოსინკლინებში დაგროვილი ნალექების მრავალჯერად დანაოჭებას ერთდროული და პლანეტური ხასიათი აქვს, თუმცა ერთდროულობა არ ნიშნავს, რომ იგი ყველგან უნდა მოხდეს. იგი გამოვლინდება იქ, სადაც დანაოჭებისათვის შესაფერისი პირობები არის. დანაოჭების ასეთ ეპიზოდს შტილემ *დანაოჭების ფაზისს* უწოდებდა. დანაოჭებების ფაზისების მსვლელობა და ინტენსივობა სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა არის გეოლოგიური პირობების მიხედვით და ამიტომ გეოსინკლინის კონსოლიდაციაც, ე.ი. ოროგენეტიური ციკლის დაბოლოება, ზოგან უფრო ადრე ხდება და ზოგან დაგვიანებით.

შტილეს შეხედულებებმა დიდი გამოძახილი ჰპოვეს და მწვავე კრიტიკაც გამოიწვიეს, რის გამოც ის იძულებული შეიქნა თავისი პოზიციები თანდათან დაეთმო. ამის მიზეზი იყო ის გარემოება, რომ დანაოჭების ფაზისების დასადგენად შტილემ მხოლოდ კუთხურ უთანხმოებებს ეყარებოდა. უთანხმოება კი შეიძლება ორსა და მეტს დანაოჭების ფაზისს შეესაბამებოდეს, ან ერთი ფაზისიც შეიძლება რამდენიმე უთანხმოებით იყოს წარმოდგენილი.

სწორედ ამ გარემოებას მიაქცია ყურადღება ალ. ჯანელიძემ, რომელმაც დასავლური საქართველოს მეზოზოური ნალექების შესწავლის შედეგად დაამუშავა დანაოჭების ფაზისის დადგენისა და დათარიღების მეთოდი. მისი შეხედულების მიხედვით, დანაოჭების დადგენის საშუალებას იძლევა უთანხმოებასთან ერთად რეგრესიებისა და ტრანსგრესიების გათვალისწინებას. დანაოჭება აუზის ფსკერის აწევას და *ზღვის რეგრესიას* იწვევს. ამასთან ერთად იცვლება ნალექების ხასიათიც, კერძოდ, შედარებით



დრმა ზღვის ნალექები შეიცვლება მარჩხი ზღვის ნალექებით, ლაგუნურით ან კონტინენტური (ხმელეთის) ნალექებითაც კი. თუ ამას მოჰყვა

დაძირვა და **ზღვის ტრანსგრესია**, ისევ დაიწყება ზღვიური ნალექების დაგროვება. სწორედ ეს ცვლა არის ოროგენეტური (ტექტონიკური) მოძრაობის შეცვლის მაჩვენებელი, რასაც კუთხური უთანხმოებაც მოჰყვება, ანუ დანაოჭებულ რეგრესიულ ნალექებს უთანხმოდ დაედება დანაოჭების შემდგომი ტრანსგრესიული ნალექები (იხ. ნახაზი). ამიტომ დანაოჭების ფაზის დასადგენად საჭირო არის **კუთხური უთანხმოება და რეგრესია უთანხმოების წინ**. რეგრესია დადგინდება ნალექების ხასიათის ცვლით, რასაც მოჰყვება კუთხური უთანხმოებით განლაგებული ტრანსგრესიული ნალექები.

**რეგრესიული ნალექების მეთოდი** იძლევა არა მარტო დანაოჭების გამოვლენის, არამედ მისი გეოლოგიური დათარიღების საშუალებასაც. ვინაიდან რეგრესიული ნალექების წარმოშობა თან ახლავს დანაოჭებას, ამ ნალექების გეოლოგიური ასაკის განსაზღვრა, კერძოდ, პალეონტოლოგიური მეთოდით, დაადგენს ფაზის მიმდინარეობის დროს. ამგვარი მეთოდით დანაოჭების პროცესების შესწავლამ საქართველოში გამოარკვია, რომ აქ **დაძირვა-სელიმენტაციის** (ტრანსგრესიის) და **დანაოჭება-აზევების** (რეგრესია) მორიგეობა ადრე იურულიდან მეოთხეულის ჩათვლით 9 – ჯერ მოხდა და შესაბამისად 9 დანაოჭების ფაზისი გამოვლინდა. ა. ჯანელიძემ **დაძირვისა და აზევების მორიგეობის წყვილს დანაოჭების ციკლი** უწოდა. ამრიგად, **ოროგენეტური**, ანუ **კონსოლიდაციის** ციკლი შედგება **დანაოჭების ციკლებისგან**, რომელთა მიმდინარეობა იწვევს **ნაოჭა მთების** ჩამოყალიბებას და მათ კონსოლიდაციას. განისაზღვრა დანაოჭების ციკლების **აბსოლუტური ხანგრძლივობაც**. გამოირკვა, რომ ეს ხანგრძლივობა ერთი რიგისა არის და თითოეული ციკლი 20-25 მილიონი წელიწადი გრძელდება, ხოლო თავად **დანაოჭების ფაზისი**, რომლითაც ეს ციკლი ბოლოვდება, დაახლოებით 3-7 მლნ წელიწადი მიმდინარეობს. ამასთანავე უნდა აღინიშნოს, რომ დანაოჭების პროცესის სიჩქარე მთელი ფაზისის სიგრძეზე არ შეიძლება ერთგვარი იყოს: იგი ხან მეტია, ხან ნულამდე ჩამოდის.

**მთების ზრდა და დენუდაცია**. დანაოჭება ქერქის გასქელებას და მთების აზევებას იწვევს. საინტერესოა, რამდენად ჩქარია ეს მოძრაობა?

თავდაპირველად ეგონათ, რომ მთების წარმოშობა უეცარი, კატასტროფული მოვლენაა და ამ მხრივ მას უპირისპირებდნენ ეპიროგენეტურ მოძრაობებს, რომლებიც ნელ, საუკუნეებრივ მოძრაობით მიაჩნდათ. მაგალითად, სკანდინავიის აზევება წელიწადში 1 სმ-ს აღწევს და ეს თითქოს ძალიან ნელი, შეუმჩნეველი მოძრაობა არის. მაგრამ იგი რომ ერთ მილიონ წელიწადს გაგრძელებულიყო, 10 კმ სიმაღლეს მოგვცემდა. გამოთვლები გვიჩვენებს, რომ მთების ზრდაც უკიგურესად ნელა უნდა მიმდინარეობდეს და ამ *მხრივ ეპიროგენეტურსა და ოროგენეტურ მოძრაობათა შორის განსხვავება არ არის.*

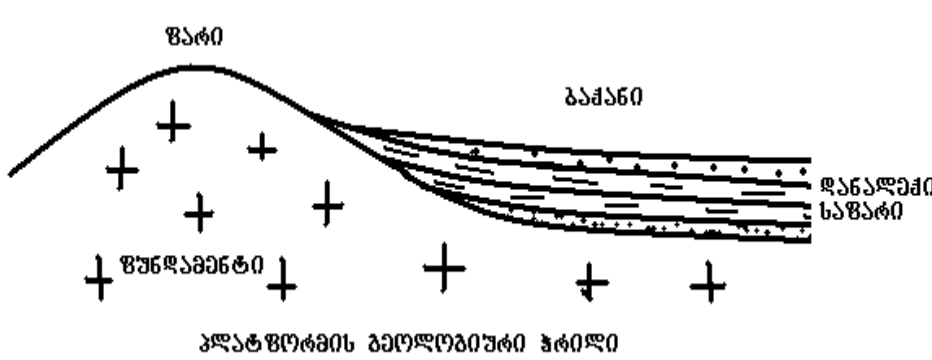
მართალია, მთები ამდღეულ რელიეფს ქმნიან, მაგრამ ეს სიმაღლე მათი აზევების ტემპის საზომად მაინც ვერ გამოდგება, ვინაიდან აზევებასთან ერთად მიმდინარეობს მათი *დენუდაცია* (გადარეცხვა). როგორც კი მთების ამგები ნაოჭები ზღვის დონეს ასცილდებიან, ისინი ეროზიას და აბრაზიას განიცდიან. ამათ მოჰყვება ფიტვა და მყინვარების მოქმედება. ასე რომ, მათი ამდღეობა და დადაბლება ერთდროულად მიმდინარეობს და მთების რეალური სიმაღლე ამა თუ იმ დროს ამ ორი პროცესის (აზევების და გადარეცხვის, ანუ ენდოგენური და ეკზოგენური პროცესების შედეგების) სხვაობას წარმოადგენს. თუ პროცესების ტემპი აჭარბებს გადარეცხვისას, მაშინ მთები დადაბლდება.

მოვლენების სირთულე ამითაც არ მთავრდება. მთების ნგრევა და გადარეცხვა იწვევს მათი მასის შემცირებასა და იზოსტაზიური წონასწორობის დარღვევას. ამას მოჰყვება მთების აწევა, ისევე როგორც გემის ან ნავის განტვირთვისას ხდება. მართალია, იზოსტაზიური აზევება ნაკლებია, ვიდრე მისი გამომწვევი დენუდაცია, ანუ მთების დადაბლება, მაგრამ ეს მოძრაობაც ანგარიშგასაწევი.

ამრიგად, მთების ზრდა და მათი ნგრევა (დენუდაცია) ერთდროულად მიმდინარეობს, თანაც, რაც უფრო მთები, მით უფრო ინტენსიურია ნგრევა და ბოლოს უპირატესობა დენუდაციას რჩება. გასათვალისწინებელია ისიც, რომ მთების მზარდი კონსოლიდაცია თანდათან აძნელებს დანაოჭება- აზევებას და ბოლოს იგი სავსებით უნდა შეწყდეს. მიუხედავად ამისა, ეროზია გრძელდება სანამ მთების მოვაკება არ მოხდება თითქმის ვაკემდე, ანუ *პერეპლენამდე* ( **peneplain** – ინგლ. თითქმის ვაკე). ასეა მოვაკებული პროტეროზოული და არქეული მთები ფინეთ-სკანდინავიაში და სხვაგან. მაგრამ მიუხედავად იმისა, რომ მაღალი მთები გადარეცხილან, ქერქის სათანადო ზოლი გასქელებული და კონსოლიდებული (გამტკიცებული) რჩება და ამიერიდან იგი *სტაბილური* იქნება. ამ ძველსა და მტკიცე ფუძეს *სუბსტრატს* (ან ფუნდამენტს)

უწოდებენ. თუ იგი შემდგომში დაიფარა ზღვით და წარმოიშვა დანალექი ქანები, ან ზედ გაიშალა კონტინენტური ნალექები, მათ **დანალექი საფარს** უწოდებენ. საფარის შრეები ჰორიზონტული რჩებიან იმიტომ, რომ დანალექების ძალებისაგან მათ მტკიცე სუბსტრატზე იცავს. მცირე უბანზე შეიძლება წახვეტა და დანალექება მოხდეს, მაგრამ ეს იქნება **ზეწრული დანალექება**.

**კონტინენტების ზრდა.** ფინეთ-სკანდინავიის გეოლოგიური აგებულება მოწმობს, რომ ეს მხარე, სკანდინავიის მთების გამოკლებით, პალეოზოურის წინ მთებით იყო დაფარული, მრავალი ასეული მილიონი წლების მანძილზე ეს მთები გადაარეცხილან და მათი ფუძე-და დარჩენილა. მთების ადგილას წარმოშობილა კონტინენტის ნაოჭა და ინტენსიურად მეტამორფიზირებული ქანები **კონტინენტის ნაოჭა ბირთვი**, რომელსაც მე-19 საუკუნის დამლევს გეოლოგმა **ე.ზიუსმა კონტინენტური ფარები** უწოდა. ფინეთ-სკანდინავიის უდიდესი ნაწილი **ბალტიური ფარის** სახელწოდებითაა ცნობილი. ეს ფარი სამხრეთისკენ და აღმოსავლეთისკენ დაუნაოჭებელი პალეოზოური და უფრო ახალგაზრდა ნალექების ქვეშ ვრცელდება. ნალექებით დაფარულ ამ ნაწილს **კონტინენტური ბაქანი** ეწოდება. ასეთია, მაგალითად, რუსეთის, **ანუ აღმოსავლეთ ევროპის ბაქანი**. ამრიგად, კონტინენტური ფარები და კონტინენტური ბაქნები ერთიმეორისაგან განსხვავდებიან იმით, რომ პირველში **გაშიშვლებულია ფუნდამენტის** ქანები, ხოლო მეორეში – ეს ქანები **დანალექი საფარით** არის გადაფარული, ფარი და ბაქანი ერთად შეადგენენ **კონტინენტურ პლატფორმას** (ვაკე ფორმას) (იხ. ნახაზი). ასეთი



პლატფორმები თავისი ფარებითა და ბაქნებით არის ყველა კონტინენტზე. კერძოდ, ევროპაში ბალტიური ფარი და რუსეთის ბაქანი, ჩრდილო ამერიკაში – კანადის

ფარი და ჩრდილო ამერიკის ბაქანი, სამხრეთ ამერიკაში – ბრაზილიის ფარი და სამხრეთ ამერიკის ბაქანი, აზიაში ანგარისა და ჩინეთის ფარები და მიმდებარე ბაქნები და ა.შ.

დადგენილია, რომ ფარების გარშემო მიწის ქერქის ოროგენეტიური (მთათა წარმოშობის) განვითარება მიმდინარეობს. მაგალითად, ბალტიურ ფარს ადრე პალეოზოურში შეეზარდა სკანდინავიის, შოტლანდიის და ჩრდილო ირლანდიის

*კალედონური მთები.* შუა და გვიან პალეოზოურში შუა ევროპაში, ჩრდილო კავკასიაში და ურალში წარმოიშვა *ჰერცინული მთები.* ურალის დანაოჭებისა და კონსოლიდაციის შედეგად მოხდა ევროპისა და აზიის კონტინენტების შეზრდა და წარმოიშვა ერთიანი კონტინენტი - *ევრაზია.* მაშასადამე, ოროგენეზისის პროცესში ხდება არა მარტო კონტინენტების ზრდა, არამედ ზოგჯერ მათი შეზრდაც. კაინოზოურში სამხრეთ ევროპაში წარმოიშვა *ალპური მთების სისტემა* კავკასიის ჩათვლით, რამაც ევრაზიის კონტინენტის ზრდა გამოიწვია. ამგარი ზრდა სხვა კონტინენტების ნაოჭა ბირთვების გარშემოც მიმდინარეობდა.

რაც შეეხება კონტინენტების თანამედროვე გეოგრაფიულ განაწილებას და მათ მოხაზულობას, ამ მხრივ გეოლოგიური მეცნიერება იდგა უაღრესად მნიშვნელოვან კანონზომიერებათა წინაშე, რომელთა ახსნა მოხდა მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში და მის დამლევს, რასაც გეოტექტონიკის კურსის გავლისას გავეცნობით. ამავე კურსში გავეცენით ძირითად განსხვავებებს კონტინენტურ ქერქსა და უფრო თხელ ოკეანურ ქერქს შორის და ამ განსხვავებათა წარმოშობის მიზეზებს. გავეცანით იმასაც, რომ კონტინენტები არა მარტო იზრდებოდნენ, არამედ ნაწილებადაც იშლებოდნენ და ამ ნაწილებს შუა ჩნდებოდნენ ახალი ოკეანეები.

#### თავი XIV ოროგენეტური ჰიპოთეზები

დღეს დადგენილად ითვლება, რომ კონტინენტების წარმოქმნა *ოროგენეზის* (მთათა წარმოშობის პროცესის) შედეგია, ისევე როგორც გრანტის წარმოქმნაც. ასე რომ, ოროგენეზი არის გეოლოგიური ისტორიის ძირითადი მოვლენა. ამიტომ ამ მოვლენის ახსნას არაერთი ჰიპოთეზა (შეხედულება) მიეძღვნა. მაგრამ საკითხი ბოლომდე გადაუჭრელი რჩება. გაურკვეველი იყო არა მარტო მისი მიზეზი, არამედ პროცესის მიმდინარეობაც.

საშუალო საუკუნეებში მთები მიწის თანდაყოლილ თვისებად მიაჩნდათ და ასახსნელი რჩებოდა მეორადი რელიეფის განვითარება-ხეობებისა და ამაღლებების (სერების) წარმოქმნა. ასე წარმოიშვა *ოროგენეზის* ეროზიული ჰიპოთეზა (მაგალითად, ავიცენას შეხედულება). ამ შეხედულებას დღეს მხოლოდ ისტორიული მნიშვნელობა აქვს.

მე-18 და მე-19 საუკუნეთა მიჯნაზე გამოირკვა, რომ მთები არ წარმოადგენენ მიწის თანდაყოლილ თვისებას, არამედ ისინი წარმოიქმნენ მიწის ისტორიის მანძილზე. დაკვირვებებმა დაანახვა მკვლევარებს, რომ მთების გულში მაგმური ქანებია მოთავსებული და იფიქრეს- მათ მოწოლას უნდა გამოეწვია მთების აზევება. ამგვარად ჩამოყალიბდა *ოროგენეზის ვულკანური* (მაგმური) ჰიპოთეზა ( ლ.ბუხი).

შემდგომში კვლევების შედეგად აღმოჩნდა, რომ მთები ამოზიდული კი არაა მხოლოდ, არამედ დანაოჭებული შრეებითაა აგებული და ეს სტრუქტურაა (აგებულია) მათთვის დამახასიათებელი. ვულკანები კი ზედ დაზვინული წარმონაქმნებია. დანაოჭების ფაქტის დადგენის შემდეგ დაიწყო ოროგენეზის ახლებული ახსნა და ააგეს ახალი თეორია (ჰიპოთეზა), რომელსაც *კონტრაქციული* უწოდეს (ფრანგი ელი დებომიანი, ამერიკელი დენა და სხვები ). ეს ჰიპოთეზა მე-20 საუკუნემდე ბატონობდა, მაგრამ შემდეგ თეორიული საყრდენი გამოეცალა, კერძოდ, შეიცვალა კოსმოგონიური წარმოდგენები და სხვა შესხედულებები.

*კონტრაქციულმა ჰიპოთეზამ* დიდი როლი ითამაშა თეორიული გეოლოგიის განვითარებაში და ამიტომ შეიძლება მასზე შევხერდეთ. ეს ჰიპოთეზა ეყრდნობოდა წარმოდგენას, რომ მთების წარმოშობას ქანების დანაოჭება იწვევს, ხოლო დანაოჭებისთვის აუცილებელია ტრანგენსიური (შეკუმშვითი) ძალები. იმ დროს მიღებული *კოსმოგონიური ჰიპოთეზების* (კანტის, ლაპლასის) მიხედვით მიღებული იყო, რომ მიწა რაღაც სტადიაზე მდნარი, გავარვარებული ციური სხეული უნდა ყოფილიყო. შემდეგ კი თანდათან გაცივებით მას მყარი ქერქი გადაეკრა და ამით დაიწყო გეოლოგიური ისტორია. გაცივებისას შიგნეთი, ანუ სითხე, უფრო მეტად იკუმშება, ვიდრე მყარი ქერქი. მაგრამ ქერქი უნდა მოერგოს შიგნეთს და წონასწორობის აღსადგენად უნდა დაიძიროს, ე.ი. უფრო პატარა სფეროზე გადავიდეს და მიცი ზედაპირი უნდა შემცირდეს ( იხ. ნახაზი). ასეთ შემთხვევაში წარმოშობა კამარული წნევა, ანუ ჰორიზონტულად მიმართული *ტანგენსური* ძალები. ეს ძალები ყველგან მოქმედებენ, მაგრამ ქერქის დანაოჭება მოხდება იქ, სადაც ნაკლები წინააღმდეგობა არის, ანუ როგორც მაშინ აღნიშნავდნენ- ნაოჭდება ქერქის *ლაბილური* (მოქნილი, მოძრავი) *ზოლები*, ამით გასაგები ხდებოდა ოროგენეზის ძალების გავრცელება მთელ მიჭაზე, მისი ერთდროულობა და თან მისი *ლოკალიზაცია* გავრცელებულ ზოლებში, ანუ როგორც დღეს უწოდებენ, *მოძრავ სარტყელებში*, რომლებიც ვითარდებიან კონტინენტური მასივების გარშემო.

კონტრაქციის ჰიპოთეზის ერთ-ერთ ძირითად ნაკლად ითვლება, რომ ჯერ ერთი, მრავალჯერადი დანაოჭების შედეგად მიწა ძლიერ უმდა დაპატარავებულიყო, რაც არ დასტურდება, და მეორე, გაუგებარია, თუ როგორ ხდება დანაოჭებისა და აზეების შემდეგ ქერქის იმავე უბნების დაძირვა, ანუ აზეება-დაზირვის მორიგეობა, რაც შეკუმშვა-გაჭიმვის ზალების დროში მორიგეობას მოითხოვს.

ამ მოვლენის ასახსნელად მნიშვნელოვანი იყო ინგლისელი მეცნიერის ჯ.ჯპლის მოსაზრება, მან გაითვალისწინა რა *რადიოაქტიური სითბო*, აღნიშნა, რომ სითბოს ხარჯვის გამო მიწა თანდათან უნდა ცივდებოდეს, მაგრამ უფრო ნელა და ამ საერთო ფონზე ვლინდება გაცივება-გათბობის მორიგეობა. ჯოლის შეხედულებებს აღმოაჩნდა მომხრეები და ჩამოყალიბდა ოროგენეზის პულსაციური ჰიპოთეზა (ბუხერი, უხოვი, ობრუჩევი), რომელიც გულისხმობს შეკუმშვა-გაფართოების მორიგეობის (პილსაციას). მაგრამ აღმოჩნდა, რომ მიწის ქერქში შეკუმშვისა და გაფართოების მოვლენები ერთდროულად ვლინდება, კერძოდ, პირველნი ძირითად ახალგაზრდა მთიან მხარეებში, ხოლო მეორენი – რიფტულ ზონებში როგორც ოკეანეებში, ისე კონტინენტებზე. ამიტომ გამოითქვა სხვა ჰიპოთეზებიც, მაგრამ მათ ვერ ჰპოვეს საყოველთაო აღიარება. ამ ჰიპოთეზებიდან ყველაზე მეტი პოპულარობა მოიპოვა *კონტინენტების დრეივის ჰიპოთეზამ*.

ჯერ კიდევ დიდი გეოგრაფიული აღმოჩენების ეპოქაში (მე-15–მე-16 საუკუნეებში) ყურადღება მიექცა აფრიკასა და სამხრეთ ამერიკაში ატლანტური ოკეანის სანაპიროების მოყვანილობათა მსგავსებას. უფრო გვიან, მე-17-მე-18 საუკუნეებში გამოითქვა აზრი ძველი და ახალი ქვეყნის ნაწილების ერთიანობის და მათი შემდგომი განცალკევების შესახებ (ფრ. ბეკონი, ა. ჰუმბოლტი), ხოლო ა. სნაიდერმა ატლანტის ოკეანის ორივე მხარეზე განლაგებული კონტინენტების გეოლოგიური აგებულების მსგავსების საფუძველზე 1858 წელს წარმოადგინა მათი პირველყოფილი განლაგების რეკონსტრუქციის სქემა. მე-20 საუკუნის დამდეგს ამერიკელმა მეცნიერმა ფ. ტეილორმა და კ. ბეიკერმა წამოაყენეს კონტინენტების გადაადგილების იდეა და ამ მოვლენით ასხნეს ნაოჭა მთიანი სისტემების წარმოშობა.

მიუხედავად დამატებითი შეხედულებებისა, *კონტინენტების დრეივის ჰიპოთეზის* შემქმნელად მიიჩნევენ გერმანელ ასტრონომს, გეოფიზიკოსსა და მეტეოროლოგს *ალფრედ ვეგენერს*, რომელმაც ეს იდეა მწყობრი ჰიპოთეზის სახით ჩამოაყალიბა თავის ცნობილ წიგნში – „კონტინენტებისა და ოკეანეების წარმოშობას“. ეს წიგნი 1915-1922 წლებში სამჯერ

გამოიცა და დიდი პოპულარობაც მოიპოვა. ა. ვეგენერმა კონტინენტების დრეიფის იდეა მოიშველია გეოლოგიური წარსულის კლიმატების ასახსნელად და გამოთქვა აზრი, რომ პალეოზოოურის დამლევს დედამიწაზე წარმოიქმნა ერთიანი ხმელეთი, ანუ *პანგეა* და ერთიანი ოკეანე, ანუ *პანთალასა* და ამით ახსნა იმდროინდელი პალეოგეოგრაფიულ-პალეოკლიმატური თავისებურებანი, კერძოდ, ის გარემოება, რომ სამხრეთ ამერიკაში, სამხრეთ აფრიკაში და ინდოსტანის ნახევარკუნძულზე პალეოზოოურის ბოლოს ადგილი ჰქონდა გამყიმვარებას. კონტინენტების თანამედროვე მდებარეობის მიხედვით ეს გარემოება შეუძლებლად მიიჩნია და ამიტომ დაასკვნა, რომ პანგეის დაშლა უნდა დაწყებულიყო იურული პერიოდის მეორე ნახევრიდან. მისი აზრით, განცალკევებული კონტინენტების სიალური მასივები აისბერგების მსგავსად გაცურდნენ სიმაში.

### თავი XV ფიქსიზმი და მობილიზმი

ოროგენეტიკური ჰიპოთეზების განხილვამ დაგვანახა, რომ დედამიწის ქერქის განვითარება ხდება *ოროგენების*, ანუ მთათაწარმოშობის პროცესის შედეგად, ამ პროცესთან არის დაკავშირებული დანაოჭება, ვულკანიზმი, მიწისძვრები და, ხშირ შემთხვევაში, წიაღისეულის საბადოების წარმოშობა. ყველა ეს მოვლენა ტექტონიკურ მოძრაობათა და დეფორმაციათა ჩათვლით, გეოლოგიურ მეგნიერებაში განიხილება პრინციპულად განსხვავებული პოზიციებიდან. ესაა *ფიქსიზმი* და *მონოკლინიზმი*.

*ფიქსიზმის* (fixus-უძრავი) მომხრენი ძირითად როლს გეოლოგიური სტრუქტურების წარმოქმნაში მიაწერენ ვერტიკალურ რხევით მოძრაობებს მიწის ქერქის დიდი ნაწილების, მათ შორის კონტინენტების, რაიმე მნიშვნელოვანი პორიზონტული გადაადგილებების გარეშე. მათი აზრით, ნაოჭების წარმოშობა, შეცოცებები და ნაწევები, ანუ ტექტონიკური დეფორმაციები, არის ვერტიკალური მოძრაობისგან ნაწარმოები. კონტინენტები იცვლიდნენ ფორმას, ზომას, სიმაღლეს, მაგრამ ყოველთვის მდებარეობდნენ იქ, სადაც ამჟამად არიან განლაგებული, ანუ ქვეშმდებარე მანტიის მიმართ არ იცვლიდნენ მდებარეობას, ანუ უძრავი იყვნენ. ამის შესაბამისად, დეფორმაციების გამომწვევი სიღრმეული მანტიისეული ნივთიერების გადაადგილება მიმართულია პლანეტის რადიუსის გასწვრივ, ე.ი. აღმავალი და დაღმავალი მიმართულებით.

**მობილიზმის** (mobilis - მოძრავი) თანახმად კონტინენტური მასივები და ოკეანის ფსკერის მსხვილი ნაწილები (ბლოკები) იცვლიდნენ და დღესაც იცვლიან მდებარეობას, გადაადგილდებიან როგორც დედამიწის შიგნეთის, ანუ მანტიის, ისე ერთიმეორის მიმართ. ამ შეხედულების მომხრენი უშვებდნენ და ასაბუთებდნენ კონტინენტური მასივების მნიშვნელოვანი ჰორიზონტული გადაადგილების შესაძლებლობას, შემდგომში კი ლითოსფეროს ფილების მოძრაობას მანტიური სუბსტრატის მიმართ. ფიქსისტური შეხედულების მომხრენი მიწის ქერქის ან ლითოსფეროს ამგვარ მოწყვეტას მანტიისგან და გადაადგილებას შეუძლებლად მიიჩნევდნენ. მაგრამ მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრის განმავლობაში სხვადასხვა ქვეყნების მეცნიერთა ძალისხმევით და ტექნიკური საშუალებების განვითარებით შესაძლებელი გახდა მობილიზმის თეორიის დასაბუთება. კერძოდ, შორსმწვდომი შეცოცებების (შარიაჟების), დიდი გავრცელების ნაწევების ახსნა, ისევე როგორც განსხვავებულ გეოგრაფიულ სარტყლებში წარმოქმნილი მიწის ქერქის ნაწილების თავმოყრა სხვა გეოგრაფიულ ზონებში, ფიქსისტური ჰიპოთეზების საფუძველზე შეუძლებელი გახდა. რაც შეეხება ვერტიკალურ რხევით მოძრაობებს (აწევა და დაწევა), რომელთაც მართლაც აქვთ ადგილი მიწის ქერქის გარკვეულ უბნებში, ისინი ნაწარმოები არიან ჰორიზონტული ძალებისაგან.

დღეს მობილისტური თეორია საყოველთაოდ მიღებულად ითვლება და მისი საშუალებით აიხსნება დედამიწის ქერქის და, საერთოდ, ლითოსფეროს გეოლოგიური სტრუქტურების წარმოქმნა და განვითარება, რასაც გარდა თეორიულისა, დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს, კერძოდ, წიაღისეულის საბადოების წარმოშობის ახსნისა და მათი ძებნა-ძიების საქმეში.