

აღ. ჯანელიძე

# ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი

უმაღლესი და საშუალო სპეციალური  
განათლების სამინისტროს მიერ დამტკიცებულია  
სახელმძღვანელოდ სტუდენტებისათვის

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა  
თბილისი 1968

წიგნი წარმოადგენს დაწყებითს სახელმძღვანელოს გეოლოგიური სპეციალობის პირველი კურსის სტუდენტებისათვის, რომელთაც ჯერ კიდევ მოსმენილი არა აქვთ ისეთი კურსები, როგორცაა მინერალოგია, პეტროგრაფია, პალეონტოლოგია. მისი დანიშნულებაა მისცეს მომავალ გეოლოგს საერთო წარმოდგენა გეოლოგიური მეცნიერების შესახებ და გააცნოს მას ე. წ. დინამიური ანუ ფიზიოგრაფიული გეოლოგიის მოვლენები.

## წინასიტყვა

არაერთხელ თქმულა, რომ „ზოგადი გეოლოგია“. როგორც მეცნიერული დისციპლინა, არ არსებობს. ეს არის მხოლოდ თავისებურად მოთარგლული სასწავლო საგანი, რომელმაც დამწყებ სტუდენტს გეოლოგიური მეცნიერების შესახებ საერთო წარმოდგენა უნდა მისცეს და, რამდენადაც შესაძლებელია, სათანადო ინტერესიც აღუძრას. უფრო მართებული იქნებოდა გეოლოგიის შესავალი გვეთქვა. თითქმის ყველა საკითხი, რომელსაც სტუდენტი აქ გაეცნობა, შემდეგ მას სპეციალური კურსების სახით წაეკითხება. ამ წიგნს არ შეიძლება ჰქონდეს და არც აქვს პრეტენზია იმ კურსების მაგიერობა გასწიოს, მაგრამ პირველი წარმოდგენები კი სწორი უნდა მისცეს ახალგაზრდობას.

სამწუხაროდ, მთელი კურსის ხასიათი მაინც ასეთი არ არის. სასწავლო გეგმის მიხედვით გეოლოგიის ზოგი დარგია. და თან ძლიერ მნიშვნელოვანის, შესახებ, როგორც, მაგალითად. გარედინამიური მოვლენებია, სტუდენტი შემდეგ აღარაფერს მოისმენს. ამის გამო კურსს ორმაგი დანიშნულება აქვს, რაც ძლიერ ართულებს მის ამოცანას.

მთავარი მაინც ის არის, რომ სახელმძღვანელო საკმაოდ მოკლე უნდა იყოს, რათა ლექცია-პრაქტიკუმებით ძალზე დატვირთულ ჩვენს სტუდენტს მისი დამუშავების რეალური შესაძლებლობა ექნეს. ამას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს.

დასაწყისში ზოგადი გეოლოგიის სახელმძღვანელოს შედგენა უნივერსიტეტის მინერალოგია-პეტროგრაფიის და გეოლოგია-პალეონტოლოგიის კათედრების საერთო ძალებით იყო გათვალისწინებული, როგორც კოლექტიური ნაშრომის, მაგრამ უმაღლესი სკოლის სტრუქტურაში მომხდარმა ცვლილებებმა ამ განზრახვის რეალიზაცია ძლიერ გააძნელეს. გადავწყვიტე ეს საქმე პირადად შევისრა და ამის გამო მრავალი წლის ინტერვალის შემდეგ სათანადო კურსის კითხვაც ისევ დავივალე. ამგვარად, წინამდებარე სახელ-

მძღვანელო უნივერსიტეტში წაკითხული ლექციების რეპროდუქციას წარმოადგენს არსებითად. მხოლოდ ტექტოგენეზისის საკითხები არის რამდენადმე გაფართოებული და ამ ეტაპზე შეიძლება ეს არც იყოს გამართლებული. ისევ სასწავლო გეგმის საკითხია.

გეოლოგიის სწავლების მხრივ საქართველო განსაკუთრებით ხელსაყრელ პირობებში იმყოფება: თითქმის ყველა მოვლენა ადგილობრივი მაგალითებით შეიძლება იქნეს ილუსტრებული. სამწუხაროდ, სათანადო ფოტომასალა მე არა მქონდა და იძულებული ვა ვხდები უცხოურით მესარგებლა. იმედი უნდა ვიქონიოთ, რომ ამ ნაკლს მომავალი გამოასწორებს. ნაკლი სხვაც არაერთი არის, მაგრამ ამ სახითაც ეს წიგნი ახალგაზრდობას ერთგვარ დახმარებას მაინც გაუწევს.

ზოგი სიძნელე გამოიწვია ტერმინოლოგიის და საერთოდ მართლწერის საკითხებმა. გამომცემლობასთან შეთანხმებით მთელი პასუხისმგებლობა ამ მხრივ ავტორს ეკისრება.

## შესავალი

### პარსკვლავთ სამყარო

ზაფხულის უმთვარო ღამეში აღტაცებული შეეყურებთ ვარსკვლავებით მოქედილ ცას. ასევე შეჰყურებდა მას ძველი ადამიანი და განცვიფრებული იყო ვარსკვლავთა სიმრავლით. მათი დათვლა შეუძლებლად მიაჩნდა და მართლაც ძლიერ ძნელია, რადგან ცამთლიანად აროდეს დაინახება და თან განუწყვეტლივ მოძრაობს მიწის ბრუნვის შესაბამისად.

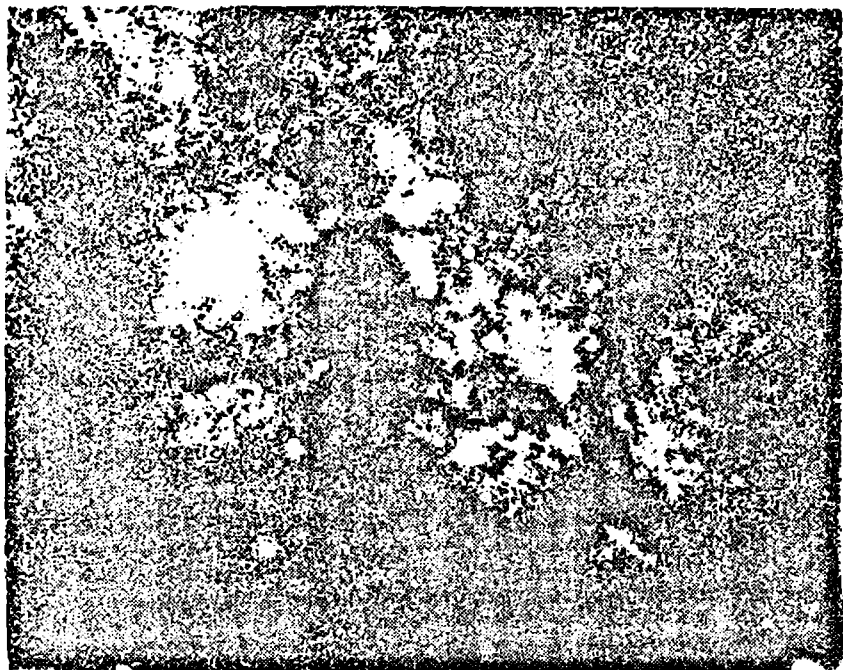
მაგრამ ასტრონომებმა ცა დაანაწილეს ცალკეულ ნაკვეთებად, რომელთა გამოცნობა ადვილად შეიძლებოდა, და თითოეულ ნაკვეთში ვარსკვლავები საკმაოდ ზუსტად დაითვალეს. ამგვარად გამოირკვა, რომ ჩრდილო ნახევარსფეროში დაახლოებით 1500 ვარსკვლავი არის, ამდენივე სამხრულში და სულ კი 3000-ოდე. ამაზე ხომ უთვალავი არ ითქმის. პირიქით, ძლიერ პატარა რიცხვია, მილიონჯერ და მეტად ნაკლები, ვიდრე ადამიანთა რაოდენობა მიწაზე!

მაგრამ ეს არის უიარაღო თვალისათვის მისაწვდომი ვარსკვლავები მხოლოდ. მას შემდეგ, რაც მე-17 საუკუნის დასაწყისში ღურბინდი და შემდეგ ტელესკოპი გამოიგონეს, მდგომარეობა ერთიანად გამოიცვალა. დღეს ასტრონომი დამზერს ვარსკვლავებს, რომელნიც უიარაღო თვალისათვის სრულიად უჩინარი არიან, და მათი რიცხვი მართლაც უსასრულო აღმოჩნდა. თანაც ეს რიცხვი დღითიდღე იზრდება იმის მიხედვით, თუ როგორ მატულობს ოპტიკური იარაღის ძალა.

ეს ხომ ძლიერ საგულისხმოა, მაგრამ კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი ის არის, რომ ეს უთვალავი ვარსკვლავები უწყესრიგოდ როდ. არიან ერთმანეთში არეული. ვარსკვლავთა სამყაროს კანონზომიერი სტრუქტურა აქვს, მეტად თუ ნაკლებად მოწყესრიგებულ სისტემებს წარმოადგენს. კერძოდ, ძველი ღროიდანვე ცნობილი იყო, რომ ვარსკვლავიან ცას კიდიდან კიდემდე გადაუყვება საკმაოდ ფართო ზოლი, რომელიც რამდენადმე უფრო ნათელი ჩანს, ვიდრე დანა-

რჩენი ცა. მას რძეულ სარბიელს (via lactea ლათინურად) უწოდებენ, რადგან მისი ფერი რძისას მოგვაგონებს<sup>1</sup> (სურ. 1).

ამ თავიკებული მოვლენის ბუნება დიდი ხნის განმავლობაში გამოუცნობი იყო, მაგრამ დღეს მტკიცედ არის დადგენილი, რომ იგი დაკავშირებული არის ვარსკვლავთა კანონზომიერ დაჯგუფებას-



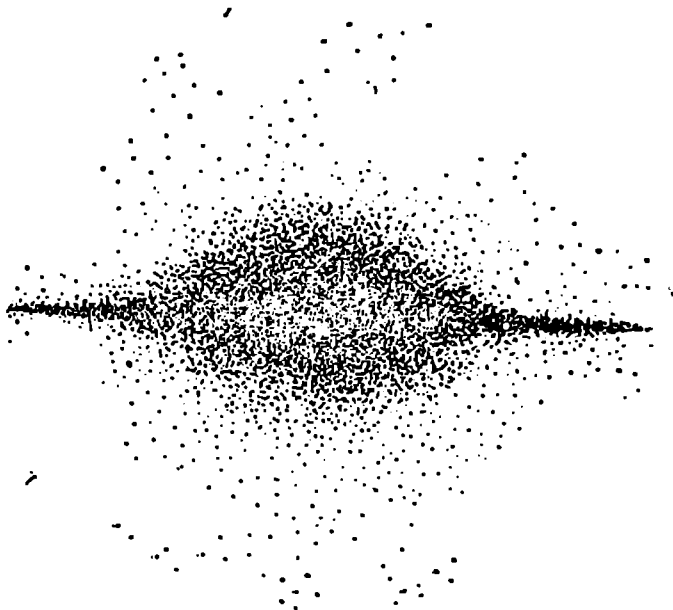
სურ. 1. რძეული სარბიელის მცირე ნაკვეთი. ჩანს ვარსკვლავთა სიმრავლე და შესატყვისად მგები სინათლე.

თან ანუ სისტემასთან (ტერმინი „სისტემა“ სწორედ კანონზომიერობას ჰგულისხმობს), რომელშიც ას მილიარდამდე ( $10^{11}$ ) ვარსკვლავი შედის. ჯგუფის განლაგება რომ შემოვფარგლოთ, ღინჯისებურ სხეულს მივიღებთ (სურ. 2). ამ ჯგუფს გალაქტიკას<sup>2</sup> უწოდებენ, ხოლო შუა სიბრტყეს, რომელიც მას სიმეტრიულად

<sup>1</sup> ჩვენში ძველად რძეულ სარბიელს ირმის ნახტომს უწოდებდნენ.

<sup>2</sup> „გალაქტიკოს“, ბერძნ. — რძეული.

ორად ჰყოფს და რომელსაც სურათზე პორიზონტული სწორი ხაზის სახე ექნებოდა,—გალაქტიკურ სიბრტყეს ან გალაქტიკის ეკვატორს. ცენტრიდან რომ ამ სიბრტყეზე პერპენდიკულარი ავმართოთ, ეს იქნება გალაქტიკის დერძი.



სურ. 2. გალაქტიკა, როგორც გვერდიდან დანახული გამოჩნდება (სქემა). საყურადღებოა ვარსკვლავების მჭიდრო დაჯგოვება ცენტრისკენ და ეკვატორულ ზოლში და მთელი დაჯგოვების ლინისებური ფორმა.

გალაქტიკური სიბრტყის განი (გალაქტიკის დიამეტრი) 100 000 სინათლეწელიწადს<sup>1</sup> უდრის, ხოლო გალაქტიკის უდიდესი სისქე,

<sup>1</sup> იმ უზარმაზარი მანძილების გასაზომავად, რომლებთანაც ასტრონომიას აქვს საქმე, ზომის სპეციალურ ერთეულებს ხმარობენ. სინათლეწელიწადი არის მანძილი, რომელსაც სინათლე ერთ წელიწადში გაივლის. ეს იქნება 300 000 კმ იმდენჯერ, რამდენიც წელიწადში სეკუნდი არის, ანუ 9,5.10<sup>12</sup> კილომეტრი.

მეორე ერთეული, პარსეკი, კიდევ უფრო დიდია და უდრის 30,8.10<sup>12</sup> კილომეტრს ანუ 3,3 სინათლეწელიწადს დაახლოებით. დასასრულ ე. წ. ასტრონომიული ერთეული უდრის 150.106 კილომეტრს. ეს არის მიახლოებითი მანძილი მზიდან მიწამდე. სინათლე ამ მანძილის გავლას დაახლოებით 8 წუთს ანდომებს.

რომელიც ღერძს ემთხვევა, 10 000 სინათლეწელიწადს არ აღემატება, ე. ი. ათჯერ ნაკლები არის. ამიტომ აქვს გალაქტიკას, თუ დამკვირვებელი გვერდიდან უმზერს, ლინზისებური კრილი. ზევიდან (ღერძის მიმართულებით) დანახული იგი წრიული გამოჩნდებოდა.

მზეც გალაქტიკას ეკუთვნის, გალაქტიკაში შედის როგორც ერთი იმ 10<sup>11</sup> ვარსკვლავთაგანი. მდებარეობს გალაქტიკურ სიბრტყესთან ახლოს, მაგრამ არა ცენტრში, არამედ 26 000 სინათლეწელიწადით მისგან დაშორებული. რადგან მიწაც მზეს ახლავს, ჩვენც გალაქტიკის შიგნით ვართ, შიგნიდან ვუმზერთ მას და ამიტომ მის კონტურებს, ცხადია, ვერ დავინახავთ. მხოლოდ ეს არის, რომ, თუ „ზევით“ ან „ქვევით“, ე. ი. გალაქტიკის ღერძის მიმართულებით ვიმზირებით, თვალს ცის გარკვეულ ფართობზე უფრო ცოტა ვარსკვლავები შევხვდება, გალაქტიკის ეკვატორის გასწვრივ კი — ბევრად მეტი. ვერც პირველ შემთხვევაში და ვერც მეორეში ვარსკვლავთა დიდ ნაწილს თვალი ვერ გაარჩევს და ვერც მათ რაოდენობას შეადარებს ერთმანეთს, მაგრამ იმ მიმართულებით, საითაც ვარსკვლავების რიცხვი მეტია, ცა უფრო განათებული, უფრო „რძისფერი“ იქნება. ამგვარად, წარმოიშობა რძეული სარბიელის სურათი: რძეული სარბიელი — ეს არის გალაქტიკის ეკვატორული ზოლის ლანდი ცაზე, მიწიერი დამკვირვებლისათვის.

გალაქტიკაში შემავალი ვარსკვლავები უძრავი როდი არიან. ისინი განუწყვეტლივ მიმოიქცევიან გალაქტიკის ღერძის გარშემო. მიმოიქცევა, რა თქმა უნდა, მზეც. მისი მოძრაობის სიჩქარე არის 250 კილომეტრი სეკუნდში, ხოლო სრული მოქცევისათვის მას მაინც 180 მილიონი წელიწადი სჭირდება! ამგვარად, გალაქტიკის შემადგენელი ვარსკვლავები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან არა მდებარეობით მხოლოდ, არამედ მოძრაობითაც — ეს არის დინამიური ერთეული.

გალაქტიკა იმდენად უზარმაზარი რამ არის, შეიძლებოდა კაცს ეფიქრა, რომ ეს არის მთელი სამყარო. და ასეც ფიქრობდნენ ერთხანს! მაგრამ იმავე დროს ცნობილი იყო, რომ არის ცაზე უკიდურესად შორეული ბუნდოვანი ობიექტები, რომელნიც, მართალია, ნათობენ, მაგრამ შიგ ცალკეული ვარსკვლავების გარჩევა არ ხერხდებოდა. მათ ნებულოზებს (ბურობებს) უწოდებენ. უკანასკნელ წელთათეულებში აღმოჩნდა, რომ ეს არის გალაქტიკები, ზოგი მეტად, ზოგი ნაკლებად მსგავსი ჩვენისა. მათი დაშორება ჩვენგან



სინათლეწლების მრავალი მილიონით იზომება, ხოლო ასეთი გარე-გალაქტიკების რიცხვსაც უკვე მილიონობით ანგარიშობენ. თანაც ირკვევა, რომ ისინი უწესრიგოდ გაფანტული კი არ არიან სივრცეში, თავს იყრიან ჯგუფებად, რომელთაგან თვითეულში 1000 და მეტი გალაქტიკა შედის.

ჩვენს გალაქტიკას, როგორც ვთქვით, ჩვენ ვერასოდეს დავინახავთ, რადგან მის შიგნით ვართ მოქცეული. სულ სხვაა გარეგალაქტიკები: მათ ჩვენ გარედან ვუმზერთ. თუ გარეგალაქტიკა ისე მდებარეობს ჩვენს მიმართ, რომ გვერდიდან ვხედავთ, მაშინ მას ისეთივე ფორმა ექნება, როგორც სურ. 2-ზედ არის წარმოდგენილი. თუ, პირიქით, გალაქტიკას „ზევიდან“ (ან „ქვევიდან“) დავყურებთ, მას წრიული ფორმა აქვს. ასეთ შემთხვევაში ჩანს, რომ გალაქტიკების დიდი ნაწილი სპირალურად არის აგებული (სურ. 3). ფიქრობენ, რომ ჩვენი გალაქტიკაც სპირალური უნდა იყოს. არის ისეთი გალაქტიკებიც, რომელნიც მხოლოდ მცირედ არიან ჩაბრტყელებული და რომელთა ფორმა სფერულს უახლოვდება. ალბათ მათი ბრუნვის ნაკლები სიჩქარის გამო.

ვარსკვლავები უზარმაზარი არიან, მაგრამ შეუდარებლად უფრო დიდია სივრცე ვარსკვლავებს შუა. ასევე გალაქტიკა იმდენად დიდია ვარსკვლავებზე, რომ მათი შედარებაც არ შეიძლება, მაგრამ მრავალჯერ და მრავალჯერ უფრო დიდია სივრცე გალაქტიკებს შუა. კოსმოსს<sup>1</sup> ხშირად უზარმაზარ დარბაზს ადარებენ, რომელიც სრულიად ცარიელია და შიგ ერთი-ორი კოლო დაფრინავს, — ეს იქნება გალაქტიკები.

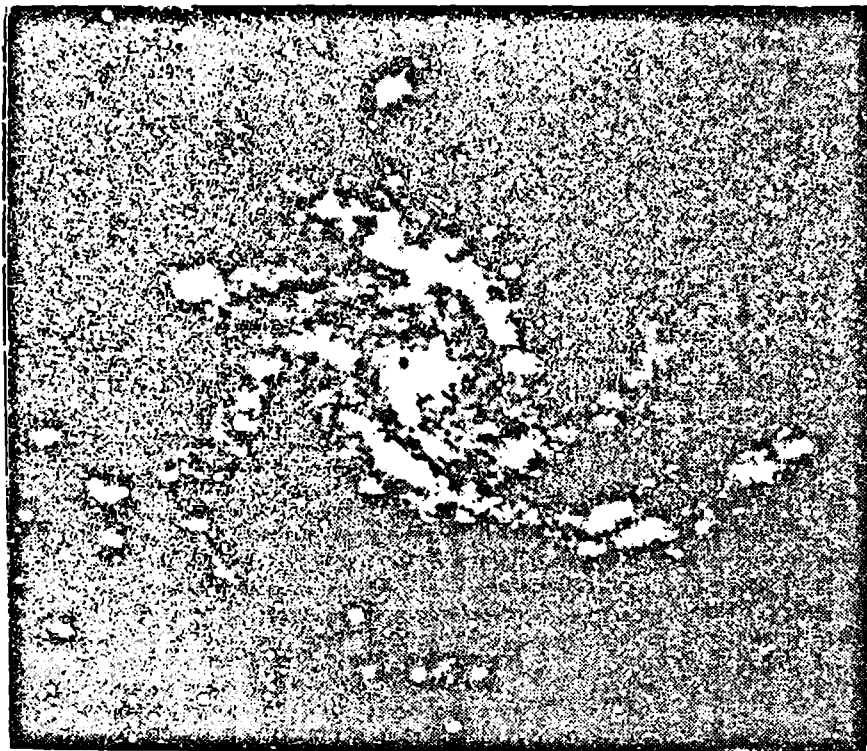
ვარსკვლავთშორისს და გალაქტიკათშორისს სივრცეში ნივთიერება უფრო გაიშვიათებულია, ვიდრე ხელოვნურად მიღებულ საუკეთესო ვაკუუმში<sup>2</sup>, მაგრამ ეს მაინც არ არის აბსოლუტური სიცარიელე. იქ არის უკიდურესად გაიშვიათებული გაზები, კოსმოსური მტვერი და უმცირესი ნაწილაკები. და ვარსკვლავთშორისი და გალაქტიკათშორისი სივრცის შეფარდებითი სიდიდე ისეთია, რომ ამ ნივთიერების საერთო მასა ბევრით არ ჩამორჩება თვით ვარსკვლავებისას.

1 „კოსმოს“, ბერძნ. — სამყარო, მსოფლიო.

2 Vakuus, ლათ. — ცარიელი. ფიზიკური ტერმინია. აღნიშნავს შესაძლებლობისამებრ გაზისგან დაკლილს, სიცარიელეს..

## მზე და მზის სისტემა

მზეც ერთ-ერთი ვარსკვლავი არის, ზომით საშუალო და ზოგი მხრით ნაკლებიც. არის ისეთი ვარსკვლავებიც, რომელნიც



სურ. 3. სპირალური გალაქტიკა ზეიდან (ან ქვევიდან).  
ე.ი. ბრუნვის ღერძის მიმართულებით დანახული.

მილიონჯერ და მეტად უფრო დიდი არიან, ვიდრე მზე. მზე გალაქტიკაში შედის არა ცალკეულად, არამედ როგორც ციური სხეულების პატარა ჯგუფის ცენტრი. ამ ჯგუფს მზის სისტემა ვუწოდებთ. უეჭველია, რომ ანალოგიური თანამგზავრები უამრავ სხვა ვარსკვლავებსაც უნდა ახლდეს, მაგრამ სიშორის გამო ჩვენ მხოლოდ თვით ვარსკვლავებს ვხედავთ.

მზის სისტემას შეადგენენ, გარდა თვით მზისა, პლანეტები<sup>1</sup>

<sup>1</sup> „პლანეტის ასტეროს“. ბერძენ. — შოართული ვარსკვლავი, ცთომილი.

(ტომილები), ასტეროიდები, კომეტები, მეტეორები და, რაღაც თქმა უნდა, ვარსკვლავთშორისი (ამ შემთხვევაში პლანეტთშორისი) ნივთიერება.

მზის რადიუსი უდრის 109 მიწის რადიუსს<sup>1</sup>. მისი მოცულობა თითქმის  $1,3 \cdot 10^6$ -ჯერ აღემატება მიწისას, მაგრამ მასა მხოლოდ 332000-ჯერ. ეს იმას ნიშნავს, რომ მზის სიმკვრივე თითქმის ოთხჯერ ნაკლებია, ვიდრე მიწისა, და უდრის 1,4 (ეს იქნება სა-  
შ უ ა ლ ო ს ი მ კ ვ რ ი ვ ე. თორემ მზის ცენტრში სიმკვრივის სიდიდე 100-ს აღემატება).

სპექტრული ანალიზი იმის დადგენის საშუალებასაც იძლევა, თუ რა ქიმიური ელემენტებისაგან შედგება ეს უზარმაზარი მასა. უკვე ცნობილია 66 ელემენტი. ყველა ისინი მიწაზედაც მოიპოვებიან, მაგრამ მათგან მზეზე განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს წყალბადს და ჰელიუმს. პირველი მზის მთელი მასის 54% შეადგენს, მეორე — 45%-ს.

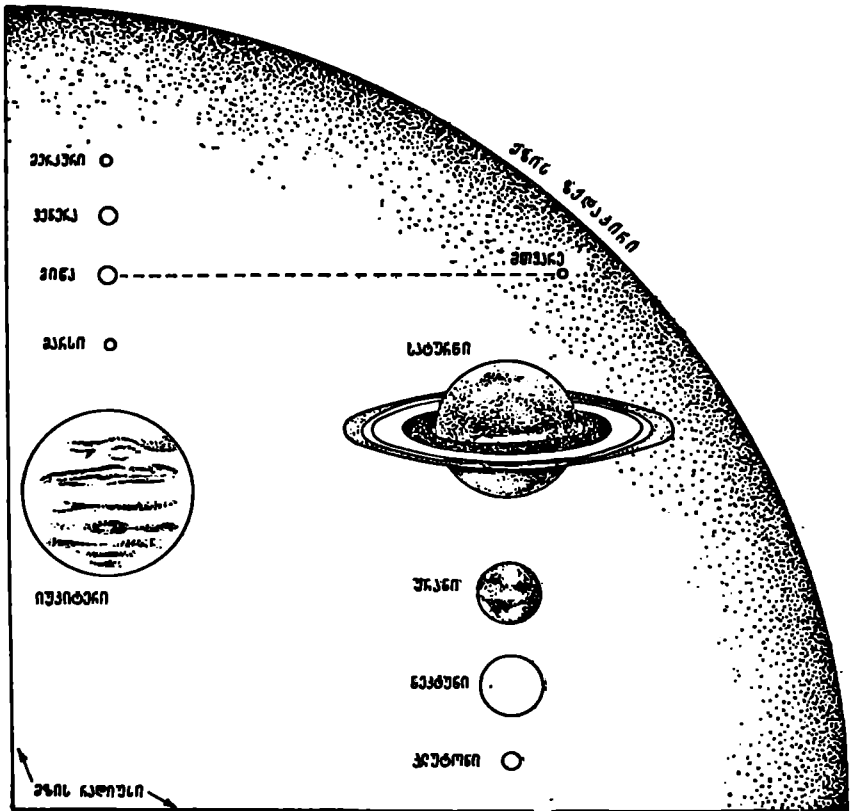
ტემპერატურა მზის ზედაპირზე 6000° არის, ხოლო ცენტრში — 2000 000°. გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში ეს ვარსკვლავი მთლიანად გაზობრივ მდგომარეობაში იმყოფება. მიუხედავად იმისა, რომ წნევა ცენტრში 10<sup>9</sup> ატმოსფეროს უდრის და სიმკვრივე, როგორც ვთქვით, 100 ერთეულს აღემატება, ატომები დისსოციებული (დაშლილი) არიან. მიმდინარეობს ბირთვული რეაქციები.

ჩვენთვის, მიწის მცხოვრებთათვის, მთავარი ის არის, რომ მზე უამრავ ენერგიას ასხივებს გარშემო სივრცეში. რამდენად დიდია ეს ენერგია, იქედან ჩანს, რომ მიწას მისი სრულიად უმნიშვნელო (10<sup>-17</sup>) ნაწილი მოსდის და ეს ნამცეციც კმარა იმისათვის, რომ ამოძრავს მიწაზე ჰაერი და წყალი, ასაზრდოოს სიცოცხლე. პერპენდიკულარულად განათებული მიწის ზედაპირის ყოველ კვადრატულ სანტიმეტრს წუთში დაახლოებით 2 კალორია მოსდის, ე. ი. იმდენი ენერგია (სითბო), რამდენიც საჭიროა ერთი გრამი წყლის გასათბობად 2 გრადუსით. 1 კვადრატულ მეტრზე 1 წუთში დაცემული სითბო ერთი ჩაის ჭიქა (200 გრამი) ყინულის წყლის ასადუღებლად იკმარება.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ მზის მიერ სითბოს (ენერგიის) გასხივება იმ სითბოს ხარჯზე ხდება, რომელიც ამ მნათობს წარმოშობისას დაჰყოლიაო. ცხადია, ეს მარაგი საკმაოდ მალე უნდა

<sup>1</sup> თვით მიწის შესახებ ქვემოთ იქნება ბაასი.

შემცირებულიყო და მზეც უნდა გაცივებულიყო შესაბამისად: მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვება მოწმობს, რომ უკანასკნელი ერთი მილიარდი წლის მანძილზე მაინც მზის სითბო შესამჩნევად:



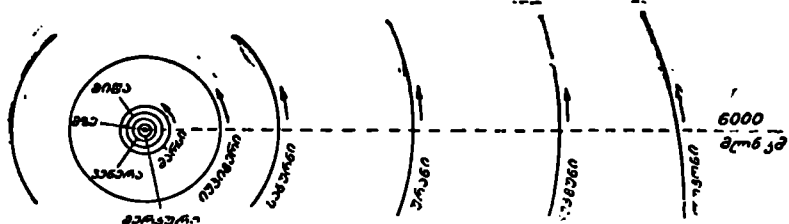
სურ. 4. მზე და პლანეტები და მათი შეფარდებითი სიდიდე. ფართობი, რომელზედაც ყველა პლანეტები არიან მოთავსებული სურათზე, მზის ზედაპირის ერთ მეოთხედს წარმოადგენს მხოლოდ.

არ შემცირებულა. დღეს ამას სწორედ იმით ხსნიან, რომ მზეში, უზარმაზარი ტემპერატურის პირობებში, ბირთვული რეაქციები მიმდინარეობს და უზარმაზარი ენერგია გამოიყოფა: ენერგიას მზე

კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევ. ამის გამო მისი გაცი-  
ვება, თუკი ხდება, უკიდურესად ნელი უნდა იყოს.

მზის სისტემაში ცხრა პლანეტი შედის. მზესთან უახლოესით  
რომ დავიწყეთ, ეს იქნება მერკური, ვენერა, მიწა, მარსი, იუპი-  
ტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი და პლუტონი<sup>1</sup> (სურ. 4.).

მზე სისტემის ცენტრს წარმოადგენს და ბრუნავს თავის  
ღერძზე საათის ისრის. საწინააღმდეგო მიმართულებით. ერთ შე-  
მობრუნებას 25 დღელამეს ანდომებს. პლანეტებიც ყველა თავ-  
თავის ღერძზე ბრუნავს იმავე მიმართულებით და მიმოიქცევა  
მზის გარშემო (სურ. 5). ყველა პლანეტების ორბიტები (მოძრა-  
ობის გზა) დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. ამ მხრივ



სურ. 5. მზის სისტემა. ნაჩვენებია მხოლოდ პლანეტთა ორბი-  
ტები. თვით პლანეტები ამ მანძილზე წერტილის ოდენადაც არ იქნებო-  
დნენ.

გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ პლუტონი, რომლის ორბი-  
ტის სიბრტყე  $17^{\circ}$ -ით არის დახრილი სხვა პლანეტების ორბიტე-  
ბის მიმართ. ამრიგად აშკარა ხდება მოძრაობის ერთობლივობა.

მიმოიქცევის ორბიტები ყველა შემთხვევაში ელიპსური არის,  
მაგრამ წრეხაზისაგან მცირედ განსხვავებული: მათი ექსცენტრი-  
ციტეტი<sup>2</sup>, ე. ი. დიდი და პატარა ღერძის შეფარდებითი განსხვავე-  
ბა, მცირეა.

<sup>1</sup> ამათგან პირველი ექვსი ძველადვე იყო ცნობილი, ხოლო შემდგენი ახალი  
აღმოჩენილი არიან: ურანი — 1781 წელს, ნეპტუნი — 1846 წ. და პლუტონი —  
1930 წ. ამიტომ იყო, რომ ძველად 7 მნათობზე ლაპარაკობდნენ. ესენი იყვნენ:  
მზე, მთვარე, მერკური (ოტარიდი), ვენერა (ასპიროზი), მარსი (მარიხი), იუპი-  
ტერი (მუშთარი) და სატურნი (ზუალი). იგულისხმებოდა, რომ ყველა მიწის  
გარშემო მიმოიქცეოდა ისევე, როგორც მთვარე.

<sup>2</sup> Centrum, ლათ. — ცენტრი, ex-გან. რაც უფრო დიდი ექსცენტრიციტეტი,  
მით მეტად განსხვავდება სათანადო ელიპსი წრისგან. თუ ელიპსის დიდი ღერძი  
არის  $a$  და მცირე ღერძი  $b$ , ექსცენტრიციტეტი იქნება  $\frac{a-b}{a}$ .

რაც უფრო ახლოა პლანეტი მზესთან, მით უფრო მეტია მისი მზის გარშემო მოძრაობის სიჩქარე (ცხრილი 1). ეს გასაგები იქნება, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ მზესთან მიახლოებისას იზრდება მზისმიერი მიზიდების ძალა და პლანეტის მოძრაობის ენერჯიაც უფრო დიდი უნდა იყოს, რათა იგი მზეზე არ დაეცეს.

ცხრილი 1

პლანეტები და ზოგი მათი ნიშანი

პლანეტი	დაშორება მზესთან (10 <sup>6</sup> კმ)	რადიუსი (კმ)	მასა (მიწასთან შედარებით)	სამკვრივე	მიმოქცევის პერიოდი (წლები)	მიმოქცევის სიჩქარე (კმ/საგ)	თანამგზავრების რიცხვი
მერკური	57,9	2420	0,054	5,48	0,24	47,84	
ვენერა . . .	108,1	6200	0,81	4,86	0,615	35,00	
მიწა . . . .	149,5	6378	1,00	5,52	1,00	29,76	1
მარსი . . . .	227,8	3390	0,107	3,92	1,881	24,11	2
(ასტეროიდები)							
იუპიტერი	777,8	71820	318,36	1,31	11,862	13,06	12
სატურნი	1426,1	60250	95,22	0,68	29,457	9,64	9
ურანი . . . .	2869,1	26700	14,58	1,09	84,015	6,80	5
ნეპტუნი	4495,6	24860	17,26	1,61	164,782	5,43	2
პლუტონი	5929	6500	0,93	5,0(?)	249,73	4,73	

პლანეტების მეტ წილს ახლავს თანამგზავრები: მიწას -- ერთი (მთვარე), იუპიტერს — 12.

მიწის თანამგზავრი, ანუ მთვარე საშუალოდ მიწის 60 რადიუსით არის მიწას დაშორებული. თვით მთვარის რადიუსი დაახლოებით 1738 კმ უდრის, ე. ი. თითქმის 4-კეცად ნაკლებია მიწისაზე. ამის მიხედვით მთვარის მასა 64-კეცად ნაკლები უნდა ყოფილიყო, ვიდრე მიწისა (64 არის 4-ის კუბი), მაგრამ ნამდვილად იგი 81,5-კეცად ნაკლები არის. ეს იმით აიხსნება, რომ მთვარის საშუალო სიმკვრივე მიწის საშუალო სიმკვრივის 0,6 არის მხოლოდ: მთვარე მიწაზე პატარაა და თან მაზედ მსუბუქი შედგენილობაც აქვს.

მთვარე ბრუნავს თავის ღერძზე და მიმოიქცევა მიწის გარშემო. ორივე ამ მოძრაობის პერიოდი ერთი და იგივეა — 27 დღე-ღამე, 7 საათი, 43 წუთი და 11.5 წამი. ამით აიხსნება, რომ მიწისკენ მთვარის ერთი და იგივე მხარე იყურება ყოველთვის. თანამგზავრის მეორე მხარე მეცნიერებისთვის უცნობი იყო, სანამ მისი ფოტოსურათები საბჭოურმა რაკეტებმა არ მოგვაწოდეს.

როგორც აღვნიშნეთ, მიწის და მთვარის ორბიტები დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. თუ მოხდა, რომ მთვარე მიწასა და მზეს შუა მოექცევა, იგი მზეს დაპყრავს მთლიანად ან ნაწილობრივ — მოხდება მზის დაბნელება. სრული ან ნაწილობრივი. თუ, პირიქით, მიწა მოექცა მზესა და მთვარეს შუა, მიწის ჩრდილი მთვარეზე დაეცემა და მთვარის დაბნელებას გამოიწვევს. სრულს ან ნაწილობრივს. ამიტომ ჰქვია ხსენებულ სიბრტყეს ეკლიპტიკა<sup>1</sup>. გასაგებია, რომ მთვარის დაბნელება მხოლოდ სრული მთვარის პირობებში შეიძლება მოხდეს, ხოლო მზისა — ახალი მთვარის პერიოდში, რადგან პირველ შემთხვევაში მიწა მდებარეობს მზესა და მთვარეს შუა, ხოლო მეორე შემთხვევაში მთვარე არის მოქცეული მიწასა და მზეს შუა.

პლანეტების გვერდით მზის სისტემაში აღსანიშნავია ბევრად უფრო პატარა სხეულები, რომელთაც ასტეროიდებს<sup>2</sup> ან პლანეტოიდებს<sup>3</sup> უწოდებენ. ისინიც მზის გარშემო მიმოიქცევიან პლანეტებივით, მაგრამ მათი ორბიტები უფრო წაგრძელებული არიან. მეორე მხრივ, პლანეტებისაგან მათ უწესო, კუთხედი ფორმაც განასხვავებს, რაც სწორედ მათ სიპატარავესთან არის დაკავშირებული. დღეისათვის 1600-ზე მეტი ასტეროიდი არის ცნობილი, ძირითადად მარსსა და იუპიტერს შუა. ფიქრობენ, რომ მათი საერთო რიცხვი შეიძლება 30 000-მდე აღწევდეს. ყველაზე დიდი ასტეროიდის, ცერერის დიამეტრი 770 კმ-ს არ აღემატება.

ყოველთვის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობდნენ უცნაური კომეტები<sup>4</sup>, ანუ კუდიანი ვარსკვლავები: მათი მოულოდნელი გამოჩენა უჩვეულო ამბების, კარგის თუ ცუდის, მომასწავებლად ითვლებოდა. ცრუმორწმუნეებში. კომეტი შედგება თავისგან და ერთი ან რამდენიმე კუდიისგან. მეტად თუ ნაკლებად მანათობელი თავი შეიცავს მყარ ბირთვს, ზომით არა უმეტეს რამდენიმე კილომეტრისა, და კომას<sup>5</sup>. ე. ი. გაზის, მტვრის ან გაზ-მტვრის საბურველს მის გარშემო. მტვერ-

1 „ეკლიპსის“, ბერძნ. — დაბნელება.

2 „ასტერ“, ბერძნ. — ვარსკვლავი; „ეიდოს“, ბერძნ. — შესახედაობა, მსგავსება. ასტეროიდი — ვარსკვლავის მსგავსი.

3 პლანეტი და „ეიდოს“ — პლანეტისმაგვარი.

4 „კომე“, ბერძნ. — თმა.

5 „კომეტეს“, ბერძნ. — გრძელთმიანი (იგულისხმება კული).

გაზეს კული კომეტს მზის მიახლოებისას უჩნდება და მისი სიგრძე შეიძლება არაერთ მილიონ კილომეტრს აღწევდეს.

ზოგი კომეტი პერიოდულია, როგორც, მაგალითად, გალიეის კომეტი, რომელიც ყოველი 76 წლის შემდეგ უბრუნდება მზეს, მაგრამ არის ისეთი კომეტებიც, რომლებიც გაივლიან კი მზის სისტემაში, მაგრამ უკან აღარ ბრუნდებიან. ასე რომ, გაურკვეველი არის, წარმოშობით მზის სისტემას ეკუთვნიან კომეტები, თუ უცხო სტუმრები არიან, რომელთაგან ზოგი მზეს დაუპყრია.

უკეთ არიან ცნობილი შეუღდარებლად უფრო პატარა მეტეორიტიები. როგორც ჩანს, პლანეტთაშორის სივრცეში უამრავი ასეთი სხეული მოძრაობს, სად გაფანტული და სად გუნდურად. მოძრაობს კოსმოსური სიჩქარით. თუ მიწას მოუახლოვდა და ატმოსფეროში შემოიჭრა, ჰაერი მის მოძრაობას წინააღმდეგობას გაუწევს. ძლიერი ხახუნი გამოიწვევს სხეულის გახურებას ისე, რომ იგი ნათებას იწყებს. ესაა ის, რასაც ხალხი მოწყვეტილ ვარსკვლავს უწოდებს. ხშირად ამ მეტეორის გამომწვევი მეტეორიდი ჰაერშივე მიიღევა და მისგან, ასე ვთქვათ, აღარაფერი დარჩება. მაგრამ ზოგი უფრო დიდი მათგანი ჰაერს გაივლის და მიწაზე ეცემა. ამას ეტყვიან მეტეორიტს.

მეტეორიტები ჭერჭერობით მყარი კოსმიური ნივთიერების ერთადერთი სახეა, რომელსაც ადამიანი უშუალოდ ეცნობა. ამიტომ მათ შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს. ამ მიზნით შექმნილია სპეციალური მეცნიერული დისციპლინა მეტეორიტიკა.

ფორმით მეტეორიტი ნამტვრევს წარმოადგენს, კუთხედია (სურ. 6). ქიმები ჰაერში გავლა-გახურების შედეგად მომრგვალებული არის. იმავე მიზეზით ზედაპირი მოლლობილი, მინის ქერქ-გადაკრულია (სურ. 7). ჩვეულებრივ მეტეორიტი სანტიმეტრებით და ნაკლებით იზომება, მაგრამ ცნობილია უჩვეულოდ დიდი მეტეორიტებიც, რომელნიც არაერთ ტონას იწონიან, ასეთი იყო ტუნგუსეთის მეტეორიტი, რომელიც 1908 წელს ჩამოვარდა. სიზოტე-ალანის 1948 წლის მეტეორიტს 100 ტონას ვარაუდობენ. მარტო მისი ნამტვრევების ნაწილი, რომელთა შეკრება მოხერხდა, 35 ტონას იწონის.

მიწაზე დაცემის ადგილას მეტეორიტი, თავისი სიდიდის მიხედვით, ფოსოს ან ორმოს აჩენს, მაგრამ გიგანტური მეტეორიტების შემთხვევაში შესაძლებელია დიდი, კრატერისებური რელიეფის წარმოშობაც. ამის მაგალითია დიაბლოს კრატერი ჩრდილო



ამერიკაში (შტატი არიზონა). ეს არის ძაბრისებური ღებრესია. რომლის დიამეტრი 1207 მეტრს უდრის, და სიღრმე — 174 მეტრს (სურ. 8).

ქიმიურმა შესწავლამ დღემდე მეტეორიტებში 70-მდე ელემენტი დაადგინა. ყველა ცნობილია მიწაზედაც. რაც შეეხება ამ



სურ. 6. მეტეორიტორი მხრიდან: მარცხნივ — მოძრაობის-  
წინა მხარე, მარჯვნივ — უკანა.

ელემენტების ნაერთებს, ე. ი. მინერალებს, მათ შორის არის ისეთებიც, რომელნიც მიწაზე ცნობილი არ არიან (შრეიბერზიტი  $(Fe, Ni)_3P$ , დობრეელითი  $FeCr_2S_4$  და სხ.).

შედგენილობისა და სტრუქტურის მიხედვით მეტეორიტებს რამდენიმე ჯგუფად ჰყოფენ. მთავარი არის რკინა-მეტეორიტები და ქვამეტეორიტები. პირველნი არსებითად ნიკელნარევი რკინისაგან შედგებიან, ხოლო მეორენი ამ მხრივ უახლოვდებიან მაგმურ ფუძე ქანებს; არის ამ ორს შუა გარდამავალი ჯგუფიც. დანალექი ქანების მსგავსი მეტეორიტებში ჯერ არაფერია ნაპოვნი. არის ნახშირბადის ნაერთები, მაგრამ არ ჩანს, რომ ორგანოგენური იყვნენ.



სურ. 7. მეტეორიტი. საყურადღებოა წაგრძელებული ფოსოებით  
დაკედული ზედაპირი.



სურ. 8. მეტეორიტული კრატერი კანიონ დიაბლო (ჩრდი-  
ლო ამერიკაში).

როგორც აღვნიშნეთ, მეტეორიტებს ნამეტრევეების ფორმა აქვთ. ფიქრობენ, რომ ისინი წარმოადგენენ რაღაც პატარა პლანეტის ან ასტეროიდის ნამსხვრევებს. დამსხვრევა პლანეტების ერთმანეთთან დაჯახებას უნდა გამოეწვია ან აფეთქებას. პატარა პლანეტს ატმოსფერო არ ექნებოდა (იხ. ქვემოთ) და გასაგებია, რომ იქ არც დანალექი ქანები არის.

მიწა, როგორც პლანეტი. მზისგან მეტნაკლები დაშორების მიხედვით პლანეტები სამ ჯგუფად იყოფიან: შიგა პლანეტები — მერკურიდან მარსამდე, შუა პლანეტები — იუპიტერი და სატურნი, და გარე პლანეტები — დანარჩენი. პლანეტების სიდიდე შუა პლანეტებიდან ორივე ბოლოსკენ მცირდება.

მიწა, როგორც ერთ-ერთი შიგა პლანეტი, 149,5 მილიონი კილომეტრით არის მზეს დაშორებული (საშუალოდ). ღერძზე მისი ბრუნვის პერიოდი არის ერთი დღელამე (საშუალოდ 23 საათი, 56 წუთი და 4.0905 წამი), ხოლო მზის გარშემო მიმოქცევის — 365,256 დღე-ღამე (აგრეთვე საშუალო).

მიწის ორბიტიც, რა თქმა უნდა, ელიპსური არის და მზე ამ ელიპსის ერთ ფოკუსში იმყოფება. ამიტომ გასაგებია, რომ ამ ფოკუსის მახლობელ ორბიტის ნაკვეთზე არის ერთი წერტილი, რომელიც ორბიტის ყველა წერტილზე უფრო ახლოს მდებარეობს მზესთან (პერიჰელიუმი)<sup>1</sup>, ხოლო მეორე ფოკუსის მხარეზე იქნება მზისგან ყველაზე მეტად დაშორებული წერტილი, აფჰელიუმი<sup>2</sup>. პერიჰელიუმში ყოფნისას, რაც იანვრის 2-ს ხდება, მიწა 4 800 000 კილომეტრით უფრო ახლოა მზესთან, ვიდრე აფჰელიუმში ყოფნისას ივლისში. ამის გამო მზის რადიაცია იანვარში 7%-ით უფრო ინტენსიურია და იანვარი წლის უთბილესი დრო უნდა ყოფილიყო. ასევე ივლისი — უცივესი.

ასეც იქნებოდა, მიწის ღერძი რომ ორბიტის სიბრტყისადმი პერპენდიკულარული ყოფილიყო: მიწის მზისკენ მიქცეული მბრუნავი ზედაპირი მთელი წლის განმავლობაში პოლუსიდან პოლუსამდე იქნებოდა განათებული, ეკვატორზე შვეული სხივებით, ხოლო პოლუსებზე — შემხვებით; გამოიყოფოდა მკაფიო კლიმატური სარტყლები: ძლიერ ცხელი — ტროპიკული, ზომიერი და ძლიერ ცივი — პოლარული; მთელი წლის მანძილზე მეტეოროლოგიური პირობები უცვლელი დარჩებოდა. ერთადერთი ცვლი-

1 „პერი“, ბერძნ. — ახლოს, „ჰელიოს“ — მზე.

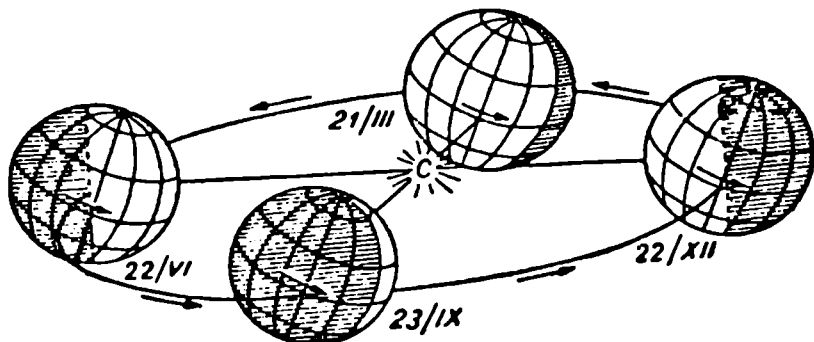
2 „აპო“, ბერძნ. — შორს, „ჰელიოს“ — მზე.

ლება იქნებოდა, რომ იანვარში მიწა მზეს მიუახლოვდებოდა და მცირეოდნად ათბებოდა ყველგან მიწაზე, ხოლო ივლისში ასევე აცივდებოდა.

სინამდვილეში ასე არ არის. მიწის ღერძი დახრილია ორბიტის სიბრტყისადმი კუთხის 66 გრადუსით და 33 მინუტით. თანაც მზის გარშემო მოძრაობისას იგი მუდამ ინარჩუნებს თავის მიმართულებას და პოლუსის ვარსკვლავისკენ იყურება. ამის გამო დეკემბერში მიწის სამხრული პოლუსი არის მზისკენ, ნარტში კი — მიწის მარცხენა მხარე (თუ დამკვირვებელს თავი ჩრდილოეთისკენ აქვს და ორბიტს დაჰყურებს); ასევე ივნისში ჩრდილო პოლუსია მზისკენ და სექტემბერში მიწის მარჯვენა მხარე. შესაბამისად დეკემბრის 22-ს მზის სხივები შვეულად ეცემიან თხარქის ტროპიკზე, სამხრული პოლუსი განათებულია და ჩრდილო პოლუსის ირგვლივ კი პოლუსის წრემდე ჩრდილია (ზამთრის არდადეგი); მარტის 22-ს მზის სხივები შვეულია ეკვატორზე და შემხები ორივე პოლუსზე (გაზაფხულის ბუნიობა); ივნისის 22-ს შვეული კირჩხიბის ტროპიკზე და დამრეცი ჩრდილო პოლუსზე (ზაფხულის არდადეგი); სექტემბრის 23-ს ისევე შვეული ეკვატორზე და შემხები ორივე პოლუსზე (შემოდგომის ბუნიობა); ამგვარად წარმოდგებიან წლის დროს ანუ სეზონები, რომელთა მიმდინარეობა ჩრდილო და სამხრულ ნახევარსფეროში ერთიმეორის საწინააღმდეგოა (სურ. 9). ჰავათა სხვადასხვაობა პოლუსებისაკენ და ეკვატორისაკენ ნაკლებად მკვეთრი არის, ვიდრე ეკლიპტიკისადმი მართობული ღერძის შემთხვევაში იქნებოდა (სურ. 9).

მეორე მხრივ, მიწის განათების პირობების ასეთ ცვლას მზისგან მიღებული სითბოს რაოდენობის მხრივ უფრო დიდი ეფექტი აქვს, ვიდრე მზესთან ზემოხსენებულ მიახლოებას. ამიტომ არის, რომ ჩრდილო ნახევარსფეროში იანვარი მეზობელ თვეებზე უფრო ცივია, მიუხედავად იმისა, რომ ამ დროს მზესთან უფრო ახლო ვართ. ეს კია, მზე რომ ამ დროს უფრო ახლო არ ყოფილიყო, ზამთარი რამდენადმე უფრო მკაცრი იქნებოდა. მსგავსი ანალიზი გვიჩვენებს, რომ სამხრულ ნახევარსფეროში, პირიქით, კონტრასტი ზამთარსა და ზაფხულს შუა უფრო მკვეთრია, რადგან პირველი მზისგან დაშორებას ემთხვევა და მეორე — მასთან მიახლოებას.

როგორ წარმოიშვა მიწა, როგორც მზის სისტემის წევრი. როგორ წარმოიშვა თვით მზის სისტემა, ვარსკვლავები საერთოდ და მათგან შემდგარი გალაქტიკები? ამ დიდ კითხვებზე ამჟამად ერთი რაიმე დამაჯერებელი პასუხი არ არსებობს. ვიცით მხოლოდ, რომ მიწა ორგანიზებული სამყაროს თუმცა პაწია, მაგრამ განუყრელი ნაწილი არის. მის წარსულს, როგორც გათვისებული



სურ. 9. მიწის ღერძის დახრილობა და წლის დროები. წარმოდგენილია მიწის მდებარეობა და გაშუქება ორივე ბუნიობისა (მარტი და სექტემბერი) და არდადეგის (ივნისი, დეკემბერი) დროს.

ციური სხეულისას, 4,5 მილიარდ წელიწადს ვარაუდობენ მიახლოებით.

მეცხრამეტე საუკუნეში დიდი ნდობით სარგებლობდა მზის სისტემის წარმოშობის კანტ-ლაპლასის ჰიპოთეზი ანუ, როგორც ჩვეულებრივ ამბობენ, თეორია. ამ თეორიის საფუძვლები პირველად ცნობილმა ფილოსოფოსმა კანტმა (Kant) მოხაზა მეცხრამეტე საუკუნეში. უფრო გვიან, მაგრამ კანტისგან დამოუკიდებლად იგი ფრანგმა მეცნიერმა ლაპლასმა (Laplace) ჩამოაყალიბა. უკანასკნელის მიხედვით მზის სისტემის საწყისს წარმოადგენდა უზარმაზარი ერთობილი მზე, უაღრესად მზურვალი და ამიტომ გაზებრივი. ეს პირველყოფილი მზე (ვარსკვლავი) ბრუნავდა თავისი ღერძის გარშემო და თან ცივდებოდა და იკუმშებოდა. კუმშვასთან დაკავშირებით ბრუნვის სიჩქარე თანდათან იზრდებოდა და იზრდებოდა ცენტრსგამრიდი ძალაც. უკანასკნელის გავლენით პოლუსები თანდათან უფრო ჩაბრტყე-

ლებული და ეკვატორის ზოლი ამობურცული ხდებოდა. ბოლოს დადგა დრო, როდესაც მზეს ეკვატორულ ზოლში ბრტყელი სარტყელი მოსწყდა, სატურნის სარტყლის მსგავსი. შემდეგ ეს სარტყელი ცალკე ნაკვეთებად დაწყდა და ამ ნაკვეთებიდან პლანეტები განვითარდნენ. ამგვარადვე წარმოიშვა პლანეტებისგან თანამგზავრები.

ამიტომ მდებარეობს ყველა პლანეტი დაახლოებით ერთ სიბრტყეში, ე. წ. ეკლიპტიკის სიბრტყეში; ამიტომ ბრუნავს ყველა თავის ღერძზე ერთი და იმავე მიმართულებით საათის ისრის წინააღმდეგ და ამიტომვე მიმოიქცევიან ისინი მზის გარშემოც იმავე მიმართულებით.

ეს გრანდიოზული და თან მარტივი თეორია დიდი ხნის განმავლობაში უეჭველად დამსახურებული ნდობით სარგებლობდა, მაგრამ მეოცე საუკუნის დასაწყისიდან მანედ თანდათან ხელი აიღეს, რადგან საექვოდ მიიჩნიეს, რომ მზისირგვლივი სარტყლიდან პლანეტების წარმოშობა შეუძლებლად; რადგან მზისა და ზოგი პლანეტის ნივთიერი შემადგენლობა (ოღენობითი) ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და, რაც მთავარია, რადგან მზის ბრუნვის სიჩქარე პლანეტებთან შედარებით ბევრად ნაკლები არის, ვიდრე თეორია მოითხოვს. ეს კია, რომ სხვა უფრო მისაღები თეორია ჭერჯერობით არაფერი ჩანს.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

მოქმნეთ ცაზე დიდი დათვის ვარსკვლავთკრებული (თუ არ იცით, ჰკითხეთ ვისმე). ამ კრებულის მეშვეობით იპოვეთ ჩრდილო პოლუსის ვარსკვლავი. დააკვირდით დიდი დათვის მდებარეობას ჩრდილო ვარსკვლავის მიმართ 2—3 საათის შემდეგ.

იპოვეთ ცაზე რძეული სარბიელი. რა არის ეს? რა არის გალაქტიკა? გარეგალაქტიკა?

როგორია საშუალო მანძილი მიწიდან მზემდე? რა იქნება ეს სინათლეწელიწადთან შედარებით? რამდენ სინათლეწელიწადს უდრის გალაქტიკის ეკვატორული რადიუსი? რა არის მზის სისტემა?

თუ გინახავთ „მოწყვეტილი ვარსკვლავი“? რა არის ეს? რა შედგენილობა აქვს მეტეორიტებს და რა კავშირი შეიძლება ჰქონდეს მას მიწის შედგენილობასთან?

რა არის კომეტი? ასწერეთ. რა არის ასტეროიდები?

ჩამოთვალეთ რიგზე პლანეტები. რა ფორმა აქვს პლანეტების ორბიტებს? მოხაზეთ ელიპსი და აღნიშნეთ მისი ღერძები და ფოკუსები.

რატომ ხედავს ადამიანი მთვარის ერთსა და იმავე მხარეს ყოველთვის? რატომ ხდება მზისა თუ მთვარის დაბნელება მხოლოდ ბადრი მთვარისა და ახალი მთვარის პირობებში? რას უწოდებენ ეკლიპტიკას?

როგორია მზის სიდიდე, სიმკვრივე, ტემპერატურა, შედგენილობა?

როგორია მზის მნიშვნელობა მიწიერი მოვლენებისათვის?

როგორი იქნება ჰავათა განაწილება მიწაზე, ბრუნვის დერძი რომ ეკლიპტიკის მართობული ყოფილაყო? ასწერეთ წლის სეზონების მიმდინარეობა.

## მიწის სამართო რაბზარობა

მიწის ფორმა და სიდიდე. მთელი მზის სისტემა სამყაროსა და ცალკეულ გალაქტიკებთან შედარებით მტკრის მარცვლადაც არ ითქმის. ასევე პაწია არის მიწა მზის სისტემის გვერდით. მაგრამ სულ სხვა იქნება, თუ იმავე მიწას ადამიანის თვალით შევხედავთ. ახლა იგი უზომოდ დიდი გახდება. ათასწლეულების მანძილზე ცივილიზაცია ვითარდებოდა, ადამიანი საკვირველ წარმატებებს აღწევდა, მაგრამ მიწის სულ მცირე ნაწილს იცნობდა მხოლოდ და ის მცირეც თითქმის უსაზღვროდ ეჩვენებოდა. იმის მიხედვით, რაც ენახა, მიწა ადამიანს წარმოედგინა როგორც თვალუწვდენელი ვაკე, აქა-იქ მეტად თუ ნაკლებად მაღალი მთებით მოფენილი და ზღვებით გარემოცული.

მით უფრო საგულისხმოა, რომ ძველი ბერძნების მეცნიერები (ანუ ფილოსოფოსები, როგორც მაშინ ამბობდნენ) უკვე მე-5 საუკუნეში ჩვენ წელთაღრიცხვამდე მივიდნენ დასკვნამდე. რომ მიწის ფორმა სფერული არის. გარდა ზოგი მიწიერი დაკვირვებისა (მაგალითად, ზღვაზე გემის დაშორებისას ჯერ მისი ქვედა ნაწილის მიფარება და შემდეგ ზედასი) ითვალისწინებდნენ მზისა და მთვარის ანალოგიას, ხოლო არისტოტელმა (მე-4 საუკუნე ჩვენ წელთაღრიცხვამდე) გამოიყენა ისეთი საბუთიც, როგორც არის მთვარეზე მიწის ლანდის ყოველთვის რკალური კონტურა მთვარის დაბნელებისას; აღნიშნავდა, რომ ყველა მდებარეობაში წრიული ლანდის მოცემა მხოლოდ სფერულ სხეულს შეუძლიაო.

დღეს მიწის სიმრგვალე ადამიანს უშუალოდ შეუძლია დაინახოს ხელოვნური თანამგზავრიდან (სურ. 10), მაგრამ იმ დროს ასეთი წარმოდგენა სრულიად დაუჭერებელი ჩანდა. მით უფრო: საკვირველია, რომ ამ დღემამ შესაძლებელი გახდა მიწის სიდიდის გაზომვა ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც ბერძენ-რომაელებისათვის მხოლოდ ხმელთაშუა ზღვის ირგვლივ მდებარე ქვეყნები იყვნენ ცნობილი. საქმე ის არის, რომ სფერო ერთი იმ იშვიათ გეომეტ-

რიულ ფიგურათაგანი არის, რომელთა ყოველი, რაგინდ პატარა. ნაწილაკი სრულიად საკმაო არის, რათა მთელი ალვადგინოთ. რაც უფრო პატარაა სფერო, მით უფრო მეტია მისი ზედაპირის სიმრუდე და პირიქით: რაც უფრო დიდია სფერო, მით უფრო



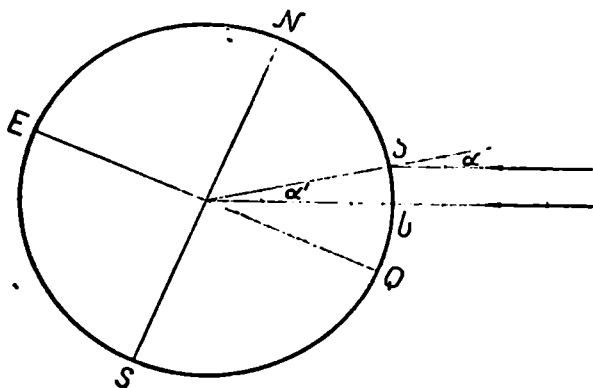
სურ. 10. შიშის ზედაპირის ნაკვეთის ფოტოსურათი, ხელოვნური თანამგზავრიდან გადაღებული (მრავალი ნაწილფოტოს კომბინაცია).

გაშლილი იქნება მისი ზედაპირი, მით უფრო მცირე — მისი სიმრუდე. სიმრუდე კიდევ სათანადო დიდი წრის რადიუსით იზომება. სფეროს დიდი წრის ყოველი რკალის რადიუსი, რაგინდ მცირე იყოს რკალი, სფეროს რადიუსს და, მაშასადამე, თვით სფეროს სიდიდესაც მოგვცემს.

სწორედ ეს ხერხი გამოიყენა უკვე მე-3 საუკუნეში ჩვენ წელთაღრიცხვამდე ბერძენმა მეცნიერმა ერატოსთენმა. მან იცოდა, რომ ეგვიპტის ქალაქები ალექსანდრია და სიენი (დღეს ასუანი) ერთ მერიდიანზე მდებარეობენ. მაშასადამე, მანძილი მათ შუა დიდი წრის რკალს წარმოადგენს. ეს მანძილი სამხედრო შარას ემთხვეოდა და კარგად იყო გაზომილი. გასაზომავი რჩებოდა



რკალის შესატყვისი ცენტრული კუთხე. ეს ამოცანა ერთოსთენმა უალრესად მარტივად და გონებაამახვილურად გადასკრა. მან იცოდა, რომ ზაფხულის არდადეგის დროს (ივნისის 22) სიენში მზის სხივები შვეული არიან. იმავე დღეს ალექსანდრიაში სხივები დახრილი არიან და შვეულთან ჰქმნიან კუთხეს  $\alpha$  (სურ. 11). ადვილი დასანახავია, რომ ორივე შვეული მიწის ცენტრში ჰკვეთს ერთმანეთს და ამგვარად გამოისახება ალექსანდრია-სიენის რკალის ცენტრული კუთხე  $\alpha'$ . რადგან შორეული მზის სხივები ერთმანეთის პარალელურად უნდა მივიჩნიოთ. კუთხეები  $\alpha$  და  $\alpha'$  ტოლი იქნებიან როგორც შესატყვისი კუთხეები.



სურ. 11. მიწის რადიუსის გაზომვა ერთოსთენას მიერ (განმარტება ტექსტში).

ერთოსთენმა გაზომა კუთხე  $\alpha$  და ამგვარად შეიტყო ცენტრული კუთხის და, რაც იგივეა, სათანადო რკალის ზომაც (გრადუსობით). შემდეგ ის-ღა დარჩენოდა, რომ რკალი ალექსანდრია-სიენი  $\alpha$ -ზე გაეყო და მიიღებდა ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძეს. ეს რიცხვი გამრავლებული 360-ზე იქნება მთელი მერიდიანის წრეხაზის სიგრძე, ხოლო, რადგან წრეხაზის სიგრძე უდრის  $2\pi R$ -ს, ადვილი საპოვნია რადიუსის სიგრძეც. აღსანიშნავია, რომ ერთოსთენის მიერ მიღებული რიცხვები მხოლოდ მცირეოდნად განსხვავდებიან თანამედროვე ზუსტი გაზომვების შედეგისაგან.

უფრო გვიან მიწის სფერულობის იდეის კიდევ უფრო შესა-  
ნიშნავი შედეგი იყო ამერიკის აღმოჩენა.

ამგვარად, მიწა რომ სფერულია, დიდი ხანია მტკიცედ არის  
დადგენილი, მაგრამ რატომ არის იგი სფერული, ეს უცნობი  
იყო. მხოლოდ ნიუტონმა მოჰფინა ამ საკითხს შუქი (XVII  
საუკ.). ამ მეცნიერის მიერ აღმოჩენილი მსოფლიო მიზიდების  
ძალა, რომელიც მიზიდველი მასის ცენტრისკენ არის მიმართული,  
მოითხოვს, რომ ნივთიერების ყოველმა დიდმა აგლომერატმა<sup>1</sup>  
სფერული ფორმა მიიღოს. სითხეებისთვის და გაზებისთვის ეს  
თავისთავად ნათელია. მყარ სხეულებს კი თითქო შეუძლიათ რა-  
გინდა რა ფორმა ჰქონდეთ. ამის ნებას მათ სიმტკიცე<sup>2</sup> აძლევს.  
მაგრამ სიმტკიცე უსაზღვრო როდია: დიდი წნევისა და მაღალი  
ტემპერატურის პირობებში ყოველი სხეული მეტ-ნაკლებად პლას-  
ტიური ხდება, განსაკუთრებით, თუ ზემოქმედება ხანგრძლივია.  
აქაც, როდესაც სხეულის მასა მატულობს, იზრდება მიზიდების  
ძალაც, სიმტკიცე კი იგივე რჩება. ძალი დადგება მომენტი, როდე-  
საც მიზიდება სიმტკიცეს გადააჭარბებს და მასას სფერულ ფორ-  
მას მისცემს. ამიტომ არის, რომ პატარა ასტეროიდებს შემთხვე-  
ვითი კუთხედი ფორმა აქვს, ხოლო პლანეტებს — სფერული.

ამას თითქო ეწინააღმდეგება ჩვენი ყოველდღიური დაკვირ-  
ვება: გარშემო ვხედავთ დიდსა და პატარა მალღობებს და მთებს,  
რომელნიც, მიუხედავად სიმძიმის ძალისა, სფეროს არ მორგებიან.  
ამ მოვლენის გაგება ძნელი არ არის. მიწის ზედაპირი რომ მთლი-  
ანად სითხით, მაგალითად, წყლით იყოს დაფარული, იგი სფეროს  
სახეს მიიღებდა. მაგრამ, რაკი მიწის ქერქი მყარი მასალისაგან  
შედგება, მისი ზედაპირი სიმძიმეს ასე აღარ ემორჩილება და არა-  
წონასწორ მდგომარეობას ინარჩუნებს გარკვეულ საზღვრებში.  
მცირე მალღობის შემთხვევაში მისი წონაც მცირეა, მასალის სიმ-  
ტკიცე ამ წონას უძლებს და უსწორმასწორო რელიეფი უცვლელი  
რჩება. მაგრამ მთის სიმაღლემ რომ იმატოს, გაიზრდება, რა თქმა  
უნდა, მისი წონაც და ბოლოს საქმე იქამდე მივიდოდა, რომ მასა-  
ლის სიმტკიცე წონას ვეღარ გაუძლებდა და დაიწყებოდა მთის  
ძირიდან მასის გამოწნევა. ამიტომ მიწაზე მხოლოდ გარკვეული  
სიმაღლის მთებია შესაძლებელი. მთვარეზე, რომელსაც მიზიდე-

1 Agglomerare, ლათ. — შეხროება. „აგლომერატი“ — ხროვა.

2 სიმტკიცე სწორედ ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობას ჰქვია.

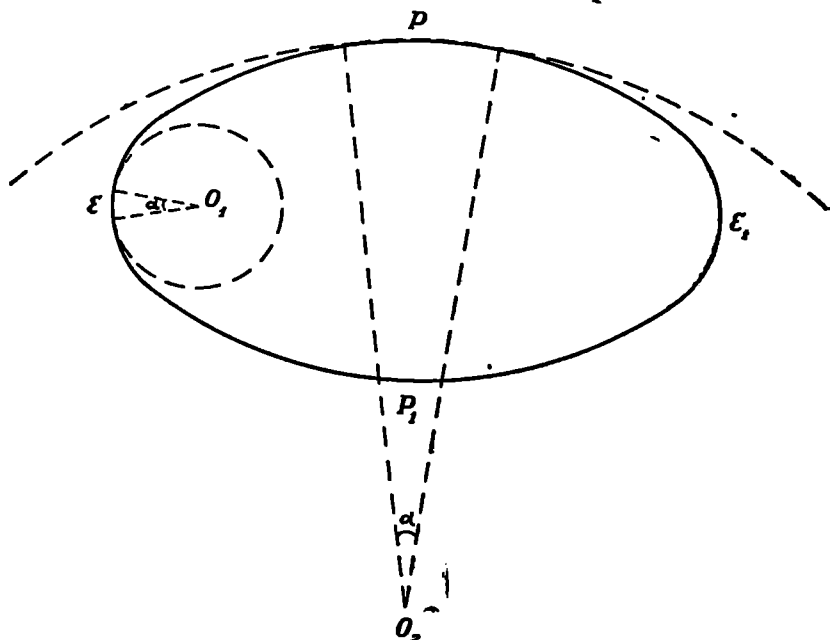
ბის ძალა ნაკლები აქვს, მთების სიმაღლე მეტი შეიძლება ყოფილიყო, თუ სხვა პირობებს არ მივიღებთ მხედველობაში.

ნიუტონმა ახსნა, თუ რატომ არიან მიწა და სხვა ციური სხეულები სფერული, მაგრამ მანვე გამოსთქვა აზრი, რომ მიწა ზუსტად სფერული არ შეიძლება იყოს. მართლაც, მიწა თავის ღერძზე ბრუნავს. ამ მოძრაობამ აუცილებლად უნდა წარმოშვას ცენტრს გამრიდი ძალა, რომელსაც სიმძიმის საწინააღმდეგო მიმართულება ექნება (სიმძიმე ხომ ცენტრისკენი ძალა არის). რადგან ცენტრსგამრიდი ძალა მიწაზე სიმძიმეზე ბევრად ნაკლები არის, სიმძიმეს, ცხადია, ვერ გააბათილებს, მაგრამ გამოაკლდება კი და შეამცირებს. მეორე მხრით, ეს ძალა ყველგან თანასწორი როდია. უდიდესია იგი ეკვატორზე, სადაც ბრუნვის ხაზობრივი სიჩქარე უდიდესი არის, ხოლო პოლუსებისკენ თანდათან კლებულობს და თვით პოლუსებთან ნულს უახლოვდება. ამიტომ ეკვატორზე სიმძიმის დანაკლისი უდიდესი იქნება და სიმძიმის ინტენსიობა — უმცირესი. პოლუსებისაკენ სიმძიმის ინტენსიობა თანდათან იზრდება. რადგან ამის გამო პოლუსზე ნივთიერება უფრო ძლიერად მიიზიდება ცენტრისკენ, იქ მიწის ზედაპირი ცენტრს მიახლოებული, ჩაბრტყელებული უნდა იყოს, ხოლო ეკვატორზე, სადაც ცენტრისკენ მიიზიდება ნაკლებია, ზედაპირი ამოიბურცება.

ამრიგად, მერიდიანის ფორმა იქნება არა წრეხაზი, არამედ ელიპსი, რომლის მოკლე ღერძი დაემთხვევა ბრუნვის ღერძს, ხოლო გრძელი — ეკვატორის დიამეტრს. მიწის ბრუნვისას ეს ელიპსი შემოფარგლავს ფიგურას, რომელსაც ბრუნვითი ელიპსოიდი ეწოდება. მიწის ნამდვილი ფორმა არის არა სფერო, არამედ ელიპსოიდი.

ასეთ მოულოდნელ დასკვნას არ შეიძლებოდა ცხარე კამათი არ გამოეწვია, მაგრამ საბედნიეროდ საკითხი ისეთია, რომ მისი შემოწმება შეიძლება. ადვილი დასაანახავია (სურ. 12), რომ ელიპსური მერიდიანის სიმრუდის რადიუსი უმცირესი იქნება ეკვატორზე, პოლუსებისაკენ მოიმატებს და თვით პოლუსებზე მაქსიმუმს მიაღწევს. ამის გამო მერიდიანის ერთ გრადუსიანი რკალის სიგრძე ყველა განედზე თანასწორი არ იქნება, როგორც სფეროს შემთხვევაში უნდა ყოფილიყო: ეკვატორზე იგი ნაკლები უნდა იყოს, პოლუსებისკენ — მეტი.

საფრანგეთის მეცნიერებათა აკადემიამ სამი ექსპედიცია გამოჰყო. ერთს უნდა გაეზომა მერიდიანის ერთგარდუსიანი რკალის სიგრძე სამხრულ ამერიკაში ეკვატორთან, მეორეს—თვით საფრანგეთში საშუალო განედების პირობებში და მესამეს—ჩრდილო განედებში, ლაპლანდში.



სურ. 12. ს ი მ რ უ ღ ე.  $\epsilon\epsilon_1$  ელიპსის დიდი ღერძი არის,  $PP_1$ —პატარა- $P$ -ში ელიპსის სიმრუდე (მოდულულობა) უმცირესია. აქ რომ ელიპსს დამთხვეული წრეხაზი გავატაროთ, მისი ცენტრი იქნება  $O_2$ . სათანადო რადიუსი გამოხატავს წვეტილი ხაზით გატარებული დიდი წრის სიმრუდეს საერთოდ და ელიპსისას წერტილ  $P$ -ში. ასევე ელიპსს დამთხვეული წრეხაზი  $\epsilon$ -ში რომ გავავლოთ, მისი ცენტრი იქნება  $O_1$  და რადიუსი სათანადოდ პატარა: სიმრუდე დიდია და სიმრუდის რადიუსი პატარა. კუთხეები  $\alpha$  და  $\alpha_1$  თანასწორია აღებული, მაგრამ შესატყვისი რკალი მით უფრო დიდია, რაც უფრო მცირეა სიმრუდე.

ჩატარებულმა გაზომვებმა სავსებით დაადასტურეს ნიუტონის შეხედულება. ეს, ცხადია, იმას არ ნიშნავს, რომ მიწის სფერულობა უარყოფილ იქნა. მიწა სფერო არის, მაგრამ ამ სფეროს ბრუნვის გამო დეფორმაცია განუცდია დეფორმაციის

სიდიდე სიმძიმისა და ცენტრსგამრიდი ძალების წონასწორობის გამომხატველია. მიწის ბრუნვა რომ აჩქარდეს, პოლუსების ჩაბრტყელება და ეკვატორის გამობურცვა მოიმატებს, ბრუნვის შენელება საწინააღმდეგო ეფექტს გამოიწვევს.

მიწის ელიპსოიდური დეფორმაციის ერთერთი შედეგი არის, რომ მიწის სფეროს ცენტრი, ამ სიტყვის გეომეტრიული გაგებით, არა აქვს. ის, რასაც მიწის ცენტრს ვუწოდებთ, არის მხოლოდ ელიპსური მერიდიანის ორი ღერძის გადაკვეთის წერტილი, ან, სხვა სიტყვებით, ბრუნვის ღერძისა და ეკვატორის დიამეტრის გადაკვეთის წერტილი. ეს წერტილი იქნება მიწის სიმძიმის ცენტრი, თუ მივიჩნევთ, რომ მასების განლაგება შიგნეთში ამ წერტილის მიმართ სიმეტრიულია. ყოველ შემთხვევაში ასე იქნება წონასწორობის პირობებში.

მიღებულია, რომ მიწის ცენტრისა და ზედაპირის რომელიმე წერტილის შემაერთებელ ხაზს რადიუსი ვუწოდოთ. ცხადია, ეს რადიუსები თანასწორი არ იქნებიან. პოლუსური რადიუსი  $R_p$  უდრის 6356,912 კმ, ხოლო ეკვატორული  $R_e$  — 6378,388 კმ-ს. სხვაობა ეკვატორული რადიუსის სასარგებლოდ იქნება 21,476 კმ. აქედან ჩანს, რომ მიწის ჩაბრტყელება, ანუ ექსცენტრიცი-

ტეტი თუ მას განვსაზღვრავთ როგორც  $\frac{R_e - R_p}{R_e}$ , უდრის 1:297-ს. 30-სანტიმეტრიანი რადიუსის მქონე გლობუსზე ეს ჩაბრტყელება დაახლოებით მილიმეტრი იქნება, ე. ი. პრაქტიკულად შეუმჩნეველი დარჩება.

ამგვარად, გაგებული მიწის ელიპსოიდი ორღერძიანი ელიპსოიდი არის. მისი ღერძი იქნება ბრუნვის ღერძი, ხოლო მეორე — ეკვატორის დიამეტრი. თვით ეკვატორი წრიული იგულისხმება. ეს არის საერთოდ მიღებული შეხედულება, მაგრამ ზოგი მკვლევარი გამოსთქვამს აზრს, რომ არც ეკვატორი არის წრეხაზი, ისიც ელიპსია. ასეთ შემთხვევაში სამღერძიანი ელიპსოიდს მივიღებთ: ერთი ღერძი იქნება ბრუნვის ღერძი, მეორე — ეკვატორული ელიპსის დიდი ღერძი და მესამე — მისივე მცირე ღერძი.

რაკი ვიცით მიწის რადიუსის სიდიდე, ძნელი არ არის მიწის ზედაპირის ფართობისა და მისი მოცულობის გამოთვლა. ამის საშუალებას გვძლევს ფორმულები  $4\pi R^2$  და  $\frac{4}{3}\pi R^3$ . მაგრამ სინამდვილეში ზომ მიწა ელიპსოიდია და მის უამრავ „რადიუსებს“

სხვადასხვა სიდიდე აქვს. ამიტომ გამოანგარიშება გაცილებით უფრო რთული საქმეა. ზემოხსენებული მარტივი ფორმულების გამოყენება მაინც შეიძლება, თუ მიწის საშუალო რადიუსს ავიღებთ, ოღონდ ეს იქნება არა მიწის დიდი და მცირე რადიუსის არითმეტიკული საშუალო, არამედ მიწის ელიპსოიდის თანატოლი სფეროს რადიუსი. თანამედროვე გაზომვების მიხედვით მიწის საშუალო რადიუსი უდრის 6372 კმ, მიწის ზედაპირის ფართობ- არის  $5101.10^5$  კმ<sup>2</sup>, ხოლო მოცულობა —  $1083.10^9$  კმ<sup>3</sup>.

მყარი მიწის ზედაპირი, როგორსაც მას ხმელეთზე ვხედავთ, ძლიერ უსწორმასწორო არის და ვერც სფეროს, ვერც ელიპსოიდის ზედაპირად ვერ ჩაითვლება, თუ ეს უსწორმასწორობა არ უგულვებელყავით. მაგრამ მიწის ზედაპირის თითქმის სამი მეოთხედი წყლით არის დაფარული, იქ მუდმივი რამ უსწორმასწორობა არ არის და მიწის ელიპსოიდის ზედაპირის ფიზიკურ გამოხატულებად სწორედ ის ითვლება. იგულისხმება ოკეანის საშუალო ზედაპირი ღელვის, მიმოქცევისა და სხვა მისთანათა გამორიცხვით. ამ ზედაპირის კონტინენტებზე გასავრცელებლად წარმოდგენენ ხმელეთზე გაჭრილს და ოკეანებთან შეერთებულ ვიწრო არხებს, — წყლის ზედაპირი იქაც ელიპსოიდის იქნება.

მაგრამ მიწის ელიპსოიდის სწორი გამოხატულება არც ეს არის. ოკეანის ზედაპირი ზუსტად ელიპსოიდი მაშინ იქნებოდა, მთელი მიწა რომ წყლით ყოფილიყო დაფარული და მიწის შიგნეთშიც მასთან განაწილება — არსებობდა წონასწორი. სინამდვილე კი ის არის, რომ მიწის ზედაპირზე მაღალი კონტინენტები არის გაფანტული, ამ კონტინენტების მასა ოკეანის წყალს თავისკენ იზიდავს და ამის გამო ოკეანის ღონე კონტინენტებთან მიახლოებისას მეტად ან ნაკლებად ამალღებული არის, ელიპსოიდი დეფორმებულია. წარმომდგარია სხეული, რომლის ზედაპირი არც სფეროსია და არც ელიპსოიდის და რომელსაც გეოიდს უწოდებენ. გეოიდი არ არის რომელიმე წესიერი გეომეტრიული ფიგურა. მისი ფორმა მიწის ზედაპირზე და შიგნეთში მასათა განაწილების გამოხატულია და სპეციფიკურია მიწისათვის. კიდევ მეტი: რადგან გეოლოგიური დროის მანძილზე მასათა ეს განაწილება მუდმივ იცვლება, ცვალებადია დროში გეოიდის ფორმაც.

გეოდეზიისთვის გეოიდს ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან გეოიდის ზედაპირი ყველგან და ყოველთვის შევუთლი ხა-

ზის მართობული არის და მისი დადგენა ზუსტად შეიძლება. განსხვავება ელიპსოიდსა და გეოიდს შუა სიდიდით ძლიერ მცირეა, ათეული მეტრებით იზომება.

გრავიტაცია. მიწა, როგორც ყოველი ნივთიერი სხეული, მიზიდების ცენტრი არის. ყოველი მოვლენა, მიწის ზედაპირზე თუ მის ქვეშ, მიწისმიერი მიზიდების გარემოში ანუ, სხვა სიტყვებით. მიწის გრავიტაციულ<sup>1</sup> ველში მიმდინარეობს. ყველა გეოლოგიური პროცესიც, რომლებზედაც შემდეგ გვექნება ლაპარაკი, სიმძიმის ძალით წარიმართება: კლდიდან მოწყვეტილი ქვის დაგორება. ზვავები და მეწყრები, ჰაერის მოძრაობა და ქარი, წყლის დინება მიწის ზედაპირზე თუ მიწასქვეშ, მყინვარების დინება, წყლის მოძრაობა ზღვაში და სხვა მრავალი — ყველა სიმძიმის კონტროლს ექვემდებარება. თითოულზე სათანადო ადგილას გვექნება ლაპარაკი, ახლა კი ზოგიერთ საერთო ხასიათის საკითხს უნდა მივაქციოთ ყურადღება.

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ პლანეტების, და მათ რიცხვში მიწის, სფერული ფორმა გრავიტაციის შედეგი არის. იმავე გრავიტაციას უნდა ვუმაღლოდეთ, რომ მიწას გაზებრივი ატმოსფერო აქვს. მართლაც, გაზის ყოველი ნაწილაკი (მოლეკული, იონი) სხვადასხვა მიმართულებით მოძრაობს, მოძრაობს მიწის საწინააღმდეგო მიმართულებითაც და ასეთ პირობებში ჰაერი თანდათან უნდა გაფართოებულყო და გაფანტულიყო. გრავიტაცია ამას ეწინააღმდეგება: თითოულ ნაწილაკს მიწა თავის ცენტრისკენ იზიდავს და გაცილების საშუალებას არ აძლევს. იმის მსგავსი ხდება, რაც ზევით გასროლილი ქვის შემთხვევაში: საწინააღმდეგოდ წამართული გრავიტაცია ქვის სიჩქარეს თანდათან ამცირებს, ბოლოს ქვა შეჩერდება და უკან წამოვა მიწისკენ.

ასევეა ჰაერის ნაწილაკებიც. ისინი დიდი სიჩქარით მოძრაობენ, თან ერთმანეთს ეჯახებიან და მიმართულებას იცვლიან ყოველ წამს (უკეთ რომ ვთქვათ, მრავალჯერ ყოველ წამში). ამის გამო შორს ვერ წავლენ. მაგრამ რომელიმე განაპირა ნაწილაკი, რომელიც მიწის საწინააღმდეგო მიმართულებით მოძრაობს, შეიძლება სხვა ნაწილაკს აღარ შეხვდეს და დაუბრკოლებლივ გაცილდეს მიწას სამუდამოდ. ამას აადვილებს ის გარემოებაც, რომ ატმოსფეროს ზედა ნაწილში ჰაერი ძლიერ გაიშვიათებულია და და-

1 Gravitاس, ლათ. — სიმძიმე.

ჯახების ალბათობა თანდათან უფრო მცირეა. თუ ასე არ მომხდარა და ატმოსფერო არ გაფანტულა, მხოლოდ იმიტომ, რომ გაზის ნაწილაკსაც გრავიტაცია აბრუნებს უკან ისევე, როგორც ზევით-კენ გასროლილ ქვას.

მაგრამ ამისთვის საჭიროა, რომ ნაწილაკზე მოქმედი სიმძიმის ძალა მეტი იყოს, ვიდრე ნაწილაკის მოძრაობის ენერგია (კინეტიკური ენერგია). თუ ნაწილაკის სიჩქარე იმდენად დიდია, რომ მისი მოძრაობის ენერგია სიმძიმისას აღემატება, მიწის მიზიდება მას უკან ვეღარ დააბრუნებს. იმ სიჩქარეს, რომელიც ამისათვის კმარა, გასხლტომის სიჩქარე ჰქვია. მიწის ზედაპირზე გასხლტომის სიჩქარე უდრის 11 კმ/სეკ. ამისათვის, რომ რაკეტი მიწას გასცილდეს, მისი სიჩქარე ამდენი ან ამაზე მეტი უნდა იყოს.

გაზის ნაწილაკების სიჩქარე სხვადასხვაა. კერძოდ, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა, მით უფრო მეტია სიჩქარე და უფრო მოსალოდნელია გაზის გაბნევა. მეორე მხრით, სიჩქარე დამოკიდებულია ნაწილაკის მასაზედაც: დაჯახებათა შედეგად მსუბუქი ნაწილაკები უფრო ჩქარა მოძრაობენ, ვიდრე მძიმეები. ამიტომ მძიმე ნაწილაკები უფრო მტკიცედ არიან მიწასთან დაკავშირებული.

აეროლოგებმა<sup>1</sup> შენიშნეს, რომ ატმოსფეროს ზედა ფენებში გაზი ჰელიუმში ბევრად ნაკლები არის, ვიდრე მოსალოდნელი იყო. ამას იმით ხსნიან, რომ ჰელიუმში ძლიერ მსუბუქი გაზია, დიდი სიჩქარე აქვს და მიწას უსხლტება, იფანტება. მაშასადამე, მიწის გრავიტაცია კიდევ არ კმარა, რომ ატმოსფეროს გაფანტვა სავსებით აღკვეთოს.

სხვადასხვა პლანეტის შემთხვევაში გრავიტაციაც, თქმა არ უნდა, სხვადასხვაა. იგი დიდია დიდი პლანეტისათვის, რომელსაც დიდი მასა აქვს, და პატარაა პატარისათვის. მაგალითად, მთვარის მასა იმდენად პატარაა, რომ მისი მიზიდება გაზს ვერ დააბამდა. ამიტომ არის, რომ მთვარის გარშემო ატმოსფერო არ არის ან თითქმის: ვერ დაუჭერია მთვარეს და გაფანტულა.

გრავიტაციამ შესაძლებელი გახადა მიწის მასის და სიმკვრივის გაზომვა. ნიუტონის კანონის თანახმად, რომელიმე სხეულის წონა მიწის ზედაპირზე  $p$  პროპორციულია სხეულის მასის  $m$ ,

<sup>1</sup> აეროლოგია („აერ“, ლათ. — ჰერი) ჰქვია მეცნიერებას, რომელიც შეისწავლის ატმოსფეროს.



გამრავლებულის მიწის მასაზე  $M$  და მიწის რადიუსის კვადრატზე

გაყოფილის:  $p = k \frac{mM}{R^2}$ . ამ ფორმულაში  $k$  არის კოოპორაციუ-

ლობის კოეფიციენტი, ე. ი. უდრის ძალას, რომლითაც წერტილში მოთავსებული ერთი გრამ-მასა მიიზიდავს მეორე ასეთ-სავე გრამ-მასას ერთი სანტიმეტრის მანძილზე. ასეთ შემთხვევაში  $m=1$ ,  $M=1$  და  $R=1$ . ფორმულა მიიღებს სახეს  $p=k$ . ეს სი-დიდე უკვე XVIII საუკუნეში გაზომა ინგლისელმა ფიზიკოსმა კავენდიშმა. შემდეგში დაზუსტებული იგი უდრის  $9,67 \cdot 10^{-8}$  CGS-სისტემაში.

ამის შემდეგ მიწის მასის გაზომვა მარტივი რამე შეიქმნა. მართლაც, ვთქვათ, რაიმე სხეულს ვწონით ზამბარაკიან სასწორ-

ზე<sup>1</sup>. ზემოთ მოცემული ფორმულის თანახმად  $M = \frac{PR^2}{km}$ . განტოლე-

ბის მარჯვენა ნაწილში  $R$  ცნობილია,  $k$  ცნობილია,  $m$  ადვილად გაიზომება ( $1 \text{ cm}^3$  წყალთან შედარებით) და რჩება გასარკვევი მხოლოდ  $p$ , ე.ი. სხეულის წონა. მაშასადამე, ამ სხეულის ზამბარაკიანი სასწორით აწონვა გვაძლევს მიწის მასას  $M$ . ამგვარად, რაკი  $k$  ცნობილია, რაიმე სხეულის ზამბარაკიანი სასწორით (დინამომეტრით) აწონა მთელი მიწის აწონასაც ნიშნავს.

ასეთნაირად გაზომილ იქნა მიწის მასა. რაკი მიწის მოცულობა ადრევე ცნობილი იყო, გამოირკვა მიწის სიმკვრივეც, ე. ი. მასა გაყოფილი მოცულობაზე. ეს სიმკვრივე მთელი მიწის საშუალო სიმკვრივე იქნება და უდრის 5,52.

ეს რიცხვი უადრესად საგულისხმოა. მართლაც, მიწის გარე ნაწილის, ანუ ქერქის (იხ. შემდეგ) შემადგენელი ნივთიერების სიმკვრივე, აგრეთვე საშუალო, უშუალოდ არის გაზომილი და უდრის საკმაო მიახლოებით 2,7-ს. ეს იმას ნიშნავს, რომ, რაკი მთელი მიწის სიმკვრივე თითქმის ორკეცად მეტი არის, მიწის შიგნეთი უფრო მძიმე მასალისგან უნდა იყოს აგებული და თანაც იმისათვის, რომ მთელი მიწის საშუალო 5,52 გამოვიდეს, შიგნეთის სიმკვრივე ამაზედაც მეტი უნდა იყოს. ანგარიშობენ სხვადასხვა ვარაუდის მი-

<sup>1</sup> ზამბარაკიანი სასწორი ანუ დინამომეტრი რელაურად ზომავს სიმძიმის ძალას. უდლიანი სასწორი ადასტურებს მხოლოდ წონათა თანასწორობას, ხოლო მათ სიდიდეზე არაფერს გვეუბნება.

ხედვით, რომ მიწის ცენტრთან სიმკვრივე 11-მდე უნდა აღწევდეს. მერე როგორ?

ზოგნი ფიქრობდნენ, რომ, რადგან შიგნეთში ზედა ფენების დაწოლის გამო უზარმაზარი წნევა ვითარდება, ნივთიერება იქ ძლიერ შეკუმშული იქნება და ამიტომ არის ცენტრისკენ სიმკვრივე უფრო და უფრო დიდო.

სხვების აზრით მ ა რ ტ ო წნევა ასეთ სიმკვრივეს ვერ ახსნის. სინამდვილე ის უნდა იყოს, რომ მიწის შიგნეთის ნივთიერი შემადგენლობა სხვა არის, ვიდრე ქერქის: იქ უფრო მძიმე ელემენტებია. კერძოდ, მიწის გული ძირითადად ნიკელ-რკინისაგან უნდა შედგებოდესო. ასეთ წარმოდგენას თითქო ადასტურებს, ერთი მხრით, ის გარემოება, რომ ფუძე და ულტრაფუძე ქანებს, რომელნიც ძირითადად ქერქსქვეშედან უნდა იყვნენ მოსული, სიმკვრივე 2,7-ზე მეტი აქვთ, და მეორე მხრით ის, რომ მეტეორიტების მთავარი ნაწილის შემადგენელი სწორედ ნიკელნარევი რკინა არის: მეტეორიტებს ხომ რალაც პლანეტის თუ პლანეტების ნამსხვრევებად სთვლიან და გულისხმობენ, რომ მიწაც იმ პლანეტების მსგავსად უნდა იყოს აგებული.

მიწის ფორმა ხომ გრავიტაციის შედეგი არის და იგივე გრავიტაცია განსაზღვრავს ნივთიერების განაწილებას მიწას შიგნით. ეს ნივთიერება მიწის ცენტრისკენ მიიზიდება და, რაც უფრო მკვრივია იგი, — მით მეტი ძალით. ამის გამო უფრო მკვრივი ნივთიერება მეტად მიუახლოვდება ცენტრს და ნაკლებ მკვრივს ზევითკენ გამოდევნის. მიწის გულში უფრო მძიმე მასალა დაბინავდება, შუალედში ნაკლებ მძიმე და კიდევ უფრო მსუბუქი — ქერქში. მიწის შიგნეთი რომ მდნარი იყოს, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, ნივთიერების ასეთი განაწილება ადვილად მოხდებოდა და კარგი წონასწორობა დამყარდებოდა. მყარ მიწაში გ რ ა ვ ი ტ ა - ც ი უ ლ ი დ ი ფ ე რ ე ნ ც ი ა ც ი ა , როგორც ამ პროცესს უწოდებენ, შეუღარებლად უფრო ნელი იქნება, მაგრამ მაინც მოხდება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, რალაც დენადობა მყარ ნივთიერებასაც აქვს, განსაკუთრებით მაღალი ტემპერატურის პირობებში, და დიფერენციაცია აქაც იწარმოებს, თუმცა უკიდურესად ნელა. წონასწორობაც სრული ვერ დამყარდება და, რაც მოხერხდება, იმისათვისაც ასეულ მილიონობით წლები იქნება საჭირო.

სიმძიმის ინტენსივობა შეიძლება გაიზომოს იმ აჩქარებით, რომელსაც ეს ძალა აძლევს სხეულს ვარდნის პროცესში.

მიწა რომ სფერული იყოს და უძრავი, ეს აჩქარება მიწის ზედაპირზე ყველგან ერთგვარი იქნებოდა. ელიპსოიდური და ისევე უძრავი მიწის შემთხვევაში აჩქარება (და, მამასადაამე, სიმძიმის ინტენსივობა) უმცირესი იქნებოდა ეკვატორზე და უდიდესი პოლუსზე, რადგან ეკვატორის წერტილი უფრო დაშორებული იქნება ცენტრს, ვიდრე ყოველი სხვა წერტილი ზედაპირზე და განსაკუთრებით კი პოლუსი. სფერული, მაგრამ ღერძზე მბრუნავი მიწის ზედაპირზე აჩქარება უმცირესი იქნება ეკვატორზე და უდიდესი პოლუსზე, რადგან ცენტრსგამრიდი ძალა, რომელიც სიმძიმეს აკლდება, უდიდესია ეკვატორზე და უმცირესი — პოლუსზე. ეს ორი ფაქტორი — ცენტრიდან დაშორება და ცენტრსგამრიდი ძალა — ერთისა და იმავე მიმართულებით მოქმედებს და მბრუნავი ელიპსოიდური მიწისათვის სიმძიმის ინტენსივობის ცვლა ეკვატორიდან პოლუსამდე საკმაოდ დიდი არის: სიმძიმის აჩქარება  $g$  ეკვატორზედ უდრის  $978 \text{ cm/sec}^2$ , ხოლო პოლუსებზე —  $985 \text{ cm/sec}^2$ . თბილისში  $g = 980$ .

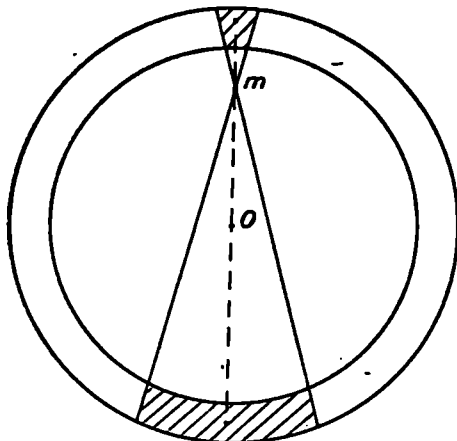
ამასთან დაკავშირებით ბუნებრივი იქნება მოვინჯოთ, თუ როგორია სიმძიმის ძალის ინტენსივობის განაწილება მიწის შიგნით.

პირველი შეხედვით შეიძლება გვეფიქრა, რომ, რაც უფრო ვუახლოვდებით მიწის შიგნით ცენტრს, მით უფრო დიდია მიწის შიგნით ძალა. ამას თითქო გვიკარნახებს ნიუტონის კანონი: მანძილი თუ ორკეცად შემცირდა, ძალა ოთხკეცად უნდა გაიზარდოს. მაგრამ არ უნდა დავივიწყოთ, რომ კანონი ჰგულისხმობს, რომ მთელი მიმზიდველი მასა ერთიანად ცენტრშია თავმოყრილი. ასტრონომიაში ასეთი დაშვება სავსებით გამართლებული არის: მანძილი ციურ სხეულებს შუა იმდენად დიდია, რომ თვით ციური სხეული თამამად შეგვიძლია წერტილად მივიჩნიოთ. ადვილი დასამტკიცებელია, რომ კანონი ძალაში რჩება, თუ მიმზიდველი მასები დაახლოებული არიან, მაგრამ მაინც მთლიანად ერთმეორის გარეთ მდებარეობენ, მაგრამ როგორი იქნება მდგომარეობა იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწაშივე მოთავსებული ნივთიერებების მიწის მიერ მიზიდებასთან გვაქვს საქმე?

წარმოვიდგინოთ მიწის კრილი დიდი წრის, ვთქვათ, მერიდიანის გასწვრივ (სურ. 13). იყოს  $M$  სანებური ნივთიერი ნაწილაკი ამ კრილზე მიწის შიგნით. გავატაროთ მიწის ცენტრიდან წრეხაზი ამ ნაწილაკსა და ზედაპირს შუა. მივიღებთ სფერულ ფენას, რო-

მელიც ცენტრიდან მთლიანად ნაწილაკ III-ის გარეთ მდებარეობს.

გავატაროთ ახლა III-ში ორი ერთმანეთის გამკვეთი სიბრტყე. ნახაზზე ეს მოგვეცემს ორ გამკვეთ ხაზს, ხოლო ზემოხსენებული ფენა გაიყოფა 4 ნაკვეთად. შევჩაჩეროთ ყურადღება 2 დაშტრიხულ ნაკვეთზე, თუ მათ პროპორციულ სისქესაც მივცემთ ნახაზის მართობულად, მივიღებთ ორ მასას, რომელნიც III-ს იზიდავენ ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ერთი ზევით და მეორე ქვევით (ნახაზზე). ზედა ნაკვეთისმიერი მიზიდება ნაკლები



სურ. 13. ს ი მ ძ ი მ ე მ ი წ ი ს შ ი გ ნ ი თ (განმარტება ტექსტში).

იქნება, რადგან ნაკლებია მისი მოცულობა და მასაც. მაგრამ იმავე დროს ეს მიზიდება მეტი იქნება, რადგან მცირეა ნაკვეთის დაშორება III-დან. გეომეტრიულად ადვილი დასამტკიცებელია, რომ ზედა ნაკვეთის მასა სწორედ იმდენად არის ნაკლები ქვედა ნაკვეთის მასაზე, რამდენადაც ქვედა ნაკვეთის სიმძიმის ცენტრის III-სგან დაშორების კვადრეტი მეტია ზედა ნაკვეთის ცენტრის დაშორების კვადრატზე. ამგვარად, ზევითკენ

მიზიდება იმდენადვე მეტია მანძილის სიმცირის გამო, რამდენადაც ნაკლებია მასის მიხედვით: ზევითკენ და ქვევითკენ მიზიდება ერთიმეორის ტოლია და ერთიმეორეს აბათილებს.

ასევე აბათილებს ერთმანეთს დანარჩენი ორი ნაკვეთისმიერი მიზიდება და ადვილი დასანახავია, რომ ზემოთაღნიშნული გაგებით ნაწილაკს გარეთ დარჩენილი მთელი კონცენტრული ფენის მიერ ნაწილაკის მიზიდება ნულს უდრის. ნაწილაკს მხოლოდ „შიგნით“ დარჩენილი მასა იზიდავს: გრავიტაციული თვალსაზრისით გარე ფენა თითქოს არც არსებობდეს. რაც უფრო ღრმად ჩავიწვეთ მიწაში, მით უფრო ნაკლებია მიმზიდავი მასა და მიზიდების (ამ შემთხვევაში სიმძიმის) ძალა მიწის ცენტრში, სადაც

სიმძიმე თითქო უზარმაზარი უნდა ყოფილიყო, მისი ინტენსივობა ნულს უდრის. იქ ნივთიერ სხეულს წონა არ ექნება.

ამგვარად, მიწის სიღრმეში გასათვალისწინებელია ორი მოვლენა: სიმძიმის ინტენსივობის ზრდა ცენტრთან მიახლოების გამო და იმავე ინტენსივობის კლება მიწისძვრის წესის კლების შედეგად. პირველ ხანად ცენტრთან მიახლოების ეფექტი ქარბობს, გარკვეულ სიღრმემდე სიმძიმის ინტენსივობა იზრდება. მაგრამ მალე მასის კლების გავლენა გადაამეტებს და იწყება სიმძიმის კლება, სანამ ცენტრში ინტენსივობა ნულს არ გაუტოლდება.

ცხრილი 2

სიმძიმეული აჩქარება და წნევა მიწის შიგნით  
(მაგნიტკის მიხედვით)

სიღრმე (კმ)	სიმძიმეული აჩქარება (სანტ/სეკ <sup>2</sup> )	წნევა ბარობით <sup>1</sup>
0	982	—
33	985	9000
400	997	136000
800	999	300000
1200	991	490000
1800	985	780000
2900	1037	1370000
4000	762	2390000
5000	452	3120000
6000	126	3480000
6370	0	3510000

როგორი იქნება ცენტრში წნევა? შეიძლებოდა გვეფიქრა, ისიც ნულიო, რადგან იქ გრავიტაცია ნულია. მაგრამ, რა თქმა უნდა, არა. წნევას რომელიმე წერტილში ზევით მდებარე ფენების სიმძიმე იწვევს და ფენების სვეტის სიმაღლე ყველაზე მეტი სწორედ ცენტრში იქნება. იქ არის წნევის მაქსიმუმი. მხოლოდ ეს კია, რომ წნევის ზრდა ზედაპირიდან ცენტრისკენ სიღრმის მარტივად პროპორციული არ არის. რადგან წნევა სიმძიმეზედ არის დამოკიდებული, მისი გაანგარიშება სიღრმეში სიმძიმის ცვლის ცოდნას მოითხოვს და ძლიერ რთულია. ანგარიშობენ, რომ ცენტრში წნევა 3,5 მილიონი ატმოსფეროს რიგისა უნდა იყოს.

გეოთერმია. ცნობილია, რომ მიწის ზედაპირის და ჰაერის ტემპერატურა ძლიერ ცვალებადი არის. იცვლება დღე-ღამეში.

<sup>1</sup> ბარი წნევის ერთეული არის. უდრის 10<sup>6</sup> დინს, ე. ი. დაახლოებით ერთ ატმოსფეროს.

იკვლება წლის განმავლობაში და უფრო დიდ პერიოდებშიც; იგი დღე უფრო მაღალი არის, ვიდრე ღამე, ზამთარში უფრო დაბალი, ვიდრე ზაფხულში. ეს სრულიად ბუნებრივია, თუ მზის სითბოს მივიღებთ მხედველობაში. მაგრამ რა ხდება ამ მხრივ მიწის ზედაპირს ქვეშ, ეს დიდი ხნის განმავლობაში უცნობი იყო.

როდესაც XVII საუკუნეში პარიზის ასტრონომიული ობსერვატორია ააგეს, მიწას ქვეშ სარდაფში თერმომეტრი დაჰკიდეს. გავიდა დრო და ყურადღება მიაქციეს, რომ იგი სულ ერთსადაიმავე ტემპერატურას აღნიშნავდა. ეგონათ, იარაღი გაფუჭებულიაო, მაგრამ სხვა თერმომეტრმაც იგივე აჩვენა. დაიწყო გამოკვლევა.

აღმოჩნდა, რომ, რაც უფრო მეტად ჩავიწევთ მიწაში, მით უფრო ნაკლებია ტემპერატურის ცვალება და გარკვეულ სიღრმეზე ტემპერატურა უცვლელი რჩება დღე და ღამე. მხოლოდ ზაფხულის ტემპერატურა აღემატება ისევ ზამთრისას, მაგრამ ისიც ნაკლებად, ვიდრე ზედაპირზე. კიდევ უფრო ღრმად ეს განსხვავებაც შემცირდება და ბოლოს ტემპერატურა ზამთარ-ზაფხულაც უცვლელი გახდება.

ასეა ყველგან მიწაზე. იმ სიღრმეს, სადაც დღეღამეში და წლიურად უცვლელი ტემპერატურა იწყება, მუდმივი ტემპერატურის დონე უწოდეს. იგი ნათლად გვიჩვენებს, თუ სადამდე აღწევს მიწაში მზის სითბოს უშუალო გავლენა.

მუდმივი ტემპერატურის დონის მდებარეობის სიღრმე სხვადასხვა არის სხვადასხვა ადგილას, ჰავისა და მიწის ზედა ფენების სითბოგამტარობის და სითბოტევადობის მიხედვით. ტემპერატურის დღეღამური ცვალება ჩვეულებრივ 1—2 მეტრის სიღრმემდე აღწევს მხოლოდ, წლიური კი 25—30 მეტრამდე (ორივე შემთხვევაში ეს არის ტლანქად მიახლოებული საშუალო). მუდმივი ტემპერატურის დონეზე ტემპერატურა იმავე ადგილის ზედაპირის ტემპერატურის წლიურ საშუალოს უდრის.

მუდმივი ტემპერატურის დონეს ქვევით ტემპერატურის სეზონური ცვალება აღარ შეიმჩნევა, ტემპერატურა ყველა სიღრმეზე მუდმივი არის, მაგრამ იგი მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო ღრმად ჩავალთ მიწაში: ტემპერატურა უცვლელია დროში, მაგრამ ცვალებადი სიღრმის მიხედვით. დაკვირვებამ გვიჩვენებში, შახტებში და განსაკუთრებით ბურღვილებში ნათელპყო, რომ ტემპერატურის ზრდა სიღრმეში ძლიერ კანონზომიერი არის, მაგრამ ზრდის ტემპი სხვადასხვა ადგილას საგრძნობლად განსხვავდება.

მართალია, ხშირად ამბობენ, ყოველი 100 მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურას  $3^{\circ}\text{C}$  ემატებაო, მაგრამ ეს სავსებით პირობითი საშუალო არის მხოლოდ. წინამდებარე ცხრილი გვიჩვენებს რამდენად დიდია სხვადასხვაობა:

ცხრილი 3

ტემპერატურის ზრდა სიღრმის მიხედვით

ადგილი	გეოთ. გრადიენტი	გეოთ. საფეხური
დონეის აუზი . . . . .	30,68 $^{\circ}\text{C}/\text{km}$	32 m
მონჩე-ტუნდრა . . . . .	6,54	153
პა-დე-კალე . . . . .	17,95	55
კენტიშ-ტაუნ . . . . .	32,12	31
კალიფორნია . . . . .	49,30	20
ორეგონი . . . . .	148,26	7
კარნავონი . . . . .	5,80	172

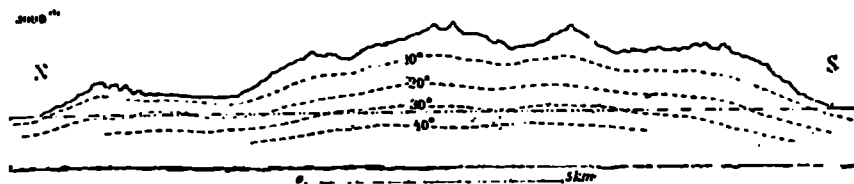
კარნავონში (აფრიკა) 172 მ სიღრმე უნდა გავიაროთ (საშუალო 33 მეტრის ნაცვლად), რათა ტემპერატურამ 1 გრადუსი მოინატოს, ხოლო ორეგონში (ჩრდილო ამერიკა)—7 მ. მხოლოდ კენტიშ-ტაუნი და დონეის აუზი უახლოვდება „საშუალოს“.

ტემპერატურის ნამატს სიღრმეში სათანადო სიღრმეზე გაყოფილს გეოთერმიული გრადიენტი ჰქვია. პირიქით. სიღრმე, რომელზედაც ტემპერატურა  $1^{\circ}\text{C}$ -ით იზრდება, გეოთერმიული საფეხური იქნება. თუ გეოთერმიული გრადიენტი არის  $3^{\circ}\text{C}$  100 მეტრზე, საფეხური 33 მეტრი იქნება. ანომალურად მაღალია გრადიენტი ვულკანების მეზობლად, რაც მხურვალე მაგმის სიახლოვით აიხსნება.

მიწაში რომ ყველა ის წერტილი შევაერთოთ, სადაც ერთი და იგივე ტემპერატურა არის, მივიღებთ კანონზომიერ ზედაპირს, რომელსაც გეოიზოთერმს უწოდებენ. გამკვეთ პრილიში ეს ზედაპირი ხაზით იქნება წარმოდგენილი. ცხადია, რაც უფრო მაღალია აღებული ტემპერატურა, მით უფრო ღრმად მდებარეობს სათანადო გეოიზოთერმი. მანძილი გეოიზოთერმებს შუა მით უფრო დიდი იქნება, რაც უფრო მეტია ტემპერატურათა სხვაობა და გეოთერმიული 'აფეხური'.

მიწა რომ ზუსტად სფერული ყოფილიყო და შედგენილობით ერთგვაროვანი, იზოთერმები კონცენტრული სფერული ზედაპირები იქნებოდნენ. სინამდვილეში გეოიზოთერმები კონცენტრული

კი არიან, მაგრამ რამდენადმე უსწორმასწორო და არც მათი ერთმანეთისგან დაშორება არის უცვლელი. ამ მხრივ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს მიწის რელიეფს: თავისთავად იგულისხმება, რომ დადებითი რელიეფის შემთხვევაში (ქედი, მწვერვალი...) გეოიზოთერმები ამოზნექილი არიან, უარყოფით რელიეფს (დაბლობები, ხეობები...) ჩაზნექილი გეოიზოთერმები ახლავს (სურ. 14). გეოიზოთერმები იმეორებენ რელიეფის ფორმას, თონდ ნაკლებად მკვეთრად.



სურ. 14. გეოიზოთერმები ალპებში, სენ-გოტარდის გვირაბის გასწვრივ: N — გვირაბის ჩრდილო პორტალი (შესავალი), S — სამხრული პორტალი. ჩანს, როგორ იმეორებენ გეოიზოთერმები ზედაპირის რელიეფის ფორმას, თუმცა მით უფრო სუსტად, რაც უფრო დიდია სიღრმე. ნახაზზე, რომელიც ვერტიკალურ ქრილს წარმოადგენს, გეოიზოთერმები ხაზებით არიან გამოსახული, თუმცა რეალურად ეს არის ზედაპირები

ადვილი დასანახავია, რომ, თუ ტემპერატურის ამალღება მიწის ცენტრისკენ ბოლომდე ისევე გაგრძელებულიყო, როგორც ზედაპირის ახლოს არის, ცენტრში ტემპერატურა ძლიერ მაღალი იქნებოდა, 200 000°-ს მიუახლოვდებოდა. ერთ დროს ასეც ეგონათ. შემდეგ გამოირკვა, რომ დიდ სიღრმეებში ტემპერატურის ამალღება თანდათან უფრო ნელა მიმდინარეობს (გეოთერმიული გრადიენტი მცირდება) და ასეთი მაღალი ტემპერატურები მიწაში არა გვაქვს. დღეს მიღებული შეხედულების თანახმად, მიწის ცენტრში ტემპერატურა მხოლოდ 4—6 ათასი გრადუსი, ყოველ შემთხვევაში 10 000°-ზე ნაკლები უნდა იყოს.

მიწის სიღრმეში რომ ტემპერატურა ბევრად უფრო მაღალია, ვიდრე ზედაპირზე, ამის მაჩვენებელია ვულკანიზმიც. ვულკანური ლავის ტემპერატურა ზოგ შემთხვევაში 1300°-მდე აღწევს. სხვა საკითხია, საერთო ტემპერატურულ დონესთან არის დაკავშირებული ეს მოვლენა, თუ ცალკეულ უბნებთან.



ყოველ შემთხვევაში ის გარემოება, რომ ტემპერატურა მიწის სიღრმეში იზრდება, გვავალებს დავასკვნათ, რომ მიწაში შიგნითიდან ზედაპირისკენ, მაღალი ტემპერატურიდან დაბალისკენ სითბოს მუდმივი ნაკადი მოძრაობს. ეს ნაკადი გაზომილიც არის: მიწის ზედაპირის ყოველი 100 კვადრატული მეტრი სექუნდში 1,2 კალორიას ატარებს. მაშასადამე, მიწა სითბოს უზარმაზარ რაოდენობას ხარჯავს განუწყვეტლივ. მერე საიდან არის სითბო?

აქაც წინათ ფიქრობდნენ, რომ მიწა წარმოშობისას ძლიერ მხურვალე იყო, სითბოს დიდი მარაგი ჰქონდა, ეს მარაგი შექმდეგ იხარჯება და მიწა სათანადოდ ცივდებაო. გასულ საუკუნეში ფიზიკოსმა ტომსონმა გამოიანგარიშა კიდევ, რომ ეს გაცივება 40 მილიონი წელიწადი უნდა გაგრძელებულიყო დღემდე. მაშინ ეს დრო საკვირველად დიდი ჩანდა. დღეს გამორკვეულია, რომ მიწა 4-5 მილიარდი წელიწადია არსებობს, მაშასადამე, ამ ხნის განმავლობაში უნდა ეხარჯა სითბოც და ჭერაც არ გაცივებულა ბოლომდე. მერე როგორ, სითბოს რომელი მარაგი იქმარებდა ამისათვის?

XX საუკუნის მეცნიერება ამ წინააღმდეგობას იმით ხსნის, რომ მიწაში არის რადიოაქტიური ელემენტები, რომელნიც განუწყვეტლივ დაშლას განიცდიან და სითბოს დიდ რაოდენობას წარმოშობენ. მართალია, ჭერჭერობით საკმაოდ ცნობილი ბრ არის. თუ რამდენია მიწაში რადიოაქტიური სივითერება და როგორ არის იგი განაწილებული, მაგრამ ეს კი უდავოა, რომ მიწაც ისევე, როგორც მზე, სითბოს კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევ. ცხადია, უღევი არც რადიოაქტიური სითბო შეიძლება იყოს. რადიოაქტიური ნივთიერება იშლება და, მაშასადამე, იხარჯება. რაც დრო გადის, ამ ნივთიერების რაოდენობა უფრო და უფრო ნაკლებია და კლებულობს მისგან წარმოშობილი რადიოაქტიური სითბოს რაოდენობაც. მიწა მაინც უნდა ცივდებოდეს, მაგრამ ასეთი გაცივება შეუდარებლად უფრო ნელი იქნება. ამ საკითხს დიდი მნიშვნელობა აქვს თეორიული გეოლოგიისთვის.

ყოველ შემთხვევაში მიწის გაცივება ზედაპირიდან ხდება და იმისათვის, რომ შიგნეთის სითბომ ზედაპირამდე მოაღწიოს, საჭიროა სითბოს დინება შიგნიდან გარეთ (ქვევიდან ზევით). ასეთი დინება შესაძლებელია, პირველ რიგში, სითბოგამტარობის გზით, მაგრამ მიწის შემადგენელი ნივთიერების სითბოგამტარობა ძლიერ სუსტია, გეოფიზიკოსების გამოანგარიშებით, იმისათვის, რომ მიწის ცენტრში მომხდარი ტემპერატურული ცვლილება სითბოგამ-

ტარობის საშუალებით ზედაპირამდე გადაიციეს, საჭიროა 200-ოდე მილიონი წელიწადი. ეს კია, რომ სითბოს გადაცემა მიწის შიგნეთში შესაძლებელი არის სხვა გზითაც.

მაინც მიწის სითბოს აღმავალი ნაკადი ძლიერ სუსტი არის, რამდენიმე ათასჯერ უფრო სუსტი, ვიდრე მზის სითბოს ნაკადი მიწაზე. ამიტომ არის, რომ ჰავას ძირითადად მზე განსაზღვრავს.

ძლიერ საყურადღებოა ისიც, რომ დღემდე ჩატარებული გამოკვებების მიხედვით სითბოს ნაკადი კონტინენტებში და ოკეანის ფსკერში თითქო თანატოლი არის და უდრის  $1,2 \cdot 10^{-6}$  კალორიას კვადრატულ სანტიმეტრზე სექუნდში.

მიწის მაგნეტიზმი. უკვე ძველ დროში ცნობილი იყო, რომ ბუნებაში არის რკინის მადნები (უმთავრესად უანგები), რომლებიც რკინის საგნებს იზიდავენ. რადგან ასეთი ქანი ცნობილი იყო კერძოდ მცირე აზიის ქალაქ მაგნეზიასთან, მას იმთავითვე მაგნეტი, ანუ მაგნიტი დაერქვა.

ბევრად უფრო გვიან, XII—XIII საუკუნეში ევროპის მეზღვევებმა ყურადღება ზიარეს, რომ თავისუფლად მოძრავი მაგნიტური ისარი ყოველთვის გარკვეულ ორიენტაციას იჩენს: მისი ერთი ბოლო ჩრდილოეთისაკენ არის მიმართული და მეორე სამხრეთისაკენ. ამის საფუძველზე აგებულ იქნა კომპასი, რომელმაც უმნიშვნელოვანესი როლი შეასრულა მეზღვეობის განვითარებაში. საგულისხმოა, რომ ჩინელები კომპასს ბევრად უფრო ადრე იცნობდნენ.

მაგნეტის იმ ბოლოს, რომელიც ჩრდილოეთისაკენ იყურება, ჩრდილო პოლუსი ეწოდება, ხოლო მეორეს — სამხრული. გამოირკვა, რომ ყოველ მაგნეტს, რაგინდ პატარას, ორივე პოლუსი აქვს და ერთი უმეოროდ შეუძლებელი არის.

ერთი მაგნეტის ჩრდილო პოლუსი მეორის სამხრულს იზიდავს, ხოლო ჩრდილოს უკუაგდებს. პოლუსებს შუა მაგნეტს შიგნით გამართულია მაგნეტური ძალები და იგივე ძალები მიემართებიან პოლუსიდან პოლუსამდე მაგნეტს გარეთ, საწინააღმდეგო მიმართულებით და თანდათან უფრო სუსტი. ეს არის მაგნეტური ძალების ველი. ამით აიხსნება, რომ მოზრდილი მაგნეტის ახლოს მოთავსებული მაგნიტური ისარი სრულიად გარკვეულ ორიენტაციას მიიღებს: მისი ჩრდილო პოლუსი მაგნეტის სამხრული პოლუსისაკენ იქნება მიმართული და სამხრული — ჩრდილოსაკენ.

ამის შესაბამისად ინგლისელი მეცნიერი გილბერტი უკვე 1600 წელს მივიდა დასკვნამდე, რომ მიწაც უზარმაზარ მაგნეტს წარმოადგენს, თავის გარშემო მაგნეტური ველი წარმოუშვია და ასე განსაზღვრავს მაგნეტური ისრის მდებარეობას. როგორც ყოველ მაგნეტს, მიწასაც ორი მაგნეტური პოლუსი აქვს. ერთი გეოგრაფიული ჩრდილო პოლუსის ახლოს მდებარეობს (11-ლდე გრადუსით მისგან დაშორებით) ჩრდილო-აღმოსავლური კანადის ჩრდილოეთით, ხოლო მეორე — სამხრული პოლუსისკენ ტანმანის სამხრეთით. უნდა აღინიშნოს კი, რომ ეს ორი პოლუსი ერთმანეთის ანტიპოდი არ არის, მათი შემაერთებელი სწორი ხაზი მიწის ცენტრში არ გაივლის. ადვილი დასაანახავია, რომ მიწის ჩრდილო მაგნეტური პოლუსი, მიუხედავად ასეთი სახელისა, სამხრული მაგნეტიზმის მატარებელია, რადგან მაგნეტური ისრის ჩრდილო პოლუსს იზიდავს. ასევე სამხრული მაგნეტური პოლუსი ჩრდილო მაგნეტიზმის უბანი არის.

მაგნეტური ისრის გასწვრივ რომ ვერტიკალური სიბრტყე გავატაროთ, ეს იქნება სათანადო წერტილის მაგნეტური მერიდიანი. მაგნეტური პოლუსები რომ გეოგრაფიულ პოლუსებს ემთხვევოდეს და მიწის შედგენილობაც მაგნეტურად ერთგვაროვანი იყოს, მაგნეტური მერიდიანები გეოგრაფიულებს დაემთხვევოდნენ. სინამდვილეში ასე არ არის: მაგნეტური მერიდიანი გეოგრაფიულს ჰკვეთს და მეტ-ნაკლებად გადახრილია აქეთ თუ იქეთ. გადახრის კუთხეს დეკლინაცია ს უწოდებენ. თუ ისრის ჩრდილო პოლუსი აღმოსავლეთისკენ არის გადახრილი, დეკლინაცია დადებითი იქნება, წინააღმდეგ შემთხვევაში — უარყოფითი. კუთხის სიდიდე იცვლება 0°-დან 180°-მდე. თავისთავად ცხადია, რომ მაგნეტური მერიდიანები მაგნეტურ პოლუსებში იყრიან თავს ისევე, როგორც გეოგრაფიული მერიდიანები გეოგრაფიულ პოლუსებში.

მაგნეტური ისარი მაგნეტურ მერიდიანში პორიზონტული არ არის. ჩრდილო მაგნეტურ ნახევარსფეროში ისრის ჩრდილო პოლუსი არის დახრილი ქვევითკენ, ხოლო სამხრულ ნახევარსფეროში — სამხრული. ამას უწოდებენ ინკლინაცია<sup>2</sup>. მაგნეტურ

1 Declinatio, ლათ. — გადახრა.

2 Incliniatio, ლათ. — დახრა.

პოლუსებზე ინკლინაციის კუთხე  $90^\circ$  იქნება. პოლუსებიდან დაშორებისას ინკლინაცია მცირდება და გარკვეულ ხაზზე ორ პოლუსს შუა კუთხე ნულს უდრის, ისარი პორიზონტულია. ეს იქნება მაგნეტური ეკვატორი.

მაგნეტური მერიდიანების ქსელი მიწის ზედაპირზე, თუ მიწის აგებულება კონცენტრიულად ერთგვაროვანი, ე. ი. ერთგვაროვანი სფერული ფენებისაგან შემდგარი ყოფილიყო, თეორიულად შეიძლებოდა მოხაზულიყო როგორც წრეხაზისაგან შემდგარი, მსგავსად გეოგრაფიული მერიდიანების ქსელისა. ეს იქნებოდა სფერული მაგნეტის „ნორმული“ ქსელი. სინამდვილეში მიწა ერთგვაროვანი არ არის და არც მაგნეტური მერიდიანები წარმოადგენენ წესიერ წრეხაზებს.

მაინც მაგნეტური მერიდიანების ქსელს მიწის ზედაპირზე გარკვეული საერთო ხასიათი აქვს. ასევეა მიწის ზედაპირის თითოეული დიდი ნაკვეთიც. ეს იქნება ამ ნაკვეთის ნორმული მაგნეტური ველი. მაგრამ დაკვირვებამ გამოარკვია, რომ ზოგ შემთხვევაში ამა თუ იმ უბნის მაგნეტური ელემენტები სულ სხვა არის, ვიდრე ხსენებული საერთო სურათის მიხედვით უნდა ყოფილიყო: მოულოდნელია დეკლინაცია, მოულოდნელია ინკლინაცია და განსაკუთრებით კი მაგნეტიზმის ინტენსივობა. ამაზედ იტყვიან მაგნეტური ანომალიაო.

რადგან მაგნეტური ანომალიები ადგილობრივი მოვლენები არის, ცხადია, მათი გამომწვევი მიზეზიც ადგილობრივი ხასიათის უნდა იყოს. ხშირად ეს არის ზედაპირზე გაშიშვლებული ან მიწას ქვეშ დაფარული რკინის მადნის საბადო, რომელიც საკუთარ მაგნეტურ ველს ჰქმნის, მით უფრო ფართოს და ინტენსივურს, რაც უფრო დიდია საბადო. ამიტომ არის, რომ მაგნეტური ანომალიების შესწავლა მადანთა ძებნა-ძიების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მეთოდს წარმოადგენს. კარგი მაგალითია კურსკის მაგნეტური ანომალია რუსეთში, რომელიც სწორედ რკინის მადანთან არის დაკავშირებული და თავისი გავრცელებით უდადესია მიწაზე.

მიწის მაგნეტური ველი (მაგნეტური ძალების მიმართულება) მარტო ადგილის მიხედვით როდი იცვლება, იგი ცვალებადია დროშიც. არის დახრის (ინკლინაციის) და გადახრის (დეკლინაციის) ცვლა, რომელიც ნელა და ხანგრძლივი დროის მანძილზე მიმდინარეობს. ამაზედ იტყვიან საუკუნებრივი ვარიაციაცაო. არის ხანმოკლე და ჩქარი ცვლაც, კერძოდ, მაგნეტური

ქ ა რ ი მ ხ ლ ე ბ ი. საუკუნებრივი ვარიაციების მიზეზს თვით მიწაში ჰგულისხმობენ, ხოლო მეტნაკლებად უეცარ რხევათა მიზეზს მიწას გარეთ ეძებენ, მაგალითად, იონოსფეროში (იხ. თავი „ატმოსფერო“) მიმდინარე და მზის მიერ გამოწვეულ პროცესებში.

მეორე მხრივ, ცნობილი არის, რომ მაგნეტურ ველში, მაგალითად, მიწის მაგნეტურ ველში მოთავსებულმა სხეულმა შეიძლება მაგნეტური თვისებები შეიძინოს. ეს იქნება ინდუქციური დამაგნეტება. მიწის მაგნეტურ ველში დამაგნეტებული სხეულის დეკლინაცია-ინკლინაციის მიმართულება ისევე იქნება, როგორიც იყო მიწის ველისა დამაგნეტების დროს.

სხვა პირობებში კიდევ შეიძლება დამაგნეტებულმა სხეულმა მაგნეტური თვისებები დაჰკარგოს, ე. ი. განმაგნეტდეს. მაგალითად, დიდი ხანია ცნობილი არის, რომ მაღალი ტემპერატურის პირობებში მაგნეტი განმაგნეტებას განიცდის. ამისათვის საჭირო ტემპერატურა მიწის ზედაპირის პირობებში 750°-ის რიგისა არის. უდაბლეს ტემპერატურას, რომელიც განმაგნეტებას იწვევს, კიურას წერტილი ჰქვია.

ნათელია, რომ მდნარი მაგმა დამაგნეტებული ვერ იქნება, რადგან მისი ტემპერატურა კიურის წერტილზე მაღლა არის, მაგრამ, თუ იგი ინტრუზიის ან ეფუზიის სახით ზედაპირზე ამოვიდა და გაცივდა, დამაგნეტდება კიდევ. ასეა წარმოშობილი სხვადასხვა მაგმეული ქანების მაგნეტიზმი. განსაკუთრებულად ყურადღება უნდა მიექცეს იმ გარემოებას, რომ ქანის მაგნეტური ელემენტების ორიენტაცია ისეთივე იქნება, როგორიც მიწის მაგნეტური ველისა ქანის გაცივების დროს. შემდეგ მიწის მაგნეტური ველი შეიძლება შეიცვალოს, მაგრამ ქანის მაგნეტიზმი იგივე დარჩება. ეს იქნება გადმონაშთი დამაგნეტებულობა. ცხადია, რომ, რადგან მიწის მაგნეტური ველის ელემენტები დროის მიხედვით ცვალებადი არიან, სხვადასხვა დროს წარმოშობილი (გაცივებული) მაგმეული ქანების ნაშთი მაგნეტიზმი სხვადასხვა იქნება იმის მიხედვით, თუ როდის მოხდა მათი გაცივება. ნაშთი მაგნეტიზმის ელემენტები ასაკობრივ ნიშანს წარმოადგენენ, მაგმეული ქანის დათარიღების საშუალებას იძლევიან.

ზოგჯერ იგივე ითქმის დანალექ ქანებზედაც, მხოლოდ აქ უკვე ქანის გაცივება როდია მოვლენის მიზეზი. ვთქვათ, ტბაში ან ზღვაში წმინდად მსხვრეული მასალა ილექება. შეიძლება ეს ნამსხვრეეები (მინერალების ან ქანების) დამაგნეტებული იყვნენ. წყალში

მოძრაობისას, ისინი მიწის მაგნეტური ველის ორიენტაციას გაიზიარებენ, ე. ი. ისე შებრუნდებიან, რომ მათი მაგნეტური ელემენტები მიწისას დაემთხვენენ. ამგვარად, ნალექის მაგნეტიზმს გარკვეული ორიენტაცია მიეცემა, მაგრამ არა იმ ველისა, რომელშიც ნაწილაკების დამაგნეტება მოხდა, არამედ იმ დროისა, როდესაც დალექვა მიმდინარეობდა. აქაც მაგნეტიზმი დროის მაჩვენებელი არის.

გადმონაშთი მაგნეტიზმის კვლევამ წლების უკანასკნელ ათეულებში ნათელი გახადა, რომ სხვადასხვა დროს და სხვადასხვა კონტინენტზე ამ მაგნეტიზმის ორიენტაციის ცვლა იმდენად დიდია, რომ მისი ახსნა მიწის მაგნეტიზმის საუკუნებრივი ვარიაციით ყოველად შეუძლებელი ჩანს. საჭირო შეიქნა სხვა რამ მიზეზის ძებნა. პირველ ხანად ფიქრობდნენ, რომ არსებითად უნდა შეცვლილიყო თვით მაგნეტური პოლუსების მდებარეობა. ეს გასაგებს ხდის მაგნეტური ელემენტების ცვლას დროში, თუმცა ეწინააღმდეგება ფართოდ მიღებულ შეხედულებას, რომ მაგნეტური პოლუსები გეოგრაფიულ პოლუსებთან არიან დაკავშირებული და მათ სიახლოეში უნდა იყვნენ. შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ იცვლებოდა თვით გეოგრაფიული პოლუსების მდებარეობაც, მაგრამ მიწის ბრუნვის ინერცია იმდენად დიდია, რომ ასეთი დაშვება გამორიცხულად ითვლება.

ამიტომ წარმოიშვა შეხედულება, რომ პოლუსების მდებარეობა კი უცვლელი არის, მაგრამ თვით კონტინენტები იცვლიან ადგილს მიწის ზედაპირზე პოლუსებისა და ერთმანეთის მიმართ. კონტინენტები მოძრაობენ არიან—ეს ჭერჭერობით გაბედული ჰიპოთეზი არის მხოლოდ და მის გასარკვევად დღეს არაერთი მკვლევარი მუშაობს.

გეოსფეროები. აქამდე მიწას ვგულისხმობდით. როგორც ერთიან სხეულს. უფრო ახლო გაცნობა გვიჩვენებს, რომ იგი რამდენიმე განსხვავებული ფენისაგან შედგება. ეს ფენები კონცენტრიულად არიან განლაგებული მიწის ცენტრის გარშემო და თანამიმდევრობით ჰფარავენ ერთიმეორეს. მათ გეოსფეროებს უწოდებენ.

თუ გარედან დავიწყებთ, პირველი იქნება გაზებრივი ფენა—ატმოსფერო<sup>1</sup>, რომელიც მთელ მიწას ჰფარავს.

მას ქვეშ მოთავსებულია თხევადი ჰიდროსფერო<sup>2</sup>. ეს არის ოკეანეებში და მათთან დაკავშირებულ ზღვებში მოთავსებულია

1 „ატმოს“, ბერძნ. — ორთქლი; „სფაირა“ — სფერო.

2 „ჰიდორა“, ბერძნ. — წყალი.

წყალი. ატმოსფერო უწყვეტია მთელი მიწის გარშემო, ჰიდროსფეროს გამწეობა კი დარღვეულია კონტინენტებისა და კუნძულების ამოზევებით.

მემდეგი მიწის გულისაკენ უკვე მყარი მიწა იქნება. მის გარე ფენას ხშირად ლ ი თ ო ს ფ ე რ ო ს<sup>1</sup> უწოდებენ. მაგრამ ამავე ტერმინს ზოგჯერ სხვა გაგებითაც ხმარობენ. ამიტომ უმჯობესია სახელწოდება მიწის ქერქი, თუმცა ამ გამოთქმებსაც სხვადასხვა მნიშვნელობას აკუთვნებენ. წინათ ფიქრობდნენ, რომ მიწის ქერქი მყარი ნივთიერების მეტად თუ ნაკლებად თხელ ფენას წარმოადგენს, ხოლო ქვევით მას მდნარი ფენა მოჰყვება. ამრიგად, ქერქის რაგვარობა და საზღვრები მკაფიოდ გარკვეული ჩანდა. დღეს ცნობილია, რომ ქერქს ქვეშაც ნივთიერება მყარია ან, ყოველ შემთხვევაში, მყარის მსგავსი. ამიტომ განსხვავებას ქერქსა და ქერქსქვეშეთს შორის ძირითადად მათ ქიმიურ შემადგენლობაში გულისხმობენ და არა ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობაში (მყარი და თხევადი). ამჟამად, ძლიერ გავრცელებული შეხედულების თანახმად, ქერქის სისქე ოკეანებს ქვეშ 6 კმ არის საკმაო მიახლოებით, ხოლო კონტინენტებს ქვეშ — 30 — 40 კმ, თუმცა ზოგან შეიძლება 70 კმ-მდეც აღწევდეს.

თხელ ზონას მიწის ზედაპირზე, სადაც ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და ლითოსფერო ერთმანეთს ხვდებიან, ხშირად ცალკე გამოჰყოფენ ბ ი ო ს ფ ე რ ო ს<sup>2</sup> სახელით. ამ გეოსფეროში არის მოთავსებული ცოცხალი ბუნება და, თუმცა მისი საზღვრები ყოველთვის მკაფიო არ ჩანს, ასეთი ერთეულის გამოყოფა სავსებით გამართლებულია იმ მნიშვნელოვანი როლით, რომელსაც ცოცხალი ორგანიზმები მიწის გეოლოგიურ ყოფაში ასრულებენ.

თუ რა მდგომარეობაში არის და რისგან შედგება მიწა ქერქს ქვეშ, ბევრად უფრო ნაკლებად არის ცნობილი. მაინც ბოლო ათწლეულებში დაგროვილი მასალის მიხედვით იქაც რამდენიმე გეოსფეროს არჩევენ. ჩვენ აქ მხოლოდ უმთავრესებს აღვნიშნავთ.

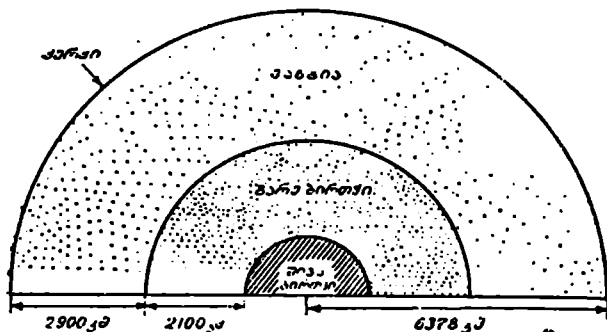
ქერქს ქვეშ 2900 კმ სიღრმემდე იქნება სქელი ფენა, რომელსაც მ ა ნ ტ ი ა ს, სამოსს უწოდებენ. სამოსის როლს იგი მომყოლი გეოსფეროს, ანუ მიწის ბირთვის (გულის) მიმართ ასრულებს (სურ. 15). ფიქრობენ, რომ მანტია მყარ მდგომარეობაში არის და ქერქისეულის მეტად თუ ნაკლებად მსგავსი სილიკატები-

<sup>1</sup> „ლითოს“, ბერძნ. — ქვა.

<sup>2</sup> „ბიოს“, ბერძნ. — სიცოცხლე.

საგან შედგება (ზოგი მკვლევარი მას ან მის ნაწილს სწორედ ლითოსფეროს უწოდებს).

ბ ი რ თ ვ ი თხევადი იგულისხმება ან მთლიანად, ან გარენაწილ-ში მხოლოდ. უკანასკნელ შემთხვევაში არჩევენ გარებირთვის და შიგაბირთვის. არჩევენ რამდენიმე ფენას მანტიაშიც.



სურ. 15. გ ე ო ს ფ ე რ ო ე ბ ი. მიწის ქერქის შეფარდებითი სისქე იმდენად მცირეა, რომ ამ სურათზე იგი ხაზით არის წარმოდგენილი.

ამრიგად, გეოსფეროების რიცხვი ათიოდია. ყველა ღრუ სფეროს წარმოადგენს, რადგან შიგ სხვა სფერო არის მოთავსებული. მხოლოდ შიგა ბირთვი არის სავსე, მთლიანი. ჩვენთვის აქ მთავარი მნიშვნელობა ექნება ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს (მიწის ქერქს). უკანასკნელი ორის შესახებ არაერთხელ მოგვიხდება ლაპარაკი შემდეგში. ამიტომ აქ შეიძლება დავკმაყოფილდეთ ზოგი ცნობით ატმოსფეროს შესახებ.

**ატმოსფერო.** ატმოსფერო ეწოდება სქელ გაზებრივ სამოსს, რომელიც მთლიანად ჰფარავს ჩვენს პლანეტს და გარეთკენ თანდათანობით გადადის კოსმიურ სივრცეში. ეს არის ყველაზე გარე გეოსფერო. მისი ქვედა საზღვარი უეჭველად მკაფიო არის, თუმცა ჰაერი საკმაოდ ღრმად ატანს პორიან მიწაშიც და მიწიური მტვერიც ხშირად აიტაცება ჰაერის ქვედა ფენაში. ასევე მკიდროა ურთიერთობა წყალთან, რომელშიც ატმოსფეროს გაზები უხვად არიან გახსნილი და რომლის ორთქლი ისევე უხვად ერთვის ატმოსფეროს.

სხვა არის ზედა საზღვარი. იქ ატმოსფეროს გაზები იმდენად გაიშვიათებული არიან, რომ ძნელი გასარკვევია, სად გათავდა



ატმოსფერო და სად დაიწყო უკვე პლანეტაშორისი სივრცე. ყოველ შემთხვევაში, 1100—1300 კილომეტრს ზევით ჰაერის კვალი აღარ შეიმჩნევა.

ატმოსფერო განსხვავდება მას ქვეშ მდებარე გეოსფეროებისაგან თავისი შემადგენლობითაც. მიწის ზედაპირთან ეს არის აზოტი, რომელზედაც მოცულობით 78,08% მოდის, და ჟანგბადი 20,95%, მოცულობით (აქედან 0,000 001% ოზონია). ამათ გვერდით უნდა აღინიშნოს არგონი — 0,93%; ნახშირჟანგა გაზი 0,03% და წყალბადი, ჰელიუმი, ნეონი, კრიპტონი, ქსენონი, რომელთა საერთო რაოდენობა 0,01%-ს არ აღემატება. კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით აღნიშნავენ ზოგ სხვა ელემენტებსაც. რაც შეეხება წყალს, მისი რაოდენობა ატმოსფეროს ქვედა ფენაში მნიშვნელოვანია, მაგრამ ძლიერ ცვალებადი. მერყეობს ნულსა და 4% შუა. ჰაერის ქვედა ფენაში წყალი გვხვდება ორთქლის, წვეთების და ყინულის კრისტალების სახით. როგორც იშვიათ მოვლენას, წყალს (ღრუბლებს) აღნიშნავენ ჰაერის შედარებით მაღალ ფენებშიც. დასასრულ, ატმოსფეროში უნდა მოვიხსენიოთ წვრილი მტვერიც, როგორც მიწიერი, ისე კოსმიური.

ატმოსფეროს გაზები, გრავიტაციის კანონის თანახმად. მიწისკენ მიიზიდებიან, ზედა ფენები ქვედას აწევებიან მთელი თავისი წონით და ამგვარად წარმოიშობა ატმოსფერული წნევა. რომელიც ყველა მიმართულებით გადაიცემა. ზღვის დონეზე ატმოსფერული წნევა უდრის საშუალოდ 1033 გრამს ერთ კვადრატულ სანტიმეტრზე, ანუ 1,033 ბარს<sup>1</sup>. აღვილი დასანახავია, რომ ეს არის კვადრატულ სანტიმეტრზე დაყრდნობილი და მთელი ატმოსფეროს სიმაღლე ჰაერის სვეტის წონა. ამიტომ, თუ მიწის ზედაპირის მთელ ფართობს გავითვალისწინებთ, შეგვიძლია მთელი ატმოსფეროს წონა და მასა გამოვიანგარიშოთ. ამგვარად, ირკვევა, რომ ატმოსფეროს მასა, მიუხედავად დიდი მოცულობისა, მიწის მასის ერთ მემილიონედს შეადგენს მხოლოდ.

წნევა, ცხადია, მაქსიმალური იქნება ატმოსფეროს ძირში, ზევითკენ კი თანდათან კლებულობს. ამის გამო ატმოსფეროს ძირში ჰაერი შეკუმშულია და უდიდესი სიმკვრივე აქვს. ზევითკენ წნევა სწრაფად კლებულობს, ჰაერი ფართოვდება და ძლიერ გაიშვია-

<sup>1</sup> „ბაროს“, ბერძნ. — წონა. ატმოსფერული წნევის საზომი. უდრის 1 000 000 დინს/სმ<sup>2</sup>.

თებული არის. ამიტომაც, რომ ატმოსფეროს მასა თითქმის მთლიანად ქვედა ფენებში არის თავმოყრილი.

ატმოსფეროს დამახასიათებელია მისი ფენობრივი დანაწილება ვერტიკალური მიმართულებით. ძირითადად სამ ფენას არჩევენ: ტროპოსფეროს, სტრატოსფეროს და იონოსფეროს. მათ შუა გამოიყოფა გარდამავალი ფენებიც.

ქვევიდან პირველი იქნება ტროპოსფერო. მისი სიმაღლე (სისქე) ეკვატორთან 16—18 კმ-მდე აღწევს, საშუალო განედებზე 10—12 კილომეტრია და პოლუსებისკენ 7—10 კმ. ტროპოსფერო არის ატმოსფეროს ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ ეხება მიწის ზედაპირს და მოქმედებს მაზედ. თანაც მაღალი წნევის გამო აქ არის თავმოყრილი ატმოსფეროს მასის დიდი ნაწილი, დაახლოებით 79%. ტროპოსფეროსთანვე არის. დაკავშირებული წყლის ორთქლის და ღრუბლების გავრცელება. მას ზევით საწვიმარი ღრუბლები ხომ არ არის და ღრუბლები საერთოდაც იშვიათი მოვლენაა. ტროპოსფეროს ზედა საზღვარი ცვალებადია არა მარტო გეოგრაფიული მდებარეობის, არამედ დროის მიხედვითაც.

სტრატოსფერო ტროპოსფეროდან ზევით 80 კილომეტრამდე გრძელდება. მისი მოცულობა ბევრად მეტია, ვიდრე ტროპოსფეროსი, მაგრამ მასა ოთხჯერ ნაკლები და შეადგენს ატმოსფეროს მთელი მასის 20%-ს. ტროპოსფეროდან სტრატოსფეროში გარდამავალ თხელ ფენას ჩვეულებრივ ცალკე გამოიყოფენ ტროპოპაუზის სახელით. ძლიერ მნიშვნელოვანია სტრატოსფეროსთვის ოზონის კონცენტრაცია. ამ გაზის კვალი ტროპოსფეროშიც არის, მაგრამ სტრატოსფეროში მისი რაოდენობა შესამჩნევად იზრდება და 22—25 კილომეტრის სიღრმეზე გამოიყოფა „ოზონის ფენა“, სადაც ამ გაზის ოდენობა 0,000 004%-მდე აღწევს. სტრატოსფეროს ოზონს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ მხრივ, რომ იგი ნთქავს მზის ულტრაიისფერ სხივებს, რომელთა მოქმედება ცოცხალ ნივთიერებაზე ძლიერ საზიანო იქნებოდა: თვით ოზონიც სწორედ ულტრაიისფერი სხივების მეოხებით წარმოიშობა: ჯერ უანგბადის მოლეკულები ატომებად იყოფა და შემდეგ ერთი ატომი უერთდება დაუშლელ მოლეკულას და წარმოშობს ოზონს (O<sub>3</sub>).

სტრატოსფეროს ზევით ატმოსფეროს კიდემდე იონოსფერო იქნება. მისი მოცულობა მრავალჯერ მეტია, ვიდრე პირველი ორი ფენისა, მაგრამ მასა ატმოსფეროს მასის 0,5%-ს შეადგენს მხოლოდ. იონოსფეროსთვის დამახასიათებელია, რომ იქ მზის

მოკლესალლიანი სხივების გავლენით გაზების მოლეკულები დაშლილან ატომებად და იონიზაცია განუცდიათ.

ატმოსფერო მთლიანად მიწასთან ერთად ბრუნავს მიწის ღერძზე. ამის გამო მისი ზედაპირი წარმოადგენს ელიპსოიდს, რომლის ექსცენტრიციტეტი ბევრად მეტია, ვიდრე მყარი მიწისა.

ძლიერ თავისებურია ტემპერატურის ცვლა ატმოსფეროში. იონოსფერო და სტრატოსფეროც ინტენსიურად ნთქავს ულტრაიისფერ სხივებს. დანარჩენი სპექტრისთვის ჰაერი გამჟვირვალე არის და სინათლე და სითბო ამგვარად მიწის ზედაპირამდე ატანს და ათბობს მიწას. ტროპოსფერო მზის ენერგიის 15% ნთქავს მხოლოდ, მიწა კი — 43% -ს. ამის გამო უშუალოდ მზისგან უპირატესად მიწა თბება, ხოლო ჰაერის გათბობა ძირითადად მიწიდან ხდება<sup>1</sup>. მიწის ზედაპირთან გამთბარი ჰაერი, როგორც უფრო მსუბუქი, ზევით მიდის. რადგან ზევითკენ წნევა ნაკლები არის, ამას მოჰყვება ჰაერის გაფართოება, ხოლო გაფართოება იწვევს ენერგიის (სითბოს) ხარჯვას და გაცივებას. ამით აიხსნება, რომ ტროპოსფეროში ტემპერატურა სიმაღლის მატებასთან ერთად კლებულობს. თუ გამოვრიცხავთ სხვადასხვა დამატებით ფაქტორებს, რომელნიც სურათს ართულებენ, შეიძლება ითქვას, რომ ყოველ 100 მეტრით მაღლა აწევას ტროპოსფეროში თან ახლავს ტემპერატურის დაცემა 0,5°—0,6°-ით: ამიტომ არის, რომ ისე გრილა მაღლა მწვერვალებზე. ერთგვარი მიახლოებით შესაძლებელია მისი სიმაღლე თერმომეტრით გავზომოთ.

ტემპერატურის ასეთი დაცემა გრძელდება ტროპოპაუზამდე, სადაც მიიღება მინიმუმი — 45°-დან — 80°-მდე იმის მიხედვით პოლუსზეა იგი გავზომილი, თუ ეკვატორზე. ტროპოპაუზაში და სტრატოსფეროს ძირში ერთხანს მდგომარეობა უცვლელია, მაგრამ ზევით იწყება ტემპერატურის აწევა (30 კმ-დან). 40 კილომეტრის სიმაღლეზე ტემპერატურა +30° არის და 60 კმ-ზე +75°. აქედან ისევ კლება მინიმუმამდე და 80—90 კმ-ზე ტემპერატურა არის 75°. შემდეგ ისევ აწევაა და იონოსფეროს ზედა ფენებში +4000°-ია.

განსაკუთრებით საყურადღებოა ატმოსფეროს როლი მიწის სითბოს ეკონომიაში. როგორც დავინახეთ, ტროპოსფერო გამ-

<sup>1</sup> ზოგჯერ, უქარო მოწმენდილი ამინდის და უმეტერო გამჟვირვალე ჰაერის პირობებში შეიძლება მიწის ტემპერატურა უფრო დაბალი იყოს, ვიდრე მიმდებარე ჰაერისა. ამას ტემპერატურის ინვერსიას უწოდებენ.

კვირვალეა მზის სხივებისათვის და მზის სითბო-სინათლეს კარგად ატარებს მიწისკენ. მიწა თბება და თავის მხრივ აშუქებს სითბოს გარეთ. მაგრამ ეს არის ინფრაწითელი სხივები. ტროპოსფერო ამ სხივებს აღარ ატარებს და ნოქავეს უმთავრესად ღრუბლების მეშვეობით. ასე რომ, მზიდან მიწისკენ სითბო თავისუფლად მოდის და უკან კი — ველარ. ეს არის ე. წ. სათბურის ეფექტი. ატმოსფერო რომ არა, სითბოს რეჟიმი მიწაზე სულ სხვა იქნებოდა.

გასაგებია, რომ ატმოსფეროში არის ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი, რომელიც აპირობებს მიწაზე ჰავათა რაგვარობას და მათ გეოგრაფიულ განაწილებას. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს ჰაერის მასების მოძრაობასაც და, კერძოდ, ქარებს. ქარის მოქმედებაზე სპეციალურად მოგვიხდება ლაპარაკი.

ატმოსფეროს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე იმ მოვლენათა მიმდინარეობისთვის მიწის ზედაპირზე, რომელთაც ფიტვას უწოდებენ (იხ. ქვემოთ).

ატმოსფეროს მნიშვნელობა მიწაზე სიცოცხლის განვითარებისათვის თავისთავად ცხადია, მაგრამ საგულისხმოა, რომ ზოგი მკვლევარის შეხედულებით თვით ატმოსფეროს გაზების წარმოშობა ნაწილობრივ მაინც ცოცხალი ნივთიერების აქტივობის შედეგი არის. კერძოდ, ასე შეიძლება წარმოშობილიყო ჰაერის უანგბადი, როგორც მცენარეების მიერ  $CO_2$ -ის ასიმილაციის ნაშთი.

ატმოსფერო რამდენადმე სასარგებლო ნედლეულის წყაროც არის. მისგან მოიპოვება აზოტი, უანგბადი, არგონი, ნეონი, ჰელიუმი.

მეცნიერებას, რომლის ამოცანა არის ატმოსფეროს შესწავლა, ეწოდება აეროლოგია.

### ზოგი უპიკითხვა და რჩევა

ასწერეთ ვრატოსთენის ცდა. რამდენად და რით განსხვავდება მიწის ფორმა სფეროსაგან? რა არის მიზეზი? რას ჰქვია მიწის რადიუსი და როგორია მისი საშუალო სიგრძე? რომელ ღერძზე უნდა ვაბრუნოთ ელიპსი, რომ მიწისმავარი ელიპსოიდი მივიღოთ? რა არის სამღერძიანი ელიპსოიდი? ბრუნვითი ფიგურაა ეს, თუ არა? რით და რამდენად განსხვავდება გეოიდი ელიპსოიდისაგან?

რა არის მულმივი ტემპერატურის დონე? გეოაერომიული გრადიენტი? გეოთერმიული საფეხური? ერთია ყველგან, თუ არა? როგორია მიწის შიგნეთის

ტემპერატურა? საიდან ჩანს ეს? როგორია მიწის შიგნით სითბოს ნაკადო? ცოვდება თუ არა მიწა? რატომ არის ეს გაცემა უკიდურესად ნელი?

როგორ ინარჩუნებს მიწა ატმოსფეროს? შეიძლება, თუ არა, ასტეროიდებს ატმოსფერო ჰქონდეთ? რა არის გასხვობის სიჩქარე? რას უდრის იგი მიწის ზედაპირზე? როგორ იცვლება სიმძიმის ინტენსივობა მიწის შიგნით? როგორ იცვლება წნევა?

ასწერეთ მაგნეტური ისარი და კომპასი. რა არის მაგნეტური მერიდიანი. პოლუსები, ეკვატორი? რას ჰქვია მაგნეტური ინკლინაცია, დეკლინაცია? როგორია მათი ცვლა? შეიტყვეთ, როგორია მაგნეტური დეკლინაცია და ინკლინაცია თბილისში. როგორ ზღვება მაგნეტული ქანების დამაგნიტება? რა ნიშნები ახასიათებს ამ მაგნეტიზმს? რა იწვევს მათ განმაგნეტებას? რა არის გადმონაშთი მაგნეტიზმი? რის მიხედვით ფიქრობენ, რომ მაგნეტური პოლუსების მდებარეობა უნდა შეცვლილიყო? რატომ ფიქრობენ სხვები, რომ შეცვლილია არა მაგნეტური პოლუსების, არამედ კონტინენტების მდებარეობა?

დაასახელოთ, გამოხაზეთ გეოსფეროები. ასწერეთ ატმოსფერო, მისი შედგენილობა, სიმაღლე, მასათა და ტემპერატურის განაწილება. რა ფენებად იყოფა ატმოსფერო? როგორია ატმოსფეროს როლი მიწის სითბოს ეკონომიაში?

## მიწის ქერქის საერთო რაგვარობა

მიწის ქერქის რელიეფი. როდესაც მიწის, როგორც პლანეტის, ფორმაზე ვლაპარაკობთ, ქერქის ზედაპირის უსწორმასწორობას, ანუ რელიეფს მხედველობაში არც კი ვღებულობთ, რადგან ამ თვალსაზრისით ეს უსწორმასწორობა სრულიად უმნიშვნელო რამ არის.

სულ სხვაა უფრო სპეციალური, თვით ქერქის ფორმის თვალსაზრისით. მიწის ქერქი რომ სწორი ყოფილიყო, მსოფლიო ოკეანე მთელ მიწას დაჰფარავდა და მისი სიღრმეც ზოგადად ერთგვარი იქნებოდა, თუმცა პოლუსებისაკენ ნაკლები, — ერთობილ ჰიდროსფეროს მივიღებდით. ამის ნაცვლად ვხედავთ „უზარმაზარ“ მთებს, ვაკე-დაბლობებს და ზღვებით დაფარულ სიღრმეებს. ყველაზე მაღალი მწვერვალი, სახელდობრ, ჯომოლუნგმა (წინათ ევერესტი) ჰიმალაისის ქედზე 8,848 კმ აღწევს, ხოლო ყველაზე დაბალი ადგილი ოკეანეში ცნობილია მარიანის კუნძულების გვერდით. იქ გაზომილია 11,521 კმ სიღრმე. ამგვარად მიწის ქერქის ზედაპირის უმაღლესი და უდაბლესი წერტილების სიმაღლეთა სხვაობა 20,37 კმ შეადგენს. თითქო დიდი რიცხვია, მაგრამ ეს არის მიწის რადიუსის  $\frac{1}{312}$  მხოლოდ.

გაცილებით უფრო საყურადღებოა სხვა გარემოება. დეტალურმა შესწავლამ გამოარკვია, რომ კონტინენტების ზედაპირის სიმაღლე და ოკეანეების სიღრმე შემთხვევითად როდი იცვლება. ყოველ კონტინენტს აქვს გარკვეული საშუალო სიმაღლე, რომელსაც მისი ფართობის მთავარი ნაწილი უკავია. მთებს მხოლოდ დაქვემდებარებული წილი რჩებათ და თან მით უფრო მცირე, რაც უფრო მაღალია მთები. ასევეა ოკეანეებიც: მათი ფართობის დიდი ნაწილი საშუალო სიღრმეს უჭირავს და დიდი სიღრმეები ვიწრო ზოლებად არიან განლაგებული როგორც მთები კონტინენტებზე. ეს კარგად ჩანს ბათიმეტრიულ<sup>1</sup> გეოგრაფიულ რუკებზე.

<sup>1</sup> „ბათოს“, ბერძნ.—სიღრმე, „მეტრონ“—საზომი. ბათიმეტრიული ეწოდება რუკას, რომელზედაც ან თანასწორი სიღრმის ხაზებით (იზობათებით), ან სათანადოდ შერჩეული ფერებით სიღრმეები არის მოცემული.

ამგვარად, მიწის ქერქის უსწორმასწორობას სრულიად კანონზომიერი ხასიათი აქვს და გამოიყოფა ბუნებრივი ერთეულები; კონტინენტური ზეგნები ზედგანლაგებულ მთებთან და ოკეანური აუზები, რომელთა კიდებზე ზოგ შემთხვევაში მოთავსებულია ვიწრო ღრმა-ობები. თანაც გადასვლა კონტინენტური ზეგნებიდან ოკეანური აუზებისაკენ საკმაოდ მკვეთრი არის (იხ. თავი „ზღვის მოქმედება“).

ცხრილი 4

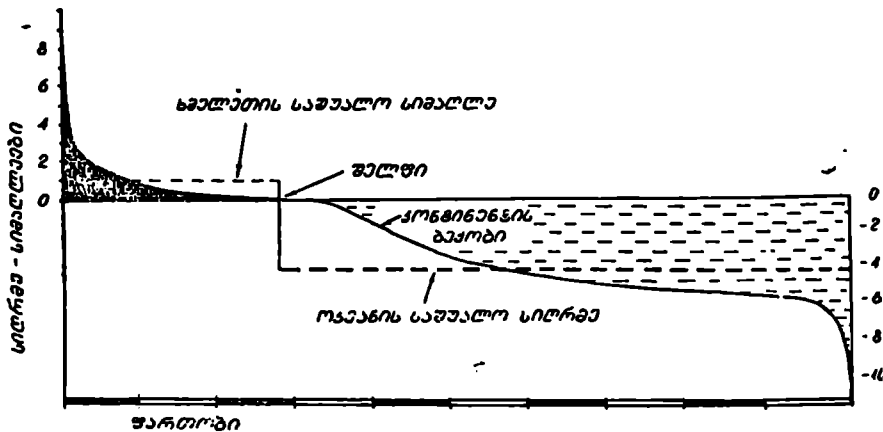
კონტინენტების და ოკეანეების რელიეფი

კონტინენტის დასახელება	კონტინენტური ზეგნები			ოკეანეების დასახელება	ოკეანური აუზები	
	ფართობი (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	საშუალო სიმაღ. მ.	მაქსიმალ. სიმაღ. მ.		ფართობი (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	მაქსიმალ. სიღრმე მ.
ევროპა . . . . .	11.609	300	5633	წყნარი ოკ. . . . .	179.679	11521
აზია . . . . .	41.839	950	8848	ატლანტური ოკ. ინდოეთის ოკ. N ყინულოვანი ოკეანე . . . . .	93.363 74.917 13.100	9219 7450 5220
N ამერიკა . . . . .	24.259	700	6187			
S ამერიკა . . . . .	18.280	600	7040			
ავსტრალია და ოკეანია . . . . .	8.963	400	5030			
ანტარქტიკისი . . . . .	14.000	2000	6000			

ყველაზე დიდი და მაღალი კონტინენტი არის აზია, ყველაზე პატარა—ავსტრალია და ყველაზე დაბალი—ევროპა. მართალია, სიმაღლე (როგორც საშუალო, ისე მაქსიმალური) ანტარქტიკისზედაც დიდი ჩანს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ ხმელეთს იქ ყინულის სქილი ფენა ემატება.

რაკი ცალკეული კონტინენტების საშუალო სიმაღლე სხვადასხვა არის, ბუნებრივია კითხვა, როგორი იქნება ყველა კონტინენტების, ერთად აღებულის, საშუალო სიმაღლე? ეს სიმაღლე აღმოჩნდა 840 მ. ასევე მსოფლიო ოკეანის საშუალო სიღრმე არის დაახლოებით 3800 მ. უკანასკნელად გერმანელმა მეცნიერმა კოსინამ დაამუშავა დიდძალი მასალა, იმ დროისათვის ცნობილი, და აავგო მრუდე (სურ. 16), რომელზედაც ნაჩვენებია ქერქის ზედაპირის სიღრმე-სიმაღლეები და მათი გავრცელების ფართობები. მრუდე თვალსაჩინოდ გამოხატავს, რომ კონტინენტების და ოკეანის ფსკერის ზედაპირი წარმოადგენს არა სიმაღლეთა შემთხვევითს ცვალებას, არამედ გარკვეულ სტრუქტურას, რომლის თავისებურებას გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ქერქის წარმოშობა-განვითარების თვალსაზრისით.

კონტინენტური ზეგნების და ოკეანური აუზების რელიეფის ასეთი ბუნება სავსებით დაადასტურა XX საუკუნის გეოფიზიკა. როგორც შემდეგ დავინახავთ, დღეს გამორკვეულია, რომ კონტინენტები და ოკეანეების ფსკერი ნივთიერი შედგენილობითაც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და, მაშასადამე, ეს გენეტიურად განსხვავებული წარმონაქმნები არის. იმ გარემოებას, რომ ოკეანეში წყალი არის მოთავსებული, ამ მხრივ (ოკეანური და კონტინენტური რელიეფის გასარჩევად) არავითარი მნიშვნელობა არა აქვს. კონტინენტის კიდეები ხშირად ზღვის დონეზე დაბალია და ზღვით დაფა-



სურ. 16. მიწის ზედაპირის ჰიფსოგრაფიული მრუდე. ჩანს დიდი სიმაღლეების და დიდი სიღრმეების მცირე გავრცელება. გამოიყოფა ორი დიდი ფართობი — კონტინენტებისა და ოკეანეების ფსკერის.

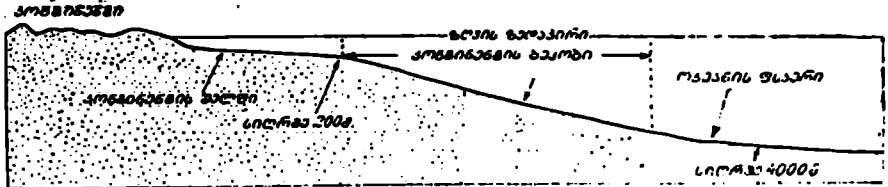
რული, მაგრამ ის მაინც კონტინენტად რჩება და ზღვასაც კონტინენტურს უწოდებენ. ასეთებია, მაგალითად, ჩრდილო და ბარენცის ზღვები ევროპაში. კონტინენტის საზღვარი არის არა იქ, სადაც წყალი იწყება, არამედ იქ, სადაც ოკეანისაკენ დაქანებული ბეჭობი ვითარდება (სურ. 17).

მიწის ქერქის ნივთიერი შემადგენლობა. მიწის მასის გარკვევას ბუნებრივად უნდა მოჰყოლოდა მიწის ნივთიერი შემადგენლობის საკითხი. უშუალო დაკვირვებები ამ მხრივ მეცნიერებას მხოლოდ ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ლითოსფეროს შესახებ აქვს. ამ გზით დადგენილია, რომ მიწა შეიცავს ყველა იმ ელემენტებს, რომლებიც აღნუსხული არიან მე ნ დ ე ლ ე ე ვ ი ს ცნობილ ცხრილში.



ერთი მხრივ აქ მოულოდნელიც არაფერი არის, რადგან ქიმიკ სწორედ მიწის მასალას ემყარება, მაგრამ ისიც შეიძლებოდა, რომ პერიოდული სისტემის ყველა ელემენტი მიწაზე არ ყოფილიყო წარმოდგენილი.

ყველა ელემენტი კი არის მიწაზე, მაგრამ დიდი შეცდომა იქნებოდა გვეფიქრა, რომ მათი მონაწილეობა მიწის შემადგენლობაში



სურ. 17. კონტინენტი და ოკეანის საშუალო რელიეფი. წარმოდგენილია არა მთელი მიწა, როგორც წინა ნახაზზე, არამედ ერთ-ერთი კონტინენტი და მეზობელი ოკეანე. შრუდეების დიდი მსგავსება იმის მაჩვენებელია, რომ ყველა კონტინენტი ერთნაირად არის აგებული.

თანასწორია. მიწის ქიმიურ შემადგენლობას, მიწაში მიმდინარე ქიმიურ პროცესებს და ელემენტების მიგრაციას სპეციალური მეცნიერება, გეოქიმია იკვლევს. მდიდარი მასალის საფუძველზე დადგენილია, რომ ზემოთ ხსენებული გეოსფეროების შემადგენლობაში მთავარი როლი სულ 10 ელემენტს მიეკუთვნება (ცხრილი 7).

ცხრილი 7

ყველაზე გავრცელებული ელემენტები

ელემენტი	რაოდენობა მარტო ქერქში	ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროში და ქერქში ერთად
O	46,71 %	50,02 %
Si	27,69	25,70
Al	8,07	7,30
Fe	5,05	4,18
Ca	3,65	3,22
Na	2,75	2,36
K	2,58	2,28
Mg	2,08	2,08
Ti	0,62	0,40
H	0,14	0,95

ერთად აღებული ეს 10 ელემენტი შეადგენს ქერქის მთელი მასის 99,34 %. დანარჩენ ელემენტებზე მხოლოდ 0,66 % მოდის. განსაკუთრებით აღსანიშნავი არიან: ჟანგბადი, რომელიც უამრავ ქიმიურ

ნაერთში მონაწილეობს და მთელი მასის თითქმის ნახევარს შეადგენს; სილიციუმი — კაქის და სილიკატების მთავარი მასალა; თიხის ელემენტი ალუმინიუმი.

ამ ათეულს გარეთ დარჩენილი ელემენტები მეტ წილად პროცენტის მემილიონედებით არიან წარმოდგენილნი, მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ მათი მნიშვნელობა მიწის ყოფაში და ადამიანის პრაქტიკაში მცირე იყოს. მოვიგონოთ ნახშირბადი, აზოტი, ფოსფორი და სხვა, რომელთა გარეშე სიცოცხლე შეუძლებელი იქნებოდა.

შეფარდებითს რაოდენობას, რომლითაც ესა თუ ის ელემენტი მიწის ქერქში გვხვდება, გეოქიმიკოსები კლარკს<sup>1</sup> უწოდებენ. კლარკი ელემენტის გავრცელებას გამონატავს, მაგრამ მხოლოდ საშუალოს. სინამდვილეში ზოგან რომელიმე, ჩვეულებრივ მეტ-ნაკლებად იშვიათი, ელემენტის კონცენტრაცია მომხდარა და იგი უხვად არის წარმოდგენილი ამა თუ იმ ნაერთის სახით, ასეთ შემთხვევებში სათანადო ელემენტის მადანი<sup>2</sup> გვექნება და ამ მადნის საბადო. ელემენტების ეს ბუნებრივი კონცენტრაცია შესაძლებელს ხდის ადამიანის მიერ მათ მოპოვებას, თორემ კლარკების მიხედვით რომ ყოფილიყვნენ ყველგან განაწილებული, პრაქტიკულად მიუწვდომელი იქნებოდნენ. უთქვამთ ხოლმე, რომ ზღვის წყალში ოქრო იმდენი არის, რომ მისი გამოყოფა რომ მოხერხებულყო, მთელ მიწაზე პირგადასაკრავად იკმარებდაო. საბადოების წარმოშობა და განლაგება გარკვეულ კანონზომიერებებს ექვემდებარება და გეოლოგის ერთ-ერთი მთავარი ამოცანა სწორედ ის არის, რომ ამ კანონზომიერებათა შესწავლის საშუალებით მადანთა ძებნა მართებულ გზაზე დააყენოს.

ქიმიური ელემენტები მიწის ქერქში თავისუფალი (ხალასი) სახით იშვიათად გვხვდება. ასეთი არიან, მაგალითად, ნახშირბადი (გრაფიტის ან ალმასის სახით), გოგირდი და სხ. და თვითბადი მძიმე მეტალები (სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, პლატინი და სხ.). როგორც წესი კი, ელემენტების მეტად თუ ნაკლებად რთულ ნაერთებთან გვაქვს საქმე. ერთნი და მეორენი სპეციალური მეცნიერების, მინერალოგიის ობიექტებს წარმოადგენენ.

<sup>1</sup> კლარკი გვარია ამერიკელი გეოქიმიკოსისა, რომელსაც დიდი დამსახურება მიუძღვის მიწის ქერქის ქიმიური შემადგენლობის შესწავლაში.

<sup>2</sup> ჩვეულებრივ მადანს უწოდებენ რომელიმე მეტალის ან მისი ნაერთის პრაქტიკულად გამოსადგე კონცენტრატს. ნახშირზე ან ნავთობზე მადანს არ იტყვიან.

მინერალები. ამგვარად, მიწის ქერქი შედგება სხვადასხვა ხალასი (იშვიათად) ქიმიური ელემენტებისა და მათი ბუნებრივი ნაერთებისგან. ერთთაგ და მეორეთაგ მიწის ქერქს უწოდებენ (ორგანიული ნაერთების გამოკლებით). სხვადასხვა მინერალი ძლიერ ბევრი არის (ცნობილია 2000-ზე მეტი). ისინი ქერქში ჩვეულებრივ პაწია სხეულების სახით გვხვდებიან, ათასგვარად ერთმანეთში არეული. მინერალოგის პირველი ამოცანა სწორედ მათი გარჩევა-გამოცნობა არის.

ამისათვის, ბუნებრივია, უპირველესად ყოვლისა ქიმიურ შემადგენლობას მივმართოთ:—ქიმიურ ნაერთებს ხომ მათი შემადგენელი ელემენტები ახასიათებს და ამ ელემენტების ზუსტი ოდენობითი შეფარდება. მაგ., მინერალი კვარცი, რომლის ქიმიური სიმბოლო არის  $\text{SiO}_2$ , სილიციუმისა და ჟანგბადისაგან შედგება და თან ისე, რომ პირველი შეეფარდებოდეს მეორეს, როგორც 28:32; თუ ქიმიურმა ანალიზმა ასეთივე შედეგი მოგვცა, გვეცოდინება, რომ კვარცთან გვაქვს საქმე. მაგრამ მთლიანად ანალიზზე დანდობაც არ შეიძლება. ჯერ ერთი, მოხდება ხოლმე, რომ მინერალ-ნაერთში ერთი ელემენტი მეორემ შესცვალოს იზომორფულად. შეცვლა იზომორფულად ითქმის, თუ რომელიმე ქიმიური ელემენტის ადგილი მინერალში სხვა ელემენტმა დაიჭირა ისე, რომ მინერალის სტრუქტურა იგივე დარჩა. მაგალითად, არის მინერალების ჯგუფი. რომელთაც პლაგიოკლასებს უწოდებენ. ამ მინერალებში შედის Na და Ca. ესენი ერთმანეთს ენაცვლებიან ყოველგვარი პროპორციით და ადგილი გამოსაცნობი მხოლოდ უკიდურესი წევრები არიან: ალბიტი ( $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ ), რომელშიც Ca სულ არ არის, და ანორტიტი ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), რომელშიაც არ არის Na. რიგის სხვა წევრებში ნატრიუმიც შედის და კალიუმიც და თან ყოველგვარი შეფარდებით. მეორე მხრივ, მინერალებში თითქმის ყოველთვის არის სხვადასხვა მინარევეები, ხოლო ზოგჯერ ისიც მოხდება, რომ ორს, თავისი თვისებებით ამკარად განსხვავებულ მინერალს, ქიმიური შედგენილობა ზუსტად ერთიდაიგივე აქვს.

ამიტომ ქიმიური ანალიზის შედეგი ყოველთვის გადამწყვეტი არ არის და, რაც მთავარია, ეს პროცედურა საკმაოდ დროს მოითხოვს და საჭირო ტექნიკაც ყოველთვის ხელთ არ არის, მაგ., ველზე. ველზე მომუშავე გეოლოგი ჩვეულებრივ იმით კმაყოფილდება, რომ თან მარილმჟავას ( $\text{HCl}$ ) ხსნარი აქვს კარბონატების გამოსაცნობად.

გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში მინერალის გამოსაცნობად ხშირად ფიზიკურ ნიშნებს მიმართავენ. ერთი ასეთთაგანი იქნება სიმკვრივე (სიმძიმე). საკმაოა მძიმე ბარიტი ( $\text{BaSO}_4$ ) ხელში ავიღოთ და იმ წამსვე გავარჩევთ მას გარეგნულად ძლიერ მსგავსი კალციტისაგან ( $\text{CaCO}_3$ ). ასევე სიმძიმით შეიძლება მეტალური მადნეულის გამოცნობა.

უფრო მნიშვნელოვანია სიმაგრე. მას ამოწმებენ უბრალო წესით: უფრო მაგარი მინერალი, თუ მისი წვეტი ნაკლებ მაგარს დავაჭირეთ და გავუსვით, ჰკაწრავს მას. მაგ., კვარცი გაჰკაწრავს კალციტს, პირიქით კი არა. ამ საფუძველზე შემუშავებული არის სიმაგრეთა სპეციალური სკალა, რომლის გამოყენებას ძლიერ აადვილებს ის გარემოება, რომ სკალის სტანდარტები ძნელი საშოვი არ არის. სიმაგრის აღმავალი რიგით ეს იქნება.

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

შეიძლება გამოვიყენოთ უფრო მისაწვდომი საშუალებებიც, მაგ., ადამიანის ფრჩხილი, რომლის სიმაგრე 2,5 არის, კაწრავს თაბაშირს და მით უმეტეს ტალკს. ჭიბის დანა, რომლის სიმაგრე დაახლოებით 5,5 არის, ჰკაწრავს აპატიტს და სხვა ნაკლებ მაგარს. რა თქმა უნდა, ამ გზით მინერალის რომელიმე მიახლოებითი მიკვლევა შეიძლება მხოლოდ, რადგან ერთი და იგივე სიმაგრე მრავალ სხვადასხვა მინერალს აქვს.

იყენებენ მინერალის შტრიხს<sup>1</sup>: მინერალი რომ მოუმიწავი ფაიანსის ნატეხებს გავუსვათ წვეტით, ნატეხზე ხაზი დარჩება, თითქო ფანქარი გაგვევლოს. ამ ხაზს ხშირად მინერალისათვის დამახასიათებელი ფერიც აქვს.

დამახასიათებელია ზოგი მინერალის მონატეხის ზედპირიც, მაგალითად, კონქიოდური, ანუ ნიჟარისებური მონატეხი. მინერალის გამჭვირვალობა თუ გაუმჭვირვალობა, ფერი, ელვარება ასევე საყურადღებოა. რკინის მინერალი მაგნეტიტი ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) მაგნეტიური თვისებებითაც გამოიხატება. მაგრამ არც ერთი ეს ფიზიკური თვისება საბოლოო პასუხს არ იძლევა. ისინი

<sup>1</sup> Strich, გერმ. — კაწრი, ხაზი.

გვიჩვენებენ მხოლოდ, რა მინერალი არ შეიძლება იყოს ეს (გამო-  
რიცხვის წესი) და რომელ ჯგუფს უნდა მიეკუთვნოს იგი.

მრავალი მხრივ უფრო მნიშვნელოვანია მინერალის ფორმა.  
მინერალებს სათანადო პირობებში ბრტყელი წახნაგებით შემოფარ-  
გლული გეომეტრიული ფორმა აქვთ. ასეთ სხეულს კრისტალს<sup>1</sup>  
უწოდებენ. ყველასათვის ცნობილია კვარცის, ანუ ბროლის კრისტა-  
ლი. ნორმულ პირობებში ეს არის ექვსწახნაგიანი პრიზმა ასეთივე პი-  
რამიდებით ორივე ბოლოში (სურ. 18). ქვამარილის (NaCl) ან პირი-  
ტის (FeS<sub>2</sub>) კრისტალებს კუბური ფორმა აქვთ. კრისტალების ფორ-  
მის სხვადასხვაობა ძლიერ დიდია. მათ 32 კლასში და 7 სინგონია-  
ში აჯგუფებს და შეისწავლის სპეციალური მეცნიერული დისციპ-  
ლინა კრისტალოგრაფია.

კრისტალის გარეგანი ფორმის მიხედვით მინერალის გამოცნო-  
ბა შეიძლება, მაგრამ ისევე იმავე შეზღუდვით: რამდენიმე სხვადას-  
ხვა მინერალს ერთისა და იმავე ფორმის კრისტალი  
შეიძლება ჰქონდეს.

მაინც მთავარი სხვა არ-  
ის. წესიერი ფორმა კრის-  
ტალს იშვიათად აქვს, მხო-  
ლოდ იმ შემთხვევაში, თუ  
მას თავისუფალი ზრდის პი-  
რობები ჰქონდა. ჩვეულებ-  
რივად სხვადასხვა მინერა-  
ლების კრისტალები ზრდის  
დროს ერთმანეთს ებჯინე-  
ბიან და უწესო ფორმას  
ღებულობენ: ზოგი წახნაგი



სურ. 18. კრისტალები. მარცხ-  
ნივ — კვარცი (პრიზმა), მარჯვნივ — პი-  
რიტი (კუბი).

კარგად ვითარდება, ზოგი — სუსტად, ზოგი — სულ ვერა. ეს კია,  
რომ, როგორაც არ უნდა შეიცვალოს წახნაგის სიდიდე და  
მოხაზულობა, კუთხე წახნაგებს შუა უცვლელი რჩება. კი-  
დევე უფრო შესანიშნავი ის არის, რომ, სულაც რომ დაკარგოს მი-  
ნერალმა კრისტალური ფორმა, ის მაინც კრისტალი იქნება, რადგან  
უცვლელად ინარჩუნებს შინაგან სიმეტრიას, ე. ი. კანონზომიერ აგე-  
ბულებას. ცუდად მოფარგლულ კრისტალს ან კრისტალის სანე-  
ბურ ნატეხს შინაგანი სიმეტრია ისეთივე აქვს, როგორც წესიერ

<sup>1</sup> ბერძნულად „კრისტალი“ ბუნებრივ ბროლს (გამჭვირვალე კვარცს)  
ნიშნავდა.

კრისტალს. ეს ნატეხი უეჭველად კრისტალს წარმოადგენს და იმავე მიზეზის გამო კრისტალის საუკეთესო მოდელი, მინისაგან, ხისგან თუ კარტონისაგან გაკეთებული, არავითარ შემთხვევაში კრისტალად არ ითქმის. მას სწორედ კრისტალის მთავარი თვისება აკლია — შინაგანი აგებულების სიმეტრიულობა.

სწორედ ეს შინაგანი აგებულება აპირობებს კრისტალური ფორმის ხასიათს და იგივე განსაზღვრავს კრისტალის ფიზიკურ თვისებებს. კრისტალის ღერძის (მაგ., კვარცის პრიზმის ღერძის) მიმართულებით და მის პერპენდიკულარულად სხვადასხვა კრისტალის სითბოგამტარობა, სხვადასხვა სინათლეგამტარობა და ა. შ. სწორედ ამ გარემოებას იყენებენ მინერალოგები. ისინი საპოლარიზაციო მიკროსკოპით შეისწავლიან კრისტალის ნამცეცა ნაწილაკს, არკვევენ სინათლის სხივების შიგ გავლის პირობებს და ამის მიხედვით დაასკვნიან, როგორი არის კრისტალი და რა მინერალი უნდა იყოს ეს. ეს არის კ რ ი ს ტ ა ლ თ ო პ ტ ი კ უ რ ი მეთოდი, მინერალთა კვლევისათვის უაღრესად მნიშვნელოვანი. რასაკვირველია, აქაც შეიძლება მოხდეს, რომ რამდენიმე მინერალს მსგავსი პარამეტრები (მაჩვენებლები) ჰქონდეს, მაგრამ ქიმიური ანალიზის შედეგები და სხვა ნიშნები ბოლოსდაბოლოს საკითხის გადაჭრას უზრუნველყოფენ.

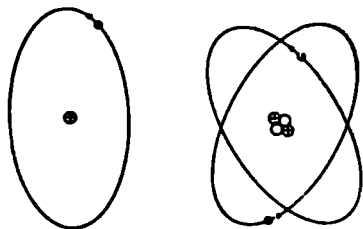
რა არის ახლა ეს უცნაური შინაგანი აგებულება? ამის პასუხს თანამედროვე ფიზიკა და ქიმია გვაძლევს. ელემენტები ატომებისგან შედგება. ატომში კიდევ შეიძლება გავარჩიოთ ბირთვი და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონები. ყველაზე მარტივი არის წყალბადის ატომი. მისი ბირთვი შედგება ერთი პროტონისაგან, რომლის გარშემოც ერთი ელექტრონი მიმოიქცევა (სურ. 19). პროტონის მასა 1845-ჯერ მეტია, ვიდრე ელექტრონისა, და შეიძლება ეს წყვილი რამდენადმე მზეს და პლანეტს შევადაროთ: უსაზღვროდ მცირეთა შორის ისეთივე წესრიგია, როგორც უსაზღვროდ დიდთა შორის.

ცნობილია, რომ ჰელიუმის ბირთვში 2 პროტონი არის და 2 ნეიტრონი. ნეიტრონები, რომელთა მასა დაახლოებით ისეთივეა. როგორც პროტონებისა, ელექტრულად ნეიტრალური არიან. ამიტომ ჰელიუმის ბირთვი მხოლოდ ორ ელექტრონს იჭერს, ორი მიმოიქცევა მის გარშემო (სურ. 19). ჰელიუმის ატომური რიცხვი იქნება 2, ხოლო ატომური წონა — 4.

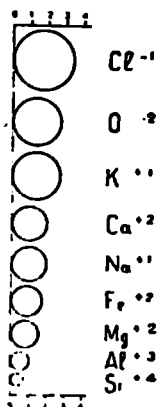
ასევეა სხვა ელემენტებიც. მათ ბირთვში იმდენი პროტონი და ელექტრონია, როგორცაა ატომური რიცხვი, ხოლო ნეიტრონები — ატომური წონის შესაბამისად. ჟანგბადის ბირთვში 8 პროტონი არის.

და 8 ნეიტრონი, ურანისაში — 92 და 146. თუ ატომში იმდენი ელექტრონია, რამდენიც პროტონი, ატომი ელექტრულად ნეიტრალური იქნება, თუ ელექტრონი ამაზე მეტია ან ნაკლები, ატომი უარყოფითად ან დადებითად დამუხტული იქნება, — ასეთ ატომს იონი ჰქვია. საწინააღმდეგოდ დამუხტული იონები ერთმანეთს იზიდავენ და ერთდებიან — მიიღება ქიმიური ნაერთი.

ყოველი ელემენტის ატომს გარკვეული დიამეტრი აქვს, რომელიც ანგისტრემებით იზომება (სურ. 20). ამ სივრცეში მოთავსებული ნაწილაკები ისევე გარკვეული სქემის მიხედვით არიან განლა-



სურ. 19. წყალბადის და ჰელიუმის ატომები. პირველ შემთხვევაში (მარცხნივ) ატომში გაქვს ერთი პროტონი და ერთი ელექტრონი, რომელიც მის გარშემო მიმოიქცევა, მეორე შემთხვევაში, ბირთვში 2 პროტონი და 2 ნეიტრონი არის, ხოლო ელექტრონიც მის გარშემო 2 მიმოიქცევა.



სურ. 20. ატომების შეფარდებითი სიდიდე. მაშტაბი გადიდებულია დაახლოებით 50 მილიონჯერად.

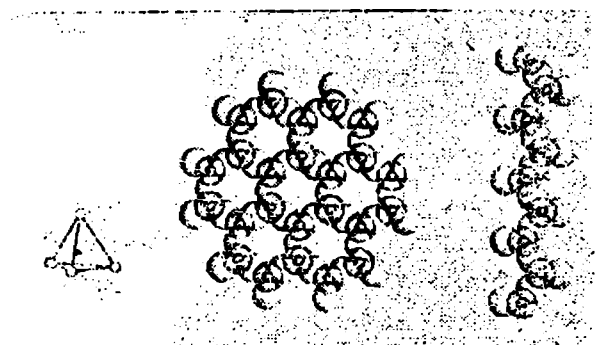
გებული — ატომს კანონზომიერი სტრუქტურა აქვს. ცხადია, ქიმიურ ნაერთშიაც ასეთი მასალა შემთხვევითად ვერ დაუკავშირდება ერთიმეორეს, გარკვეული წესის მიხედვით უნდა მოთავსდეს. მინერალსაც გარკვეული სტრუქტურა აქვს. ეს სტრუქტურა განსაზღვრავს მის წესიერ ფორმასაც და თვისებების წამართულობასაც (სურ. 21). ატომების წყობას მინერალში კრისტალური ხარაჩო<sup>2</sup> („მე-

<sup>1</sup> ანგისტრემი სიგრძის საზომია და უდრის მილიმეტრის  $\frac{1}{100000000}$  მმ. იწერება  $\text{\AA}$ .

<sup>2</sup> ჩვეულებრივ ამბობენ კრისტალური მესერიო, მაგრამ ეს გამოთქმა შეუფერებელი არის: კრისტალის მოდელი სამგანზომილებიანი უნდა იყოს.

სერი“) ეწოდება. წინათ ატომი გონებამახვილი კონცეპცია იყო, დღეს X-სხივების (რენტგენული სხივების) და ელექტრონული მიკროსკოპის მეოხებით თვალთხილული რეალობა არის: უცნაურად მცირე მზის სისტემის მსგავსი რაღაც.

მინერალების რიცხვი, როგორც აღვნიშნეთ, ძლიერ დიდია. ასეთი სიმრავლის თვალგადასავლებად რაიმე კლასიფიკაცია არის აუცილებელი. როგორც ყოველთვის, აქაც კლასიფიკაცია სხვადასხვა პრინციპზე შეიძლება აიგოს. მაგალითად, შეიძლება გავარჩიოთ მადნეული და არამადნეული მინერალები; როგორც შემდეგ დავინახავთ არჩევენ ქანმაშენ და არაქანმაშენ მინერალებს და სხ. ამჟერად ჩვენთვის უფრო მოხერხებული იქნება ქ ი მ ი უ რ ი კ ლ ა ს ი ფ ი -



სურ. 21. კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ი ს ა რ ა ჩ ი (მე-სერი“). მარცხნივ ტეტრაედრის ცენტრში მოთავსებულია სილიციუმის ატომი, ხოლო წვეროებში ჟანგბადის, მარჯვნივ წარმოდგენილია ასეთი ტეტრაედრების დაჯგუფება, ბრტყელი (ქარსები) და ძეწკვური (პიროქსენები).

კ ა ც ი ა. ამ თვალსაზრისით არჩევენ: ხალას ელემენტებს, სულფიდებს, ჰალოიდებს, ჟანგებს და წყალჟანგებს, კარბონატებს, სულფატებს, ფოსფატებს, სილიკატებს.

ხ ა ლ ა ს ი ე ლ ე მ ე ნ ტ ე ბ ი. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეს ჭგუფი მცირერიცხოვანია, მიწის ქერქის შემადგენლობაში მცირე როლს თამაშობს, მაგრამ დიდი ადგილი უჭირავს ადამიანის პრაქტიკაში. ეს არიან მძიმე მეტალები: სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, პლატინა და შემდეგ გოგირდი და ნახშირბადი (ალმასი, გრაფიტი).



ს უ ლ ფ ი დ ე ბ ი: აქ მოექცევიან კარგად ცნობილი მადნეული მინერალები — სფალერიტი  $ZnS$ , გალენიტი  $PbS$ , სინგური  $HgS$ , რეალგარი  $AsS$ , ანტიმონიტი  $Sb_2S_3$ , მოლიბდენიტი  $MoS_2$ , პირიტი  $FeS_2$ , ქალკობირიტი  $CuFeS_2$ ...

პ ა ლ ო ი დ ე ბ ი: ეს არის ქვამარილი (ჰალიტი)  $NaCl$ , სილვინი  $KCl$ , ფლუორიტი  $CaF_2$ , და სხ.

ე ა ნ გ ე ბ ი და პ ი დ რ ო ე ა ნ გ ე ბ ი (წყალყვანგები): ჰემატიტი  $Fe_2O_3$ , მაგნეტიტი  $Fe_3O_4$ , კვარცი  $SiO_2$  და ქალცედონი, აგატი, იასპი, კაჟი, ოპალი  $SiO_2 \cdot nH_2O$ , კასიტერიტი  $SnO_2$ , ლიმონიტი  $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ , ყინული  $H_2O$ .

კ ა რ ბ ო ნ ა ტ ე ბ ი: კალციტი  $CaCO_3$ , მაგნეზიტი  $MgCO_3$ , დოლომიტი  $CaMg(CO_3)_2$ , მალაქიტი  $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ , აზურიტი  $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ . პირველ სამს მნიშვნელოვანი წილი უდევს მიწის ქერქის შედგენილობაში.

ს უ ლ ფ ა ტ ე ბ ი: ბარიტი  $BaSO_4$ , ანჰიდრიტი  $CaSO_4$ , თაბაშირი  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , მირაბილიტი (გლაუბერის მარილი)  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ .

ფ ო ს ფ ა ტ ე ბ ი: აპატიტი  $Ca_5(PO_4)_3(FCl)$ .

ს ი ლ ი კ ა ტ ე ბ ი: — ეს უმნიშვნელოვანესი ჯგუფია მიწის ქერქის შემადგენლობას თვალსაზრისით. როგორც დავინახავთ, განსაკუთრებულ როლს თამაშობს ერუპტიული და მეტამორფული ქანების აგებულებაში. თავის მხრივ კიდევ ქვეჯგუფებად იყოფა.

ო რ თ ო ს ი ლ ი კ ა ტ ე ბ ი: ოლივინი  $(Mg, Fe)_2SiO_4$  — გადადის ხოლმე სერპენტინში, გრანატები [პიროპი  $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ , ალმანდინი  $Fe_3Al(SiO_4)_3$ ], დისტენი, ანდალუზიტი, სილიმანიტი [სამივე  $Al_2(SiO_4)O$ ].

მ ე ტ ა ს ი ლ ი კ ა ტ ე ბ ი: პიროქსენები [ენსტატიტი  $Mg_2(Si_2O_6)$ , პიპერსტენი, დიოპსიდი  $CaMg(Si_2O_6)$ , ავგიტი], ამფიბოლები (აქტინოლითი, რქატყუარა).

წყ ლ ი ა ნ ი ა ლ უ მ ო ს ი ლ ი კ ა ტ ე ბ ი: ქარსები (მესკოვიტი, ბიოტიტი), გლაუკონიტი, ქლორიტი.

ფ ე ლ დ შ პ ა ტ ე ბ ი (მ ი ნ დ ვ რ ი ს შ პ ა ტ ე ბ ი): ორთოკლაზი  $KAlSi_3O_8$  და მიკროკლინი, პლაგიოკლაზები (მათი შემადგენელი ალბიტი  $NaAlSi_3O_8$  და ანორტიტი  $CaAl_2Si_2O_8$ ).

ფ ე ლ დ შ პ ა ტ ი დ ე ბ ი: ნეფელინი  $NaAlSiO_4$ , ლეიციტი  $KAlSi_2O_6$ , ცეოლითები.

მინერალების ჯაცნობა ლაბორატორიაში იგულისხმება. აქ მოცემულია მხოლოდ ზოგი მათგანის ნუსხა.

ქანები. მიწის ქერქი მინერალებისგან შედგება, მაგრამ მინერალებისგან აგებული როდია. მინერალური სხეულები, ანუ კრისტალები, ჩვეულებრივ პაწაწა არიან, მეტ შემთხვევაში უიარალო თვალთა არც კი დაინახებიან და ქერქის სტრუქტურის ელემენტებს ვერ მოგვცემენ. ამ როლს ასრულებენ ქანები, როგორც არის გრანიტი, რომლისგანაც აგებულია არაერთი ცნობილი მონუმენტი ან გამოკვეთილია სხვადასხვა ძეგლი; კირქვა, რომელსაც ეს სახელი იმიტომ მიეკუთვნა, რომ მისგან კირი გამოიწვება; ქვიშაქვა, რომლის ზოგი სახეობა საშენად იხმარება; თიხა, რომლისგანაც უძველესი დროიდან ქურქელს აკეთებენ, და მრავალი სხვა. ცალკეულ ქანებს ქერქში მეტად თუ ნაკლებად დიდი ადგილი უჭირავთ და მის აგებულებას სწორედ ისინი განსაზღვრავენ.

ქანს ხალხი ქვას ან კლდეს უწოდებს და ეს ტერმინი მეცნიერებაშიც დამკვიდრდა<sup>1</sup>. ფრანგულად ამბობენ *roche* (კლდე), ინგლისურად *rock* (კლდე), გერმანულად *Gestein* (ქვა). მაგრამ არ უნდა ვიფიქროთ, რომ ქანი ყოველთვის მტკიცეა. არის ფხვიერი ქანები (ქვიშა) და რბილიც (სხვადასხვა თიხა).

ერთი და იგივე ქანი რამდენიმე ათეული და ასეული კილომეტრის მანძილზე შეიძლება ვრცელდებოდეს, მაგრამ მინერალსა და ქანს შორის კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი განსხვავება ის არის, რომ მინერალი ქიმიური ნაერთია და კანონზომიერი ქიმიური შედგენილობით ხასიათდება, ხოლო ქანი ნარევია და მისი შედგენილობა ცვალებადია გარკვეულ ფარგლებში. ქვიშაქვა, მაგალითად, სულ სხვადასხვა მარცვლისგან შეიძლება იყოს შემდგარი. გარდა ამისა, წმინდა ქვიშაქვას რომ გავსდიოთ, იგი შეიძლება თანდათან უფრო თიხიანი გახდეს და ბოლოს თიხაში გადავიდეს. ამიტომ, როდესაც ამბობენ, ესა და ეს ქანი ამა და ამ მინერალებისგან შედგებაო, იგულისხმება მხოლოდ ამ მინერალების დამახასიათებელი როლი და არა უცვლელი პროპორცია. გრანიტისთვის, მაგალითად, მთავარი მინერალები არის კვარცი, ფელდშპატი და ქარსები. ამათ გვერდით ქანში არის მეტნაკლებად შემთხვევითი, აქცესი-

<sup>1</sup> წინათ გერმანული *Gebirge* ნიშნავდა კლდეს. ამის მიხედვით გერმანულებო ქანს უწოდებდნენ *Gebirgsart* (კლდის სახეობა). დღეს სიტყვა *Gebirge* მთას ნიშნავს, ამიტომ ძველი ტერმინი უკუგდებულა და ქანის აღსანიშნავად ამბობენ *Gestein* (ქვის სახეობა). მხოლოდ რუსულში დარჩა ძველი გერმანულიდან ასლებურად ნათარგმნი „горная порода“. საბას მიხედვით ქანი ლითონს ნიშნავს და, თუ აქ ბერძნული „ლითონს“ იგულისხმება, ეს იქნება ქვა. საბასივე განმარტებით ლითონი არის საწისქვილე ქვაი.

რ უ ლ ი' მინერალებიც. გრანიტის შემთხვევაში ასეთი იქნება ფოსფორის მინერალი აპატიტი. აქცესორული მინერალი ქანში ცოტა არის და შეიძლება სულაც არ იყოს. მინერალებს, რომელნიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ ამა თუ იმ ქანის შედგენილობაში, ქ ა ნ მ ა შ ე ნ ი მ ი ნ ე რ ა ლ ე ბ ი ჰქვია.

ქანების შესწავლას პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს გეოლოგიისათვის. მეცნიერებას, რომელიც ამ ამოცანას ემსახურება, დღეს უფრო ხშირად პეტროლოგიას<sup>1</sup> უწოდებენ. წინათ ეს იყო პეტროგრაფია<sup>2</sup>.

მრავალრიცხოვანი ქანების შესწავლის ერთ-ერთი შედეგი არის ქ ა ნ ე ბ ი ს კ ლ ა ს ი ფ ი კ ა ც ი ა. ყველაზედ უფრო გავრცელებულია ქანების დაყოფა სამ ჯგუფად: მაგმეული<sup>3</sup>, დანალექი და მეტამორფული ქანები. ასეთი დაჯგუფება გენეტური (წარმოშობით) არის და დიდად მოხერხებულია გეოლოგიური თვალსაზრისით.

მაგმეული ქანებია: გრანიტი (ზოგი), პორფირი, ბაზალტი, ობსიდიანი და მისთანანი. გრანიტის ნატეხი რომ ხელში ავიღოთ, ადვილად დავინახავთ, რომ იგი ცალკე მარცვლებისაგან შედგება. ასეთ ქანებს საერთოდ მარცვლოვანს უწოდებენ. მარცვლები გრანიტში ერთმანეთზე მორგებულ-მიზრდილ კრისტალებს წარმოადგენენ. ჩვეულებრივ ეს იქნება მოთეთრო კვარცი, ვარდისფერი ფელდშპატი და შავი ბიოტიტი. გრანიტი კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ი ქ ა ნ ი ა, თანაც მსხვილკრისტალური, ხოლო რადგან მარცვლების სიდიდე ერთი რიგის არის—ტ ო ლ კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ი. ყველა ეს ნიშნები ქანის ს ტ რ უ ქ ტ უ რ უ ლ ი ნიშნები არიან. სტრუქტურა ჰქვია ქანის შედგენილობას დიდი თუ პატარა ნაწილაკებისგან და ამ ნაწილაკების წყობას<sup>4</sup>.

პორფირი იმავე მინერალებისგან შედგება, როგორც გრანიტი, მაგრამ კრისტალების სიდიდე თანაბარი არ არის: ერთი ზომის კრისტალებისგან შემდგარ ძირითად მასაში გაფანტულია ფელდშპატის

<sup>1</sup> Accessoire, ფრანგ.—რაც შეიძლება ძირითადს ერთვოდეს ან არა.

<sup>2</sup> „პეტროს“, ბერძნ.— ქვა, პეტროლოგია — მეცნიერება ქვების (ქანების) შესახებ.

<sup>3</sup> „პეტროს“, ბერძნ.—ქვა, „გრაფო“—ვწერ: ქვების აღწერა.

<sup>4</sup> ჩვეულებრივ ამბობენ მაგმეული, რაც სწორი არ არის. მაგმური იქნება „მაგმის მსგავსი“, ხოლო მაგმეული ნიშნავს მაგმისგან წარმოშობილს.

<sup>5</sup> აღსანიშნავია, რომ ანგლურ-საქსურ ჰევინებში და ზოგან სხვაგანაც სტრუქტურას ტექსტურა ეწოდება და იმაზე, რასაც ჩვენ ტექსტურას ვუწოდებთ, სტრუქტურას იტყვიან.

ბევრად უფრო დიდი კრისტალები. ასეთ დიდ კრისტალებს ფენო-კრისტებს უწოდებენ, ხოლო სათანადო სტრუქტურას—პოროფორულს. არის შემთხვევები, როდესაც კრისტალები ქანში იმდენად პატარა არიან, რომ უიარალო თვალით არ დაინახებიან — ეს იქნება აფანიტური<sup>1</sup> სტრუქტურა და, დასასრულ, თუ ქანი დაკრისტალებული არ არის, როგორც, მაგალითად, ობსიდიანი, მას მინებრივს ეტყვიან.

XIX საუკუნის დასაწყისში ბევრი გეოლოგი ფიქრობდა, რომ ჩამოთვლილი ქანები ხსნარიდან არიან დალუქილი ისევე, როგორც გახსნილი მარილი ილექება ხსნარიდან, თუ წყალს ვაორთქლებთ. ეს შეხედულება უსაფუძვლო აღმოჩნდა. დიდი ხანია უკვე ექსპერიმენტულად დამტკიცებული არის, რომ შესაძლებელია გრანიტი და სხვა მაგმეული ქანები მაღალი ტემპერატურის მეშვეობით გავადნოთ და მდნარის ნელი გაცივებით ისევ ქანი მივიღოთ. ამას ხომ ბუნებაშიც ვხედავთ უშუალოდ: მოქმედი ვულკანიდან ამონთხეული მდნარი, რომელსაც ლავა ეწოდება, გაცივების შედეგად მყარდება და თავისი შედგენილობის შესაბამისად ამა თუ იმ მაგმეულ ქანს გვაძლევს. ლავას, ზედაპირზე ამოსვლამდე, მაგმა ჰქვია და ამიტომ ეწოდება ამ ქანებსაც მაგმეული.

მაგმეული ქანები სხვა ქანებში ქვევიდან შემოჭრილი გვხვდებიან. ამიტომ მათ ე რ უ პ ტ ი უ ლ ს ა ც<sup>2</sup> უწოდებენ, თუ მაგმამ ზედაპირამდე ვერ მოაღწია და ისე გაცივდა, ეს იქნება ინტრუზია;<sup>3</sup> თუ ზედაპირზე ამოვიდა და აქ გაიშალა ლავის სახით, ეფუზია<sup>4</sup> მივიღებთ.

ამ თვალსაზრისით გასაგებია ისიც, რატომ არის ზოგი მაგმეული ქანი მსხვილკრისტალური, ზოგი წვრილკრისტალური და ზოგიც მინებრივი; თუ მაგმის გაცივება ძლიერ სწრაფად მოხდა, ვთქვათ, ზედაპირზე, კრისტალები ჩასახვას ვერ ასწრებენ და მინებრივი ქანი წარმოიშობა; უფრო ნელი გაცივების შემთხვევაში, მიწის ზედაპირზე ან მცირე სიღრმეზე, წვრილკრისტალურ ან აფანიტურ ქანს მივიღებთ; დასასრულ, თუ გაცივება სიღრმეში ხდება და ძლიერ ნელია, განვითარდება მსხვილკრისტალური ქანი. პირველადი პორფირულა:

<sup>1</sup> „აფანეს“, ბერძნ.—უჩინარი.

<sup>2</sup> Eruptio, ლათ.—ამოხეთქვა.

<sup>3</sup> Intrudo, ლათ.—ვაჩხირებ, ვაკეხებ.

<sup>4</sup> Effusio, ლათ.—გადმოღინება.

სტრუქტურის განვითარებას იმით ხსნიან, რომ ასეთ შემთხვევაში გაცივების ორი სტადია არის; ჯერ გაცივება საკმაოდ დიდ სიღრმეზე იწყება და დიდი კრისტალები იწყებენ ზრდასო; შემდეგ, სანამ მაგმის ძირითადი ნაწილი ჯერ კიდევ მდნარია, იგი ზედაპირზე ან ზედაპირის ახლო ამოდის და სწრაფი გაცივება-დაკრისტალება ხდებაო. არის ფენოკრისტალების განვითარების სხვაგვარი მექანიზმიც.

კრისტალები მაგმეულ ქანში შეიძლება თავისი სპეციფიური ფორმით გაიზარდონ ან თავისუფალი ადგილის უქონლობის გამო (მეზობელი კრისტალების მოწოლა) წესიერი ფორმა ნაწილობრივ ან საკლებით დაჰკარგონ და მეზობელ მარცვლებს მოერგონ. პირველ შემთხვევაში ეს იქნება ი დ ი მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>1</sup> კრისტალები, მეორეში — ჰ ი პ ი დ ი მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>2</sup> და მესამეში — ა ლ ო მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>3</sup>.

ქანის მთლიანი სხეულის ფორმას, მისი შექმნის ნაწილაკების და ნაწილების განლაგებისგან დამოუკიდებლად, ტექსტურა<sup>4</sup> ჰქვია. მაგმეული ქანების ტექსტურა მასურია<sup>5</sup> არის. მასური ისეთ ქანებს ჰქვია, რომელშიაც ქანის აგებულება და სხვა თვისებები ყველა მიმართულებით ერთიდაიგივე არის. რამოდენადმე გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ ზოგი ეფუზივი (ეფუზიური ქანის სხეული), ლავის ფენის სახით გაშლილი: მისი ზედაპირი და ქვედაპირი ადვილად გამოიცნობა შუა ნაწილისაგან. არის იშვიათი შემთხვევებიც, როდესაც ლავას ზოლური ტექსტურა აქვს. მასურ ქანებს საკუთარი ფორმა არა აქვთ და ისეთ ფორმას ღებულობენ, როგორიც არის სივრცე, რომელშიაც მათი გაცივება მოხდა.

მაგმეული ქანი მრავალი ათეული არის ცნობილი. ამიტომ აქაც კლასიფიკაცია გახდა საჭირო. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით რამდენიმე ჯგუფს გამოყოფენ. რადგან მაგმეული ქანები ძირითადად სილიკატებს წარმოადგენენ, მთავარი ყურადღება ექცევა SiO<sub>2</sub>-ს რაოდენობას ქანში.

გ რ ა ნ ი ტ ი ს ჯ გ უ ფ ი. აქ SiO<sub>2</sub>-ს რაოდენობა 75%-მდე აღწევს. ამიტომ ამ ჯგუფის ქანებს მეავე ქანებსაც უწო-

1 „იდიოს“, ბერძნ. — თავისი; „მორფე“ — ფორმა.

2 „ჰიპო“, ბერძნ. — ქვევით (ნაკლები).

3 „ალლოს“, ბერძნ. — სხვა.

4 Textura, ლათ.—ქსოვილი.

5 Massa, ლათ.—ბელტი.

დებენ. მათ შორის არის 1. ა ბ ი ს უ რ ი<sup>1</sup>, ე. ი. დიდ სიღრმეზე გაცივებული სხვაობები: გრანიტი, გრანოდიორიტი, კვარციანი დიორიტი. გრანიტები მარცვლოვანი ქანები არიან და კვარცის, ფელდშპატების (ძირითადად ორთოკლაზის) და ქარსებისგან (პიოტიტი, მუსკოვიტი ან ორივე) შედგებიან. მათ თვალუწვდენელი სივრცეები უჭირავთ ფინეთ-სკანდინავიაში, ჩრდილო ამერიკის ჩრდილო ნაწილში, ბრაზილიაში და სხვაგან. ეს ზედაპირზე ქერქის ღრმა ნაწილებში მათი გავრცელება კიდევ მეტია. საქართველოში გრანიტები გვხვდება კავკასიონის ღერძულ ნაწილში. ძირულის, ხრამის და ლოქის მასივებში და სხვაგან. 2. ჰ ი პ ა ბ ი ს უ რ ი (ქველღრმა, ნაკლებად ღრმა) სხვაობები: გრანიტ-პორფირები, აპლიტები, პეგმატიტები. პეგმატიტები გრანიტული მასივების პერიფერიაზე ვითარდებიან და მსხველკრისტალური სტრუქტურით გამოირჩევიან. ძლიერ იშვიათად, მაგრამ არის შემთხვევები, რომ ფელდშპატების კრისტალების სიგრძე რამდენიმე მეტრს აღწევს. 3. ე ფ უ ზ ი უ რ ი სხვაობები: რიოლითი (ლიპარიტი), ობსიდიანი, პემზა.

დიორიტ-ანდეზიტის ჯგუფი ქიმიურად და მინერალოგიურად გადამავალია მყავე და ფუძე ქანებს შუა ( $\text{SiO}_2$ —65-52%). დიორიტი აბისური ან ჰიპაბისური ქანია. ანდეზიტები (ბაზალტებთან ერთად) ყველაზე მეტად გავრცელებულ ე ფ უ ზ ი ე ვ ბ ს წარმოადგენენ. აქვე მოთავსდება პორფირიტი. ჩვენში ამ ჯგუფის ქანებს ვხვდებით თბილისთან თელეთის ქედზე, წალკაში და მრავალ სხვა ადგილას.

კიდევ უფრო ნაკლებია  $\text{SiO}_2$  (52—40%) გაბრო-ბაზალტის ანუ ე ფ უ ძ ე ქ ა ნ ე ბ ს ჯგუფში. ეს არის მსხვილკრისტალური გაბრო (გაბბრო), პორფირული გაბრო-პორფიტი, დიბაზი, დიბაზ-პორფირიტი.

დასასრულ, უ ლ ტ რ ა ფ ე უ ძ ე (უკიდურესად ფუძე) ქანებს წარმოადგენენ პერიდოტიტი, ფენიტი, ოლივინიტი ( $\text{SiO}_2 < 40\%$ ).

რამოდენადმე განმარტოებით დგას ს ი ე ნ ი ტ-ტ რ ა ქ ი ტ ის და ნ ე ფ ე ლ ი ნ ი ა ნ ი ს ი ე ნ ი ტ ის მკავიანობით საშუალო ჯგუფი. ეს არის ტუტე ქანები: სიენიტი, ტრაქიტი, ფონოლითი. სიენიტს ზოგჯერ უკვარცო გრანიტს უწოდებენ. ფონოლითს ეს სახელი იმიტომ მიეკუთვნა, რომ ჩაქუჩის დარტყმაზე ქანი კრიალა მეტალური ხმით (ბერძნულად „ფონე“ — ბგერა) უპასუხებს.

<sup>1</sup> Abissus, ლათ. უფსკრულს ნიშნავს. იჯლისსმება ძლიერ ღრმა.

საერთოდ, მკავე ქანებში ღია ფერის მინერალები ქარბობს. ეს იქნება ლეიკოკრატული ქანები. ფუძე ქანებში ქარბობს შუქი მინერალები — აქედან სახელი მელანოკრატული<sup>1</sup> ქანები. იმის გამო, რომ მკავე ქანებში და, უპირველეს ყოვლისა, გრანიტის შემადგენლობაში მთავარი Si და Al არის, ამიტომ ქანებს სილაურს უწოდებენ. ფუძე და ულტრაფუძე ქანებისთვის ასევე დამახასიათებელი არის Mg და Fe. მათ მაფეური შეარქვეს.

მაგმული ქანების და საერთოდ ქანების გაცნობა, ისევე როგორც მინერალებისა, ლაბორატორიაში და ველზე ხდება. საგანს სპეციალური კურსიც მიეძღვნება. ამიტომ აქ არსებითად ამ ჩამოთვლით უნდა დავეკმაყოფილდეთ.

დანაღეჭი ქანები. ქანები, მაგმული იქნება თუ სხვა. მიწის ზედაპირზე ტემპერატურის ცვლის და ჰაერის და წყლის გავლენით მუდმივ მსხვრევას და დაშლას განიცდიან. პროცესი მექანიკური და ქიმიურიც. ქანში არსებული ბზარები ფართოვდება და კლდეს ცალკეული კუთხედი ლოდები გამოეყოფა. ლოდში ახალი ბზარები ჩნდება და იგი უფრო და უფრო წვრილ ნაწილაკებად იყოფა. ეს იქნება მექანიკური რღვევა. იმავე დროს მიმდინარეობს ქიმიური რეაქციები. ჰაერის ქანგბადის და ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>) და სინესტის გავლენით ქანის შემადგენელი მინერალები იშლება და მათ ადგილას ახალი ნაერთები წარმოიშობიან. ქანი სიმტკიცეს ჰკარგავს და ვითარდება ე. წ. ფიტვითი ქერქი, რომელიც დროის განმავლობაში კიდევ და კიდევ მეტად იშლება. ეს მოვლენა ანუ ფიტვა სხვადასხვა ქანის შემთხვევაში სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს, გრანიტში, მაგალითად, პირველ რიგში ფელდშპატი იფიტება და თიხის მინერალები წარმოიშობიან. ხსნადი ნაერთები, კერძოდ კალიუმისა, წყალს გააქვს. ფელდშპატის დაშლის გამო გრანიტი სიმტკიცეს ჰკარგავს და ცალკე მარცვლებად იყოფა. წარმოიშობა ქვიშა, რომელიც გადარჩენილი ფელდშპატისა, კვარცისა და ქარსისგან შედგება და რომელსაც არკოზს უწოდებენ. ქარსი გაცილებით უფრო ნელა იფიტება, ვიდრე ფელდშპატი, ხოლო კვარცი არსებითად უცვლელი რჩება. თუ პროცესი საკმაოდ გაგრძელდა, ბოლოს მივიღებთ კერამიკულ თიხას, კაოლინს, და ძირითადად კვარცისგან შემდგარ ქვიშას.

1 „ლეუქოს“, ბერძნ. — თეთრი, „კრატოს“ — ძალა. უფლება.

2 „მელას“, „მელანოს“, ბერძნ. — შავი.

სხვა ქანების გამოფიტვა სხვაგვარად მიმდინარეობს, მაგრამ შედეგი ისეთივე არის: ქანი სიმტკიცეს ჰკარგავს და იშლება. წარმოიშობა ფიტვითი საფარი, რომელიც ზედაპირიდან სიღრმისკენ ვითარდება და რომლის სისქემ ცხელი და ნესტიანი ჰაერის პირობებში შეიძლება არაერთ ათეულ მეტრს მიაღწიოს.

უფრო ღრმად ფიტვა ველარ იწარმოებს და ამრიგად ეს პროცესი მიწაზე დიდი ხანია უნდა შეწყვეტილიყო, მაგრამ სინამდვილეში ასე არ მომხდარა. საქმე ის არის, რომ გამოფიტული მასალა ადგილზედ არ რჩება. როგორც შემდეგ დავინახავთ, რაკი დიდოთუ პატარა ნაწილაკები ერთმანეთთან შემტკიცებული აღარ არიან, მათ სიმძიმის ძალა, მდინარი წყალი, მყინვარი თუ ქარი ეპატრონება და მიაქვს დაღმართის მიმართულებით. სალი ან მცირედ გამოფიტული ქანი შიშვლდება და მისი ფიტვა იწყება ან გრძელდება.

ჩვენთვის ახლა მთავარი ის არის, რომ გამოფიტვას გაფხვიერებული მასალის გადატანა, ტრანსპორტი მოსდევს.

გადატანა თავის მხრივ უსასრულო ვერ იქნება. იგი შეწყდება იქ, სადაც გადამტანი აგენტის ძალა შემცირდება ან სულ გაბათილდება. მდინარი წყლისათვის ეს იქნება დაბალი ბარი, ტბა ან ზღვა. ზღვისათვის — ნაპირს დაშორებული სიღრმეები. ასეთ ადგილებში მოტანილი მასალის დაბინავება ხდება. ჩვეულებრივ ამბობენ დალექვაო, და ჩვენც ასე მოვიქცევით, მაგრამ ამას ერთგვარი უხერხულობა ახლავს. ილექება (осаждается) წყალი ჰაერიდან, ლამი მღვრიე წყლიდან, მაგრამ ცოტა მომსხო მასალა ატივტივებული როდია. მას წყალი ფსკერზე ამოძრავებს და როდესაც წყალს ამის ძალა აღარ შესწევს, ეს მასალა კი არ დაილექება, მოძრაობას შესწყვეტს და ადგილს აღარ გაშოიკვლის, თუ საერთო პირობები არ გამოიკვალა. დაბინავება საერთო მოვლენაა და დალექვა მისი კერძო შემთხვევა მხოლოდ. როგორც შემდეგ დავინახავთ, ამ გარემოებას პეტროლოგიურადაც დიდი მნიშვნელობა აქვს.

დაბინავებული მასალა ჭერ კიდევ ქანი არ არის. მას სიმტკიცე არა აქვს და, თუ დალექვა წყალში ხდება, ქარბი წყლით არის გაჟღენთილი. ზღვის ფსკერის წმინდამარცვლოვან ნალექში 80%-მდე წყალი შეიძლება იყოს. ასეთი ნალექი ფაფას უფრო მოგვბგონებს, ვიდრე ქვას. შემდეგ ნალექს ნალექი ემატება ზევიდან. ზედა ფენების დაწოლა ქვედა ფენებიდან წყალს გამოწებრავს და მარცვლებს უფრო მჭიდროდ დაუკავშირებს ერთმანეთს. იმავე დროს



მარცვალთაშუა პორებში მოძრავი ხსნარები ქიმიურ დალექვას აწარმოებენ და მარცვლებს ბუნებრივი დულაბით შეჰკრავენ. წარმოიშობა მტკიცე ქანი, როგორსაც პეტროგრაფია იცნობს და აღწერს. ამ რთულ პროცესს, რომლის შედეგად დალექილი მასალისგან ნორმულ ქანებს ვღებულობთ, დიაგენეზი<sup>1</sup> ეწოდება, ხოლო ამ გზით წარმოშობილ ქანებს — დანალექი.

დალექვის აქ აწერილი პროცესი მექანიკური დალექვა იქნება. ნაკლებ გავრცელებულია ქიმიური დალექვა. ხსნად ნაერთებს წყალი ქანიდან გახსნილ გამოიტანს და ასე გადააქვს ტბებსა და ზღვებში. თუ მარილიანობამ ტბაში ან ზღვიურ ლაგუნაში გაჭერებას მიაღწია, წყლის შემდეგი აორთქლება გამოიწვევს დალექვას. ამგვარად არის წარმოშობილი ქვამარილის, თაბაშირის, კალიუმის მარილების და სხვა საბადოები. დასასრულ, ზოგ შემთხვევაში ქანის დალექვა-წარმოშობას ცოცხალი ორგანიზმები იწვევენ. ასეთ ქანებს ორგანოგენულს უწოდებენ. შეიძლება დავასახელოთ მარჯნული კირქვა, ქვანახშირი და სხ.

ბუნებრივია, რომ ამგვარად წარმოშობილი ქანები დაახლოებით ჰორიზონტულ ფენებად ანუ შრეებად იქნებიან განლაგებული ზღვის ფსკერზე თუ ხმელეთზე. შრეებრივობა დანალექი ქანების ტექსტურის ძირითადი თვისება არის.

დანალექი ქანების კლასიფიკაცია გენეტურ პრინციპზე არის აგებული. ჩვეულებრივ, არჩევენ კლასტიურ, ქემოგენურ და ორგანოგენურ ქანებს.

კლასტიური<sup>2</sup> ქანები ნამსხვრევებისგან შედგებიან. აქ ყოველთვის შეგვიძლია გავარჩიოთ ადრინდელი ქანების ნატეხები, დიდი თუ პატარა, და მათი შემაკავშირებელი დულაბი, უხვი ან ღარიბი. თუ ქანი კუთხედი ნამტვრევებისაგან შედგება, ეს იქნება ბრექჩია<sup>3</sup>. ბრექჩიები შეიძლება გავარჩიოთ ნამსხვრევების სიდიდის მიხედვით. ასე გამოიყოფა ლობრექჩია, დიდი ლოდებისგან შემდგარი, როყბრექჩია — უფრო მცირე ლოდებისგან (როყისგან), როჰკბრექჩია — კიდურ ვუფრო პატარა ნამსხვრევებისგან. ზოგჯერ იტყვიან მიკრობრექჩიაო. ზუსტი მნიშვნელობა ამ ტერმინებს, რა თქმა უნდა, არა აქვს. გარჩევა

<sup>1</sup> „დიაგენეზის“, ბერძნ. — გარდაქმნა.

<sup>2</sup> „კლაო“, ბერძნ. — ვამტრევ. „კლასტიური“ — ნამტვრევებისგან შემდგარი.

<sup>3</sup> Breccia, იტალ.—გატეხილი, შეტეხილი.

შეიძლება ნამტვრევების ბუნების მიხედვითაც. ასეთი იქნება კირქვის ბრექჩია, ბაზალტის ბრექჩია, პოლიმიქტურ ბრექჩია და სხვა. შეიძლება გარჩევა დულაბის შესაბამისადაც.

დარკვალებული ნამტვრევების შემთხვევაში, თუ მსხვილი ქვარგვალებია გვექნება კონგლომერატი და თუ ხვინჯაა — მიკროკონგლომერატი. კიდევ უფრო პატარა მარცვლის შემთხვევაში მიიღება ქვიშაქვა, მსხვილმარცვლოვანი ან წვრილმარცვლოვანი. როგორც ბრექჩიებში, ისე აქაც განასხვავებენ კირქვის, კვარცის, პოლიმიქტურ კონგლომერატებს და ქვიშაქვებს. პოლიმიქტური ქვიშაქვის სახესხვაობა არის არკოზული ქვიშაქვა ან წვრილმარცვლოვან ქვიშაქვებში გაირჩევიან როგორც დამრგვარებული, ისე კუთხედი მარცვლებიც. განასხვავებენ სხვადასხვა კონგლომერატებს და ქვიშაქვებს დულაბის რაგვარობითაც.

ძლიერ წმინდამარცვლოვან ქვიშაქვებს, რომელთა გამოსაცნობად ლუპა და მიკროსკოპი არის საჭირო, ალევრიტებს და ალევროლითებს<sup>2</sup> უწოდებენ. სხვადასხვა თიხის მინერალების მიკროსკოპული ფირფიტებისაგან შედგება თიხები, პელიტების<sup>3</sup> წარმომადგენლები.

ქემოგენური და ორგანოგენური ქანები. ზემოთ დასახელებული თაბაშირის, ჰალიტის და კალიუმის მარილების გვერდით აქ უნდა აღვნიშნოთ ისეთი ქანები, როგორიცაა მიწაწითელი, ლატერიტი, ბოქსიტი. შემდეგ კირქვა, დოლომიტი, მერგელი... ნიჟარებისაგან შემდგარ კირქვას, თუ იგი შედუღაბებული არის, ლუმაშელი ჰქვია (სურ. 22). თუ ნიჟარები შედუღაბებული არ არიან, ფალენი იქნება. დიატომიტი შესატყვისი მიკროსკოპული წყალმცენარეების კაჟის ნაჭუჭებისაგან შედგება.

ქიმიური დალექვა წარმოებს არა მარტო ტბებში და ლაგუნებში, არამედ წყაროებიდანაც. ამგვარად წარმოიშობა კირქვის ტუფა და SiO<sub>2</sub>-ის გეიზერიტი.

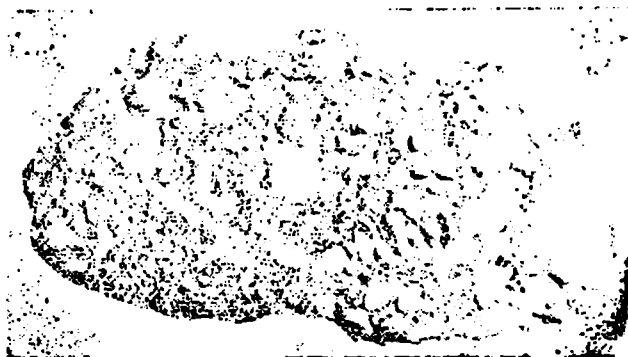
ორგანული ნალექები, რომელნიც ცოცხალი ორგანიზმების აქტივობის შედეგი კი არ არიან მარტო, არამედ ორგანული ნივთიე-

1 „პოლი“, ბერძნ. — აღნიშნავს სიმრავლეს; „მიქტოს“ — ნარევი, არა წმინდა.

2 „ალევრონი“, ბერძნ. — ფქვილი. „ლითოს“ — ქვა.

3 „პელიტის“, ბერძნ. — თიხა. „პელიტი“ — ქანი, რომლის დიდი ნაწილი 0,01 მმ-ზე მცირე მარცვლებისაგან შედგება.

რებისაგან შედგებიან, კაუსტობიოლითების<sup>1</sup> ჭრუფში იყრიან თავს. ეს არის ჰუმუსელი<sup>2</sup> და სპაპროპელელი<sup>3</sup> ქანები.



სურ. 22. ლუმაშელი.

მეტამორფული ქანები. მაგმიდან მაგმეული ქანები წარმოიშობიან, ნალექიდან — დანალექი ქანები. ამ ქანების თვისებები დამოკიდებულია არა მარტო მათ პირველად შემადგენლობაზე, არამედ იმ გარემოებაზედაც, რომელშიაც დიაგენეზისი მიმდინარეობდა: ყოველი ქანის რაგვარობა სწორედ ქანსა და გარემოს შუა ურთიერთმოქმედების გამომხატველი არის. თუ ქანის თვისებები ჭეროვანად შეგუებულია გარემოს პირობებს, წონასწორული მდგომარეობა გვექნება. პირობები თუ შეიცვალა, წონასწორობაც დაირღვევა.

ვთქვათ, ზღვის ფსკერქვეშ წარმოშობილი და იქაურ პირობებს მორგებული ქანი ხმელეთის ზედაპირზე მოხვდა. ამ ახალ გარემოში პირობები სხვა არის და მათ მიმართ ქანი წონასწორულ მდგომარეობაში აღარ იქნება. კერძოდ, მაზე იმოქმედებს ატმოსფეროს გაზები და წყალი, ტემპერატურის ცვლა ვიწრო ფარგლებში და სხვა. დაიწყება პროცესი, რომელიც ახალი წონასწორობისაკენ არის მიმართული და რომელსაც, როგორც დავინახეთ, ფიტვა

<sup>1</sup> „კაუსტოს“, ბერძნ. — წვის უნარიანი, „ბიოს“ — სიცოცხლე, „ლითოს“ — ქვა.

<sup>2</sup> Humus, ლათ.—მიწა, ნიადაგი.

<sup>3</sup> „სპაპროს“, ბერძნ. — დამპალი, „პელოს“ — ლაფი.

ჰქვია. ფიტვა იწარმოებს, სანამ ახალი წონასწორობა არ დამყარდება.

მაგრამ მეტ შემთხვევაში ქანების თავგადასავალი ამით არ ამოიწურება. წარმოვიდგინოთ, რომ მიწის ქერქში მაგმა შეიჭრა ინტრუზიის სახით ან ზედაპირზე გაიშალა, როგორც ეფუზია. გავარვარებული მდნარი უქველად შესაფერად იმოქმედებს. ქანებზე, რომელთაც შეეხება. მაღალი ტემპერატურა გამოსწვავს ქანს, როგორც ეს ლავას ქვეშ მოქცეულ თიხას მოსდის ხოლმე. მეორე მხრივ, მაგმიდან გამოსული გაზები და ხსნარები გამოიწვევენ შემცველი დამიძღვარე ქანების ზოგი მინერალის დაშლას და ახლის წარმოქმნასაც. მოვლენის მიმდინარეობა დამოკიდებული იქნება როგორც მაგმის, ისე შემცველი ქანის ბუნებაზე.

ბევრად უფრო რადიკალური არის და შეუდარებლად უფრო დიდ მასებზე გავრცელდება ცვლა, რომელიც წარმოიშობა იმ შემთხვევაში, როდესაც ნალექს ზევიდან ფენა ფენაზე ემატება და ბოლოს ქანი, რომელიც ზედაპირზედ იყო, მრავალი კილომეტრის სიღრმეზე დამარხული აღმოჩნდება და თანდათანობით დიდი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში მოექცევა. ამ ახალ პირობებთან შეგუების პროცესში შეიცვლება ქანის ფიზიკური თვისებები და მინერალური შედგენილობაც, რასაც ხელს შეუწყობს ქვევიდან მონადინები ცხელი ხსნარები და გაზებიც, რომელთაც მიწის ქანების ზედაპირზედ უწოდებენ სწორედ იმიტომ. რომ მათი ზემოქმედება ქანში ახალი მინერალების წარმოშობას იწვევს.

დასასრულ, როდესაც მთების დანაოქება მიმდინარეობს, ქანები უზარმაზარი დამხრობილი წნევის პირობებში მოექცევიან და აქაც შესატყვის ღრმა ცვლილებებს განიცდიან.

ქანების ასეთ შეცვლას მეტამორფიზმი უწოდებენ. ზემოთ დასახელებულ პირველ მაგალითში ეს იქნება შეხების ანუ კონტაქტური<sup>1</sup> მეტამორფიზმი, მეორეში — რეგიონული<sup>2</sup> და მესამეში — დინამიური მეტამორფიზმი ანუ დინამიკური<sup>3</sup> მეტამორფიზმი. რეგიონულს ეს სახელი იმიტომ მიაკუთვნეს, რომ იგი მთელ მხარეებზე ვრცელდება ერთდროულად. ცვალების ინტენსივობაც ამ შემთხვევაში უფრო დიდია.

<sup>1</sup> „მეტამორფოსის“, ჰერძნ.—გარდაქმნა, სახისცვლა.

<sup>2</sup> Contactus, ლათ.— შეხება.

<sup>3</sup> Regio, -onis, ლათ.— მხარე, ქვეყანა; regionalis—სამხარეო..

იმ ქანებს, რომელნიც მეტამორფიზმის შედეგად წარმოიშობიან მაგმეული თუ დანალექი ქანების ხარჯზე, მეტამორფული ქანები ჰქვია. ჩვენ აქ მხოლოდ ამ ქანებს შივებებით გაკვირთ, ხოლო თვით მეტამორფიზმზე შემდეგაც მოგვიხდება ლაპარაკი.

ყველაზე მარტივი შემთხვევა არის, როდესაც მეტამორფიზმი ქანის დაკრისტალებას იწვევს მხოლოდ, სხვა რამე ცვლილების გარეშე. ასე ხდება ხოლმე კირქვის დაკრისტალება და მარმარილოს წარმოშობა. მარმარილო ანუ კრისტალური კირქვა მეტამორფული ქანი არის. ასევე წარმოიშობა კრისტალური დოლომიტი და მისთანები.

ქვანახშირის მეტამორფიზმი იძლევა ანტრაციტს და შემდეგ გრაფიტს. ანტრაციტი ჩვეულებრივი ქვანახშირისაგან იმით გამოირჩევა, რომ ცეცხლი მას ძნელად ეკიდება, რაც იმის შედეგია, რომ მეტამორფიზმის გავლენით ქანს გაზების დიდი ნაწილი დაუკარგავს. გრაფიტი მთლად უგაზოა. რომ აქ მართლა მეტამორფიზმთან გვაქვს საქმე, ამას ნათლად მოწმობს შემთხვევები, როდესაც ქვანახშირის საბადო ინტრუზიის მიახლოებისას ანტრაციტისად იცვლება ან როდესაც ნაოჭა მთების გარე ზოლში ქვანახშირი არის და ინტენსიურად დანაოჭებულ ზოლში — ანტრაციტი.

კვარცის ქვიშაქვა კვარცის მარცვლებისაგან შედგება და მარცვლებს შუა თავისუფალი პორებია. მეტამორფიზმის პროცესში შეიძლება ეს პორები ისევ  $\text{SiO}_2$ -ით ამოივსოს და მივიღებთ მთლიანად კვარცისაგან შემდგარ მეტამორფულ ქანს, კვარციტს (ეს კია. რომ კვარციტი სხვაგვარადაც შეიძლება წარმოიშვას: მოხდება ხოლმე, რომ პორებს კვარცით ამოავსებს  $\text{SiO}_2$ -ით მდიდარი გრუნტის წყალი ყოველივე მეტამორფიზმის გარეშე).

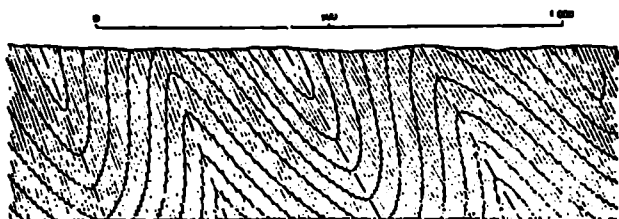
უფრო მნიშვნელოვანია სხვა: დინამიური და რეგიონული მეტამორფიზმის პირობებში მაღალი წნევის გავლენით თიხა და თიხიანი ქანები შეიძლება შემჭიდროვდეს, გამტკიცდეს და მოგვეცეს ძლიერ გავრცელებული ქანი ფიქალი. ფიქალი მტკიცე ყავარა ქანია, რომლის დამახასიათებელი არის ტყეჩადობა ანუ კლივაჟი<sup>1</sup>. ფიქალს სულ უფრო და უფრო თხელი ფირფიტები შეიძლება ავატკეჩოთ გარკვეული მიმართულებით. ასეთი ფირფიტების ზედაპირი გლუვია და ელვარე. კლივაჟის სიბრტყე შეიძლება დალექვის

<sup>1</sup> Clivage, ფრანგ.—დატკეჩა, ტყეჩადობა.

ზედაპირსაც ემთხვეოდეს, მაგრამ ხშირად დალექვის ზედაპირის გამკვეთი არის სხვადასხვა კუთხით (სურ. 23). ფიქრობენ, რომ კლივაჟის სიბრტყე პერპენდიკულარულია იმ ძალისა, რომელმაც კლივაჟი წარმოშვა.

ფიქალი ძლიერ გავრცელებულია კავკასიონის სამხრულ ფერდ-ზე. კარგ მაგალითს წარმოადგენს კახეთის და სვანეთის ს ა ხ უ რ ა ვ ი ფ ი ქ ა ლ ი. სვანეთში სახლებს ძველი დროიდანვე ფიქლით ხურავდნენ, ნაცვლად ყავრისა. ფიქალსვე ხმარობდნენ კეცების მსგავსად.

ფიქალი შეიძლება გადაკრისტალდეს კიდეც. ეს იქნება მეტამორფიზმის შემდეგი საფეხური. თუ კრისტალები იმდენად პატა-



სურ. 23. კ ლ ი ვ ა ჟ ი. კლივაჟის მიმართულება ამ შემთხვევაში მკაფიოდ განსხვავდება შრეებრივობის მიმართულებისგან, ნაოქების ღერძის პარალელურია.

რებია, რომ უიარაღო თვალით ვერ დაინახებიან, ქანი ფ ი ლ ი ტ ა ი ქ ნ ე ბ ა. ხილული კრისტალური აგებულების შემთხვევაში მივიღებთ კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ფ ი ქ ლ ე ბ ს. კრისტალურ ფიქლებს იმის მიხედვით არჩევენ და ასახელებენ, თუ რომელი არის მისი დამახასიათებელი მინერალი. ასეთი იქნებიან: ქარსფიქალი, ქლორიტფიქალი, ამფიბოლიტფიქალი და სხ.

ამგვარად, შეიძლება გავარჩიოთ თხელშრეებრივი ფურცელა თიხები ანუ ფ ი ლ ა თ ი ხ ე ბ ი (ინგლისური shales). ასეთ ქანს მეტამორფიზმი არ განუცდია და კლივაჟი არა აქვს. ფ ი ქ ა ლ ი მეტ შემთხვევაში ასევე თიხის ქანია, მაგრამ მეტამორფული და ამიტომ ტყეჩვადი (ინგლისურად slate). დასასრულ, ინტენსიურად მეტამორფული კ რ ი ს ტ ა ლ უ რ ი ფ ი ქ ლ ე ბ ი (schiste) დაკრისტალებულან და ტყეჩვადობა დაუკარგავთ. ოკრიბის ბათურ ნალექებში

გავრცელებულია ფილათიხები. კავკასიონის სამხრულ ფერდჳ ხში-  
რია ფიქლები, ხოლო კავკასიონისვე ღერძულ ქედში - კრისტა-  
ლური ფიქლები.

კრისტალურ ფიქლებში კრისტალურობის კვალობაზე კლივა-  
ჟი თანდათან მცირდება. ამ რიგის ბოლოში იქნება გნეისი,



სურ. 24. ზოლური გნეისი. ნორვეგია.

რომელიც უფრო ზოლურია, ვიდრე ფიქლებრივი. გნეისის მინე-  
რალური შედგენილობა იგივეა, რაც გრანიტის, და, როგორც წესი,  
ეს ქანი თანდათან გრანიტში გადაგის (სურ. 24).

ამგვარად, გრანიტი მეტამორფიზმის ბოლო სტადიის წარმო-  
მადგენელი იქნება. წინათ კი იგივე გრანიტი ჩვენ მაგმურ ქანებში  
მოვათავსეთ. აქ ვეჭახებით პეტროგრაფიისა და საერთოდ გეოლო-

გვის ერთ ურთულეს საკითხთაგანს, რომელიც ცნობილი არის როგორც გ რ ა ნ ი ტ ი ს პ რ ო ბ ლ ე მ ა. წინათ გრანიტს თითქმის ყველანი მაგმეულ ქანად სთვლიდნენ. შემდეგ მიექცა ყურადღება გრანიტის მჭიდრო კავშირს მეტამორფულ ქანებთან და მრავალი სპეციალისტი მივიდა დასკვნამდე, რომ ყველა გრანიტი მეტამორფიზმის ნაყოფი არის. დანაღეჭი თუ მაგმური ქანების გრანიტში გადასვლას გ რ ა ნ ი ტ ი ზ ა ც ი ა უწოდეს.

დღეს მეტ წილად მიღებულია შეხედულება, რომ არის მაგმეული გრანიტიც და მეტამორფული გრანიტიც. შესაძლებელია მეტამორფული გრანიტი სრულ გადნობამდეც მივიდეს — ეს იქნება მეორადი გრანიტული მაგმა.

### ზოგი შიკითხვა და რჩევა

როგორ განიჩქევიან მორფოლოგიურად ერთმანეთისაგან კონტინენტები და ოკეანური აუზები? გამოხატეთ კოსინას მრუდე და სცადეთ მისი ანალიზი.

როგორია გარე გეოსფეროების (მიწის ქერქი, ჰიდროსფერო, ატმოსფერო) ქიმიური შედგენილობა? დაასახელეთ მთავარი ელემენტები და მოიგონეთ მათი შეფარდებითი რაოდენობა. რა არის კლარკი? რა არის მაღანი და საბადო?

რა არის მინერალი? რა ნიშნებით გამოიცნობა იგი? დაასახელეთ და ასწერეთ თქვენთვის ცნობილი მინერალები. რა არის კრისტალი? რა არის მისთვის არსებითი, ფორმა თუ შინაგანი აგებულება? რა არის კრისტალური ხარაჩო? მოიგონეთ მინერალების ქიმიური კლასიფიკაცია.

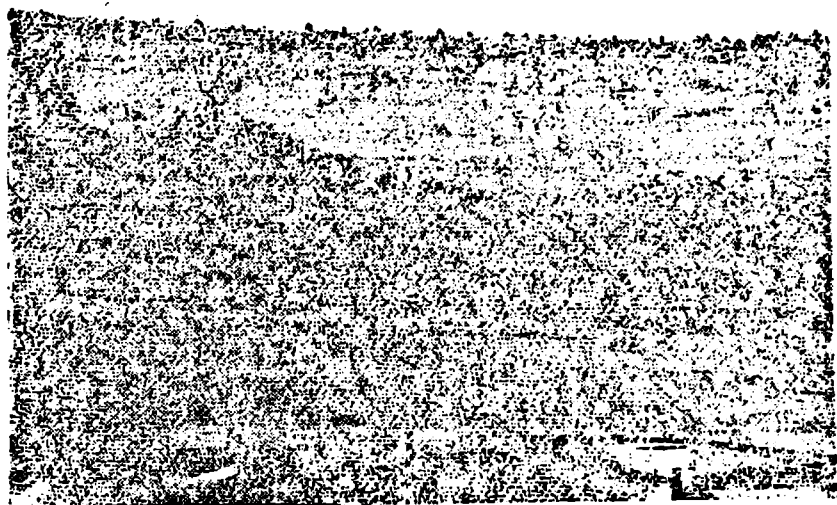
რით განსხვავდება ქანი და მინერალი? როგორია ქანების მთავარი სახეები? მოიგონეთ და ასწერეთ თქვენთვის ცნობილი მაგმეული ქანები. ასევე დანაღეჭი ქანები (კლასტიური, ქემოგენური, ორგანოგენური). რა არის და რაში გამოიხატება მეტამორფიზმი? დაასახელეთ მეტამორფული ქანების მაგალითები. რა არის კლივაჟი? განმარტეთ ფილათიხა, ფიქალი და კრისტალური ფიქალი.

დანაღეჭი ქანების წოლის ფორმა. ქანების, როგორც მაგმეულის, ისე დანაღეჭის და მეტამორფულის, გაცნობის შემდეგ ბუნებრივად ისმის კითხვა, თუ როგორია მათი როლი მიწის ქერქის არა შედგენილობაში მხოლოდ, არამედ აგებულებაში? ასევე ვიცით, რომ შენობა ქვისა, აგურისა, ხისა და სხვა მასალისაგან შედგება, მაგრამ იმისათვის, რომ შენობის აგებულება გავიგოთ, ეს არ კმარა, — საჭიროა მათი წყობა ვიცოდეთ. ქანების წყობას მიწის ქერქში მათ წოლის ფორმას უწოდებენ. მასასადამე, საჭიროა ქანების წოლის ფორმას გავეცნოთ.

აქ მკვლევარი დიდ დაბრკოლებას აწყდება: მიწის ზედაპირი ჩვეულებრივ დაფარული არის სხვადასხვა ბუნების ლორღით, ნი-



ადაგით, ყველაფრით იმით, რასაც ფიტვითი ქერქი ჰქვია. ამას ემატება მცენარეული საფარი და ქერქის დანახვას შეუძლებელს ხდის. ვიარებით ქერქზე და მას კი ვერ ვხედავთ. მაგრამ არის ადგილები, სადაც ეს ზედა საფარი გადაწმენდილია და მას ქვეშ მდებარე ქანები გაშიშვლებულან. ასეთ ადგილებს ნაჩენი ჰქვია, ხოლო იქ გაშიშვლებულ ქანებს, თუ ისინი გამოფიტულ-დაძრუ-

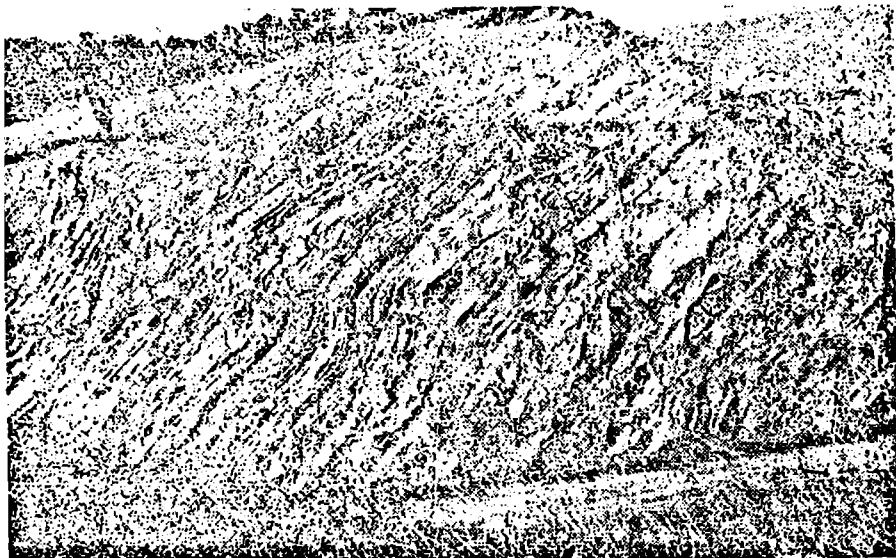


სურ. 25. ბუნებრივი ნაჩენი. ვერეს ხეობის მარცხენა ნაპირი ახალ ხილთან (თბილისი). გაშიშვლება მიმართებას (იხ. ტექსტში ქვემოთ). მიჰყვება. ამიტომ შრეები პორიზონტული ჩანან.

ლი არ არიან — მკვიდრი ქანები. გეოლოგიური დაკვირვება სწორედ ნაჩენების შესწავლას ემყარება. კარგი ნაჩენია, მაგალითად. ვერის ნაპირას ახალ ხილთან (თბილისი). იქ ერთი გაშიშვლება მდინარეს მიუყვება და მდინარის მიერ გამოკვეთილი არის — ეს იქნება ბუნებრივი ნაჩენი (სურ. 25), მეორე—გზისთვის გა-

კრილ ტრანშეას წარმოდგენს და ხელოვნური ნაჩენი არის (სურ. 26).

მთიან მხარეში, როგორც საქართველოა, ბუნებრივი ნაჩენები უხვად გვხვდება და თან ღრმაც, ისეთ პირობებში კი, როგორც რუსეთის ვაკეზედ არის, ნაჩენები შორიშორს არიან გაფანტული და თან პატარა, — გეოლოგიური დაკვირვება ძლიერ გაძნელებული არის. გეოლოგი იქ ძირითადად ხელოვნურ ნაჩენებს, კერძოდ ბურღვის მასალას ემყარება.



სურ. 26. ხელოვნური ნაჩენი — ქუჩისათვის გაკრული ტრანშეა იქვე. აქ გაშიშვლება შრეების დაქანებას მიჰყვება და იგივე შრეები დახრილი ჩანან.

უთვალავი ნაჩენების მიხედვით დადგენილია, რომ დანალექი ქანების წოლის ფორმა არის შრე (სურ. 27). შრე იგივე არის, რაც ერთი ქანისაგან შემდგარი ფენა (სურ. 28), მაგრამ იმ არსებითი განსხვავებით, რომ ქვევითაც და ზევითაც მას მკაფიო საზღვარი აქვს. მოსაზღვრე შრეების შემხები ზედაპირი და ქვედაპირი ჩვეულებრივ მეტად თუ ნაკლებად შეიამჩნევ ბზარს მიჰყვება და შრეები ადვილი დასაცილებელი არიან ერთმანეთისაგან. ფენების წარმო-

შობა დალექვის დროს ხდება, ხოლო შრეებად გათვისება — ლია-გენეზისის პროცესში.

რაკი შრის წარმოშობა დალექვასთან არის დაკავშირებული, მის პირვანდელ მდებარეობას ჰორიზონტულად სთვლიან. სთვლიანო იმიტომ უნდა ითქვას, რომ დალექვა აუზის ფსკერზედ არის მორგებული და ეს ფსკერი კი არასოდეს დიდ ფართობზე ზუსტად ჰორიზონტული არ იქნება. ჩვეულებრივ დახრილობა ერთი-ორა-



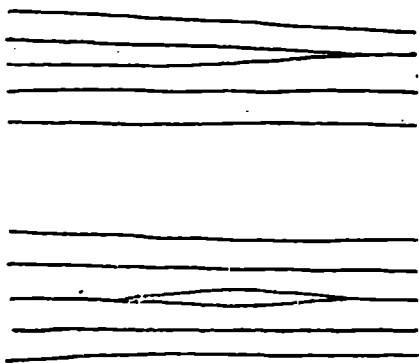
სურ. 27. ჰორიზონტული შრეები. ხანები შრეებს შუა ფოტის და გამორეცხვის შედეგი არის.

გრადუსი არის, მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც კუთხე 45°-მდეც კი იზრდება. ეს უკიდურესი შემთხვევაა და იშვიათი.

რაკი შრე საკმაო მიახლოებით ჰორიზონტულად ილექება, მისი თავდაპირველი ზედაპირ-ქვედაპირივე ჰორიზონტულია და ერთიმეორის პარალელური. ვერტიკალურ კრილში შრე ორი დაახლოებით პარალელური ხაზით გამოიხატება (სურ. 28). მართობული ხაზის სიგრძე ზედაპირსა და ქვედაპირს შუა შრის სისქე იქნება. მისი სიდიდე ძლიერ ცვალებადია, მილიმეტრებიდან მრავალ მეტრამ-

დე. ამის მიხედვით არჩევენ: ფურცელა შრეებს, თხელს, საშუალოს, სქელს და მასიურს. მათი გარჩევა არსებითად სუბიექტურია.

შრის შედგენილობა პრინციპულად ერთგვაროვანი იგულისხმება: არის კირქვის შრე, ქვიშაქვის, თიხის და სხვა, მაგრამ უფრო ახლო გაცნობა გვიჩვენებს, რომ ქანის შედგენილობა თუ სტრუქტურა ქვევიდან ზევით შეიძლება რამდენადმე განსხვავდებოდეს. ეს ადვილი გასაგები იქნება, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ იმ დროის მანძილზე, რაც შრის დალექვას დასჭირდებოდა, ზოგჯერ ნალექის ხასიათიც შეიცვლებოდა, ვთქვათ, ნალექის მასალა უფრო წვრილი შეიქნებოდა, როგორც ეს არაერთ ქვიშაქვაში ხდება.



სურ. 28. შ რ ე ბ რ ი ვ ბ ი ს ს ქ ე მ ა. ზედა ნახაზი — შრეები და შრის გამოსოლვა. ქვედა — პატარა ლინზა, შრეებში მოქცეული.

კიდევ უფრო თვალსაჩინოა ცვლილებები შრის გასწვრივ, თუ საკმაოდ შორს გავსდევთ მას. ამ შემთხვევაში შეიძლება ქვიშაქვა თანდათან თიხიანმა ქვიშაქვამ და შემდეგ თიხამ შესცვალოს ან კიდევ კირქვა მერგელში გადავიდეს და სხვა მრავალი ასეთივე.

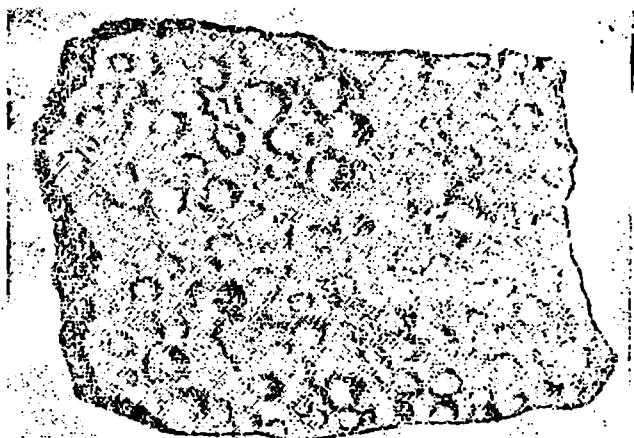
მეორე მხრივ, რაგინდ შორს ვრცელდებოდეს შრე, ბოლოს ის უნდა გათავდეს: ჩვეულებრივ შრის სისქე თანდათან დაიკლებს და იგი გამოისოლებს. თუ გამოისოლვა ყველა მიმართულებით ახლო მანძილზე ხდება,

მივიღებთ თავისებური ფორმის შრეს, რომელსაც ლინზა ვთქვათ. არის მეტად თუ ნაკლებად დიდი და პატარა ლინზები. ხშირი მოვლენაა ქვიშის ლინზები თიხაში და სხვა ასეთი.

მოხდება, რომ რიგი თხელი შრე, ერთი ქანისაგან შემდგარი, ერთ სქელ ფენად გამოიყოფა შემცველი შრეების მიმართ. ასეთ შრეებს დასტას (пласт) უწოდებენ. კარგი მაგალითია ქვანახშირის დასტები. ტყბულში ცნობილია ქვანახშირიანი დასტები, რომელთა სისქე 18 მ-ს უდრის.

სხვა შემთხვევაში კიდევ შრეები ერთიმეორის პარალელური კი არ არიან, ირიბად ესაზღვრებიან ერთმანეთს. ეს იქნება ი რ ი ბ ი შრეებრივობა (სურ. 114). ზოგჯერ ასეთი დამოკიდებულება კიდევ უფრო რთულდება და ხ ლ ა რ თ უ ლ ი შრეებრივობა გამოისახება (სურ. 195). ირიბი და ხლართული შრეებრივობა წარმოიშობა დალექვის გარკვეულ პირობებში, რომლებზედაც შემდეგ გვექნება ლაპარაკი.

ერთიმეორის მომყოლი შრეების ერთობლივობას, დიდს თუ პატარას, მათი ლითოლოგიური რაობისაგან დამოუკიდებლად შ რ ე ნ ა რ ს უწოდებენ.



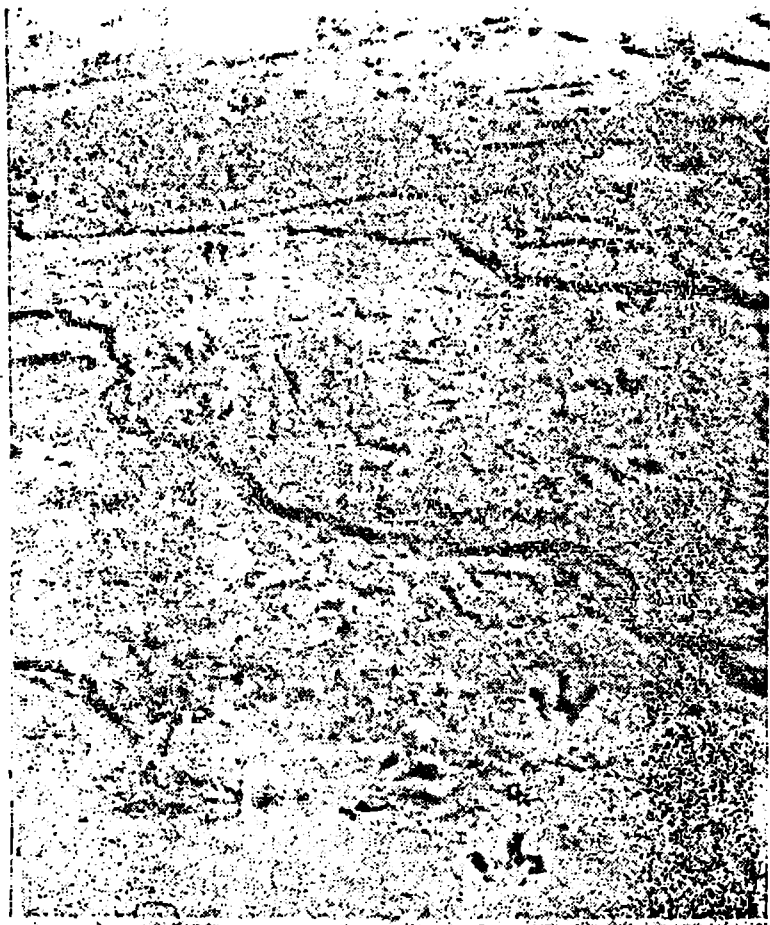
სურ. 29. წვიმას ნაწვეთავი ქაიხე (ქანი იმ დროს შეტყეობული არ ქეხოდა).

ძლიერ საგულისხმო მასალას იძლევა შრის ზედაპირის და ქვედაპირის შესწავლა. ერთიც და მეორეც დაახლოებით სიბრტყეს წარმოადგენს, მაგრამ გლუვი როდი არის. მათ ხშირად სპეციფიკური უსწორმასწორობა და მიკრორელიეფი ახასიათებს.

გვხვდება წ ვ ი მ ი ს ნ ა წ ვ ე თ ა ვ ი (სურ. 29), მლოდავი ცხოველების ნაკვალევი, მთარული ცხოველების ტერფის აღნაბეჭდები და სხვა. ყველაფერი ეს იმ დროიდან დარჩენილა, როდესაც ნალექი ჭერ კიდევ შემტკიცებული არ იყო. აღვნიშნოთ, მაგალითად ასზე მეტი მილიონი წლის წინათ (სურ. 30) გადაშენებული დიდი ქვეწარმავლების ნაკვალევი კირქვაზე ქუთაისთან.

ჩვეულებრივ ხარჩხ აუზში დალექილი წმინდამარცხოვანი ქანის ზედაპირი ხშირად ტალღისებურ ზოლებად არის ამოზნექილ-

ჩაზნეკილი. სურათი რამდენადმე გამხდარი კაცის გვერდზე ნეკნების მოხაზულობას მოგვაგონებს და ამიტომ მათ რიპელმარკებში<sup>1</sup> შეარქვეს (სურ. 31). რიპელმარკები სხვაგვარადაც წარმოი-



სურ. 30. ქვეწარმავლის ნაკვალევი კირქვაზე (იმდროინდელი ზღვის პირას) სათაფლიას გვერდით ქუთაისთან.

შობიან და მათ შესახებ არაერთგზის მოგვიხდება ლაპარაკი. ჩვეულებრივ რიპელმარკების ჭრილი ასიმეტრიული არის და შესაძლებელს ხდის მათი წარმომშობი მოძრაობის მიმართულების გამოცნობას.

<sup>1</sup> Rippe, გერმ.—(გვერდის) ნეკნი, Marke—ნიშანი.

ამ ფიგურებს დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ მხრივაც, რომ ისინი შრის ზედაპირის და ქვედაპირის გარჩევის საშუალებას იძლევიან მაშინაც კი, როდესაც შრის პირვანდელი განლაგება შეცვლილი არის. მართლაც, ქვედა შრის ზედაპირი ზედა შრის ზედაპირზე ზუსტად არის მორგებული, მაგრამ ჩამოთვლილი ფიგურების ფორმა ერთ შემთხვევაში და მეორეში სხვადასხვა იქნება. მაგალითად, წვიმის ნაწვეთავი ზედაპირზე ფოსოებით იქნება წარმოდგენილი და მომყოლი შრის ქვედაპირზე კი — კოპებით. თუ აღმოჩნდება, რომ



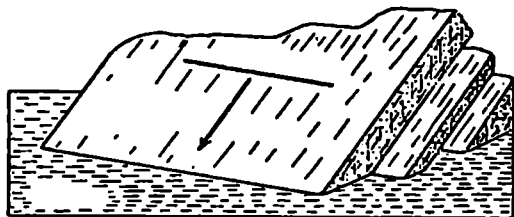
სურ. 31. რ ი პ ე ლ მ ა რ კ ე ბ ი კამბრიულისწინა განისებზე. შოტლანდი.

ზედა მხარეზე შრეს ასეთი კოპები აზის, დავასკვნით, რომ შრე გადაბრუნებული არის.

თუ შრე გადაბრუნებულიც კი შეიძლება იყოს, თავისთავად ცხადია, რამდენად დიდი მნიშვნელობა უნდა ჰქონდეს შრეთა განლაგებას, ე. ი. პორიზონტის მიმართ მათი მდებარეობის გარკვევას. ამისათვის აუცილებელია და საკმარისი ორი განლაგების ელემენტი გავზომოთ: მიმართება და დაქანება.

მიმართება ჰქვია ხაზს, რომლის გასწვრივაც შრის ზედაპირი ჰქვეთს პორიზონტულ სიბრტყეს (სურ. 32). იგი რომ ე-

პოვით, საჭიროა ნაჩენში გაშიშვლებული შრე წარმოდგენით გა-  
ვაგრძელოთ იმ მიმართულებით, როგორითაც იგი პორიზონტს გა-  
დაჰკვეთს. ამ ხაზის დამხრობა ჩრდილო პოლუსის მიმართ გეოლო-  
გიური, ანუ ს ა მ თ ო კ ო მ პ ა ს ი ს საშუალებით ხდება. შეიძლება,  
მაგალითად, მიმართება იყოს ჩრდილოდასავლური (NW). თუ გრა-  
დუსებით გავზომავთ, მივიღებთ, ვთქვათ, NW 330°. მეტ დაზუსტე-  
ბას (კუთხის მინუტები, სეკუნდები) აზრი არა აქვს, რადგან თვით  
მიმართების ხაზს ამდენი სიზუსტითაც ვერ გავავლებთ თვალად.



სურ. 32. მიმართება - დაქანება  
(ბლოკდიაგრამა). შრის ზედაპირზე გავლებუ-  
ლი პორიზონტული ხაზი წარმოადგენს შრის  
მიმართებას, დახრილი — დაქანებას.

დაქანება, რომელმაც შრის დახრილობა უნდა გაზომოს,  
არის შრესა და პორიზონტულ ზედაპირს შუა ორწახანაგოვანი კუთ-  
ხის ხაზობრივი კუთხე. ნაგულისხმევ შემთხვევაში ამ კუთხის აზი-  
მუტი იქნება ან NO 60°, ან SW 240° იმის მიხედვით, თუ საითკენ  
არის დახრილი შრე. იყოს SW 240°. რაც შეეხება დაქანების კუთ-  
ხის სიდიდეს, მისი გაზომვა კომპასზე მოთავსებული კლინომეტ-  
რის<sup>1</sup> (კუთხზომის) საშუალებით ხდება. ვთქვათ, მივიღეთ 50°. ას-  
ეთი დაქანება ითქმის: დაქ. 240° ↘ 50°. შრის განლაგება სავსებით  
გარკვეულია.

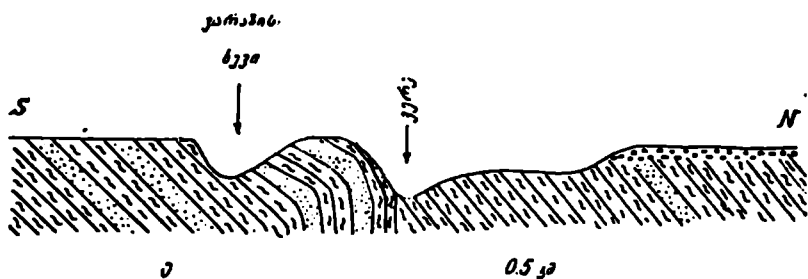
აღვილო დასანახავია, რომ დაქანების აზიმუტი მიმართებისგან  
ყოველთვის 90°-ით განსხვავდება. მიუხედავად ამისა, მიმართების  
გაზომვა დაქანების აზიმუტს ვერ მოგვცემს, რადგან რარი შესაძლე-  
ბლობა მაინც რჩება. პირიქით, დაქანების აზიმუტის გაზომვა სავსე-  
ბით განსაზღვრავს მიმართებასაც; რადგან NW 330° იქნება მიმარ-  
თება, თუ SO 150°, ეს ერთი და იგივე არის: დაქანების აზი-

<sup>1</sup> „კლინო“, ბერძნ.—ვხრა, „მეტრეო“—ვზომავ.



მუტი თუ ვიციით, მიმართების გაზომვა საჭირო აღარ არის.

სხედასხვა გაზომვები ხომ აუცილებელი არის გეოლოგიური აგებულების შესასწავლად და არანაკლები მნიშვნელობა აქვს მიღებული შედეგების თვალსაჩინოდ გამოხატვას. ამისათვის გეოლოგიური კრილის გამოხაზვას მიმართავენ. კრილი ჩანახატისგან იმით განსხვავდება (სურ. 33), რომ მას სქემატური ხასიათი აქვს, ე. ი. მოცემულია არა საგანი, როგორც ის არის ან როგორსაც მას ვხედავთ, არამედ საგნის (მაგ. ნაჩენის) ის ნიშნები მხოლოდ, რომელთაც გვინდა ყურადღება მიექცეს, და თან ისე, როგორც ისინი



ვარჯისალოური პაშხაბი  
 ავორიკუბულია

სურ. 33. გეოლოგიური კრილი მდ. ვერეს გარდგარდმო  
 თბილისის უნივერსიტეტთან.

ნახაზის ავტორს წარმოუდგენია. მეორე მხრით, ნახაზი პირობითურამ არის, რადგან ესა თუ ის საგანი, მაგ., კირქვის შრე. კი არ იხატება, პირობითი ნიშნით, ე. ი. სიგნატურით! წარმოიდგინება. სიგნატურასა და მისი საშუალებით წარმოდგენილ საგანსა თუ თვისებას შორის მხოლოდ პირობითი კავშირი არის. შეგალითად, კირქვას ხშირად სწორკუთხედებით გამოხატავენ, თიხას — ტალღებრივი ხაზებით, მაგრამ შეიძლება საწინააღმდეგო გზასაც დაედგომოდით. სწორედ ამიტომ არის საჭირო, რომ ასეთ ნახაზს სიგნატურის განმარტება, ანუ ლეგენდა<sup>2</sup> დაერთოს.

<sup>1</sup> Signatura, ლათ.—ხელმოწერა. დღეს—ნახაზზე ხმარებული პირობითი ნიშნები.

<sup>2</sup> Legenda, ლათ.—რაც უნდა წაკითხულ იქნას.

შემდეგ, გეოლოგიური ობიექტი შეუძლებელია მისი ნამდვილი სიდიდის დაცვით წარმოვადგინოთ. ასეთ შემთხვევაში ვერის ხევის ზემოხსენებული ტრანშეის კრილი, ქალაქის ფურცელზე კი არა. ოთახშიაც არ დაეტეოდა. რაღა ითქმის კავკასიონის კრილზე? აუცილებელია სიდიდეთა შემცირება. ვთქვათ, კრილის სიგრძე ბუნებაში 100 კმ არის. წარმოვადგინოთ იგი 10 სმ სიგრძე ხაზით. ხაზის სიგრძე 10<sup>6</sup>-ჯერ ნაკლები იქნება, ვიდრე სათანადო მანძილი ბუნებაში. 1:10<sup>6</sup> ასეთი იქნება ნახაზის მ ა შ ტ ა ბ ი<sup>1</sup>. ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ ნახაზზე ყოველი მანძილი 10<sup>6</sup>-ჯერ ნაკლები უნდა გამოვსახოთ, ვიდრე ნამდვილად არის. კილომეტრის ნახაზს 1 მმ სიგრძე ექნება, ხოლო ნახაზზე აღებული 5 მმ უდრის 5 კმ-ს.

მაგრამ კრილი ხომ ორ განზომილებას იძლევა: სიგრძეს და სიმაღლეს. დავუშვათ, რომ ქედის სიმაღლე 4 კმ არის. ნახაზზე ეს მოგვცემს 4 მმ. სიმაღლის ასეთი განსხვავება ოდნავ შესამჩნევია თუ იქნება. თვალსაჩინოებისთვის ქედის სიმაღლეს 20 მმ მაინც აიღებენ. სიმაღლის მაშტაბი იქნება არა 1:10<sup>6</sup>, არამედ 1:200 000. ახლა რელიეფი მკაფიოდ ჩანს, მაგრამ სიგრძე-სიმაღლის შეფარდება დამახინჯებულია, სიგრძის მაშტაბი სხვაა და სიმაღლისა სხვა. დამახინჯება ზოგჯერ ათკეცი, ოცკეცი და მეტიც არის. ამიტომ, როდესაც კრილს ვეცნობით, ყოველთვის უნდა გავითვალისწინოთ, როგორი არის სიმაღლეთა მაშტაბი, ნორმული თუ გაზვიადებული და რამდენად.

მეტი თვალსაჩინობისათვის გეოლოგიური აგებულება შეიძლება გამოიხაზოს არა ორი განზომილებით, ე. ი. კრილში ან გეგმაში, არამედ სამი განზომილებით, სტერეოგრაფიულად<sup>2</sup>. ეს იქნება ბ ლ ო კ დ ი ა გ რ ა მ ა<sup>3</sup> (სურ. 32).

შრეების დისლოკაცია. როგორც აღვნიშნეთ, დალექვისას შრეები დაახლოებით პორიზონტული არიან და ბევრი მათგანი დღემდე ასევე დარჩენილა. ასეთ შრეებზე იტყვიან, ა შ ლ ი ლ ი არ არიანო. მაგალითად, მდინარეული კონგლომერატები თბილისში (ვაკეში, საბურთალოში, მახათაზე) დაახლოებით პორიზონტული არიან, რა თქმა უნდა, იმ აუცილებელი შენიშვნით, რომ ისინი მცირედნად დახრილი არიან იქეთ, საითაც მდინარე მიედინებოდა. მსგავსი აუშლელი შრეები მთიან მხარეებში იშვიათად არის, მაგრამ

<sup>1</sup> Mass, გერმ.—ზომა, Stab—ჯოხი. საზომავი ჯოხი.

<sup>2</sup> „სტერეოს“, ბერძნ.—სივრცობრივი, „გრაფო“—წერა.

<sup>3</sup> „ლიაგრაშა“, ბერძნ.—ნახატი, მთლიანი. სურათი.

რუსეთის ვაკეზე და სხვა მისთანა მხარეებში ზედაპირზე გაშიშვლებული თითქმის ყველა შრე „ჰორიზონტული“ არის, რადგან მათი დიდი ნაწილი ზღვიური ნალექებია. მაშასადამე, ზღვის დონეს ქვევით წარმოშობილან და დღეს კი ხმელეთზე მოქცეულან. ცხადია, მათ აზევება განუცდიათ, მაგრამ ისე, რომ განლაგება არ შეცვლილა.

მთიან მხარეებში ასე არ არის. თბილისში საბურთალოდან დიღმისაკენ რომ წავიდეთ და გზადაგზა შრეებს დაეაკვირდეთ, დავინახავთ, რომ ჯერ შრეები სამხრეთისკენ არიან დაქანებული დიდი კუთხით, შემდეგ — ჩრდილოეთისაკენ. ეს შრეები ზღვიურ ქვიშაქვებს წარმოადგენენ და, ცხადია, ასე არ დალექილან: მათი განლაგება დალექვის შემდეგ არის შეცვლილი. სხვაგან კიდევ შრეები გაწყვეტილი არიან და ერთიმეორის მიმართ გადაადგილებული (ზემო ავკვალა). მსგავს მოვლენებს შრეების აშლ ან უ დ ის ლოკ აც ი ა<sup>1</sup> ჰქვია. დისლოკაცია შეიძლება იყოს უწყვეტო და წყვეტილი. დისლოკაციებისა და საერთოდ შრეების განლაგების შესწავლას აწარმოებს გეოლოგიის სპეციალური დისციპლინა — ს ტ რ უ ქ ტ უ რ უ ლ ი გ ეოლოგია, ხოლო თვით ეს განლაგება ტ ე ქ ო ნ ი კ ა<sup>2</sup> იქნება.

უწყვეტო დისლოკაციები. ავიღოთ თელეთის ქედი (თბილისი). იზოპიფსებიანი რუკა გვიჩვენებს, რომ ეს არის ამალელებული და წაგრძელებული სერი, მაგრამ ეს მისი გეომორფოლოგიური დახასიათება იქნება მხოლოდ. თუ ახლა შრეების დაქანებასაც დავაკვირდებით, შევამჩნევთ, რომ ჩრდილო მხარეზე შრეები N-კენ არიან დაქანებული, სამხრულ მხარეზე — სამხრეთისკენ და თვით სერზე ჰორიზონტული დარჩენილან. შრეები უწყვეტი არიან, მაგრამ გადალუნული.

კრწანისიდან ქალაქისაკენ თუ წამოვალთ, იქ ჯერ თელეთის ქედის N-კენ დახრილი შრეები გრძელდებიან, მაგრამ მალე დაქანება შემცირდება, შრეები დაეკლებიან მცირეზე და შემდეგ სამხრული დაქანება დაიწყება. აქაც შრეების გალუნვაა, მაგრამ ქვევითკენ ჩაზნექილი.

ამგვარად დეფორმებულ შრეებზე იტყვიან, ისინი შენაოკებულ არიანო. დიდი და წესიერი ნაოკები მტკიცე და სქელ შრეებში ვითარდება. ასეთ შრეებს კ ო მ მ პ ე ტ ე ნ ტ უ რ ს უწოდენ-

<sup>1</sup> Dislocatio, ლათ.—გადაადგილება.

<sup>2</sup> „ტექტონომია“, ბერძნ.—შენება.

ბენ. თუ შრეები არაკომპეტენტურია, ე. ი. თხელი და სიმტკიცეს მოკლებული, როგორც თიხა, ზოგჯერ უწესო და პატარა ნაოჭები წარმოიშობა, ქანი აშშუშენილი (სურ. 34) იქნება.



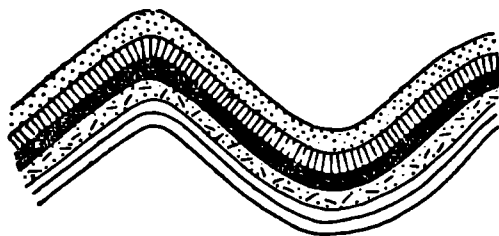
სურ. 34. აშშუშენილი შრეები. ასეთი დეფორმაცია დამახასიათებელია თხელშრეებრივი, ნაკლები და თან არათანაბარი სიმტკიცის შქონე ქანებისათვის. კანადა.

განსაკუთრებით დამახასიათებელი არის აშშუშენილობა ქვამარილისა და მისთანათა ნალექებისათვის (სურ. 36). როდესაც არაკომპეტენტური შრეები კომპეტენტურებთან მორიგეობენ, დისლოკაციის ხასიათს უკანასკნელნი განსაზღვრავენ — წესიერი ნაოჭები წარმოიშობა.

როგორც დასახელებული მაგალითებიდან ჩანს, ნაოჭი ზოგი ამოზნექილია, ზოგი ჩაზნექილი. მათ ერთობლივობას ტალღებრივი ხასიათი აქვს (სურ. 35). ამოზნექილი ნაოჭი შედგება თაღისა და ორი ფრთისაგან, ჩაზნექილი — ისევე ორი ფრთისა და ძირისგან. პირველ შემთხვევაში ფრთები ერთიმეორის საწინააღმდეგოდ

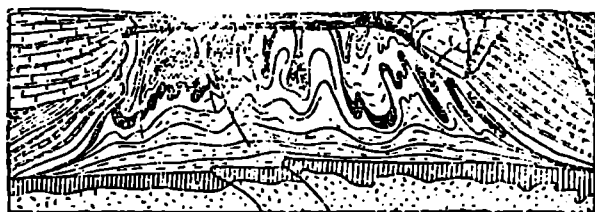
არიან დაქანებული. ეს იქნება ანტიკლინი<sup>1</sup>. მეორე შემთხვევაში, სადაც ფრთები ერთიმეორისკენ დაქანებული არიან, სინკლინი<sup>2</sup> გვექნება.

ნაოკის თალის ან ძირის (სინკლინის შემთხვევაში) იმ ადგილს, სადაც გადალუნვა ხდება, შარნირი ანუ საქცევი ჰქვია. თუ ნაო-



სურ. 35. ანტიკლინი (მარცხნივ) და სინკლინი (მარჯვნივ) მართობულ კრილში.

კი წაგრძელებულია, შარნირიც გრძელი ვიწრო ზოლის სახეს მიიღებს. ნაოკის შემადგენელ თითოეულ შრეს, ცხადია, თავისი შარ-

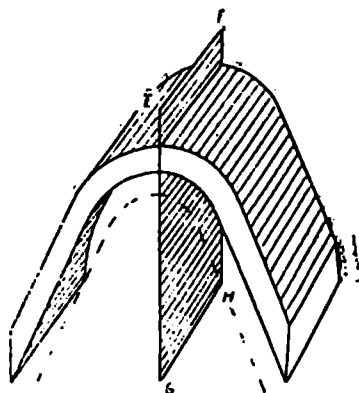


სურ. 36. მარლის ტექტონიკა (ქ. პანოვერის ახლოს გერმანიაში). ძლიერი ლაბილობის გამო ჰემარილის, კალიუმის მარილების და სხვათა დიდი საბადოები ძლიერ თავისებურად არიან აშუშუნილი. ეს მოვლენა არსებითად განსხვავდება ჩვეულებრივი დანაოკებისგან და მისი შესწავლა ტექტონიკური კვლევის სპეციალურ ამოცანას წარმოადგენს.

1 „ანტ“, ბერძნ. — წინააღმდეგ, „კლინო“ — ვხრი.

2 „სინ“, ბერძნ. — თანა და „კლინო“.

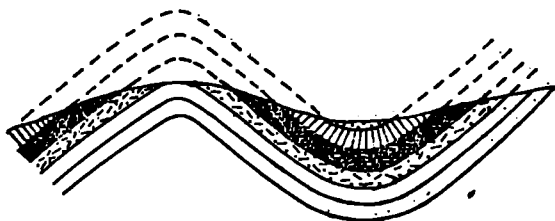
ნირი აქვს. ზედაპირი; რომელშიც ყველა ეს შარნირი მოექცევა იქნება ნაოკის ღერძი (სურ. 37). ზოგ შემთხვევაში ნაოკის ღერძი სიბრტყეა, ზოგში—მრუდე ზედაპირი. ღერძისა და მიწის



სურ. 37. ნაოკის ღერძი. აქ ნაოკი, სიმეტრიულია და ღერძი სიბრტყეს წარმოადგენს. ასიმეტრიული ნაოკის შემთხვევაში ღერძი მრუდე ზედაპირი იქნება.

ზედაპირის გადაკვეთის ხაზს ღერძის ხაზი ჰქვია. ღერძის ხაზი ნაოკის მიმართების მაჩვენებელი არის და კარგად გამოსახავს ნაოკის სიგრძესაც. ნახაზზე ნაოკს ხშირად სწორედ ღერძის ხაზით წარმოადგენენ (სურ. 39). ნაოკის უფრო მიახლოებულ გამოსახულებას გეგმაში მეტად თუ ნაკლებად წაგრძელებული ელიპსის ფორმა ექნება (სურ. 39). თუ ნაოკი ზედაპირზე გადარეცხილი არის, ჩვენ შეგვიძლია იგი ნახაზზე აღვადგინოთ, როგორც გადარეცხვამდე უნდა ყოფილიყო. ეს იქნება ჰაერული ნაოკი (სურ. 38). განმარტოებული ნაოკის შემთხვევაში თითოული

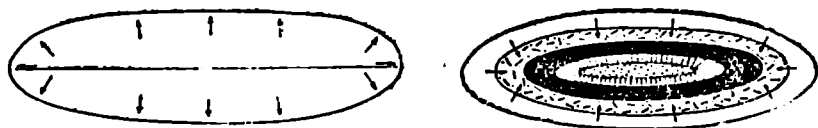
ფრთა ერთხანს ინარჩუნებს დაქანებას და შემდეგ გავაკებას განიცდის. ეს იქნება ნაოკის საზღვარი გვერდისკენ. ასევე არის დაბო-



სურ. 38. ჰაერული ნაოკები. ეს არის გადარეცხილი ნაოკები ნახაზზე ისე აღდგენილი, როგორც უნდა ყოფილიყვნენ გადარეცხვამდე.

ლოება, მაგრამ იმ არსებითი განსხვავებით, რომ ორივე ბოლოში ნაოკის საზღვარი რკალს შემოხაზავს და დაქანებაც ნახევარ-

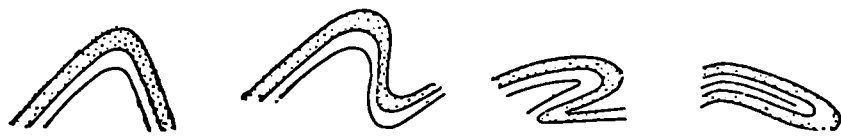
წრიულად შეიცვლება. ასეთ დაბოლოებას პერიკლინი ანუ პერიკლინური დაბოლოება ეწოდება. პერიკლინი კარგად უჩანს გეგმაში გამოხაზულ ნაოკებს (სურ. 39).



სურ. 39. ნაოკები გეგმაში. პროექცია სიბრტყეზე. დაქანებული ცელა და პერიკლინები. ღერძის ხაზი შუაში სიგრძეზე.

ნაოკის განი იზომება ისევე, როგორც ტალღის: ერთი ანტიკლინის შარნირიდან მეორის შარნირამდე. არსებითად ეს იქნება ერთი ანტიკლინი და ერთი სინკლინი (შარნირები ერთისადიამდე შრისა უნდა იყოს). სიგრძე იქნება მანძილი ერთი პერიკლინიდან მეორემდე. ორივე ეს სიდიდე (ნაოკის სიგრძე და განი) ძლიერ ფართო ფარგლებში იცვლება. ნაოკი შეიძლება სულ პაწია იყოს და მრავალი ათეული კილომეტრის მანძილზეც გრძელდებოდეს, ასეულისაც კი.

თუ ნაოკის ღერძი ვერტიკალური არის, ამართული ნაოკი გვექნება. არის წახრილი, წაწოლილი, დაწოლილი

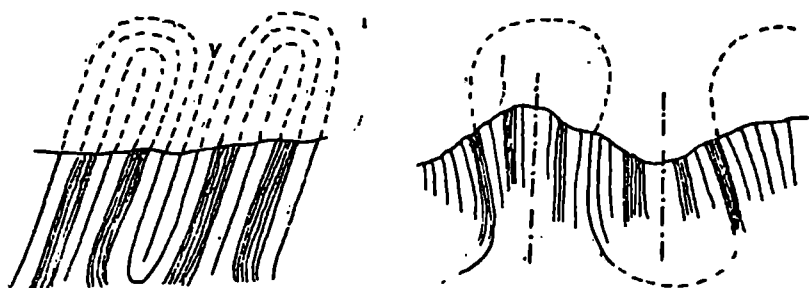


სურ. 40. წახრილი (მარცხენა), დაწოლილი (შუაში) და გადაბრუნებული (მარჯვენა ნახაზი) ნაოკები.

და გადაბრუნებული ნაოკები (სურ. 40). ამართული ნაოკი ჩვეულებრივ სიმეტრიული არის, ე. ი. მისი ერთი ფრთა მეორის სარკესმიერულ ნარეკლს ემთხვევა. მეტნაკლებად წახრილ ნაოკში კი შეგვიძლია ნორმული და შექცეული ფრთა გავარჩიოთ. უკანასკნელი გაწვდილ-გათხელებული არის, — ნაოკი ასიმეტრიულია.

2 „პერი“, ბერძნ. — გარშემო და „კლინო“ — ვხრი.

როდესაც ნაოკის ღერძსა და ფრთებს შუა გარკვეული კუთხე არის, ნაოკს ნორმულს უწოდებენ. რაც უფრო დიდია დანაოკების ინტენსიურობა, მით უფრო პატარა იქნება ეს კუთხე და ბოლოს ფრთა ფრთას მიეკვრის, ერთმანეთისა და ღერძის პარალელური გახდებიან. ასეთ ნაოკებს იზოკლინური<sup>1</sup> ჰქვია. იზოკლინური ნაოკები ხშირია ინტენსიურად შენაოკებულ მთებში, მაგ., კავკასიონის სამხრულ ფერდზე. თუ მკუშმაღვი ძალა კიდევ მეტია და თან ნაოკის ძირში უფრო დიდი, ვიდრე ზევით, წარმოიშობა მარაოსებური ნაოკი (სურ. 41).



სურ. 41. იზოკლინური და მარაოსებური (მარჯვნივ) ნაოკები.

ჩვეულებრივ ანტიკლინების თაღები და სინკლინების ძირები მომრგვალებული არიან, მაგრამ ზოგჯერ შარანივებში შრეების დაქანება (სურ. 42) უეცრად იცვლება. ასეა ხშირად ფიქლების შემთხვევაში, მაგ., ოკრიბაში. ასეთ ნაოკებს ტეხილს უწოდებენ. მოხდება ხოლმე ისედაც, რომ ნაოკის ფრთები დაახლოებით შვეულია, ხოლო თალი ფართო და მეტნაკლებად სწორი. ეს იქნება კოლოფური ნაოკი. დასასრულ შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ნაოკში შემავალი შრეები ჩვეულებრივ ერთიმეორის პარალელურად ან მსგავსად არიან დეფორმებული, მაგრამ თუ ნაოკში კომპეტენტური და არაკომპეტენტური შრეები მორიგეობენ, მოხდება ხოლმე, რომ ისინი სულ სხვადასხვაგვარად არიან აშლილი. ამაზედ იტყვიან დისჰარმონიული ნაოკებიო (სურ. 43).

ასეთ სპეციფიურ დეტალებს აქ ვერ შევეხებით, მაგრამ გზადაგზა შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ დაქანებულ ზედაპირზე შრეების

2 „იზო“, ბერძნ. (თავსართავი) — მსგავსი, ტოლი.



ცოცვის დროს ზოგჯერ წარმოიშობა თავისებური დისლოკაცია, რომელიც ტანგენსური ძალების გავლენით შრეების ცალმხრივ გაღუნვაში გამოიხატება. ამ მოვლენას, რომელიც ადვილი სანახავია თბილის-წყნეთის გზის გასწვრივ, შეიძლება ცალგვერდი ნაოჭი ვუწოდოთ (სურ. 42).



სურ. 42. ტენსილი ნაოჭები (მარცხნივ), კოლოფური ნაოჭი და ცალგვერდი ნაოჭი.

იზოკლინური დანაოჭების შემთხვევაში, განსაკუთრებით, თუ ნაოჭთა თაღები გადარეცხილია, ანტიკლინის და სინკლინის გამოცნობა ხშირად ძლიერ ძნელია. აქ გეოლოგს შეუძლია გამოიყენოს ის გარემოება, რომ ანტიკლინში შრეთა ზედაპირები ღერძის ორივე მხარეზე გარეთკენ არის მიქცეული, სინკლინში კი—შიგნითკენ, ე. ი. ღერძისკენ.



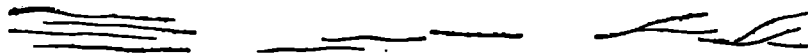
სურ. 43. დისკარმონიული ნაოჭები. შენაოჭებული თაბაშირი დაუნაოჭებელ შრეებში მოქცეული. თაბაშირის დანაოჭება სპეციალური მიზეზით არის გამოწვეული (ანჰიდრიტის გადასვლა თაბაშირში და მოცულობის სათანადო ზრდა).

მეორე მხრით, ნაოჭის იმ შრეებს, რომელნიც უშუალოდ ღერძთან არიან მოთავსებული, ნაოჭის გულს უწოდებენ. ადვი-

ლი დასაწახავია, რომ ანტიკლინის შემთხვევაში ეს იქნება ყველაზე ქვედა ანუ, როგორც შემდეგ დავინახავთ, ყველაზე ძველი შრეები, ხოლო სინკლინში—ყველაზე ზედა, ანუ ყველაზე ახალგაზრდა შრეები. ესეც სინკლინ-ანტიკლინის გამოცნობის საშუალებას იძლევა.

ნ ა ო ჯ ე ბ ი ს და ჯ გ უ ფ ე ბ ა. ნაოჯები ზოგან განცალკევებულ გვხვდებიან, როგორც, მაგალითად, ურალის დასავლეთით ვოლგის მხარეში, ჩვეულებრივად კი მრავალი არის ერთად დაჯგუფებული, როგორც კავკასიონზე, ურალზე და სხვა ნაოჯა მთებში. გათვისებული ნაოჯები შეიძლება წაგრძელებული იყვნენ, მაგრამ მცირეზე. ასეთ ნაოჯებს მოკლე ანუ ბ რ ა ქ ი ნ ა ო ჯ ე ბ ი<sup>1</sup> ეწოდება, ბ რ ა ქ ი ა ნ ტ ი კ ლ ი ნ ე ბ ი და ბ რ ა ქ ი ს ი ნ კ ლ ი ნ ე ბ ი. თუ ნაოჯის სიგრძე დიდად არ განსხვავდება განისგან, გ უ მ ბ ა თ ს იტყვიან.

ნაოჯა მთების შემადგენელი ნაოჯები ერთიმეორის გვერდით არიან მოთავსებული და წაგრძელებული, ხაზობრივი ფორმა აქვთ. ნახაზზე მათ ღერძის ხაზით წარმოადგენენ. ასეთი ნაოჯები ხშირად კ ო ნ ე ბ ა დ არიან დაჯგუფებული. მოხდება ისიც, რომ ნაოჯი გათავდება, მაგრამ მის ადგილს მეორე იქერს და დაახლოებით იმავე მიმართულებით განაგრძობს მას. ეს იქნება ნ ა ო ჯ ე ბ ი ს შე ნ ა ც ვ ლ ე ბ ა (სურ. 44). ნაოჯი არასოდეს არ იტოტება, მაგრამ შეი-



სურ. 44. ნ ა ო ჯ ე ბ ი ს და ჯ გ უ ფ ე ბ ა: კონა, შენაცვლება, ვირგაცია.

ძლება განვითარების პროცესში ერთი ნაოჯი მეორეს გადაეხას. ეს იქნება ნაოჯების ვ ი რ გ ა ც ი ა. ისიც მოხდება, რომ განვითარებისას ნაოჯი რაიმე დაბრკოლებას წააწყდება, მაგალითად, მცირე უღრეკ მასას. ასეთ შემთხვევაში ნაოჯი შეიძლება გაიყოს.

არის შემთხვევები, როდესაც დიდი ანტიკლინის ან სინკლინის ფრთებზე რიგი უფრო მცირე ნაოჯი ვითარდება იმავე მიმართულებით (სურ. 45). ასეთ დაჯგუფებას თხზულ ნაოჯებს ანუ ა ნ ტ ი კ ლ ი ნ ო რ ი უ მ ს და ს ი ნ კ ლ ი ნ ო რ ი უ მ ს ეწოდებენ, თუმცა უკანასკნელ ტერმინებს მათი ავტორი (ამერიკელი გეოლოგი დ ე ნ ა) სხვა გაგებით ხმარობდა.

<sup>1</sup> „ბრაზის“, ბერძნ. — მოკლე.

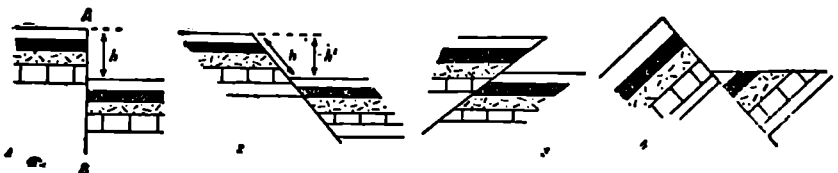
ნაოქების გენეზისი გეოლოგიის ერთი ურთულეს საკითხთან არის. ეს კია, რომ დანაოქება ძირითადად უეჭველად მთების წარმოშობასთან არის დაკავშირებული. გათვისებული ნაოქებიც კი მთების გვერდით გვხვდებიან. მართალია, ცნობილი არის სხვაგვარი ნაოქებიც, მაგალითად მეწყრული ნაოქები ან მარილიანი წყებების ნაოქები, მაგრამ მათი მნიშვნელობა შეუდარებლად უფრო მცირეა. ამ საკითხზე შემდეგ გვექნება მსჯელობა.



წყვეტილი დისლოკაციები. ქანები თითქმის ყოველთვის დასერილი არიან ბზარებით და ნაპრალებით, მაგრამ, თუ ამას ნაპრალის გასწვრივ ქანის გადაადგილება არ ახლავს, ეს იქნება განწყვერება და არა დისლოკაცია. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც შრეები გაწყვეტილია და ნაპრალის გასწვრივ გადაადგილებაც მომხდარა, წყვეტილს დისლოკაციაზე შეიძლება ლაპარაკი. თვით გადაადგილებას სხლეტვა ეწოდება, ხოლო შესაბამის დისლოკაციას — ნასხლეტე.

სურ. 45. თხზული ნაოქები. ზევით — თხზული სინკლინი (სინკლინორიუმი), ქვევით — თხზული ანტიკლინი (ანტიკლინორიუმი).

ნახაზზე მოცემულია (სურ. 46) ასეთი ნასხლეტების კრილები. ხაზი AB წარმოადგენს სხლეტვის ზედაპირის კვალს. ეს

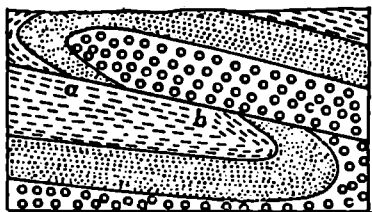


სურ. 46. ნასხლეტები: დასხლეტი (ვერტიკალური დასხლეტი), დახრილი დასხლეტი, ისხლეტი, დასხლეტი დაქანებულ შრეებში. AB — სხლეტვის ზედაპირი.

არის ის ზედაპირი, რომლის გასწვრივაც გაწყვეტილი შრეები გადაადგილებულან. სხლეტვის ზედაპირი შეიძლება იყოს ბრტყელი და მრუდეც. მისი დამხრობა ისევე ხდება, როგორც შრის: უნდა გაი-

ზომოს მიმართება და დაქანება. ამ ზედაპირის იქეთ-აქეთ არის ნასხლეტის ბ ა გ ე ე ბ ი. თუ სხლეტვის სიბრტყე დაქანებულია (და არა ვერტიკალური), ის ბაგე, რომელიც სხლეტვის სიბრტყეს თავზე აღევს, ზედა ბაგე იქნება, ხოლო იმავე სიბრტყეს ქვეშ მოქცეული — ქვედა ბაგე (ნახაზზე წარჩენივ). ხაზები h და h' წარმოადგენენ სხლეტვის ამპლიტუდს. უკანასკნელი იზომება არა ერთი ბაგის კიდიდან მეორის ზედაპირამდე, არამედ რომელიმე შრიდან ერთ ბაგეში იმავე შრემდე მეორე ბაგეში. თუ ეს ხაზი შვეული არის, იგი იწოდება გადაადგილების ვერტიკალურ ამპლიტუდად.

თვით მოძრაობის მიმართულებაზე ნახაზის მიხედვით და ხშირად ბუნებაშიც გარკვეულს ვერაფერს ვიტყვივით. ასეთი სურათი მიიღება, თუ ზედა ბაგემ ქვევით დაიწია და მაშინაც, თუ ქვედა ბაგე ზევით აიწევდა. შეიძლება ისიც, რომ ორივე ბაგე ზევით აწეული იყოს, მაგრამ ზედა ბაგე ნაკლებად და ამიტომ ჩამორჩენილი. შეიძლება ასევე ორივე ბაგე დაწეული იყოს, მაგრამ ქვედა ჩამორჩენილი. არც ის არის გამორიცხული, რომ ქვედა ბაგეს აეწიოს და ზედას დაეწიოს: სხლეტვის ამპლიტუდი ორი მოძრაობის ალგებრული ჯამი იქნება. თუ დაუშვებთ, რომ ყოველივე ამას შეიძლება განივი მოძრაობაც დაერთოს (ჰორიზონტული ან დახრილი), ადვილი დასანახავი იქნება, რამდენად ძნელია მოძრაობის აბსოლუტური ხასიათის დადგენა. ამიტომ კმაყოფილებიან იმით, რომ შეფარდებითს მოძრაობას აღნიშნავენ.



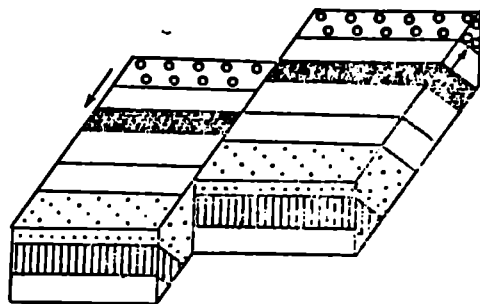
სურ. 47. შეეცოცება, წარმოდგენილ შემთხვევაში სხლეტვის ზედაპირი შრეებრივობას ემთხვევა.

თუ ნასხლეტში ზედა ბაგე არის ქვედას მიმართ დაწეული, ეს იქნება დასხლეთი. თუ ზედა ბაგე აწეულია (სურ. 46), დასხლეთი გვექნება. დამრეცი სხლეტვის ზედაპირის შემთხვევაში (სურ. 47)

ამბობენ შესხლეთი ან შეეცოცებაო. ასხლეტს და შესხლეტს შებრუნებულ დასხლეტსაც უწოდებენ ნორმული დასხლეთისაგან გასარჩევად. ნასხლეთი, რომელიც გადაადგილებას ჰორიზონტული მიმართულება აქვს, იქნება განსხლეთი ან უნაწევი (სურ. 48).

სხლეტვის ზედაპირი ხშირად მოელვარებულია ხახუნის გამო. ამგვარად წარმოიშობა სხლეტვის სარკეები (სურ. 49). სხლეტვის სარკეები შეიძლება დაკაწრულიც იყოს და ამ შემთხვევაში ნაკაწრების მიმართულება მოძრაობის მიმართულების დადგენის საშუალებას იძლევა. სხლეტვის ნაპრალები და სარკეები ვითარდებიან არა მხოლოდ სხლეტვის მთავარ ზედაპირზე, არამედ მის ორივე მხარეზე მეტ-ნაკლებად ვიწრო ზოლში. ეს იმას ნიშნავს, რომ დიდი რღვევების შემთხვევაში ჩვენ გვაქვს არა სხლეტვის ზედაპირი, არამედ სხლეტვის ზონა. ამ ზონაში დამსხვრეული ქანის ხარჯზე შეიძლება წარმოიშვას ხახუნის ბრეჩია.

რღვევის სიგრძის და ვერტიკალური ამპლიტუდის მიხედვით არის პაწია, თიქმის შეუმჩნეველი ნასხლეტები და უზარმაზარებიც. დიდი რღვევების სიგრძე ასეული და ათასეული კილომეტრებითაც კი იზომება.



სურ. 48. განსხლეტი (ნაწევრი).

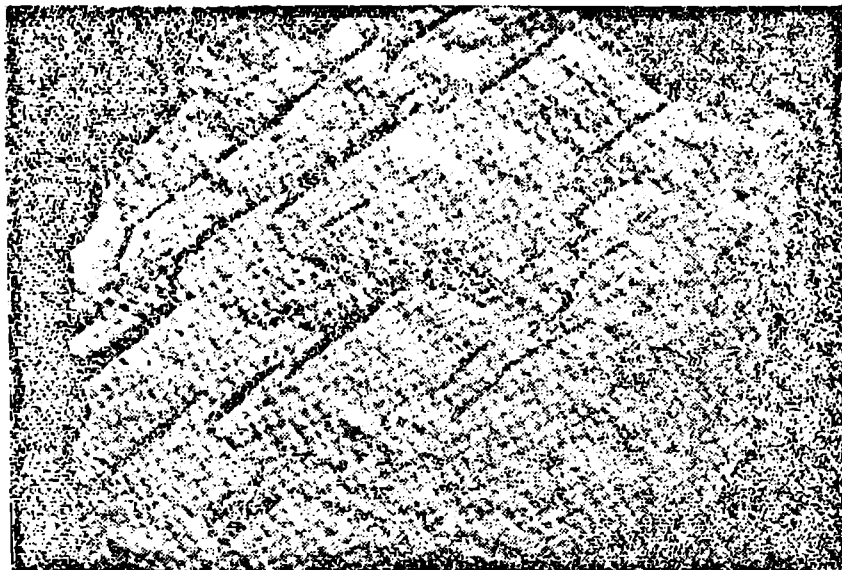
შესაფერია სხლეტვის ამპლიტუდიც. სან ანდრეას განსხლეტს ჩრდილო ამერიკაში 2000 კმ-ზე მეტი სიგრძე აქვს. რაც შეეხება რღვევის სიღრმეს, იგი დიდი ნასხლეტების შემთხვევაში ალბათ მიწის ქერქის ძირამდეც აღწევს.

ნაოკების მსგავსად ნასხლეტებიც ზოგან ცალკეულად გვხვდებიან, ზოგან კი—დაჯგუფებული. დაჯგუფება შეიძლება იყოს რადიალური, კონცენტრიული, პარალელური. თუ პარალელური ნასხლეტები ერთი მხარისკენ არიან დასხლეტილი ან ასხლეტილი, მივიღებთ კიბურ ნასხლეტებს (სურ. 50). თუ დასხლეტვა პარალელური ნასხლეტების ზოლის შუაგულისკენ ხდება და იქეთ-აქეთ კიდები მაღალი დარჩენილან, ეს იქნება გრ აბ ენი<sup>1</sup>. წინააღმდეგ შემთხვევაში, როდესაც შუა ნაწილი ამალებულია და იქეთ-აქეთ მხარე დასხლეტილი, ჰორსტი<sup>2</sup> გვექნება (სურ. 51, 52). შეიძლება ისიც, რომ ნასხლეტთა დაჯგუფებაში წესი რამე არ ჩანდეს ან ერთი რღვევა მეორეს ჰკვეთდეს კიდევ.

<sup>1</sup> Graben, გერმ.—თხრილი.

<sup>2</sup> გერმანული ტერმინია.

დანაოქება, როგორც დავინახეთ, ნაოქების გარდი-გარდმო ფართობის შემცირებას, შეკუმშვას მოასწავებს. ნორმული დასხლე-ტის შემთხვევაში საწინააღმდეგო ეფექტთან გვაქვს საქმე: დასხლე-ტის გარდიგარდმო ზედაპირი ფართოვდება, გაჭიმვა ხდება. პირი-ქით, შებრუნებული დასხლეტი კუმშვას ნიშნავს ნაოქის მსგავსად. ამიტომ დასხლეტი, შესხლეტი, შეცოცება შეიძლება იმავე ძაბვამ გამოიწვიოს, რომელიც დანაოქებას იძლევა. ეს, რასაკვირველია, არ



სურ. 49. მ ო ლ ი ჰ უ ლ-დაკაწრული ლ ო დ ი, ს ხ ლ ე ტ-ვის ზედაპირზე მონატენი.

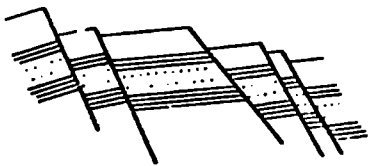
გამორიცხვას კარგად ცნობილ ფაქტს, რომ ნორმული დასხლეტები ხშირად დანაოქებასთანაც არიან დაკავშირებული. ეს მხოლოდ იმას ნიშნავს, რომ ასეთი დასხლეტები ნაოქების მეორადი თანამგზავრები არიან.

1 | ყოველ შემთხვევაში, დასხლეტები მეტ წილად ნაოქებთან ერთად გვხვდებიან ნაოქა ზოლებში, და მთების წარმოშობასთან არიან დაკავშირებული. მათ შორის გამოირჩევიან ღრმა რღვევები, რომელნიც დანაოქებული საფარის ქვევით ჩადიან.

არის ისეთი რღვევებიც, რომელნიც მთების სისტემების გარეთ არიან მოთავსებული და რომელთა მიმართულება მთებისას არ ეგუება. მათი წარმოშობა სხვაგვარი უნდა იყოს.

აქვე უნდა განვიხილოთ დისლოკაცია, რომელიც საკმაოდ ხშირ მოვლენას წარმოადგენს და რომლის შესახებ ჭერ არაფერი გვითქვამს. ეს არის ფლექსურა. ფლექსურა ერთი შეხედვით ძლიერ წააგავს ცალგვერდ ნაოქს (სურ. 53), მაგრამ თავისი წარმოშობით არსებითად განსხვავდება მისგან.

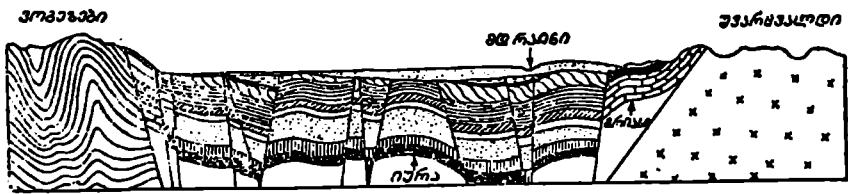
ცალგვერდ ნაოქს, ისევე როგორც ნაოჭებს საერთოდ, ტანგენსური, შრისგასწორივი ძაბვა იძლევა. ჩვეულებრივ ეს ხდება დახრილი შრეების ცოცვის შემთხვევაში, რისი ნახვაც კარგად შეიძლება თბილისიდან წყნეთს მიმავალი შარის პირას. ტიპური ფლექსურა კი შრის გამკვეთი ძაბვით არის გამოწვეული. მხოლოდ, ძაბვას გამოუწვევია შრის გაღუნვა და არა წყვეტისგასწორივი მოძრაობა. აქაც, თუ გადაადგილების ამპლიტუდი მატულობს, ამას მოჰყვება შრეების გაწყვეტა (სხლეტვა) და სათანადოდ დასხლეტვა ან შესხლეტვა.



სურ. 50. ნა ს ხ ლ ე ტ ე ბ ი ს  
ს ა ფ ე ხ უ რ ე ბ რ ი ე რ ი დ ა ჯ გ უ  
ფ ე ბ ა.

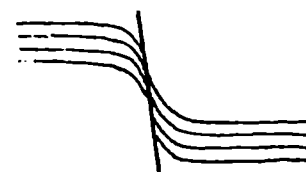


სურ. 51. პორისტი და გრაბენი. კალახარის უდაბნო SW აფრიკაში (სქემა).



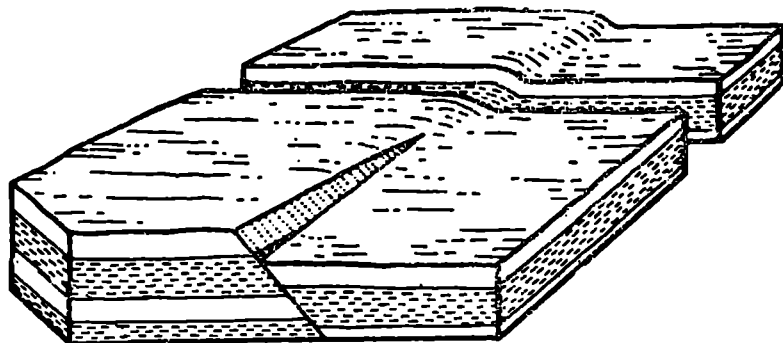
სურ. 52. რ ე ი ნ ი ს გ რ ა ბ ე ნ ი შ ვ ა რ ც ვ ა ლ დ ს ა და ვოგეზებს შუა.

სხვათა შორის. აქედან ისიცა ჩანს, რომ ნასხლეტი, როგორც წესი, წინასწარ არსებულ ნაპრალს კი არ მოჰყვება, თვითონ აჩენს მას.



სურ. 53. ფ ლ ე ქ ს უ რ ა. ჩანს, როგორ შეიძლება გადაიზარდოს უწყვეტო ფლექსურა (ზევით) ნასხლეტში (ქვევით).

ისევე როგორც ნაოკი თავდება ღერძის ხაზის ერთსა და მეორე ბოლოში, უნდა გათავდეს ნასხლეტიც. სხლეტვის ამპლიტუდი მცირდება და. თუ სხვა პირობებიც საამისოა, რჩება მხოლოდ ფლექსურა (სურ. 54) და შემდეგ იგიც მიიღევა.



სურ. 54. ნ ა ს ხ ლ ე ტ ი ს და ბ ო ლ ო ე ბ ა. ჩანს სხლეტვის ამპლიტუდის შემცირება მიმართების გასწვრივ და შემდეგ ნასხლეტის შეცვლა უწყვეტო ფლექსურით.

ხშირად ნასხლეტი მეტ-ნაკლებ სიღრმეზე ვითარდება ტოპოგრაფიულ ზედაპირს ქვეშ. ზედაპირისკენ იგი თანდათან სუსტდება



და შეიძლება ფლექსურით გათავდეს. ასეთი რამ, მსგავს პირობებში, შესაძლებელია სიღრმისკენაც მოხდეს.

მაგმეული ქანების წოლის ფორმები. პირველ რიგში დანალექი ქანების წოლის ფორმებს ასწერენ ხოლმე. ჩვენც ასე მოვაქეციით. ეს იმით აიხსნება, რომ ქერქის ზედა ნაწილში დანალექი ქანებია უფრო გავრცელებულია და უფრო მისაწვდომი, და განსაკუთრებით კი იმით, რომ დანალექები გეომეტრიულად უფრო წესიერ ფორმებს იძლევიან — შრე, ნაოკი, ნახსლეტი. მათი წყობის გაცნობა უფრო ადვილიც არის. მეორე მხრით, მაგმეული ანუ ერუპტიული ქანები დანალექ ქანებში შეჭრილი არიან, მათ წყობას არღვევენ და ამიტომ ერუპტივების აწერისას დანალექი ქანების წოლის ფორმებს უკვე უნდა ვიცნობდეთ.

ასეთი თანამიმდევრობა არავითარ შემთხვევაში იმას არ ნიშნავს, რომ მაგმეული ქანების როლი მიწის ქერქის აგებულებაში მცირე იყოს. პირიქით, ბევრ შემთხვევაში, როგორც, მაგალითად, საქართველოში, ეს როლი ძლიერ დიდია. თანაც სიღრმისკენ თანდათან მატულობს.

ე ფ უ ზ ი უ რ ი ქ ა ნ ე ბ ი, როგორც ბაზალტი, ზედაპირზე მდნარ მდგომარეობაში ამოდიან და აქ დინებითს ფორმებს ლებულობენ. თუ ლავა უხვად არის და ძლიერ დენადი, იგი ფართოდ გაიშლება და ლ ა ე უ რ ზ ე წ ა რ ს წარმოშობს. ასეა ახალქალაქის მხარეში, წალკაში, ბოლნისის რაიონში. ლავა დინებისას მიწის ზედაპირის ყველა უსწორმასწორობას ავსებს, ამიტომ მისი ქვედაპირიც უსწორმასწორია, ზედაპირი, პირიქით, სწორია და მეტად თუ ნაკლებად დაქანებული დინების მიმართულებით. დაქანება დაკავშირებულია ლავის სიბლანტესთან: რაც მეტია სიბლანტე, მით მეტი უნდა იყოს დაქანება, რომ ლავამ იდინოს. თანაც ეს სიბლანტე სწრაფად მატულობს გაცივების გამო თვით დინების პროცესში.

რადგან ბევრ შემთხვევაში ლავის ამონთხევა ერთსადაიმევე ადგილას რამდენიმეჯერ მეორდება, ხშირად ზეწარი ზეწარზე არის განლაგებული სართულებად. თუ ამონთხეული ლავის რაოდენობა მცირეა და ფუძის დაქანება დიდი, ზეწარის ნაცვლად ლ ა ე ი ს ნ ა კ ა დ ი წარმოიშობა. ასეთია ლავის ნაკადი, რომელიც ბორჯომში ბოლოვდება. ნაკადი შეიძლება პატარაც იყოს და დიდიც. ზოგ შემთხვევაში ზეწარის და ნაკადის გარჩევა სუბიექტური საქმეა.

ზეწარიც და ნაკადიც, ადრე თუ გვიან გაცივების შემდეგ, შეიძლება უფრო ახალგაზრდა ნალექებით დაიფაროს. მაგალითად, წალ-

კა-თეთრიწყაროდან მონადენი ნაკადი მარნეულამდე გაშიშვლებული არის, მარნეულს ქვემოთ კი იგი ხრამის და ალგეთის ნალექებს დაუფარავს.

უფრო ღრმად არის დაფარული და ძველ დანალექ ქანებს შუა მოქცეული უფრო შორეული დროის ვულკანური ზეწრები. ამის მაგალითი მრავალია თრიალეთის ქედზე და სხვაგან საქართველოში.

ვულკანური აქტივობა ლავის ზედაპირზე ამოღინებით არ იფარგლება მართო. იმავე დროს ატმოსფეროში ან ზღვას ქვეშ ამოისროლება დიდძალი კლასტური მასალა: ბომბები, ლაპილი, ფერფლი... ეს მასალა ძირს ცვივა და ილექება ან ხმელეთზე ან ზღვის (თუ ტბის) ფსკერზე. ამგვარად წარმოიშობა ნარევი ხასიათის ქანები, რომელთაც ვულკანურ-დანალექს უწოდებენ. მოხდება, რომ ასეთი ქანის მასალა მთლიანად ვულკანური იყოს, მაგრამ, თუ დალექვა წყალში ხდება, ჩვეულებრივ ვულკანურს ტერიგენული მასალაც ემატება და ხან ერთი ჭარბობს ხან მეორე. ვულკანოგენურ-დანალექი ქანებია: ვულკანური ფერფლი, ტუფი, ტუფიტი და სხვა.

ბევრად ნაკლებად წესიერია და თან ძლიერ მრავალგვარი ინტრუზიული ქანების წოდის ფორმა. როდესაც მაგმა მეტნაკლებად ვიწრო ნაპრალებში არის შეჭრილი, სხვადასხვა სახის ძარღვები წარმოიშობა. თუ მაგმატიტის (მაგმეული ქანის) მიერ დაჭერილი ადგილი გარდიგარდმო კრილში ყველა მიმართულებით დაახლოებით ერთგვარია, ე. ი., თუ ინტრუზიული სხეული იზოლიამეტრულია, ძარღვს სვეტისებური ფორმა ექნება. ეს იქნება ნეკი<sup>1</sup>. რადგან ინტრუზიული ქანი ჩვეულებრივ მის შემცველ დანალექებზე უფრო გამძლეა, ნეკი ზედაპირზე ზოგჯერ სვეტისებური სხეულის სახით არის გაშიშვლებული (სურ. 55).

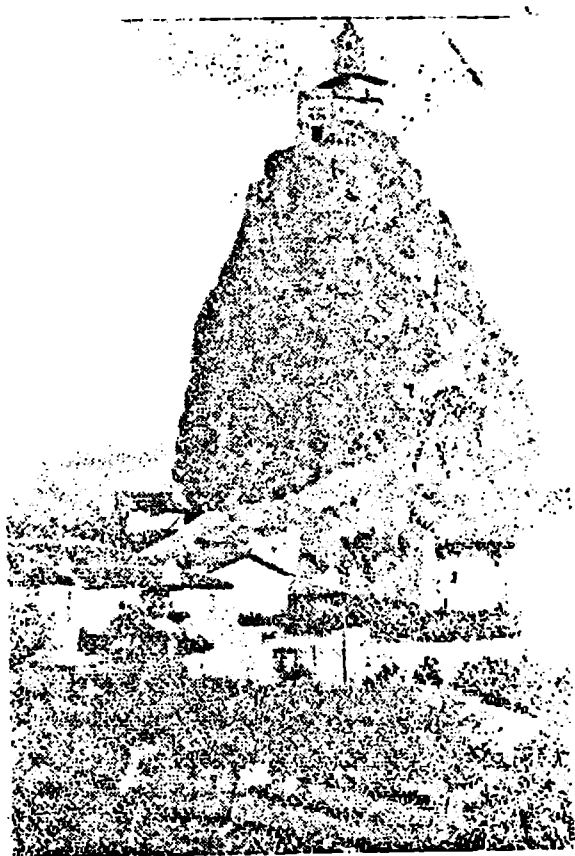
როდესაც ინტრუზივი გრძელსა და შედარებით ვიწრო ნაპრალს ავსებს, წარმოიშობა კედლისებური დიკი<sup>2</sup> (სურ. 56). მეტნაკლებად იზოლიამეტრული და შედარებით მოზრდილი ინტრუზივი შტოკი<sup>3</sup> იქნება. ყველა ეს სხეული სიღრმისკენ საკმაოდ შორს გრძელდება, იქამდე, საიდანაც მათი მკვებავი მაგმა მოდიოდა.

<sup>1</sup> Neck, ინგლ.—კისური.

<sup>2</sup> Dike, ინგლ.—დამბა, თხრილი.

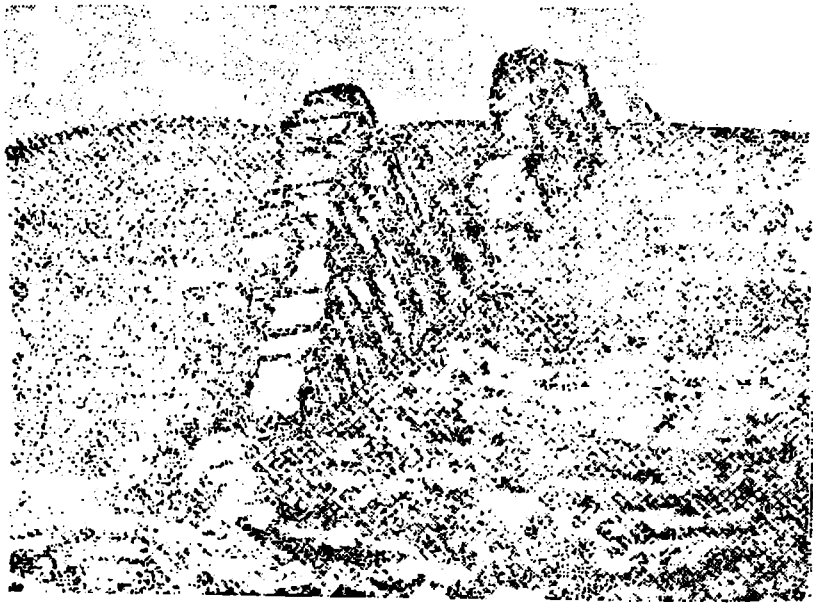
<sup>3</sup> Stock, გერმ.—ჭოხი, კუნძი.

თვითონ შტოკიდანაც შეიძლება მეორადი ძარღვები გამოდიოდეს. მათ აპოფიზები ეწოდება. ნეკი და დაიკი ხშირად იტოტება.

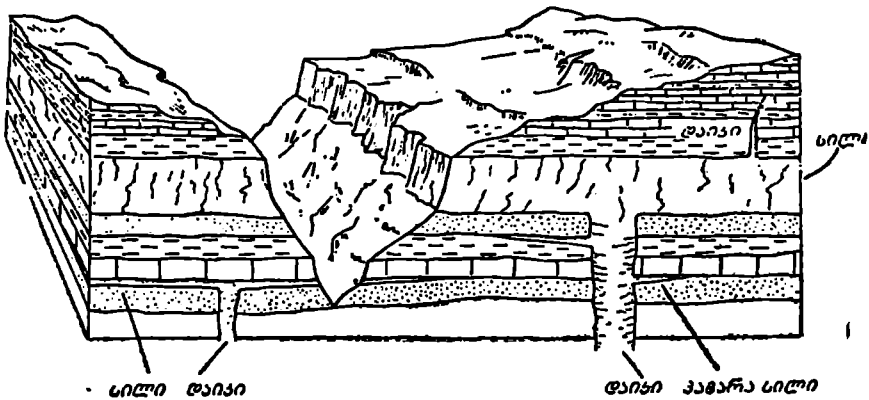


სურ. 55. ნეკი. ნეკის ძლიერ გამძლე ქანი ნგრევას გადარჩენია, მაშინ როდესაც ირგვლივ უფრო სუსტი ქანები გადარეცხილან და რელიეფი დადაბლებულა. განმარტოებულა ვულკანური ქანის მაღალი სვეტი, რომელზედაც მხატვრულად მოთავსებული ტაძარი აუგიათ (საფრანგეთი).

<sup>1</sup> „აოფისის“, ბერძ.—მინაზარდი.



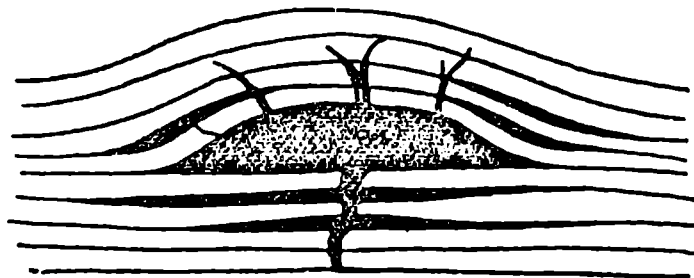
სურ. 56. დაიკის კედლისებური გაშიშვლება. დაიკის ქანი, რათქმაუნდა, მაგურია, შემცველი ქანები — ქვიშაქვები, ტიან-შანი.



სურ. 57. შრეძარღვები (სილები). ჩანს პორიფორულ შრეებში შექრილი სქელი და თხელი სილები და მათი მკვებავი დაიკები. ერთი პატარა დაიკი ზედა სილიდანაც გამოდის ზეეითკენ და მის აპოფიზს წარმოადგენს.

მოხდება ხოლმე, რომ ინტრუზიული მავმა ნაპრალს კი არ მოსდევს, შრესა და შრეს შუა ბზარს ათართოებს და მიჰყვება. წარმოიშობა ძარღვი, რომელიც შრის მსგავსად არის ნალექებში განლაგებული (სურ. 57). ამას ჰქვია შ რ ე ძ ა რ ღ ვ ი , ანუ ს ი ლ ი<sup>1</sup>.

თუ სილმა შრეები დიდად დააცილა ერთმანეთს და ზედა შრეები საგრძნობლად ამოიბურცა, მივიღებთ ლ ა კ ო ლ ი თ ს<sup>2</sup> (სურ. 58). ლაკოლითის შემთხვევაში კარგად ჩანს, რომ ინტრუზივი თავისუფალ ადგილს კი არ ავისიბს მხოლოდ, თვითონაც აქვს საკმაო ენერჯია, რათა ადგილი გაითავისუფლოს (სურ. 58).



სურ. 58. ლ ა კ ო ლ ი თ ი. ჩანს, როგორ აუწევია ზეითყენ ზედა შრენარი შრეთაშუა შეჭრილ მავმას. გამოყოფილა აპოფიზებიც.

ადვილი დასანახავია, რომ დანალექ შრეებში მოთავსებული ვულკანური ზეწარი და შრეძარღვი ძნელი გასარჩევი არიან ერთმანეთისაგან. თუ ვულკანური ზეწარი ხმელეთზედ არის წარმოშობილი, მას ქვეშ მდებარე შრეები შეიძლება გადაარეცხილი იყოს და შეხებაც — უთანხმო. მაგრამ, თუ განფენი ზღვის ფსკერზე არის წარმოშობილი, მაშინ ეს განსხვავებაც არ იქნება. დარჩება კრიტერიუმი, რომ გავარჯარებულ ლავას სილის შემთხვევაში კონტაქტური მეტამორფიზმი უნდა გამოეწვია ორივე გვერდზე, ზეწარის შემთხვევაში კი — მარტო ქვედა მხარეზე.

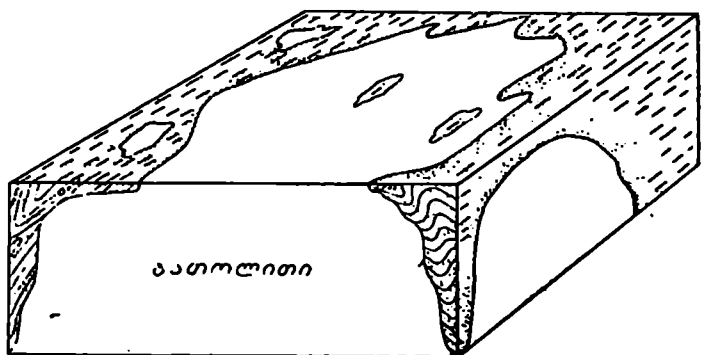
უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ როგორც ეფუზიურ განფენსა და ნაკადს, ისე ინტრუზიულ სილსაც მასალასიღრმიდან მოსდის. ერთიც და მეორეც ნეკის ან დაიკისებრი სხეულით არის სიღრმესთან დაკავშირებული. ასეთ შემთხვევაში ეს ძარღვები მ ო მ ყ ვ ა ნ

<sup>1</sup> Sill, ინგლ.—ზღურბლი.

<sup>2</sup> „ლაკოლი“, ბერძნ.—ორმო და „ლითოს“—ქვა.

ყელს წარმოადგენენ და შეიძლება ჰკვებავდნენ როგორც ინტრუზივს, ისე ეფუზივს.

დაგვრჩა უზარმაზარი ბათოლითები! ბათოლითები: (სურ. 59) ზოგან მთების გულს შეადგენენ მხოლოდ (კავკასიონი, ურალი და სხვ.), სხვაგან თვალუწვდენელ სივრცეებზედ არიან გაშიშვლებული. მათი დამახასიათებელი ის არის, რომ ზედაპირზე შეიძლება პატარა ადგილიც ექიროთ, მაგრამ სიღრმისკენ თანდათან ფართოვდებიან, მომყვანი ყელი არა აქვთ. რადგან ბათოლითები ძირითადად გრანიტოიდებისგან (გრანიტის ჯგუფის ქანებისაგან) შედგებიან, ბათოლითის წარმოდგენა ჰგულისხმობდა, რომ მიწის ქერქის ქვედა ნაწილი კონტინენტებში მთლიანად გრანიტული უნ-



სურ. 59. ბათოლითი. ქვევითკენ ფართოვდება და საზღვარი არ უჩანს.

და ყოფილიყო. თანამედროვე შეხედულებით ბათოლითების მასალა ძირითადად მეტამორფიზმის შედეგი არის და მხოლოდ ნაწილობრივ მაგმეული. ზევითკენ ბათოლითის ისევე, როგორც შტოკს და ლაკოლითს, აპოფიზები ახლავს.

მიწის ქერქის დისლოკაციები, რა თქმა უნდა, მაგმურ ქანებზედაც ვრცელდება. აჭარა-თრიალეთის ქედზე, რაჭა-აფხაზეთის ზოლში და სხვაგან ვულკანური განფენები და სილები ფართო მონაწილეობას იღებენ დანაოჭებაში დანალექ შრეებთან ერთად. ასევეა სხვაგანაც. დანაოჭებით გამოწვეულ დეფორმაციას განიცდიან სხვა ძარღვებიც. რაც შეეხება შტოკებს და ბათოლითებს,

1 „ბათოს“, ბერძნ. — სიღრმე, „ლიტოს“ — ქვა.

ისინი დანაოქებას ეურჩებიან. სანაცვლოდ ბათოლითებში დიდ როლს თამაშობს აშშ-ში.

წყვეტილი დისლოკაციები ფართოდ არის გავრცელებული ყველა მაგმეულ სხეულებში და იმავე სახისაა, როგორც დანალექებში.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რას ჰქვია ქანის წოლის ფორმა? რა არის ნაჩენი (ბუნებრივი, ხელოვნური)? რით განსხვავდება შრე ნალექის ფენისგან? როდის ხდება მისი გამოსახვა? როგორია მისი პირველყოფილი განლაგება? ასწერეთ შრის ზედაპირის ფიგურები. რას ჰქვია შრის მიმართება? დაქანება? როგორ გაიზომება თითოეული? როგორი იქნება პორიზონტული შრის მიმართება? ვერტიკალური შრის დაქანების აზიმუტი?

მოხაზეთ რომელიმე ნაჩენის გეოლოგიური ქრილი. დაურთეთ ლეგენდა.

რა არის შრეთა დასტა? შრენარი? გამოხაზეთ ირიბი შრებრივობა.

რას ჰქვია შრეების დისლოკაცია (აშლა)? მოიგონეთ და ასწერეთ დისლოკებული შრეების რომელიმე ნაჩენი. რა არის უწყვეტო დისლოკაცია და წყვეტილი დისლოკაცია?

მოხაზეთ ანტიკლინი და სინკლინი ქრილში და გეგმაში. აღნიშნეთ ამ ნაოქების თხემი, ძირი, ფრთები, შარნირები, ლერძი. რა არის ლერძის ხაზი და როგორ გამოისახება იგი გეგმაში და ქრილში? გამოხაზეთ მრუდლერძიანი ნაოქი.

გამოხაზეთ ნორმული, იზოკლინური, მარაოსებური ნაოქები.

გამოხაზეთ ამართული, წახრილი, დაწოლილი, გადაბრუნებული ნაოქები.

მოხაზეთ ლერძის ხაზების საშუალებით ნაოქთა ჯგუფი, ნაოქთა შენაცვლება, ვირგაცია.

გამოხაზეთ ნახსლექტი და აღნიშნეთ სხლექტვის ზედაპირი (შვეული, დახრილი), ბაგეები, შეფარდებითი გადაადგილების ამპლიტუდი. რა არის საფეხურბრივი ნახსლექტები, ვრაბენი, პორსტი?

რა არის ეულკანური ნაკადი? ზეწარი? დაასახლეთ მავალითები. რას ჰქვია ეფუზია და ინტრუზია? რას უწოდებენ ძარღვს, შტოკს, ნეკს, დაიკს, სილს, ლაკოლითს? გამოხაზეთ თითოეული. რა არის ბათოლითი?

### გეოლოგიური წარსული

გავეცანით ქანებს და მათ წოლის ფორმასაც, მაგრამ ერთი რამ არც კი გვიკითხავს: გვეუბნებიან, თუ არა, ისინი რასმე მიწის ქერქის წარსულის შესახებ?

თბილისის სამხრეთით თელეთის ქედზე რომ გავიაროთ, ქალაქგარეთ, დავინახავთ, რომ ამ ანტიკლინზე გავრცელებული არის ერთგვარი რუხი ქვიშაქვები. გულდასმით ძებნის შემდეგ ამ ქვიშა-

ქვებში შეიძლება ვიპოვოთ პაწია, ოსპის მარცვლისებური სხეულები, რომელთაც სპეციალისტები ნუ მ უ ლ ი ტ ე ბ ს უწოდებენ (სურ. 75). ნუმულიტი ნამარხი არის, ე. ი. ცოცხალი ორგანიზმის ისეთი ნაშთი, რომელიც ქანში მოხვედრილა მისი დაღეჭვისას და შემდეგ ქანშივე შენახულა უცვლელად ან შეცვლილი შედგენილობით. მაგალითად, ლოკოკინის კალციტური ნიჟარის ნამარხი შეიძლება ასეთივე დარჩენილიყო და ისიც შესაძლებელია, რომ გაკაყებული ან გაპირიტებული იყოს. განამარხებული არის ხოლმე ხეც და სხვა ორგანიზმები, ცხოველი თუ მცენარე. ასეთ შემთხვევებში ფორმა ისევ პირვანდელი არის დარჩენილი, ასე რომ განამარხებული ორგანიზმების გამოცნობაც შეიძლება. თანაც ნამარხები საკმაოდ ხშირი არიან ზოგ დანალექ ქანში, ისე რომ შესაძლებელია ქანი მთლიანად ნამარხებისაგანაც კი შედგებოდეს<sup>1</sup>.

დღეს ცნობილია, რომ ნუმულიტები უმარტივეს ცხოველთაგანი არიან და ფორამინიფერების ჯგუფს (უმარტივესი ცხოველებია) ეკუთვნიან. ცხოვრობდნენ რამდენიმე ათეული მილიონი წლის წინათ თბილ ზღვებში, როგორც დღეს ხმელთაშუა ზღვა არის. მაშასადამე, იმ დროს, როდესაც თელეთის ქედის ქვიშაქვები ილექებოდნენ, თბილისის ადგილას ზღვა ყოფილა და თან თბილი ზღვა. იქვე ახლოს, სოდანლუდის ხიდის პირდაპირ, ხსენებულ ქვიშაქვებს თავზედ ადევს თანხმობით ვულკანური ზეწრის ნაწყვეტი, რის მიხედვითაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ იმავე დროს ზღვის ფსკერზე ვულკანური ამოფრქვევები ხდებოდა და ლავა ანდეზიტური იყო (სურ. 60).

ახლა მცხეთას რომ მივმართოთ და იქ ქალაქის ჩრდილოეთით ავიდეთ დაკაებაზე, რომელიც ძველ ნასოფლარს წარმოადგენს (კოდმანი). გორის ძირას ადვილად ვიპოვით ნაჩენს, სადაც კირქვიან შრეებში ნამარხები საკმაოდ ხშირი არიან, მაგრამ ნუმულიტების ნაცვლად ეს იქნება მოლუსკების (ლოკოკინების) ნიჟარები. შესწავლამ გამოარკვია, რომ ეს მოლუსკები ზღვის მცხოვრებნი იყვნენ და ცხოვრობდნენ რამდენადმე გამტკნარებულ, დღევანდელი შავი ზღვის მსგავს ზღვაში: უნდა დავასკვნათ, რომ იმ შრეების დაღეჭვისას იქ შავი ზღვის მსგავსი შიგა ზღვა ყოფილა.

თუ ისევ ქვევით ჩამოვალთ და შარას გავჰყვებით, კარგად ცნობილ ბებრის ციხესთან სულ სხვა სურათს წავაწყდებით. ჩინე-

<sup>1</sup> ნამარხს ზოგჯერ გაქვავებულსაც უწოდებენ. ეს არის ძველი ლათინური petrefactum-ის თარგმანი. ტერმინი ნამარხიც ლათინური fossilis-ის თარგმანია.



ბულ ნაჩენში გზის პირას ზემოთ ხსენებული ნამარხიანი შრეების თავზე ვხედავთ თიხებისა და ქვიშაქვების მორიგეობას. ამ შრენარს გეოლოგები ნაცხორის (ნაცხორი—ნაციხვარი. ეს არის იგივე ბებრის ციხე) წყებას უწოდებენ. არავითარი ზღვიური ნამარხი აქ აღარ არის: პოულობენ მხოლოდ ხმელეთის ლოკოკინებს. მაშასადამე, წყება ხმელეთზე დალექილია. იმ დროს ეს მხარე ხმელეთს წარმოადგენდა.

ნაცხორის ქვიშაქვებს და თიხებს უშუალოდ მოსდევს (თავზე აღევს) კონგლომერატების და ქვიშიანი თიხების ძლიერ სქელი მორიგეობა. აქაც მხოლოდ ხმელეთის მოლუსკებია, — კონტინენტუ-



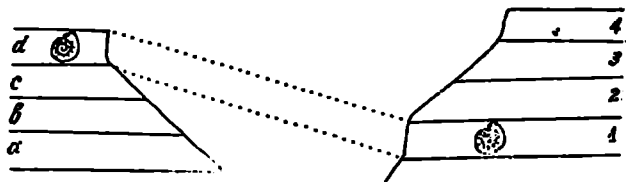
სურ. 60. სოღანლუღის განფენი.

რი რეჟიმი გრძელდება. მუხრანის ველის ჩრდილოეთით, დუშეთისკენ, ამავე წყებაში იპოვეს ხერხემლიანი ცხოველების ძვლები. ეს არის ცხენის წინაპარი ჰიპარიონი, ჟირაფი და სხ. ამის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ არა მარტო ის, რომ იმ დროს აქ ხმელეთი იყო, არამედ დაეუმატოთ, რომ ეს იყო სტეპები, რადგან ჟირაფი სტეპის მცხოვრები არის. მეორე მხრივ, თუ მხედველობაში მივიღებთ რომ კონგლომერატების მასალა, როგორც ქვარგვალების პეტროგრაფიული რაგვარობა გვიჩვენებს, კავკასიონიდან არის ჩამოტანილი, უფლება გვექნება დავასკვნათ, რომ კავკასიონი იმ დროს უკვე მაღალ მთებს წარმოადგენდა.

როგორც ვხედავთ, ნალექები მდიდარ ინფორმაციას გვაწვდიან მიწის ქერქის წარსულის შესახებ, მაგრამ რა როლის ხდებოდა?

ნუმულიტებიანი ზღვა თბილისის ადგილას და ხმელეთი მცხეთას-  
ხან ერთდროულად იყო? და, თუ არა, რა იყო უფრო ადრე და რა  
უფრო გვიან? ბუნებრივად ისმის მოვლენათა დათარიღე-  
ბის საკითხი.

გეოლოგებმა იმთავითვე მიაქციეს ყურადღება, რომ ყოველი  
შრენარის ამა თუ იმ შრის დალექვა ჰგულისხმობს, რომ მასქვეშა  
შრე იმ დროს უკვე დალექილი იყო. აქედან გამომდინარეობს უცი-  
ლობელი დასკვნა, რომ ნალექებში შრეების თანამიმდევრობა ქრო-  
ნოლოგიური თანამიმდევრობა არის: თუ კრილში გვაქვს შრეები  
a, b, c, d (სურ. 61), ყველაზე ქვედა a ყველაზე ძველი იქნება, b  
მაზედ ახალგაზრდა და თან უშუალოდ მომყოლი, c ასევე b-ზედ



სურ. 61. განლაგება და ასაკი შრეების  
პარალელისა და ნაშარხების  
მიხედვით.

და, მაშასადამე, a-ზეც ახალგაზრდა არის და ასე შემდეგ. და, რაც  
ითქვა ცალკეული შრეების შესახებ, იგივე ითქმის ერთიმეორის  
მომყოლ შრენარებზედაც.

კოდმანის შრეებს უშუალოდ თავზედ ადევს ნაცხორის ქვი-  
შაქვები და თიხები. უკანასკნელთ ასევე მოსდევს კონგლომერატე-  
ბის წყება. ცხადია, რომ უძველესია კოდმანის წყება, შემდეგი ნა-  
ცხორის წყება იქნება და კიდევ უფრო გვიან მათ კონგლომერატე-  
ბი სცელის. მაშ მცხეთის ადგილას ჯერ კოდმანის ზღვა ყოფილა,  
შემდეგ, როდესაც ნაცხორის წყება ილექებოდა, — ხმელეთი და  
ხმელეთი დარჩენილა კონგლომერატების დროსაც.

მცხეთის რაიონში საკითხი მარტივად ირკვევა, მაგრამ თბი-  
ლისის ნუმულიტებიანი ზღვა? უფრო ძველია იგი, თუ უფრო ახალ-  
გაზრდა, ვიდრე მცხეთის ეს ხალექები? თელეთის ქედის ქვიშა-  
ქვების უშუალო გაკვლევა მცხეთამდე და ამგვარად გამორკვევა,  
თუ რომელი წყება არის ქვევით და რომელი ზევით, პრაქტიკუ-  
ლად მოუხერხებელია. მეორე მხრით, შეიძლება მცხეთასთანაც იყოს  
ქვიშაქვები, რომელნიც თელეთის ქედისას ჰგვანან, მაგრამ იმის

თქმა, რომ ეს იგივე ფენა არისო, ძნელია, რადგან შრეების პეტროგრაფიული ხასიათი ყველგან მეტად თუ ნაკლებად ცვალებად არის მანძილის მიხედვით, შეიძლება ქანი სრულიად მსგავსი დარჩეს, მაგრამ შეიძლება არსებითადაც შეიცვალოს. ცნობილია, რომ იმავე ასაკის შრეები, როგორისაც თელეთის ქვიშაქვებია, ლეჩხუმში ხალასი კირქვებით არის წარმოდგენილი. პეტროგრაფიული მსგავსების საფუძველზე შრეების იგივეობის დადგენა დასაძლახი არ არის. ამიტომ ერთ ნაჩენში გაცნობილი შრის თუ შრეების მეორე, საკმაოდ დაშორებულ ნაჩენში დადგენა ძლიერ ძნელი არის.

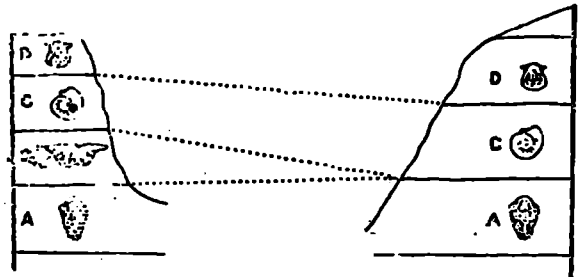
მაგრამ უკვე XVIII საუკუნის მიწურულში ინგლისელმა მეცნიერმა სმიტმა აღმოაჩინა, რომ შრეებში მოყოლილი ნამარხები შემთხვევითად როდი არიან განაწილებული. ყოველ ნამარხთან შრენარში სხვებთან ერთად გვხვდება ისეთი ნამარხებიც, რომლებიც არც უფრო ძველ შრენარში მოიპოვებიან და არც უფრო ახალგაზრდაში შეგვხვდებიან. ასეთი დამახასიათებელი ნამარხებით შეიძლება შრენარის საარწმუნოდ გამოცნობა რაგინდ დაშორებულ ნაჩენებში, რა თქმა უნდა, თუ ნამარხებს ვიპოვით

ვთქვათ, ორი ნაჩენი გვაქვს და ერთში შრეები a, b, c, d, ხოლო მეორეში — 1, 2, 3 (სურ. 61). დაუშვათ, რომ d შრეში და 1 შრეში ერთგვარი დამახასიათებელი ნამარხები ვიპოვეთ: შრეების პეტროგრაფიული რაგვარობის დამოუკიდებლად დავასკვნით, რომ შრეები d და 1 ასაკობრივად ერთი და იგივეა. კიდევ მეტი: ამის შემდეგ უფლება გვაქვს ვთქვათ, რომ 1 უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე c და მითუმეტეს a და b, ხოლო d უფრო ძველია, ვიდრე 3. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მივიღებთ თანამიმდევრობას: a, b, c, (d=1), 2, 3.

დაშორებულ ნაჩენებში შრეების თანმიმდევრობის ერთმანეთთან დაკავშირებას (ზემო შემთხვევაში d=1) მათი პარალელიზაცია ჰქვია, ამ შრეების ურთიერთდამოკიდებულებას (b უფრო ძველია, ვიდრე c ან 2) — კორელაცია. მაშასადამე, ორი ნაჩენის რომელიმე შრის პარალელიზაცია ნაჩენებს შორის კორელაციის დადგენაც იქნება.

აწერილი ზერხი არა მარტო შრის (შრენარის) გამოცნობის და მისი ადგილის დადგენის საშუალებას გვაძლევს, არამედ შესაძლებელს ხდის ქრილში ამა თუ იმ შრის არარსებობის გამო-

კვევასაც. ვთქვათ, ერთ ნაჩენში გვაქვს თანამიმდევრობა a, b, c, d, ხოლო მეორეში—a, c, d (სურ. 62). პირველ შემთხვევაში (a-ს მოპყვება b და შემდეგ c, მეორე შემთხვევაში კი a-ს უშუალოდ c მოსდევს. თუ კორელაცია კარგად არის დადგენილი, თამამად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მეორე კრილს b-შრე აკლია: იგი ან გადარეცხილა c-შრის დალექამდე, ან სულაც არ დალექილა. ასეთ ნაკლებობას შრეების თანამიმდევრობაში ხ ა რ ვ ე ზ ს უწოდებენ.



სურ. 62. ხ ა რ ვ ე ზ ს უ წ ო დ ე ბ ე ნ .

ამგვარად, დებულებას, რომ შრეების განლაგება მათ ასაკობრივ თანამიმდევრობას განსაზღვრავს, დაზუსტება სჭირდება: ნორმალურად განლაგებულ შრეებში ზედა შრე ყოველთვის უფრო ახალგაზრდა არის, ვიდრე ქვედა, მაგრამ შეიძლება იგი უშუალოდ მისი მომყოლი არ იყოს. ასეთ კრილში შეიძლება შრეები ერთიმეორის პარალელურიც იყვნენ, ე. ი. თ ა ნ ხ მ ო ბ ი თ განლაგებული, მაგრამ მათ წყობაში გარკვეულ დონეზე უ თ ა ნ ა ო ბ ა იქნება.

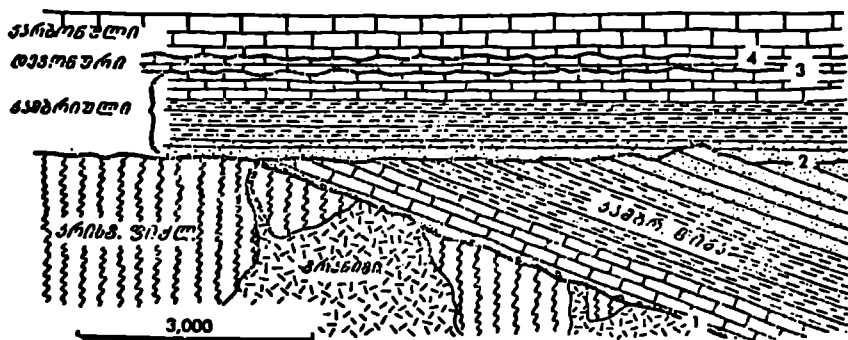
უთანაობა შეიძლება გამოწვეული იყოს იმით, რომ გარკვეული დროის მანძილზე გარკვეულ უბანში დალექვა არ წარმოებდა,— მაგალითად, ზღვიური ნალექების შემთხვევაში ფსკერული დინების გამო, — მაგრამ ასეთი რამ საკმაოდ იშვიათია. ჩვეულებრივ ხარვეზი გადარეცხვის შედეგი არის ხოლმე. რაღა თქმა უნდა, გადარეცხვის პირობებში დალექვა თავისთავად გამორიცხული არის და უკვე დალექილი შრეებიც ისპობა, მეტი თუ ნაკლები.

ასე მოხდება, მაგალითად, თუ ზღვის დონემ დაიწია ან, რაც იგივეა, კონტინენტმა აიწია. ორივე შემთხვევაში ზღვა უკან დაიხევს (მოხდება ზღვის რეგრესია<sup>1</sup>), და მის ამგვარად გაშიშვლებულ

<sup>1</sup> Regressio, ლათ.—უკან დახევა. უკუსვლა.

ფსკერზე დაიწყება გადარეცხვა. თუ ახლა ზღვის დონემ ისევ აიწია (ან ხმელეთმა ძირს დაიწია), ზღვა წინ წამოიწევს ხმელეთზე და მის დიდს თუ მცირე ნაწილს დაფარავს. ეს იქნება ტრანსგრესია<sup>1</sup>, ტრანსგრესიულ უბანზე თვით ტრანსგრესიის გავრცელებისას გადარეცხვა ხდება, მაგრამ შემდეგ, რაკი უბანი წყლით დაიფარება, ნალექების დაგროვება დაიწყება. ახალი ნალექები უთანხმოდ განლაგდებიან გადარეცხილ ზედაპირზე.

უთანხმოება სხვადასხვაგვარი შეიძლება იყოს: ა) ზედა შრენარი ქვედას პარალელური არის, მაგრამ მათი შეხების ზედაპირი არის არა შრეებრივობის ზედაპირი, არამედ გადარეცხვის უსწორმასწორო ზედაპირი. ახალი ნალექები მეტ შემთხვევაში ტლანქი მასალით (კონგლომერატი და მისთ.) დაიწყება, რომელ-



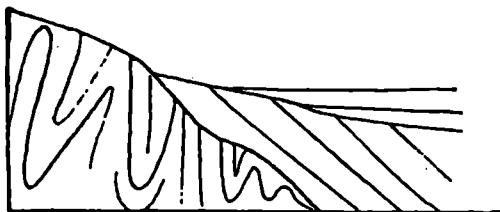
სურ. 63. უთანხმოება.

საც ფუძის ფორმაციას უწოდებენ, — იგულისხმება ტრანსგრესიული ნალექების ფუძე (სურ. 63); ბ) ზედა და ქვედა შრენარს შუა გარკვეული კუთხე არის, — აწევ-დაწევას შრეების განლაგების განსხვავება გამოუწვევია. ასეთ უთანხმოებას კუთხური ჰქვია (სურ. 63); გ) შეიძლება ტრანსგრესიის წინ დანაოკება იყოს მომხდარი. უთანხმოება ისევ კუთხური იქნება, მაგრამ გადარეცხილ ნაოკებზე (სურ. 64); დ) დასასრულ შეიძლება დანაოკებულ შრეებზე ახალი ნალექები განლაგდნენ ჰორიზონტულად, კუთხური უთანხმოებით და შემდეგ თავადაც დანაოკდნენ ძველ შრეებთან ერ-

<sup>1</sup> Transgressio, ლათ.—წინსვლა, გადავლა.

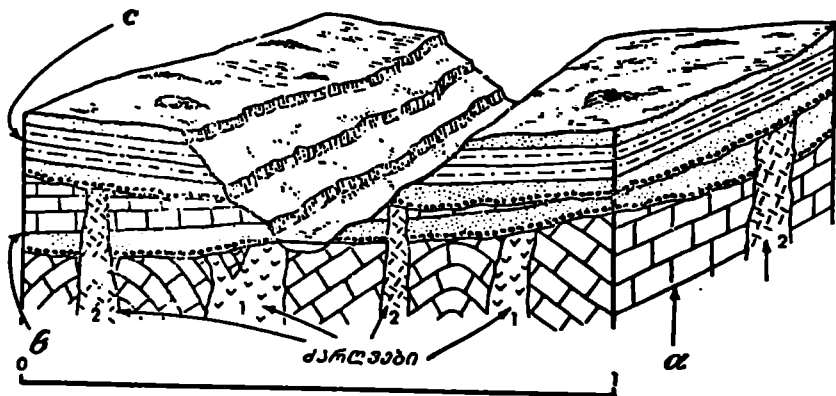
თად. ახალი დანაოკება უფრო სუსტი იქნება, ვიდრე ძველი შრეების და ზოგჯერ სხვა ხასიათისაც.

უთანხმოებათა დადგენას და შესწავლას ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც სტრატეგრაფიული, ისე მთების წარმოშობი მოვლენების გარკვევისათვის. აქ აღვნიშნოთ მხოლოდ, რომ უთანხმოებებს შეუძლიათ დიდი დახმარება გაგვიწიონ მაგმეული სხეულების დათარიღების საქმეშიც.



სურ. 64. უთანხმოება.

ასე, მაგალითად, ძარღვები 1 (სურ. 65) ჰყვეთენ შრენარს a და გადარეცხილი არიან შრენარის b ტრანსგრესიით. აქედან შეიძლება დაეასკვნათ, რომ ძარღვები უფრო ახალგაზრდა არიან,



სურ. 65. ინტრუზიის დათარიღება.

ვიდრე შრენარი a და უფრო ძველი, ვიდრე b-შრენარის ფუძე. ასევე, ძარღვები 2 უფრო ახალგაზრდა არიან, ვიდრე შრენარი b და უფრო ძველი, ვიდრე c-შრენარის ფუძე.

რადგან უთანხმოებები და ხარვეზები, დიდი და პატარა, ყველგან არის, სტრატეგრაფის პირველი ამოცანა იქნება ნალექების

სრული, უხარვეზო თანამიმდევრობის დადგენა ყველა მისაწვდომი კრილის გამოყენების საფუძველზე: ერთ კრილში შემჩნეული ხარვეზის შევსების საშუალებას იძლევა მეორე კრილი, რომელშიაც ეს ხარვეზი არ არის.

შრეების (შრენარების) სრული თანამიმდევრობა შეიძლება დადგენილ იქნეს მცხეთის რაიონის, მთელი საქართველოსი, ევროპისა და მთელი მიწისა. თუ ასეთ ნორმულ თანამიმდევრობაში ამა თუ იმ შრენარის ადგილს გავარკვევთ, ამით გარკვეული იქნება ისიც, თუ რომელი შრენარები არიან მაზედ უფრო ძველი და რომელი — უფრო ახალგაზრდა. ამას უწოდებენ შრისა თუ შრენარის გეოლოგიურ დათარიღებას. შრენარების დათარიღება იმავე დროს მათი დალექვის სინქრონული მოვლენების თანამიმდევრობის გარკვევასაც ნიშნავს. ამგვარად არის გამოარკვეული, რომ ნუმულიტებიანი ზღვა ბევრად უფრო ადრე იყო, ვიდრე კოდმანის ზღვა.

გეოლოგიის იმ დარგს, რომელიც ამ საკითხებს შეისწავლის, სტრატოგრაფია<sup>1</sup> ჰქვია. სტრატოგრაფიის ამოცანა არის: 1. ნალექების რაგვარობის შესწავლის გზით აღადგინოს წარსული დროის მოვლენები: სად იყო ზღვა, სად ხმელეთი და მთები; როგორ წარმოიშვა ეს მთები; როგორი იყო ზღვისა თუ ხმელეთის ცოცხალი მოსახლეობა და სხვა ასეთი. 2. ნალექების (შრეების) განლაგების შესწავლის გზით გამოარკვიოს ამ მოვლენათა თანამიმდევრობა დროში. ეს დაახლოებით იგივეა, რაც ისტორიული გეოლოგია<sup>2</sup>.

ადვილი დასანახავია, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს სტრატოგრაფიისათვის ნამარხების შესწავლას. უკვე საუკუნუნახევარზე მეტია, რაც ამისთვის ფრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (Cuvier) ჩამოაყალიბა სპეციალური მეცნიერება პალეონტოლოგია<sup>3</sup>. პალეონტოლოგიის ერთ-ერთი ამოცანა, გეოლოგიისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, არის ძველი დროის, დღეს მეტწილად უკვე გადაშენებული ორგანიზმების შესწავლა შრეების გარჩევა-დათარიღების მიზნით. ამას ემსახურება სტრატოგრაფიული პალეონტოლოგია. მეორე მხრით, თვით ასეთმა კვლევამ ცხადჰყო, რომ ცოცხალი ორგანიზმების ცვლა

<sup>1</sup> Stratum, ლათ.—ფენა; „გრაფო“, ბერძნ.—წერ.

<sup>2</sup> ვიწრო გაგებით სტრატოგრაფია მხოლოდ შრეების დათარიღება არის.

<sup>3</sup> „პალაიოს“, ბერძნ.—ძველი, „ონს“ — არსება, „ლოგოს“ — სიტყვა.

დროში შემთხვევითი როდია — დარვინის შემდეგ ცნობილი გახდა, რომ აქ კანონზომიერ ევოლუციასთან გვაქვს საქმე უმარტივესი მცენარეებიდან და ცხოველებიდან დაწყებული ადამიანამდე. ამ ევოლუციის რაგვარობის და კანონზომიერებათა კვლევა პალეონტოლოგიის მეორე დიდი ამოცანა არის. ასე გაგებულ პალეონტოლოგიას ზოგჯერ პალეობიოლოგიასაც უწოდებენ. იმის მიხედვით, თუ ცოცხალი სამყაროს რომელ ნაწილს შეეხება კვლევა, არჩევენ პალეოზოოლოგიას და პალეობოტანიკას.

გეოლოგიური ქრონოლოგია. მიწის ქერქის შემადგენელ ნალექების სისქე ძლიერ დიდია. შესაფერად დიდია მათი დაღეპვის დროც და, მასასადამე, ქერქის წარსულის სათანადო მონაკვეთიც. როგორც ერთის, ისე მეორის შესწავლა აუცილებელს ხდის მათ დანაწილებას. ასე გამოჰყვეს ქვედა, იმ დროს უძველესად მიჩნეული ნალექები, რომელთაც პირველელი ფორმაციაც უწოდეს. მას თავზედ აღევს მეორეული, შემდეგი არის მესამეული და, დასასრულ, ყველაზედ ახალგაზრდა მეოთხეული, რომელიც ჩვენ დრომდე მოდის.

უფრო გვიან ტერმინი პირველელი შესცვალა პალეოზოოურმა<sup>1</sup>, მეორეული—მეზოზოოურმა<sup>2</sup> და მესამეულ-მეოთხეული—კაინოზოოურმა<sup>3</sup> ანუ, სხვაგვარად, ნეოზოოურმა<sup>4</sup>. პირველელს და მეორეულს დღეს აღარავინ ამბობს, მესამეული და მეოთხეული ზოგჯერ კიდევ იხმარება ნეოზოოურის ორი ნაწილის აღსანიშნავად. ბოლო დროს მეოთხეულის ნაცვლად ზოგჯერ იტყვიან ანთროპოგენი<sup>5</sup>.

მეორე მხრით, დიდი ხანია გამოირკვა, რომ პირველელი, მიუხედავად ამ სახელისა, უძველესი ჯგუფი როდია მიწის ქერქში. მას ქვეშ არის ქანების უზარმაზარი თანამიმდევრობა, რომელშიც ორ ჯგუფს გამოჰყოფენ. ეს იქნება პროტეროზოული ზევეთ და არქეული ქვევით. ჩვეულებრივად პროტეროზოული და არქეული ფორმაციები დიდ სიღრმეზე მდებარეობენ უფრო ახალგაზრდა ნალექებს ქვეშ დამარხული. მაგრამ არის ისეთი ადგილე-

<sup>1</sup> „პალაოსი“, ბერძნ.—ძველი, „ძოონ“, ბერძნ.—ცხოველი, „პალეოზოური“—ძველი ცხოველების დროის.

<sup>2</sup> „მეზოსი“, — შუათანა, „ზოე“ — ცხოვრება.

<sup>3</sup> „კაინოსი“, ბერძნ.—ახალი, „ზოე“—ცხოვრება.

<sup>4</sup> „ნეოსი“, ბერძნ.—ახალი.

<sup>5</sup> „ანთროპოსი“, ბერძნ.—ადამიანი; „გენოსი“—დაბადება, ასაკი.



ბიცი, სადაც აზვევების გამო ის ახალგაზრდა ნალექები გადარეცხილან და არქეულ-პროტეროზოული ან ერთი მათგანი გაშიშვლებულია.

ასეთი არის უდიდესი სტრატეგრაფიული ერთეულები, ანუ ჯგუფები. ჯგუფი ნალექებს ჰგულისხმობს. მისი შესატყვისი დროის ნაკვეთი იქნება ერა. ასე რომ, იმის მიხედვით, თუ რა გვაქვს მხედველობაში, ქანები თუ დრო, ვიტყვიტ „პალეოზოურ ჯგუფს“ ან „პალეოზოურ ერას“.

ჯგუფები ძლიერ დიდი ერთეულებია. აუცილებელი გამოდგამათი დაყოფაც. ჯგუფებს ჰყოფენ სისტემებად. მეზოზოურში, მაგალითად, სამ სისტემას გამოჰყოფენ: ტრიასულს, იურულს და ცარცულს<sup>1</sup> (შეკვეცილად ტრიასი, იურა და ცარცი). სისტემის შესატყვისი დრო არის პერიოდი.

სისტემები თავის მხრით იყოფიან სექციებად (ნალექები) და პერიოდები — ეპოქებად (დრო), ჩვეულებრივ სამად ან ორად. მაგალითად: ქვედა, შუა და ზედა იურული, ან ქვედა და ზედა მესამეული (იგივე პალეოგენი და ნეოგენი).

გეოლოგიური დროის დანაწილება

ცხრილი 6

ჯგუფი და ერა	სისტემა და პერიოდი
ნეოზოური	მეოთხედი მესამეული
მეზოზოური	ცარცული იურული ტრიასული
პალეოზოური	პერმული კარბონული დევონური სილურული ორდოვიციული კამბრიული
პროტეროზოური	
არქეული	

<sup>1</sup> ტრიასულს ეს სახელი შეერქვა იმიტომ, რომ გერმანიაში მკაფიოდ იყოფა სამად; იურული სისტემის ტიპი აღებულია იურულ მთებში, დასავლურ გერმანიაში; ცარცული სმირად კირჭვისა და ცარცის ნალექებით არის წარმოდგენილი.

## მეზოზოურის დანაწილება

სისტემა და პერიოდი	სექცია და ეპოქა	სართული და საუკუნე
ცარცული	ზედა ცარცული	სენონური <sup>1</sup> ტურონული სენო მანური
	ქვედა ცარცული	ალბური აპტური ბარემული პოტრეიული ვალანჟინური
იურული	ზედა იურული	პორტლანდური კიმერიული ოქსფორდული კალოვიური
	შუა იურული	ბათური ბაიოსური
	ქვედა იურული	აალენური ტოარსული შარმუტული სინემურული პეტანგური რეტული
ტრასული	ზედა ტრასული	ნორიული კარნიული
	შუა ტრასული	ლადინური ანიზური
	ქვედა ტრასული	სკვითური

დანაწილება ამითაც არ თავდება. სექციებს ჰყოფენ სართულებად (შესატყვისი დრო იქნება გეოლოგიური საუკუნე, რომლის ხანგრძლივობა ათეული მილიონი წლებით იზომება) და სართულებს—ზონებად.

<sup>1</sup> სენონური დღეს სართულზე უფრო დიდ ერთეულად არის მიჩნეული, იყოფა თავის მხრივ 5 სართულად. ქვევიდან ზევით ეს იქნება: კოზიაკური, სანტონური, კამპანური, მასტრიხტული და დანიური სართულები.

გეოლოგიური დროის ნაკვეთებს ახასიათებს მიწის ქერქის თანდათან განვითარება: იცვლება ზღვისა და ხმელეთის განაწილება ანუ პალეოგეოგრაფია<sup>1</sup>, ინგრევა და წარმოიშობა მთები, ვითარდებიან კონტინენტები, ხდება მადნეული ნივთიერების კონცენტრაცია გარკვეულ უბნებში და სხვა ასეთი. განსაკუთრებით საგულისხმოა ცოცხალი ბუნების ევოლუცია. ნამარხები ხომ ნალექების დათარიღების საშუალებას იძლევიან და იმავე დროს ისინი წარმოადგენენ მიწის ქერქის წარსულის უაღრესად მნიშვნელოვან დოკუმენტს.

ცოცხალი ორგანიზმების ნაშთები ცნობილი არის უკვე პროტეროზოულში, ხოლო სიცოცხლის ჩასახვა მიწაზე უეჭველად ჯერ კიდევ არქეულში უნდა მომხდარიყო.



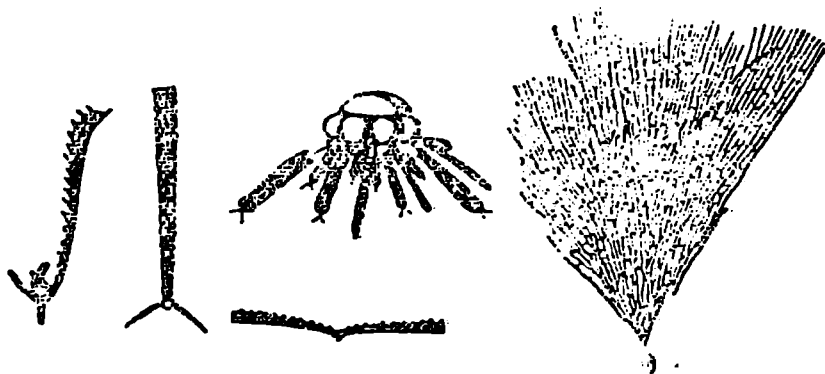
სურ. 66. ტრილობიტები, გადაშენებული პრიმიტიული ასოსახსრიანები.

კამბრიულ პერიოდში უკვე ფართოდ არის გავრცელებული ისეთი მაღალორგანიზებული ცხოველების ჯგუფი, როგორც ასოსახსრიანები, რომელნიც წარმოდგენილი არიან შემდეგ გადაშენებული ტრილობიტებით (სურ. 66). აღნიშნოთ ასევე დიდი ხნის გადაშენებული და ღრუბლების მონათესევე არქეოციოტიდები და სხვა. ხერხემლიანები ჯერ არ არიან.

ორდოვიციულისა და სილურულისათვის დამახასიათებელია ხაწლავარუიანების (Coelenterata) გადაშენებული ჯგუფი გრაპტოლიტები (სურ. 67). სილურულშივე ჩნდებიან უძველესი თევზები.

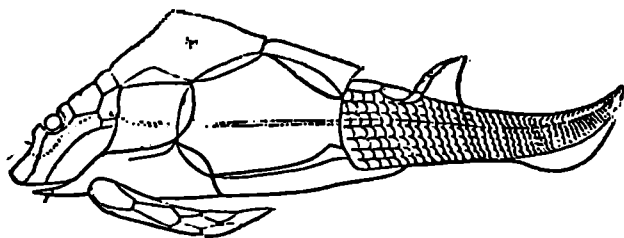
<sup>1</sup> „პალაიოს“, ბერძნ.—ძველი, და გეოგრაფია.

დეკონურს ახასიათებს ჯავშნიანი თევზების (სურ. 68) დიდი განვითარება. ამ თევზებს ძვლის ხერხემალი არა აქვთ. სამაგიეროდ მათი ტანი, ან მისი წინა ნაწილი მხოლოდ, გარედან არის შემოსილი ძვლის ჯავშნით.



სურ. 67. გრაპტოლიტები, გადაშენებული ნაწლავდარუიანები.

კარბონულსა და პერმულში დიდ განვითარებას აღწევენ თავისებური ამფიბიები და ჩნდებიან პირველი ქვეწარმავლები (სურ. 69). აღსანიშნავია სპორიანი და შიშველთესლიანი მცენარეების დიდი განვითარება კარბონულში, რასთანაც დაკავშირებული არის ქვანახშირის დიდი საბადოების წარმოშობა.



სურ. 68. ჯავშნიანი თევზი: გარედან შეჭავშნილია, ძვლის შიგა ჩონჩხი კი არა აქვს.

მეზოზოურისთვის ძლიერ დამახასიათებელია თავთევზიანი მოლუსკების ჯგუფი ამონიტები (სურ. 70), რომელნიც ცარ-

ეული პერიოდის დასასრულში გადაშენდნენ. აქვე დიდ განვითარებას აღწევენ გიგანტური ქვეწარმავლები (სურ. 71), თევზისებური ქვეწარმავლები (სურ. 72), მფრინავი ქვეწარმავლები (სურ. 73).

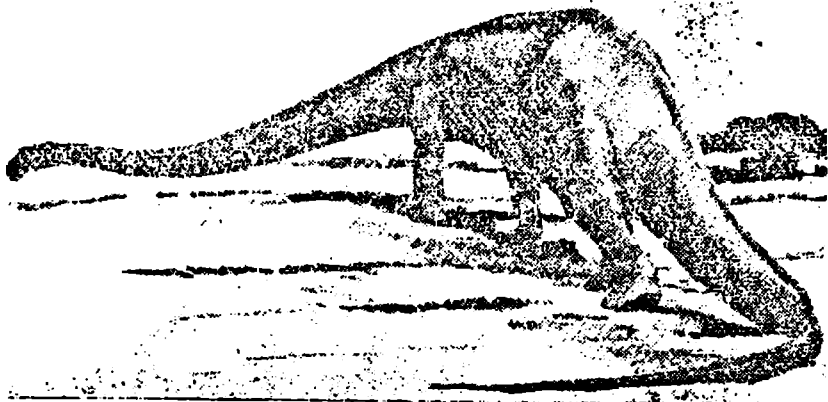


სურ. 69. — სამასობდე მილიონი წლას წინათ განვითარებული ბაყაყბის მონათესავე (ორგვარად მსუნთქავი) ხელიკი.

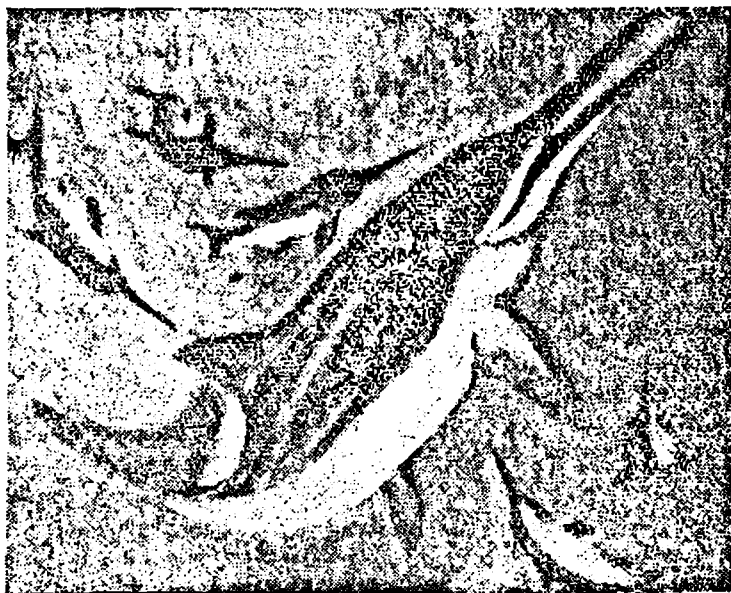


სურ. 70. — ამონიტი (თავფეხიანი). ცხოველი ნიჟარაშია მოთავსებული, „ფეხები“ თავის ირგვლივ ასხია.

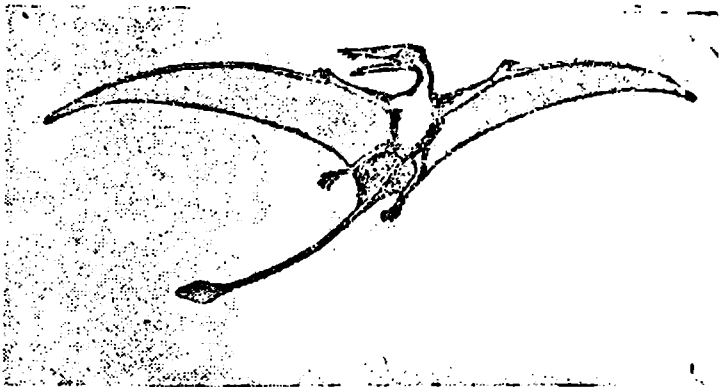
იურულ პერიოდში ჩნდებიან პირველი ფრინველები (სურ. 74), ხოლო ცარცულში უკვე ცნობილი არის ბურვილთესლიანი მცენარეები.



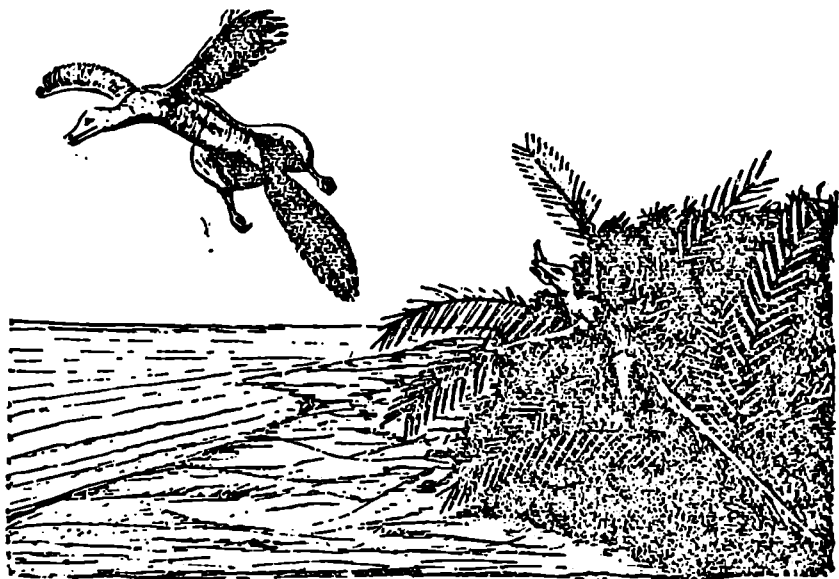
სურ. 71. დ ი პ ლ ო დ ო კ ი, მეზოზოური ქვეწარმავალი. უგრძელესი  
დღემდე ცნობილ ცხოველთა შორის.



სურ. 72. თ ო მ ო მ ო ს ო ვ ო რ ი (თევზხლიკი), თევზის მსგავსი  
მეზოზოური ქვეწარმავალი.



სურ. 73. რამფორინქსი, მეზოზოური შტრინაეი  
ქვეწარმავალი.



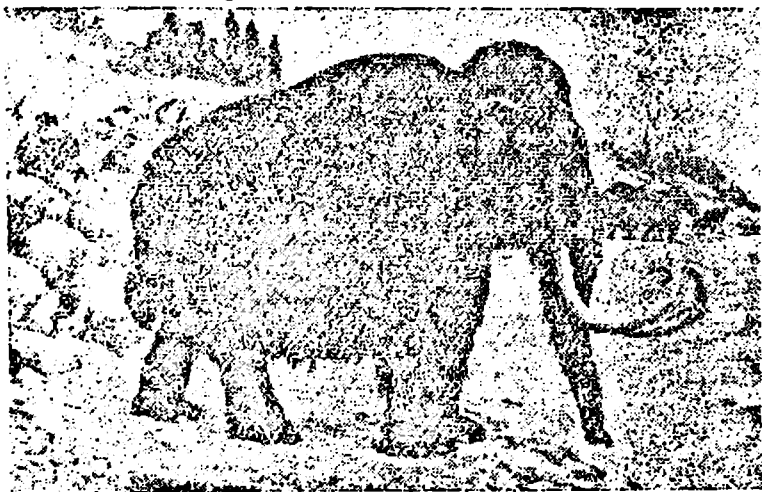
სურ. 74. არქეოპტერიქსი, ფრინველების უძველესი ცნობილი წარმომადგენელი.

ნეოზოურის მიწურულში ამონიტები და დიდი ქვეწარმავლები მთლიანად გადაშენდნენ. დიდ განვითარებას და გავრცელებას აღწევენ ქვედა ნეოზოურში (პალეოგენში) ნ უ მ უ ლ ი ტ ე ბ ი (სურ. 75), ხოლო ნეოზოურში საერთოდ ბურვილთესლიანი მცენარეები, ძვლიანი თევზები, ფრინველები და მაწოვრები. მესამეულის მიწურულში განვითარდნენ ადამიანის მსგავსი მაიმუნები, ხოლო მე-



სურ. 75. ნ უ მ უ ლ ი ტ ი. მარცხნივ ნაჰუჰი გარედან; მარჯვნივ — ნაჰუჰის ეკვატორული კრილი და შიგა აგებულება.

ოთხეულის მნიშვნელოვანი ნამარხები არიან ბეწვიანი სპილო მ ა მ ო ნ ტ ი (სურ. 76), ადამიანის მსგავსი მაიმუნი პ ი თ ე კ ა ნ - თ რ ო პ ი (სურ. 77) და ბოლოს თვით ა დ ა მ ი ა ნ ი.



სურ. 76. მ ა მ ო ნ ტ ი, ბეწვიანი სპილო.



ამრიგად, გეოლოგი მიწის ქერქის წარსულის მოვლენებს საკმაოდ ზუსტად აღადგენს და მწყობრადაც ალაგებს დროში მათი თანამიმდევრობის მიხედვით. მაგრამ როგორია ამ წარსულის ხანგრძლივობა, როგორია თითოეული მოვლენის ასაკი, ამის შესახებ თითქმის ვერაფერს გვეუბნება. მართლაც, გეოლოგიური დათარიღება ზუსტად გვაცნობს მხოლოდ იმას, თუ რა მოხდა უფრო ად-



სურ. 77. *Pithecanthropus erectus*,  
„ამართული მაიპუნ-ლაპინი“.

რე და რა უფრო გვიან, მაგრამ მხოლოდ ამას. გეოლოგიური ქრონოლოგია შეფარდებითი ქრონოლოგია არის. ისეთი შემთხვევები, რომ გეოლოგს დროის ოდენობითი გაზომვა შეეძლოს, ძლიერ უმნიშვნელოა. მაგალითად, ცნობილია ტბიური თიხები, რომელნიც ძლიერ თხელი ფენებისგან შედგებიან. გამოირკვა, რომ თითოეული ასეთი ფენა ერთ წელიწადში არის დალექი-

ლი. მაშასადამე ამ ფენების დათვლა საშუალებას იძლევა დავასკვნათ, თუ რამდენ წელიწადს გრძელდებოდა თიხის მთელი მასის დალექვა, და აქაც კი ვერაფერს ვიტყვით იმის შესახებ, თუ როდის დაიწყო ან დათავდა ეს პროცესი. ვიცით მხოლოდ, რომ ეს იყო მეოთხეულში, ამას სტრატოგრაფია გვეუბნება, მაგრამ რამდენი წლის წინათ?

ასევე ისმის კითხვა, რამდენი წელიწადი გავიდა კამბრიულ პერიოდის შემდეგ, რამდენ ხანს გრძელდებოდა ცარცული პერიოდი, რამდენი წლის წინათ შესცვალა ცარცული დრო პალეოგენმა? სხვაგვარად რომ ვთქვათ, როგორი არის გეოლოგიური წარსულის აბსოლუტური ქრონოლოგია?

ამ საკითხის საკმაო სიზუსტით გადაჭრა მხოლოდ XX საუკუნეში გახდა შესაძლებელი რადიოაქტივობის აღმოჩენის მეოხებით. თუ რომელიმე მინერალის კრისტალებში ამა თუ იმ რადიოაქტიური ელემენტის და მისი დაშლის პროდუქტების რაოდენობას გავზომავთ, ეს საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, თუ რამდენი ხანია მიმდინარეობს დაშლა. ხსენებული პროდუქტების დაგროვება კი იწყება იმ დროიდან, რაც მინერალი დაკრისტალბულა, ე. ი. ეს იქნება კრისტალის არსებობის ხანგრძლივობა, კრისტალის ასაკი. თუ, მეორე მხრით, გეოლოგიურად გამორკვეულია, რომ კრისტალის გამოყოფა კამბრიულ დროში უნდა მომხდარიყო, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ კამბრიულის შემდეგ ამდენი წელიწადი გასულა.

ცხრილი 8

გეოლოგიური ფორმაციების აბსოლუტური ასაკი  
(აღრიცხვა დღეიდან უკუსვლით მილიონწლობით)

სისტემა (პერიოდი)	დასაწყისი	ხანგრძლივობა
მეოთხეული . . . . .	2	2
ნეოგენი . . . . .	26	24
პალეოგენი . . . . .	67	41
ცარცული . . . . .	137	70
იურული . . . . .	195	58
ტრიასული . . . . .	240	45
პერმული . . . . .	285	45
კარბონული . . . . .	350	65
დევონური . . . . .	410	60
სილურული . . . . .	440	30
ორდოვიციული . . . . .	500	60
კამბრიული . . . . .	600	100
კამბრიულისწინა . . . . .	>3500	>3000

დღეს ამ მიმართულებით დიდი მუშაობა წარმოებს როგორც საბჭოთა კავშირში, ისე უცხოეთში. მიუხედავად მრავალგვარი სირთულისა, უკვე ჩატარებულია მრავალრიცხოვანი გაზომვები სხვადასხვა მხარეში და სხვადასხვა ასაკის ქანებში. მიღებულმა შედეგებმა შესაძლებელი გახადეს მიწის ქერქის მთელი წარსულის საკმაოდ მიახლოებული აბსოლუტური ასაკის სკალის შედგენა. ჩვენში ამ საქმეს ხელმძღვანელობს ქანების აბსოლუტური ასაკის გაზომვის საკავშირო კომისია. აქვე მოცემულია ამ კომისიის მიერ 1964 წლისათვის მიღებული აბსოლუტური ასაკის სკალა. 1964 წლისთვის იმიტომ ვამბობთ, რომ სკალა წლით-წლობით უმჯობესდება, ზუსტდება.

როგორც ვხედავთ, მარტო ახალი გეოლოგიური დრო, ე. ი. დრო კამბრიულის დასაწყისიდან დღემდე, 600 მილიონ წელიწადს უდრის. მიწის ისტორიას მთლიანად 4-დან 5 მილიარდ წლამდე ვარაუდობენ.

**გეოლოგიური რუკა.** იმისათვის, რომ დაკვირვებები მიწის ქერქის გეოლოგიური აგებულების შესახებ თვალსაჩინოდ გამოსახონ და თან ამ აგებულებას ელემენტების განლაგება სივრცეში ზუსტად წარმოადგინონ, ხაზავენ გეოლოგიურ რუკას. ასეთი რუკა ორი ნაწილისგან შედგება: ა) ტოპოგრაფიული რუკა, ანუ როგორც იტყვიან, ტოპოგრაფიული საფუძველი, და ბ) ზედ დართული საკუთრივ გეოლოგიური მონაცემები.

საფუძველი, რა თქმა უნდა, სხვადასხვა მაშტაბის იქნება საჭიროებისამებრ. გარდა ამისა, იგი შეიძლება იყოს ორ-ან სამგანზომილებიანი. პირველ შემთხვევაში წარმოდგენილია მხოლოდ მანძილები და მიმართულება, მეორე შემთხვევაში ამას ემატება სიმაღლეებიც, იზოპიფსებით და იზობათებით გამოხატული. შეფერვას ამისათვის (სიმაღლეების გამოსახატავად) არ ხმარობენ, რადგან ფერებს გეოლოგიური ნაწილისათვის იყენებენ.

ცნობილია, რომ სფერული მიწის ზედაპირის რუკაზე, ე. ი. სიბრტყეზე, ზუსტად გამოხაზვა შეუძლებელი არის: სფერული ზედაპირი სიბრტყეს ვერავითარი ხერხით ვერ დაემთხვევა. რუკაზე მანძილები ან მიმართულებები, ან ორივე ერთად ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად დამახინჯებული არის და თან მით უფრო მეტად, რაც უფრო დიდია წარმოდგენილი ფართობი. სრული სიზუსტე რომ მოგვესურება, რუკა გლობუსზე უნდა მოგვეხაზა.

ბრტყელ რუკაზე მიწის ზედაპირს სხვადასხვაგვარი პროექციის მეშვეობით გამოხაზავენ. ერთ-ერთი ძველთაგანი არის ცილინდრული პროექცია. ცილინდრის ღერძი მიწის ღერძს ემთხვევა, ხოლო ცილინდრის ფუძე ეკვატორს უდრის. განედები და მერიდიანები ცილინდრის ზედაპირს ერთმანეთის მართობული სწორი ხაზების სახით გადაჰყვეთს. მივიღებთ სწორკუთხედ ბადეს, რომელიც მით უფრო მჭიდრო იქნება, რაც უფრო მცირეა კოორდინატებს შუა (მერიდიანებსა და განედებს შუა) მანძილი. მიწის ზედაპირის თითოეული წერტილის პროექცია ცილინდრის ზედაპირზე იქნება იქ, სადაც სათანადო მერიდიანი და განედი ამ ზედაპირს გადაჰყვეთს. თუ ცილინდრულ ზედაპირს სიგრძივ გავეკვეთთ და გავშლით, მივიღებთ ბრტყელ რუკას. ამ შემთხვევაში დამახინჯება ეკვატორულ ზოლში. მინიმალური არის, მაგრამ პოლუსებისკენ იგი შეუსაბამოდ დიდია. თვით პოლუსი ხომ წერტილია და ამ პროექციით იგი ეკვატორის სიგრძე ხაზით იქნება წარმოდგენილი. პირიქით, მანძილი განედებს შუა ნულამდე მცირდება. მაინც ასეთ პროექციას დიდი უპირატესობაც აქვს, კერძოდ მეზღვევეთათვის, რადგან მიმართულებები სრულიად ზუსტად არის გადმოცემული. დამახინჯება მხოლოდ მანძილებს შეეხება.

გარდა ცილინდრულისა, არის კონუსური და სხვა პროექციები. საერთოდ, ამა თუ იმ ზედაპირის რუკაზე წარმოდგენის თეორიულ საკითხებს იკვლევს სპეციალური მეცნიერება კარტოგრაფია.

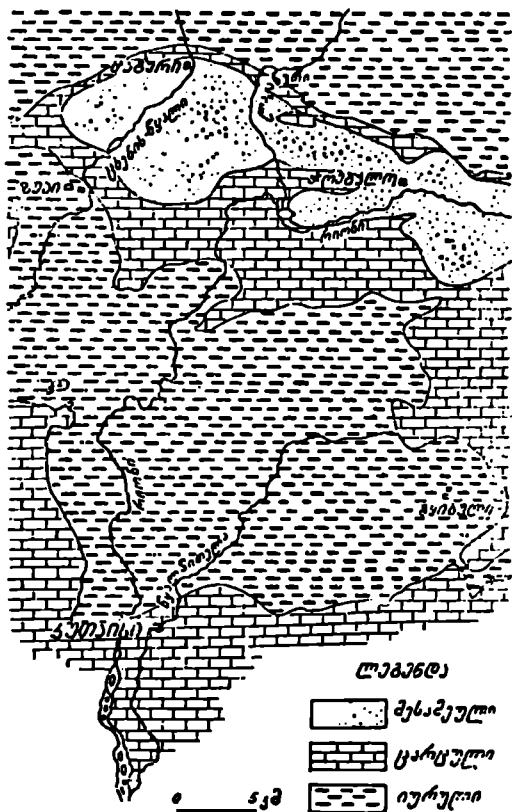
როდესაც საფუძველი შერჩეულია, გეოლოგი რუკაზე დაიტანს გეოლოგიურ ცნობებს. ძირითადად ეს იქნება სხვადასხვა ფორმაციების გავრცელება ზედაპირზე, ერუპტიული ქანების ნაჩენები, ნაოჭები, წყვეტები და სხ. (სურ. 78). ფორმაციებს სათანადოდ შერჩეული ფერებით წარმოადგენენ ან სხვადასხვა ნიშნებით, როგორცაა დაწერტვა, დაშტრიხვა და მისთ. ამ სიგნატურის<sup>1</sup> გასამარტავად რუკას ერთვის ლეგენდა<sup>2</sup>.

ცხადია, ყოველი ფერით შეგვიძლია, რომელიც მოგვესურება, ფორმაცია აღვნიშნოთ, მაგრამ რუკის წაკითხვის გასაადვილებლად დიდი უპირატესობა ექნება, რომ ერთისა და იმავე ფორმაციისთვის ყველა ერთსა და იმავე ფერს იყენებდეს. მაშინ შეჩვეული თვალი ლეგენდის გაცნობამდეც, პირველივე შეხედვით სწორ შთაბეჭდილებას მიიღებდა. ამიტომ იყო, რომ საერთაშორისო გე-

<sup>1</sup> Signum, ლათ.—ნიშანი.

<sup>2</sup> Legenda, ლათ.—წასაკითხავი. რაც უნდა წაკითხულ იქნას.

ოლოგიურმა კონგრესმა თავის პირველსავე სესიაზე მიიღო რეკომენდაცია იმის შესახებ, თუ რა ფერი რის აღსანიშნავად უნდა იქმარებოდეს. ამის მიხედვით იურულ სისტემას აღნიშნავენ ლურჯი ფერით, ცარცულს—მწვანით, მესამეულს—ყვითლით, გრანიტს—



სურ. 78. გეოლოგიური რუკა საქმატურია იმ მხრივ, რომ გეიჩენებს მხოლოდ დიდ გეოლოგიურ მონაკვეთებს: იურული, ცარცული და მესამეული ნაღებების გავრცელებას ზედაპირზე.

ვარდისფრით და ა. შ. თანაც, რაც უფრო მუქია აღებული ფერი, მით უფრო ძველი უნდა იყოს შესატყვისი ნაღებები. არ იქნება,

მაგალითად, რომ ქვედა ცარცული ღია მწვანით წარმოვადგინოთ და ზედა — მუქით.

რუკა, გეოგრაფიული თუ გეოლოგიური, ძვირფასი საშუალება არის ჩატარებული კვლევის შედეგების ასანუსხავად და მკითხველისათვის გასაზიარებლად, მაგრამ მისი მნიშვნელობა ამით როდი ამოიწურება, რუკა იმავე დროს ფასდაუდებელი კვლევის იარაღიც არის. დიდი ობიექტების, მაგ., კავკასიონის, ურუკოდ აღაძიანს დანახვაც კი არ შეუძლია, როგორც ერთობილის. მით უმეტეს უნდა ითქვას ეს კონტინენტების შესახებ. უეჭველია, ამა თუ იმ კონტინენტის კონტურებს და რელიეფს თვით მისი ამგებმავეები მხოლოდ რუკის დამთავრების შემდეგ დაინახავენ. შედგენილი რუკა, თვით მის შემდგენელს ბევრს რასმე მოულოდნელს ეუბნება.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის ნამარხი? შეიძლება, თუ არა, მისი გამოცნობა-განსაზღვრა? რომელი მეცნიერების საქმეა ეს? შემთხვევითია, თუ კანონზომიერი ნამარხების განაწილება შრეებში? შეიძლება, თუ არა, ნამარხების საშუალებით შრეების გამოცნობა?

როგორ გამოიცნობა უფრო ძველი და უფრო ახალგაზრდა შრეები ერთ ქრილში? როგორ გამოიცნობა ერთი ასაკის შრეები სხვადასხვა ქრილში? შეიძლება, თუ არა, ამ შემთხვევაში ლითოლოგიას დავენდოთ? რატომ? რას ჰქვია შრეების პარალელიზაცია სხვადასხვა ქრილში? რა არის ქრილების კორელაცია?

რას ჰქვია სტრატეგრაფია? როგორია გეოლოგიური ქრონოლოგიის მთავარი ნაკვეთები? რატომ ჰქვია ამ ქრონოლოგიას შეფარდებითი?

როგორ განისაზღვრება მინერალების და ქანების აბსოლუტური ასაკი? რა არის აბსოლუტური გეოქრონოლოგია? როგორია ძირითადი გეოქრონოლოგიური ერთეულების ასაკი და ხანგრძლივობა? რას ჰქვია მიწის გეოლოგიური ასაკი? რამდენად დიდია იგი?

## გარედინამიური მოვლენები

ამ წინასწარი ცნობების შემდეგ შეგვიძლია გეოლოგიური მოვლენების უშუალო გაცნობას შევედგეთ. ასეთი გაცნობა ორგვარი თვალსაზრისით შეიძლება: 1. გეოლოგიური მოვლენები, როგორც ისინი მიმდინარეობენ მიწის ზედაპირზე და ქერქში, და 2. გეოლოგიური მოვლენების თანამიმდევრობა წარსულში.

უკანასკნელი ჰგულისხმობს ხმელეთისა და ზღვის საზღვრების ცვალებას დროის მიხედვით, კონტინენტების და ოკეანეების განვითარებას, წარსულ დროთა ჰავის ცვლას, ცოცხალი ბუნების განვითარების სურათის აღდგენას, სხვადასხვა მთების წარმოშობის ლოკალიზაციას დროში და სხვა ასეთს. ეს იქნება გეოლოგიის ის ნაწილი, რომელსაც ისტორიულ გეოლოგიას უწოდებენ. პირველი კი ნიშნავს თვით გეოლოგიური მოვლენების დინამიკის გაცნობას, მათი მიმდინარეობის კანონზომიერებათა დადგენას. გეოლოგიის ამ ნაწილს ზოგი დინამიურ გეოლოგიას უწოდებს, ზოგი—ფიზიოგრაფიულს. ზოგადი გეოლოგიის კურსი ძირითადად ყურადღებას ფიზიოგრაფიულ მოვლენებს აქცევს.

მიწა მუდმივ ცვალებაში იმყოფება. არა არის რა მიწაზედ ისეთი, რომ საკმაოდ ხანგრძლივი დროის მანძილზე არ იცვლებოდეს მეტად ან ნაკლებად. უთქვამთ კიდევ, მიწაზე უცვლელი მხოლოდ ცვალება არისო. ყოველი ცვალება კი ენერჯიის ბრუნვას ნიშნავს. სად არის ენერჯიის ის წყარო, რომელიც გეოლოგიურ მოვლენებს ამოძრავებს?

ასეთი წყარო ორია ძირითადი: ერთი—თვით მიწა, მეორე—მზე. მაგალითად, ვულკანიზმის მამოძრავებელი ძალები მიწას შიგნით უნდა ვეძიოთ, ასევე ითქმის მთების წარმოშობა მოძრაობათა შესახებაც. ეს იქნება მიწასშიგა, ანუ ტელურული<sup>1</sup> ძა-

<sup>1</sup> Tellus, -uris, ლათ. — წითელი მიწა.

ლები. სამაგიეროდ, თუ ქარი ჰქრის, ეს მზის საქმეა, რადგან მზემ გაათბო ჰაერის ერთი ნაწილი მეტად, ვიდრე მეორე, და ამას ჰაერის მოძრაობა მოჰყვას; მდინარე მოშხუის — ესეც მზის საქმეა. მზის ენერგიამ ააორთქლა წყალი და სითბოს მეოხებით (გაფართოება) აიტანა მაღლა, ხოლო შემდეგ გაცივებამ გამოიწვია წვიმა. მიწის ზედაპირზე სიცოცხლე ვითარდება — ამასაც დიდწილად მზეს უნდა ვუმაღლოდეთ, რადგან მზის ენერგია აძლევს მწვანე მცენარეებს საშუალებას, რომ ნახშირბადი შეინივთონ. რაკი მზეზე ვლამპარაკობთ, შეიძლებოდა ვარსკვლავებიც გვეხსენებინა, მაგრამ მათი როლი ამ მხრივ არსებითად უმნიშვნელოა.

ამის მიხედვით გეოლოგიურ მოვლენებს ორ დიდ ჯგუფად ჰყოფენ. ერთში იქნება მოვლენები, რომელთაც ტელურული ძალები ასაზრდოებენ. ეს არის შიგადინამიური მოვლენები; მეორე იქნება გარედინამიური მოვლენები, დამოკიდებული ძირითადად მზიურ. ე. რ. მიწასგარე ენერგიაზე.

გეოლოგიური მოვლენების ასეთი დანაწილება უეჭველად მნიშვნელოვანია და გამართლებული, მაგრამ, როგორც ბუნების მოვლენათა ყოველი კლასიფიკაცია, პირობითიც არის: მკაფიო საზღვრის გავლება მოვლენათა ამ ორ ჯგუფს შუა ზოგჯერ შეუძლებელი ხდება; მაგალითად, მეწყურულ მოვლენებს, რომლებიც არსებითად სიმძიმის ძალაზე და მიწის ზედაპირის რელიეფზედ არიან დამოკიდებული, გარედინამიურ მოვლენებთან განიხილავენ მიწასქვეშა წყალთან დაკავშირებით.

## ზიტვა და პრავიტაციული დენუდაცია

როგორც უკვე დავინახეთ ყოველი ცვლა იმავე დროს გარემოსთან შეგუებას ნიშნავს. სხეულის ყოველი მდგომარეობა სხეულსა და გარემოს შორის ერთგვარი წონასწორობის გამომხატველი არის და უფრო სრული წონასწორობისკენ ისწრაფის. მაგმეული ქანები ქერქის შიგნეთში, წარმოშობიდან ან ზედაპირზე ამოსული გამყარებულან. დანალექ ქანებს, მეტ შემთხვევაში ზღვის ფსკერზე დალექილთ, უფრო ახალგაზრდა ქანებს ქვეშ განუცდიათ დიაგენეზისი. ამიტომ ერთნიც და მეორენიც, მიწის ზედაპირზე მოხვედრილნი, მათთვის უცხო ახალ გარემოში იმყოფებიან. აუცილებელია მათი შეგუება ამ გარემოსადმი. მზის, ჰაერის, წყლის ზემოქმედებით ქანები მრავალგვარსა და ხშირად რთულ ცვლილე-



ბებს განიციდან. იწყება სხვადასხვა ხასიათის ცვლილებები, რომელთა საბოლოო შედეგი არის ქანის დამსხვრევა-დაქუცმაცება და მისი შემადგენელი ნაწილების დაშლა-გარდაქმნა, რომელიც ჩვეულებრივ თავდება იმით, რომ წარმოიშობა „მიწისებური“ რბილი მასა. ამ პროცესს ეწოდება ფიტვა, ხოლო ქანს, რომელსაც ეს გზა გაუვლია, გამოფიტულ. ფიტვას სამგვარს არჩევენ: მექანიკურს, ფიზიკურ-ქიმიურს და ორგანოგენულს.



სურ. 79. ბზარები და ნაპრალები გაშვებულ პორფირიტულ კლდეებში. მ.ვ. რიკელის (რიონის მარჯვენა შენაკალი) ხეობა რაჭაში.

მექანიკური ფიტვა. ყოველ ქანში არის უჩინარი ბზარები, რომელნიც ტექტონიკური დაძაბულობის პირობებში წარმოშობიდან. არის უკეთ გასოსახული, მეტ-აკლებად ღია ნაპრალებიც, როგორც, მაგალითად, ბაზალტის განწვევების ნაპრალები, გამყარებისას ქანის შეკუმშვით გამოწვეული. მეორე მხრით მიწის ზედაპირის ქანებს მზე უშუალოდ აშუქებს და ათბობს. ამის გამო ქანების ტემპერატურა მუდამ იცვლება დღე-ღამეში და ზამთარ-

ზაფხულ, რასაც თან ახლავს ქანის კუმშვა-გაფართოება. ფიქრობენ, რომ ეს იწვევს ხსენებული ბზარების და ნაპარალების გაფართოებას და ზოგჯერ მათი კედლების მოელვარებას ხახუნის გამო. თუ ეს სადმე ქარაფებზე ხდება, კლდესმოწყვეტილი ლოდებ: თუ ქანის უფრო მცირე ნატეხები ქვევით ცვივიან.

ბზარიც არ არის წინასწარ საჭირო. ქანები სითბოს ცუდი გამტარები არიან და ტემპერატურის საკმაოდ დიდმა ცვლამ შეიძლება ქანის გასკდომა გამოიწვიოს ისე, როგორც ცივი ჭიქა სკდება, თუ შიგ ცხელი წყალი ჩავასხით. უდაბნოთა მკვლევარები ასწერენ, როგორ გაისმის ხოლმე იქ შეღამებისას, როდესაც ტემპერატურა სწრაფად და ძლიერ ეცემა, თავისებური ტკაცანი, თითქო დამბაჩა გაისროლესო. ეს იმის ნიშანია, რომ რომელიმე ლოდი

გასკდა (სურ. 80).

გათბობა - გაცივების ეფექტი დიდი და მოზრდილი ლოდების გათვისებით არ ამოიწურება. იგივე ძალა პატარა ნატეხებზეც მოქმედებს და არ დაინდობს არც მარცვლოვან ქანს, როგორც გრანიტია. ბოლო ანგარიშში მარცვალი მარცვალს სცილდება და წარმოიშობა ქვიშა. ამ პროცესს ხელს უწყობს ის გარემოებაც, რომ გრანიტი ქრელი ქანი არის და მუქი მინერალები მეტ სითბოს ნთქავენ, ვიდრე ღია ფერისანი.

თანაც სხვადასხვა მინერალის თერმული გაფართოების კოეფიციენტიც სხვადასხვა არის.

გასაგებია, ამგვარად, რომ ტემპერატურის ცვლას მექანიკური ფიტვის მთავარ აგენტად ასახელებენ ხოლმე, მაგრამ ბოლო დროს ჩატარებული ექსპერიმენტები საკითხს თითქო სათუოს ხდიან. საქმე ის არის, რომ სხვადასხვა ქანის ნიმუშებს მრავალ და მრავალ ათასჯერ აცხელებდნენ და აცივებდნენ კიდევ უფრო სწრაფადაც, ვიდრე ბუნებაში ხდება, მაგრამ ცდებს გათვალისწინებული შედეგი (ქანის გასკდომა) არ მოჰყოლია. ისინი, ვინც ამ ცდებს გადამ-

წყვეტად მიიჩნევენ, ფიქრობენ, რომ ზემოთ ჩამოთვლილი მოვლენები ქიმიური ფიტვის შედეგი არიან ან ქიმიურისა და თერმულის ერთად.

მექანიკური ფიტვის მეორე აგენტი არის ყინვა. ყინული ერთადერთი მინერალი არის, რომელიც დაკრისტალებისას ფართოდება. ვთქვათ, ქანში ვიწრო ნაპრალი არის. სანამ თბილა, ნაპრალი წყლით აივსება. როდესაც აცივდება, წყალი გაიყინება და მისი მოცულობა დაახლოებით 9%-ით გაიზრდება. ნაპრალში განვითარდება წნევა, რომელმაც შეიძლება მიადწიოს კილოგრამს კვადრატულ სანტიმეტრზე და მეტსაც. ამ დიდი ძალის გავლენით ნაპრალი გაფართოვდება და ეს გამეორდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაყინვა მოხდება, ფიტვის ამ მექანიზმს დიდი მნიშვნელობა აქვს მაღალ მთებში, ერთი იმიტომ, რომ იქ გაყინვა ხშირია და მეორეც კიდევ იმის გამო, რომ კლდეები შიშველი არიან, თორემ ღრმად დაფარული რომ იყვნენ, შეიძლება იქამდე ყინვას ვერც ჩაეწია.

ქიმიური ფიტვა კიდევ უფრო ღრმა ცვლილებებს იწვევს. ჰაერში ყოველთვის არის ისეთი ძლიერი ქიმიური აგენტები, როგორც  $CO_2$  და  $O_2$ .

ამას უნდა მივეუბნოთ სინესტე. წვიმის წყალში. რომელიც მიწაზე ეცემა და ქანებში ჩაიჭონება ნაპრალების და პორების მეშვეობით, ერთ ლიტრზე 30 სმ<sup>3</sup> ჰაერი არის, აქედან 30% ჟანგბადი, 10% ნახშირორჟანგა და 60% აზოტი. პირველი ორი გაზი და წყალი იწვევენ სხვადასხვა ქიმიურ რეაქციებს, რომელნიც მით უფრო ენერგიულად მიმდინარეობენ, რაც უფრო მაღალია ტემპერატურა. ეს რეაქციები არის გახსნა, ჰიდრატაცია, ჰიდროლიზი, ჟანგვა, კარბონატიზაცია და სხვა უფრო რთული.

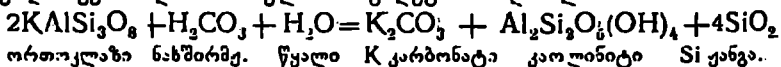
წყალი ენერგიული გამხსნელი არის. ადვილად ხსნის ისეთ მინერალებს, როგორც ქვამარილი, თაბაშირი, და გააქვს ქანიდან. გააქვს იმიტომ, რომ წყალი ქანში მოძრაობს პორებსა და ნაპრალებში. ასეთ პირობებში ქანი თანდათან ღარიბდება ხსნადი მინერალებით, ანუ, როგორც იტყვიან, მისი გამოტუტვა ხდება. კირქვაც მცირედ, მაგრამ ხსნადი არის. მის საკითხს მიწასქვეშა წყლის მოქმედებასთან ერთად გავეცნობით.

ჰიდრატაციის მაგალითს იძლევა ანჰიდრიტი ( $CaSO_4$ ). ეს მინერალი იერთებს წყლის ორ მოლეკულს და იცვლება თაბაშირად ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ). ამ გარდაქმნას ფართოობა ახლავს და

ასეთნაირად წარმოშობილი თაბაშირი ზედა შრეების დაწოლის გამო ძირითადად შრეებრივობის გასწვრივ ფართოვდება და თავისებურად აშშუშენილი არის ხოლმე.

შეიძლება ჩამოგვეთვალოს სხვა რეაქციებიც, მაგრამ უმჯობესია გავეცნოთ რომელიმე რთული სილიკატური ქანის, მაგალითად, გრანიტის გამოფიტვას.

წვიმის წყალს ცოტაოდენი  $\text{CO}_2$ -იც შეაქვს ქანში. ეს გაზი წყალს უერთდება და იძლევა ნახშირმჟავას თანახმად ფორმულისა  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{CO}_3$ . ნახშირმჟავა მოქმედებს გრანიტის ფელდშპატებზე და კერძოდ ორთოკლაზს შემდეგნაირად შლის:



პლაგიოკლაზების დაშლა ანალოგიურია, მაგრამ უფრო რთული, რადგან K-ის ნაცვლად იქ ორი ელემენტია—Na და Ca.

წარმოშობილი მინერალებიდან კალიუმის კარბონატი ხსნადი არის და იგი ძირითადად ხსნარის სახით გაიტანება. უხსნადი კაოლინიტი და სხვა თიხის მინერალები ადგილზე რჩებიან თიხის სახით. რჩება სილიციუმმჟავაც, რომელიც პრაქტიკულად უხსნადი არის და ფიტვის მიმართ ძლიერ გამძლე. შემდეგში თიხაც და კვარციც შეიძლება მდინარეში წყალში გაიტანოს და ისევე დალექოს. ამგვარად მიიღება თიხა, კაოლინი და კვარცის ქვიშა.

როდესაც ფიტვა ახალი დაწყებულია და კაოლინიზაცია მხოლოდ ფელდშპატის კრისტალების გარე ნაწილს შეჰხებია, ეს უკვე საკმაოა იმისათვის, რომ გრანიტის მარცვლებს შორის კავშირი შესუსტდეს. მტკიცე ქანის ადგილს დაიჭერს ფხვიერი მასა, რომელსაც არკოზს უწოდებენ. არკოზის მინერალური შედგენილობა ისეთივეა, როგორც გრანიტის. ასეთი მასალა შეიძლება მდინარეში თუ ტრანსპორტის სხვა აგენტმა გადაიტანოს და დალექოს სხვაგან. ეს იქნება არკოზული ქვიშა ან ქვიშაქვა.

გრანიტის გამო მაფური მინერალების (ბიოტიტი, რქატყუარა) შესახებ არაფერი გვითქვამს, რადგან მათი როლი ამ ქანის შედგენილობაში ძლიერ მცირეა. სხვა ქანებში ისინი უხვად არიან წარმოდგენილი და მათი ფიტვაც თიხას იძლევა, მხოლოდ ახლა რკინით მდიდარს და ინტენსიურად შეფერილს. ფიტვის ასეთ პროდუქტებს შორის შეიძლება დავასახელოთ ლატერიტი, რომელიც ზოგან თითქმის 90%-მდე რკინისყანგას შეიცავს. როგორც წესი, ლატერიტი ცხელსა და ნესტიან ჰავაში წარმოიშობა და მისი

სისქე 2—3 ათეულ მეტრამდე არის ხოლმე. იმავე ჰავაში გამოფიტვის პროდუქტი არის ბოქსიტი, ძირითადად წყლიანი ალუმინიუმჟანგების ნარევი (ზოგადად  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ), რომელიც სახალხო მეურნეობისათვის ძლიერ მნიშვნელოვანი მეტალის, ალუმინიუმის ნედლეულს წარმოადგენს.

ქიმიური გამოფიტვა ისევე, როგორც გამოფიტვა საერთოდ, ზევიდან ქვევით (გარედან შიგნით) ვრცელდება თანდათან. ამას ხელს უწყობს ისიც, რომ გამოფიტული და ამის გამო სიმტკიცეს მკლებული ზედა ნაწილი გადაიჩეცება და ახლა უფრო ღრმა



სურ. 81. გრანიტული მასივის ფიტვითი ზედაპირი. დამახასიათებელია მომრგვალებული ფორმები. კალიფორნია.

ნაწილი ხდება ფიტვის აგენტებისათვის მისაწვდომი. ქანის ამორჩილი კუთხედი ნაწილები, რომელთა შიშველი ზედაპირი უფრო დიდია, უფრო ადრე იფიტებიან და იშლებიან. ამიტომ ნაპრალებით მოთარგლული კუთხედი ლოდები თანდათან მრგვალდებიან. ასე ვითარდება გამოფიტული გრანიტის თავისებური ზედაპირი (სურ. 81) და კარგად ცნობილი სფერული გამოფიტვა (სურ. 82).

სხვა შემთხვევაში კიდევ ფიტვის პროცესში ქანს თხელი ფენები გამოეყოფა ქერცლისებურად. ამ მოვლენას ექსფოლიაცია<sup>1</sup> უწოდებენ (სურ 83). მოვლენა შენობებზედაც შეიმჩნევა (სურ. 84).



სურ. 82. სფერული გამოფიტვა.  
მდ. რიყულის ხეობა. პორფირიტი.

ორგანოგენული ფიტვა მექანიკურიც არის და ქიმიურიც. ვის არ უნახავს ხის ფესვი, კლდის ნაპრაღში ჩაწვდომილი. ფესვი გაზრდილა, გაჭეჭილა და ნაპრაღს აფართოებს ისევე, როგორც ყინული. ეს ეფექტური სანახაობაა, მაგრამ ბევრად უფრო მნიშვნელოვანია უთვალავი პაწია ფესვები, რომელნიც ასევე პაწია მარცვლებს შუა იზრდებიან და აფხვიერებენ ნიადაგს. ამ მხრივ არანაკლები მნიშვნელობა აქვს მიწისმთხრელ ცხოველებს, როგორიც არის თხუნელა და მისთანები, ტერმიტები, ჭიები და სხვ. ეს კი არის, რომ მცენარეები და ცხოველებიც ნია-

<sup>1</sup> Exfolio, ლათ. — ფურცლებს ვაცლი.

დაგში ან უკვე საკმარად გამოფიტულ ქვენიადგში მოქმედებენ. ქიაყელების დიდ როლს ნიადაგის განვითარებაში უკვე დარ-  
ვინმა მიაქცია ყურადღება.



სურ. 83. გ რ ა ნ ი ტ ი ს ე ქ ს ფ ო ლ ი ა ც ი ა,  
ქანს თითქო ფურცლები სვეივო. სიერა ნევადა (N ამერიკა).

მნიშვნელოვანია ორგანიზმების ქიმიური აქტივობაც. მცენარეების კვება სხვადასხვა მინერალური ნივთიერების გახსნას ჰგულისხმობს და მცენარის სხეულში გადასვლას. მეორე მხრით, მცენარეთა ფესვები და ხრწნაში მყოფი ორგანიზმები, როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური, გამოჰყოფენ სხვადასხვა ორგანულ ნაერთებს, კერძოდ მჟავებს, რომელნიც ძლიერ ზრდიან წვიმის წყლის აგრესიულობას. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს ბაქტერიებს.

რა თქმა უნდა, ფიტვის პროცესის მიმდინარეობისა და მისი საბოლოო შედეგის თვალსაზრისით დიდად მნიშვნელოვანია ქანის რაგვარობაც. ზოგი ქანი ძნელად იფიტება, ზოგი — ადვილად. ზოგი ერთ პროდუქტს იძლევა, ზოგი — მეორეს. მაგა-

ლითისთვის შეიძლება ავიღოთ კირქვა. ეს ქანი მცირედ, მაგრამ წყალში მაინც იხსნება. თანაც მის ხსნადობას ძლიერ ზრდის წყალში გახსნილი CO<sub>2</sub> ასეთ შემთხვევაში კირქვის გახსნა უკვე საგრძნობია. მაგრამ კირქვაში ყოველთვის არის მინარევის სახით თიხაც. თიხა არ იხსნება და ადგილზე რჩება. რადგან ქანში მინარევის სახით არის რკინაც, უქანასკნელი იქანგება და თიხას წით-



სურ. 84. შენობის ფიტვა.

ლათ ლებავს. ამიტომ არის, რომ, მაგალითად, ცარცულ კირქვებში დასავლეთ საქართველოში და სხვაგან, ხშირად შრესა და შრეს შუა შეიმჩნევა წითელი თიხის სიფრიფანა ფენები. ეს იმას ნიშნავს, რომ აქ შრესა და შრეს შუა წყალი მოძრაობდა: ნელ-ნელა წყალმა კირქვა გახსნა და გაიტანა, ხოლო მინარევი თიხა ადგილზე დარჩა და რკინის დაქანგვის გამო წითლად შეიფერა.

უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს ეს პროცესი კირქვიან მხარეებში მიწის ზედაპირზე. შესაფერ პირობებში (გადარეცხვა



თუ არ წარმოებს) ამგვარად შეიძლება თიხის საკმაოდ სქელი ფენა დაგროვდეს. ასეთ თიხებს წითელ მიწას, ანუ ტერა როსას<sup>1</sup> უწოდებენ. იგი ხშირია დასავლურ საქართველოში და დამახასიათებელია სუბტროპიკული მხარეებისათვის.

ფიტვის ინტენსივობისა და ხასიათისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ჰავასაც. ეს ადვილი გასაგები იქნება, თუ მოვიგონებთ, როგორია ტემპერატურისა და სინესტის გავლენა ქიმიურ პროცესებზე. ნესტიან ტროპიკულ სარტყელში ფიტვა მეტად ძლიერია, პოლუსურ მხარეებში კი—თითქმის ნოლი. ასევე უმნიშვნელოა ქიმიური გამოფიტვა უდაბნოებში, სადაც სინესტე არ არის.

ყოველ შემთხვევაში, ფიტვა ძლიერ ნელი პროცესი არის. მისი ხანგრძლივობა გეოლოგიურ დროში უნდა ვიაზროთ და არა ადამიანურში. ასე რომ არ იყოს, ქვის შენობებს ვეღარ ავაგებდით. თუ მასალა კარგია, უძველესი მონუმენტები თითქმის უცვლელად დარჩენილან. კიდევ უფრო მკერამეტიკულ საბუთს იძლევა თვით გეოლოგია. ხშირად აღნიშნავენ, რომ ათი და მეტი ათასი წლის წინათ მყინვარების მიერ მოელვარებული გრანიტის ზედაპირი ფინეთში და სხვაგან დღემდე ისევე დარჩენილა. იგივე თქმის ბევრად უფრო ძველ ტექტონიკურ დრესვის სარკეებზე.

ფიტვის სიღრმე მკვეთრად არის განსაზღვრული. ორი-სამი ათეული მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურის ცვალება ხომ არ არის და ჰაერიც იქამდე ვერ აღწევს, წყალსაც აღარ აქვს იგივე აგრესიულობა და ფიტვა პრაქტიკულად აღარ არის. ცვლილებები, რასაკვირველია, იქაც მიმდინარეობს და უაღრესად მნიშვნელოვანიც, მაგრამ სხვა კატეგორიისა.

ამგვარად, მთელი ხმელეთის ზედაპირზე მიწას ჰფარავს ფენა, რომელშიც უწყვეტელი ფიტვა მიმდინარეობს და ზოგან ბოლომდე გამოფიტულიც არის. ამ ფენას ფიტვითი ქერქი ჰქვია. ეს ქერქი, ანუ, სხვაგვარად, რეგოლითი პრინციპულად ერთიანია და მხოლოდ იქ წყდება, სადაც დენუდაციას<sup>2</sup> იგი გადაუხვეტია და სალი მკვიდრი ქანები გაუშიშვლებია.

ფიტვითი ქერქი გამოფიტვის სხვადასხვა სტადიაში მყოფი მასალისგან შედგება. ეს არის სხვადასხვა შედგენილობის მსხვილი თუ წვრილი ღორღი, სხვადასხვა ბუნების თიხა. ქვევით იგი თან-

<sup>1</sup> Terra rosa, ლათ.—წითელი მიწა.

<sup>2</sup> Denudatio, ლათ. — გადაშიშვლება.

დათან მცირედ შეცვლილ და შემდეგ საღ მკვიდრ ქანებში გადადის. ფიტვითი ქერქის სისქე უაღრესად ცვალებადია და ზოგან რამდენიმე ათეულ მეტრს, ე. ი. ფიტვის საზღვარს აღწევს. ზევიდან ქერქი გადარეცხვას განიცდის და მას სისქე აკლდება, მაგრამ სწორედ ეს გარემოება შესაძლებელს ხდის ფიტვა უფრო ღრმად ჩაწვდეს და წონასწორობა აღადგინოს.

ფიტვითი ქერქის ზედაპირული ფენა მკაფიოდ გამოირჩევა დანარჩენისაგან, იგი მცენარეულობას ჰკვებავს და მცენარეული საფარით არის შემოსილი. ამ ფენას ნიადაგი ეწოდება. მცენარეები ნიადაგიდან ლებულობენ მინერალურ საკვებს და თავის მხრივ ნიადაგს ორგანიული მასალით ამდიდრებენ. წარმოიშობა მცენარეთა ლბობის (ხრწნის) პროდუქტებით გამდიდრებული ჰუმუსი<sup>1</sup>, რომელიც ნიადაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთი საფუძველი არის და ნიადაგს მოშავო ფერს აძლევს. ნიადაგი ჰკვებავს მცენარეულობას და მცენარეულობა ნიადაგს.

ნიადაგი ხმელეთზე სიცოცხლის არსებობის აუცილებელი პირობაა და ამიტომ გასაგებია მისი დიდი გეოლოგიური მნიშვნელობა. კიდევ უფრო დიდია მისი მნიშვნელობა ადამიანისთვის: მთელი სოფლის მეურნეობა მაზედ არის დამოკიდებული. სამწუხაროდ, ხშირად ხდება, რომ წინდაუხედავი ექსპლოატაციის გამო ნიადაგი იღლება, ანუ „იფიტება“, ე. ი. ნაყოფიერებას ჰკარგავს. კიდევ უარესი ის არის, რომ ნიადაგი შეიძლება საერთოდ ჩამორეცხოს, რაც განსაკუთრებით მთიან მხარეებში არის მოსალოდნელი. ამას ნიადაგის ეროზია<sup>2</sup> ჰქვია და პირველ რიგში ტყის გაჩეხვის შედეგი არის. მოხდებოდა ხოლმე, რომ უმიწობით შეჭირვებული გლეხი საღმე ფერდზე ახოს აიღებდა. ერთ-ორ წელიწადს კი მოვიდოდა მოსავალი და შემდეგ აღარც ტყე იყო და აღარც ყანა. გამოფიტულ ნიადაგს შესაფერად შერჩეული მინერალური სასუქებით შევლიან, მაგრამ შეუდარებლად უფრო ძნელია ჩამორეცხილი ნიადაგის აღდგენა. ამას შრომასა და ხარჯს გარდა დროც დიდი სჭირდება.

ნიადაგის შესწავლა სპეციალური მეცნიერების, პედოლოგიის<sup>3</sup> ამოცანა არის.

<sup>1</sup> Humus, ლათ. — ნიადაგის მიწა.

<sup>2</sup> Erosio, ლათ. — ამოქმა, ამოცვეთა.

<sup>3</sup> „პედონ“, ბერძნ. — ნიადაგი და „ლოგია“ — მეცნიერება.

შეიძლება მოხდეს, რომ ფიტვითი ქერქი და ნიადაგიც ვულკანურმა ზეწარმა ან ტუფმა და სხვა ამისთანამ დაჰფაროს. წარმოიშობა დამარხულ ფიტვით: ქერქი და ნიადაგი. იგივე შეიძლება მოხდეს ზღვის ფსკერზე, თუ ხმელეთის რომელიმე უბანი ზღვის დონეს ქვევით დაიძირა და ნიადაგზე ზღვიურია ნალექები დაგროვდა. თუ ასეთი რამ გეოლოგიურ წარსულში მომხდარი არის, განამარხებული ფიტვითი ქერქი და ნიადაგი გვეჩვენება. განამარხებული ნიადაგი ბევრს საგულისხმოს ეუბნება გეოლოგს წასული დროის გარემოს შესახებ.

საერთოდ კი ფიტვის გეოლოგიური როლი ის არის, რომ იგი მასალას იძლევა დანალექი ქანების წარმოსაშობად როგორც ზღვებში, ისე ხმელეთზედაც.

გრავიტაციული დენუდაცია. ყოველი მიწიერი სხეული მიწის ცენტრისკენ მიიზიდება. ყველა გეოლოგიური მოვლენა, როგორც ფიზიკოსი იტყოდა, გრავიტაციულ ველში მიმდინარეობს. ამით არის დაპირობებული ამ მოვლენათა წყობა, კერძოდ ვერტიკალური და ჰორიზონტული მიმართულების დიდი მნიშვნელობა. ქარის მოძრაობა იქნება თუ წყლის დინება მდინარეში, წყალი მიწასქვეშ თუ წყალი ზღვაში, მყინვარის მოძრაობა თუ გამდნარი ლავისა, ბოლოს თვით მთების აზვეება — ყველა გრავიტაციას ექვემდებარება. თუ გრავიტაციულ დენუდაციას მაინც ცალკე გამოჰყოფენ, თუმცა სხვა სახელით, არა იმიტომ, რომ გრავიტაცია უპირატესად აქ იჩენდეს თავს, არამედ იმიტომ, რომ მოვლენათა ამ ჯგუფში სიმძიმის ძალა უშუალო აგენტი არის.

ჩვენში ვის არ უნახავს ცაში აწვდილი კლდოვანი ქარაფები. ციცაბო კლდეებზე წინწამოჩრილი ქიმები მხოლოდ ქანის სიმტკიცის წყალობით შერჩენილა ამ უცნაურ მდგომარეობაში. მაგრამ საკმაოა, ბზარი გაჩნდეს, ინსოლაციის ან ყინვის გავლენით გაიხსნას, და ლოდი თუ ქვა კლდეს მოსწყდება და ქვევით დაეშვება. რელიეფის მიხედვით ხან ვარდება თავისუფლად, ხან მიწას დაეცემა და აირეკლება, ხან მიგორავს, სანამ მეტად თუ ნაკლებად მკვიდრად არ შეჩერდება. დიდი თუ პატარა ასეთი მოწყვეტილი ქვები მუდამ ცვივა ზოგან, განსაკუთრებით გაზაფხულზე თოვლის დნობისას, და არის ადგილები, რომელთა გავლას მგზავრი ყოველთვის ჩქარობს.

ქვების ცვენამ შეიძლება მარცხიც გამოიწვიოს, მაგრამ საერთოდ მაინც საკმაოდ უვნებელი რამ არის. მაგრამ მოხდება

ხოლმე, რომ მთას დიდი ნაკვეთი მოსწყდება და დიდი სიჩქარით დაიძვრის დაღმა. გზადაგზა სხვა კლდესა და მიწას მოსწყვეტს და წაიტანს. ამგვარად დაძრულმა მასამ შეიძლება ზოგჯერ რამდენიმე კუბურ კილომეტრსაც კი მიაღწიოს. ამას ეტყვიან ზვავს (თოვლის მემთხვევაში შვავი იქნება). 1881 წ. შვეიცარიის ალპებში სოფ. ელმთან მოწყვეტილმა თითქმის 1/2 კილომეტრის სიგრძე ზვავმა ხეობის ერთი ფერდობის ნაწილი ჩამოხვეტა, აქედან გატყორცნილი მოწინააღმდეგე ფერდზე გადავარდა და შემდეგ ხევდაღმა გაიშალა კილომეტრნახევრის სიგრძეზე.

ზვავის მოწყვეტის ადგილი ჩამოხვეწილი არის ხოლმე. ქართლში მას ნამზღვლევს უწოდებენ. ციცაბო შიშველი ნამზღვლევი განსაკუთრებით მკვეთრად გამოჩანს, თუ იგი ტყიანში არის: შიშველი ხრიოკი მწვანე საფარით არის გარშემორტყმული. ასეა იალნოს მწვერვალის ნამზღვლევი კახეთის ქედზე, როდესაც მას სამხრეთიდან ვუმზეროთ, და არაერთი სხვა.

ზვავი რთული მოძრაობა არის. ჯერ არის მკვიდრი ქანების ან ფიტვითი ქერქის მოწყვეტა და ვარდნა ან აჩქარებული დაცოცება. მოწყვეტა და დაცოცებაც აღრე არსებული ნაპრალების ან ახლად გაჩენილი წყვეტის სიბრტყეების გასწვრივ ხდება. ძველი ნაპრალები ხომ აღრეც იყო, მაგრამ მათი ბაგეების დაძვრას ხახუნი ეწინააღმდეგებოდა. ფიტვითი მოვლენები (ნაპრალის თანდათან გახსნა, ქანის გამოფიტვა) და ნაპრალში შესული წყალი ხახუნის ძალას ამცირებს, ფერდობს ქვევიდან შეიძლება საყრდენიც შეუსუსტდეს ან მდინარეული ეროზიის შედეგად ან ადამიანის აქტივობის წყალობით. (გზის ტრანშეების გაჭრა, მიწასქვეშა სამუშაოები და სხვა მისთანა) და, როდესაც დაბვა კრიტიკულ დონეს მიაღწევს, დაიწყება მოძრაობა, თანაც მოძრაობა აჩქარებული.

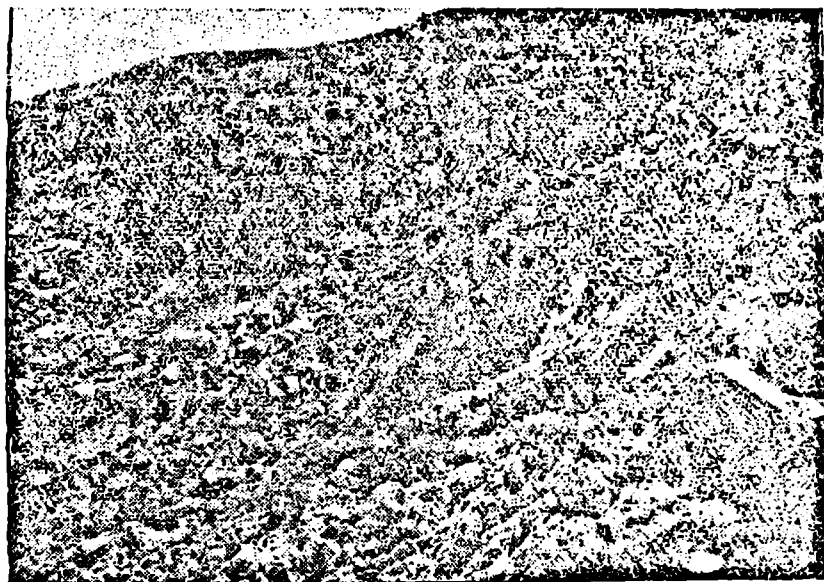
რაკი დაიძვრის, ზვავს უკვე საკუთარი ენერგია აქვს (მოძრაობის ანუ კინეტიკური ენერგია). შემხვედრ დაბრკოლებებს მოგლეჯს და თან წაიტანს. ზვავი იზრდება და ძლიერდება. არის გამოთქმაც „ზვავივით იზრდება“.

ფერდობის დაქანების მიხედვით მოძრაობის ხასიათიც იცვლება: ვარდნა, ცოცვა, გორვა, ჰაერში ატყორცნა ან გატყორცნა, როგორც ელმში იყო. ბოლო სტადიაში რჩება დინება გორისწინა დავაკებაზე ან ხეობის გასწვრივ.

ზვავის დაძვრისა და მისი შემდეგი განვითარებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს რელიეფს, ქანის რაგვარობას (სიმტკიცე, ნაპ-

რალიანობა) და წყლიანობას. წყალი დიდად ამცირებს ხახუნის ძალას.

ქვის ცვენისა და ზვავების შედეგად მალლობის ძირას წარმოიშობა ქვის ნაკადები (სურ. 85), რომელნიც ხელსაყრელ პირობებში შეიძლება საკმაოდ დიდზე გავრცელდნენ.



სურ. 85. ქვის ნაკადი.  
კირქვები მტკერის მარჯვენა ნაპირზე ქარსანთან.

დიდი ზვავი და განსაკუთრებით კატასტროფული ზვავი იშეი-  
ათი არის, მაგრამ ზვავები მთიან მხარეში ყოველდღიური მოვლე-  
ნაა, რასაც უკეთ ვამჩნევთ გზების გასწვრივ. უფრო ძნელი შე-  
სამჩნევია, მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანი ფერდობებიდან წვრილი  
მასალის ჩამოხვეტა. სიმძიმეს, რომელსაც ამ შემთხვევაში ქარი  
და წვიმა ეხმარება, ფერდობზე გაშლილი ფიტვითი მასალა, ქვი-  
შის, სილის და თიხის კატეგორიისა, ქვევით ჩანოაქვს გორის ძი-  
რამდე. აქ, რაკი საჭირო დაქანება აღარ არის, მასალის დაბინავება  
ხდება. წარმოიშობა ნალექის კალთა, ფერდობზე მიბჭენილი, რო-  
გორც ეს კარგად ჩანდა თბილისში ვაკეში და კარგად ჩანს ახლაც  
სოფ. ბაკების (ბაგების) ძირას წყნეთის შარაზე, მცხეთასთან ბებ-

რის ციხის შემდეგ შარავზის გასწვრივ, და სხვაგან. ძირითადად ეს არის სილიანი თიხა, რომელსაც ფართოდ იყენებენ აგურის ქარხნები, მაგრამ სპორადულად გამოერევა მცირეოდენი უფრო მსხვილი მასალაც, დამრგვალებული.

ნ ა ზ ე ა ვ ი ს ფ ა რ დ ი ს (სურ. 86) ზედაპირს გარკვეული დაქანება აქვს თერლობიდან ძირისკენ. დაქანების კუთხე ისეთაა,



სურ. 86. ნ ა ზ ე ა ვ ი ს ფ ა რ დ ა. ჩახს, როგორ მართლობს ქვე-  
ვიცენ ღორღის სიმსხო: რაც უფრო შიშვეა ქვა, შით უფრო ადვი-  
ლად მიგორავს ქვევით.

რომ მარცვალი წონასწორად იყოს და არ დაგორდეს. ამ კუთხეს ბუნებრივი დაქანების კუთხეს უწოდებენ. რაც უფ-

რო წერილმარცვლოვანია მასალა, მით უფრო მცირეა ეს კუთხე, ხოლო მსხვილი და კუთხედი ლორღის შემთხვევაში შეიძლება 45°-მდე მიაღწიოს.

ზევეები და მეწყრები ტიპიურ შემთხვევაში მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მაგრამ ერთის და მეორის გადაშვალვი სახეები იმდენად მრავალია და გადახლართული, რომ მათ შუა რამოდენადმე მაინც მკაფიო საზღვრის გავლება შეუძლებელი არის. მეწყერი ჰქვია სიმძიმის გავლენით ქანების ნელ მოძრაობას, მაგრამ ერთისადიმავე მეწყრის განვითარებაში შესაძლებელია ცალკეული იმპულსები, რომელნიც ზეავს მოგვაგონებენ. ზევეებიც ზოგჯერ ნელი, მეწყრისებური მოძრაობით თავდებიან.

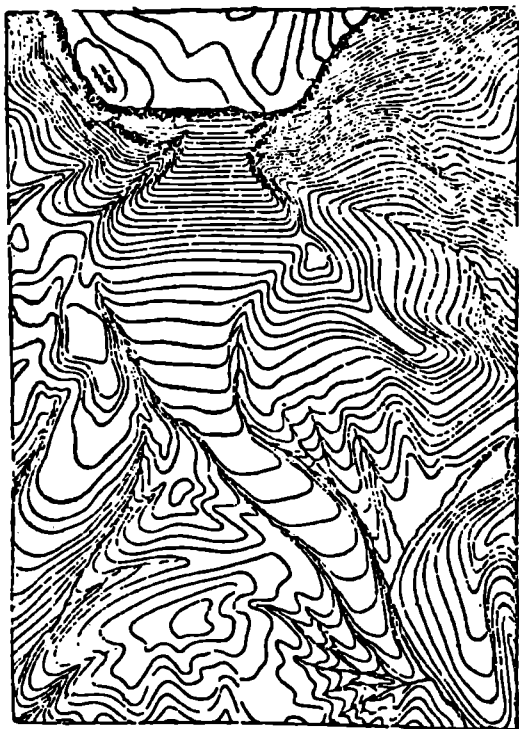
მთიან მხარეებში და, მაშასადამე, ჩვენშიც მეწყერი გავრცელებული მოვლენაა. ცნობილია ამ მხრივ რიონის ხეობა რაქაში, სადაც ქანების რაგვარობა (თიხიანი ქანები), მათი დაქანების მიმართულება დაბლობისაკენ, რელიეფი და ნესტიანი ჰავა ძლიერ უწყობს ხელს ამ მოვლენის განვითარებას. მეწყრის მოძრაობა დაბლობისაკენ, ე. ი. რიონის ან რომელიმე მისი შენაკადისკენ არის მიმართული. აქედანაა ხალხური თქმა: წინ წყალი, უკან მეწყერი, შუაში შენი თავიო!

მეწყერი ორგვარი შეიძლება იყოს. ზოგ შემთხვევაში თიხიანი რბილი ქანი ან ლორღი დაქანების მიმართულებით მიედინება ნელ-ნელა. მოძრაობა ან თვით მეწყერის მიერ გაპრილ კალაპოტს მიჰყვება, ან მდინარეულ ხეობას ბიწის ნაკადის სახით. ასეთ მეწყრებს დინებითი მეწყერი შეიძლება ვუწოდოთ. კარგი მაგალითია სოფ. კომანდლის მეწყერი რიონის მარცხენა ნაპირზე ქ. ონთან (სურ. 87).

სხვა შემთხვევაში კომპეტენტური შრეები ერთობლივ მიცოცავენ დაღმა. მოძრაობას ხელს უწყობს დაძრული დასტის ქვეშ მდებარე თიხიანი შრეების ან სხვა ასეთის საგები. ასეა ისევ რიონის მარცხენა ნაპირზე ლეჩხუმში სოფ. დერჩთან: ქვედა ცარცული სქელშრეებრივი კირქვები ზედა იურულ ფერად თიხებზე დაცოცებულან. ეს იქნება ცოცვითი მეწყერი (სურ. 88).

ცოცვა შრეებრივობის ან სხლეტვის ზედაპირის გასწვრივ ხდება. უკანასკნელ შემთხვევაში ცოცვის ზედაპირი ზევითკენ კონკავური არის (სურ. 89). ასეთი ცოცვითი მეწყრის მოძრაობას ბრუნვა და დაძრული ნაკვეთის ზედაპირის დავაკება ახლავს. წარმოიშობა მეწყრული ტერასი ან ტერასები. რელიეფის

დაქანების რაგვარობის მიხედვით ამ მოვლენამ შეიძლება საკმაოდ თავისებური სახე მიიღოს (სურ. 90).

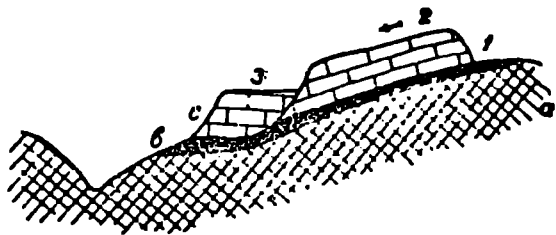


სურ. 87. კომანდოს მეწყერი. იზოქიპები მეწყრის ზედაპირს გამოსახავენ და ნათლად გვიჩვენებენ, რომ მიწა ქვევით, რიონისკენ მიედინება.

ხეობის ფერდობის დასწვრივ მდინარისაკენ მოძრაობა მეწყერმა შეიძლება მდინარის კალაპოტამდე მიაღწიოს. თუ მეწყერი დიდია და მოძრაობა საკმაოდ ჩქარი, მეწყერი მოწინააღმდეგე ფერდამდეც მიაღწევს და მდინარეს დააგუბებს. ასე მოხდა 1964 წლის გაზაფხულზე ტაჯიკეთში, სადაც უზარმაზარმა ზეემეწყერმა მდ. ზერაეშანი დააგუბა. წარმოიშვა დიდი დროებითი ტბა. მოსალოდნელი იყო, რომ მდინარე მეწყერულ დამბას გაარღვევდა და, რადგან ასეთი რამ ლორღში საკმაოდ უეცრად შეიძ-

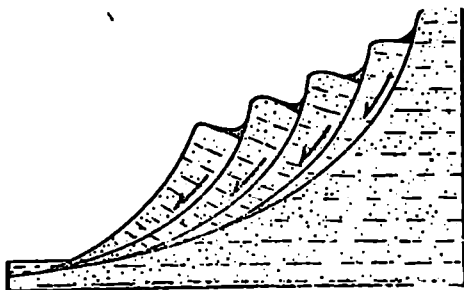


ლება მოხდეს, ქვემო მხარეს წყალი წალეკავდა. ამიტომ სასწრაფოდ გათხარეს მოვლითი არხი ტბის დასაცლელად.



სურ. 88. დერჩის მეწყერი. აქ კირქვების დიდი ბელტი კი არ მიედინება, მიცოცავს თიხოვან შრეებზე (შავად) რიონისკენ. მოძრაობაში კირქვის ბელტი გაწყვეტილა.

ტბა შეიძლება ხანგრძლივიც გამოდგეს. ასეთია მეწყრული დაგუბებითი ტბა მდინარე ქვედრულის ხეობაში (რაჭა) და ალბათ

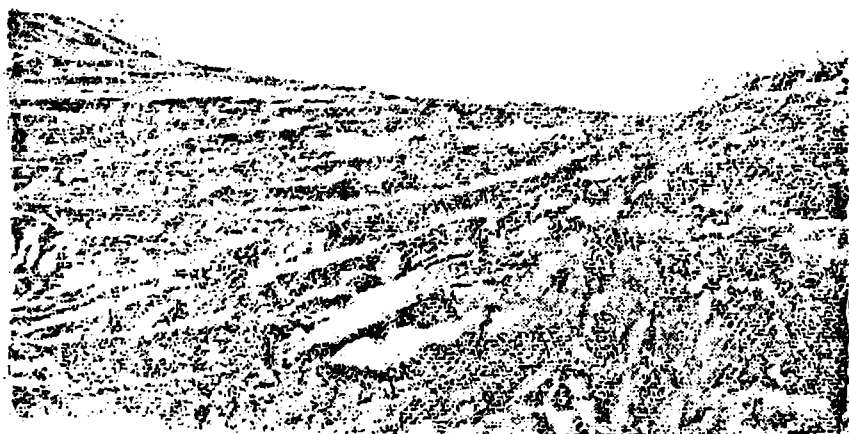


სურ. 89. მეწყრული ტერასები (გამარტივებული სქემა). თიხოვანი ქანის ბექს ოთხი ნაკვეთი მოსწყვეტია. სხლეტვის ზედაპირები რკალურია და თვითოეული ნაკვეთი ქვევით ვიწროვდება და ისოლება. მოძრაობა რკალის შესაბამისად ოდნავ ბრუნვითივ არის და ზევით ოდნავ შივნიითკენ დაქანებულ საფეხურებს წარმოშობს. წინ (ძირში) მეწყრის მასა აშშმშენილი უნდა იყოს, მაგრამ ნახაზი გამარტივებულია.

რიწის ტბაც აფხაზეთში. პატარა ტბა მეწყრულ ტერასზეც შეიძლება გაჩნდეს. მაგალითია ჭელიადელის ტბა რაჭაში, კუს (ხორხის) ტბა თბილისში და სხვ.

თბილისის უნივერსიტეტის გვერდით ხორხის ტბიდან („კუს ტბა“) დაცოცებულ შრეებს ოდესღაც მდ. ვერეც დაუგუბებია და ამგვარად წარმოშობილა ტბა ჩელუსკინელების ტრანშიდან სასოფლის-მეურნეო ინსტიტუტამდე და ცოტა ზემოთ, რომელიც შემდეგ ტბიური ნალექებით ამოვსილა.

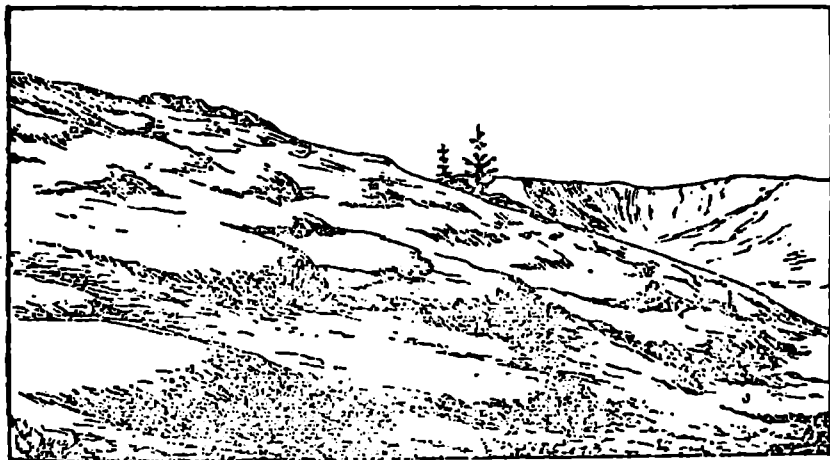
მეწყურული მოძრაობა ყოველთვის ასეთი თვალსაჩინო როლია. ფიტვიითი ქერქი დახრილ ფერდობებზე მუდმივ მოძრაობს ქვე-



სურ. 90. მეწყურული დეპრესია მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე ქარსანთან.

ვითკენ. წარმოვიდგინოთ დაქანებულ ფერდობზე ფიტვიითი ქერქის ფენა და ზედ ან შიგ რაიმე კენჭი ან ლოდი. თუ ფენა გადართოვდა გათბობის ან წყლით გაჟღენთვის გამო, კენჭის ცენტრი აიწვევს არა ზუსტად ვერტიკალურად, არამედ დაახლოებით ფერდობის (წინააღმდეგობის) მართობულად. როდესაც ფენა ისევ შეიკუმშება, კენჭი ისევ სიმძიმის გავლენით შეეშუღალ ქვევითკენ გადაადგილდება. ასეთი მოძრაობა წინ და დაღმა გადაადგილებას ნიშნავს, უეჭველია, უსასრულოდ მცირეს, მაგრამ რეალურს. უთვალავჯერ გამეორებული იგი ბოლოს შესამჩნევ ფეჟეტს მოგვცემს.

შსგავს მოძრაობას შეიძლება ვუწოდოთ ღოდვა, ხოლო მოძრავ ფენას—მ ე ლ დ ი. მელოდიც მეწყრის ერთი სახე არის, რომელიც კარგად არის გამოხატული კრწანისის მიდამოებში (თბილისი). ეს მოვლენა განსაკუთრებით მკაფიო და ფართოდ გავრცელებული არის პოლარულ ქვეყნებში, საიდანაც მას „სოლიფლუქციის“ სახელით აგვიწერენ (სურ. 91). მოძრაობის ინტენსივობას აქ ხელს უწყობს პორებში წყლის გამუდმებული ყინვა-დნობა.



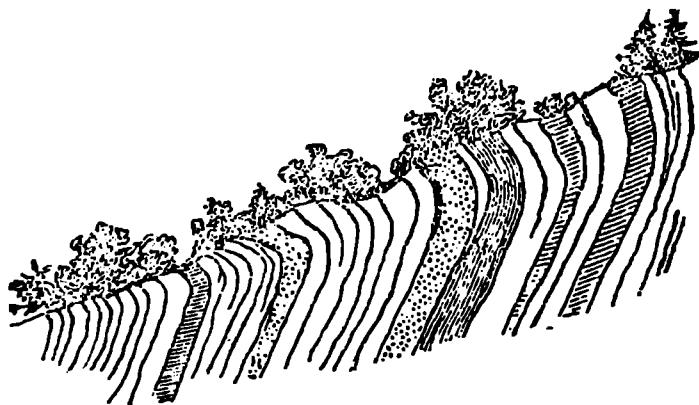
სურ. 91. სოლიფლუქცია. პოლარულ მხარეებში ნიადაგის წყლის გამეორებული შეყინვა და დნობა იწვევს ნიადაგის თავისებურ დინებას.

მელოდთან დაკავშირებული არის ერთი საგულისხმო მოვლენა, თითქო გეოლოგის საცთუნებლად გაჩენილი. ვთქვათ, ფერდობის გასწვრივ ციცაბო შრეები ამოდიან და მათი თავები ფიტვითი ფენით არის დაფარული (სურ. 92). საფარი ქვევითკენ მილდავს და, რა თქმა უნდა, საგებსაც ეწევა ქვევითკენ ხახუნის გამო. თუ საგების შრეები საკმაოდ დამთმობი არიან (ფიქლეპრივი თიხები, თხელშრეებრივი ქვიშაქვები), მათი თავები ქვევითკენ წაიხრებიან, თითქო დაქანება ფერდობის საწინააღმდეგო იყოს. ეს იქნება თავწახრილი შრეები, გერმანელების Hackenwerfen.

ზვავის მოწყვეტა ან მეწყრის დაძვრა სხვადასხვა სახის ბიძგმა შეიძლება გამოიწვიოს, კერძოდ მიწისძვრამ. ცნობილია, რომ

მიწისძვრას აფხაზეთში 1963 წლის ზაფხულზე მთელი რიგი ზევი და მეწყერი მოჰყვა მდინარეების კოდორისა და ჩხალთის ხეობაში.

მეწყარები ძლიერ გავრცელებულია ხმელეთზე და ალბათ კიდევ მეტად—წყალქვეშ, ზღვის ფსკერზე. პირველ რიგში ეს შეეხება კონტინენტურ ბეჭობს, სადაც დაქანება საკმაოდ დიდია. მაგრაჰ

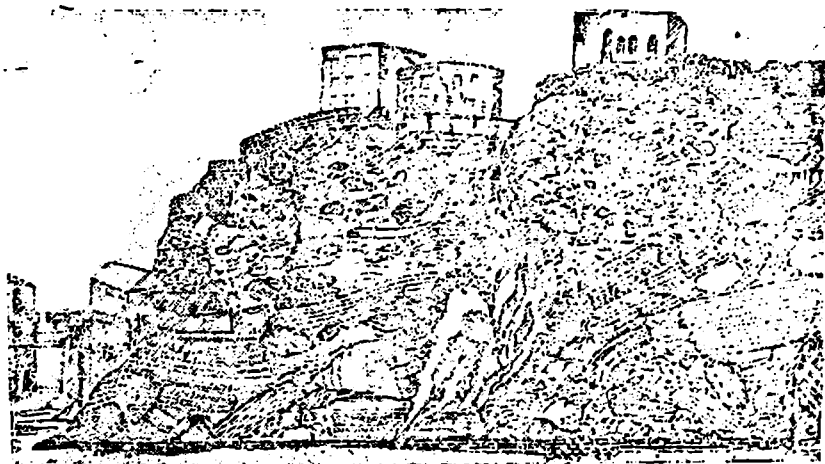


სურ. 92. ამართული შრეების თავები ქვევითკენ არიან წახრილი მულოლის ცოცვის გავლენით. თვით მულოლი აქ არ შერჩენილა.

საერთოდ მეწყრის წარმოშობისთვის დიდი დაქანება როდია აუცილებელი. ხმელეთზე ასწერენ თიხის დიდ მეწყარებს, სადაც დაქანება 1° ძლივს არის (კანადაში). ზღვას ქვეშ, როგორც ატლანტური ოკეანის პირას (შეერთებულ შტატებში), ისე წყნარ ოკეანეში (იაპონია), ცნობილია გრანდიოზული წყალქვეშა მეწყარები, მიწისძვრებთან დაკავშირებული. ასეთი წყალქვეშა მეწყარები იყო, ცხადია, წარსულ გეოლოგიურ ეპოქებშიც. ერთი მათგანის კვალი კარგად ჩანს მტკვრის მარცხენა ნაპირზე მეტეხის ძირას. აშლილ-ალეწილი შრეები განლაგებული არიან აუშლელ ფიქლებზე. ზედა, დაწყვეტილი შრეები მეწყარულ მასას წარმოადგენენ, ხოლო ნორმულად განლაგებული ფიქლები — მეწყრის ფუძეს (სურ. 93).

ზევეების და მეწყარების მოქმედების შედეგი ის არის, რომ მადლობებიდან ფიტვითი ქერქის მასები ქვევით ჩამოიტანება და ზევით მკვიდრი ქანები შიშვლდება. ამას ჰქვია გ რ ა ვ ი ტ ა ც ი უ ლ ი დ ე ნ უ დ ა ც ი ა.

ადგილზე დარჩენილი და გაშიშვლებული ქანები ახლა ფიტვას განიცდიან და მათაც იგივე ბედი მოეწივს, რაც ადრინდელ ქერქს გადახდა. საბოლოო ანგარიშში მალღობები დაბლდებიან და დაბლობები, რომელთაც ჩამოტანილი მასები ემატება, მალღობიან. თვალუწვდენელ გეოლოგიურ დროთა მანძილზე მიწის ზედაპირი



სურ. 93. „არეულშრეებრივი კონგლომერატი“. მტკვრის მარცხენა ნაპირი მეტეხის ქვეშ. ქვეშ განლაგებულია ნორმული ზღვიური ფილა-თიხები. ზევით მათ მოჰყვება მეწყრულად დაწყვეტილი ქანები. მეწყერი აქ განვითარებულა, როდესაც ეს ადგილი ჯერ კიდევ ზღვას ეკირა.

უნდა მოსწორდეს და გრავიტაციული წონასწორობა დამყარდეს. ასეც მოხდებოდა, რომ სხვა მიზეზები ახალი მალღობების წარმოშობას არ იწვევდეს.

მეწყრულ მოვლენებს და მათ შესწავლას, უკეთ რომ ვთქვათ, მათი წარმოშობის პირობების შესწავლას და მათთან ბრძოლას ძლიერ დიდი სახალხომეურნეობრივი მნიშვნელობა აქვს. მეწყრები დიდ ზარალს აყენებენ მთიანი მხარეების მოსახლეობას და არამცირე ზარალი მოაქვთ შედარებით ვაკე ადგილებშიც: აძნელებენ გზების მშენებლობას და აძვირებენ მათ ექსპლოატაციას; გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვთ ჰიდროტექნიკური და საერთოდ კაპიტალური მშენებლობისთვის. საინჟინერო გეოლოგიის პასუხსაგები ამოცანა არის არამარტო უკვე დაძრულ მეწყრებთან ბრძო-

ლა, არამედ ასევე და კიდევ მეტად გეოლოგიური პირობების დეტალური შესწავლით მოსალოდნელია მიწყრების გამოვლინება და მათი არიდება ან, თუ ეს შეუძლებელია, ყოველგვარი ხიფათის ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებათა გათვალისწინება.

### ზოგი შეკითხვა და რაეცა

რით განსხვავდებიან ფიზიოგრაფიული და ისტორიული გეოლოგია? რას ჰქვია გარდინამიური და შიგდინამიური მოვლენები (დაასახელეთ მაგალითები).

რას უწოდებენ ფიტვას? რა და რა ფიტვას არჩევენ ჩვეულებრივ? ტემპერატურა იწვევს ფიტვას თუ ტემპერატურის ცვლა? როგორ? როგორ მოქმედებს ამ მხრივ ყინვა? მცენარეები და ცხოველები?

დაასახელეთ და განმარტეთ ქიმიური ფიტვის მაგალითები. ასევე ორგანოგენული ფიტვის მაგალითები.

რა არის ფიტვითი ქერქი? მისი სისქე? რა უშლის ხელს ფიტვის გავრცელებას სიღრმეში? რას ჰქვია ნიადაგი და როგორ ხდება მისი განვითარება?

რა არის გრავიტაციული დენუდაცია? ნახვავის კალთები? რით განსხვავდება ზეაეი და მეწყერი? თუ გინახავთ მეწყერი და სად? რა არის დინებითი და ცოცვითი მეწყერი? როგორ წარმოიშობა მეწყერული ტერასები (დანახეთ)? რა არის მდლოდი? როგორ წარმოიშობა. თავწახრილი შრეები?

### მიწასქვეშა წყალი

წყაროები მიწიდან გამოდიან, ნაკადულებად იყრიან თავს და მდინარეებს ჰკევაბვენ. თითქო ნათელია, რომ მიწა წყალს უნდა იძლეოდეს. ამისვე საბუთი ჩანს ისიც, რომ მიწაში გათხრილ კებშიც წყალი ამოდის. ამიტომ ერთ დროს ფიქრობდნენ, რომ მდინარეებს მიწა ასაზრდოებსო. მაგრამ უკვე ჩვენი ერის დასაწყისში გამოითქვა აზრი, რომ მიწასქვეშა წყალი ძირითადად წვიმისა და თოვლ-ყინულის წყალია ზევიდან ჩანადენი. გავიდა საუკუნეები და ფრანგმა ინჟინერმა პერომ ეს მოსაზრება ოდენობითად შეამოწმა და დაადასტურა. მან გამოიანგარიშა მდინარე სენის აუზის ერთ ნაწილზე მოსული ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა წლის განმავლობაში, გაზომა მდინარის ქსელის სათანადო ნაწილის დებიტი და ნათელჰყო რომ ჩამონადენი (ე. ი. წვიმის დეარების სახით მდინარეებში შენადენი წყალი) ნალექის მცირე ნაწილი არის მხოლოდ. დანარჩენი მიწაში უნდა ჩაიფონოს ან აორთქლდეს. მაშასადამე, მიწასქვეშა წყალი ზევიდან ჩანადენი არის.

დღეს ეს საკითხი ძირითადად სადავო აღარ არის. ოკეანის ზედაპირიდან აორთქლებული წყალი ორთქლის ან ღრუბლების სახით ჰაერის დინებებს ხმელეთისკენაც გადმოაქვს და წვიმის ან თოვლის თუ სეტყვის სახით ლექავს. ნალექი მდინარეების მეშვეობით ისევ ოკეანეს უბრუნდება. ამას უწოდებენ წყლის ცირკულაციას მიწაზე. ეს არის წყლის ზედაპირული მობრუნალი და არა ახალი წყლის ამოდინება მიწიდან.

ატმოსფერული ნალექი ხმელეთზე სამად იყოფა: ნაწილი ორთქლდება, ნაწილი ღვარებად დაედინება და ნაწილი მიწაში ჩადის. სწორედ ეს უკანასკნელი ჰკვებავს მიწასქვეშა წყალს.

სამი ნაწილი კია, მაგრამ ძლიერ არათანასწორი. შეფარდება მათ შორის სხვადასხვა პირობებში სხვადასხვა არის: თუ ჰავა ცხელი და მშრალია, აორთქლება ჰარბობს; თუ ჰავა ნესტიანია, რელიეფი ძლიერ დაქანებული და მიწის ზედაპირის ქანების წყალგამტარობა სუსტი, მთავარი იქნება ჩამონადენი, ხოლო ვაკე რელიეფისა და წყალგამტარი ქანების (მაგ., ქვიშის და ხვინჯის) პირობებში — მიწაში ჩანაჟონი.

ატმოსფერულ წყალს, რომელიც ამგვარად მიწაში ჩადის და წყაროების სახით უკანვე ამოდის ზედაპირზე, ცნობილმა გეოლოგმა ზუსმა ვადოზური<sup>1</sup>, ანუ მთარული უწოდა. არის თუ არა ეს მთელი მიწასქვეშა წყალი? არის თუ არა მიწასქვეშა წყალში სხვაგვარი მინარევიც?

ეს საკითხიც დღეს პრინციპულად სადავო აღარ არის. წყალს იძლევა მაგმეული გაზებიც. როგორც შემდეგ დაეინახეთ, მრავალ შემთხვევაში წყალი ვულკანებთან არის აშკარად დაკავშირებული. მაშასადამე, მიწასქვეშა წყალში არის ნაწილი, რომელიც არც ზღვაში, არც ატმოსფეროში ჯერ აროდენს ყოფილა და პირველად ებმის წყლის ცირკულაციაში. ასეთ წყალს იმავე ზუსმა იუვენური<sup>2</sup> უწოდა. იუვენური წყლის არსებობა დღეს საკამათოდ არ ითვლება, მაგრამ რამდენად დიდია მისი როლი მიწასქვეშა წყლის შედგენილობაში, ეს საკითხი სრულიად გაურკვეველი რჩება. ეს კია, რომ, თუ ვადოზურ წყალს იუვენურიც ემატება, წყლის რაოდენობა მიწაზე ძლიერ ნელა, მაგრამ უწყვეტლივ უნდა იზრდებოდეს. არის შეხედულება, რომ დასაწყისში მიწაზე წყალი არც იყო

<sup>1</sup> Vadnus, ლათ. — მარჩხი, ზერელე.

<sup>2</sup> Juvenis, ლათ. — ახალგაზრდა, ყმაწვილი.

და მთელი ჰიდროსფერო ამ გზით, ე. ი. იუვენური წყლისა და ატმოსფერული ორთქლის ხარჯზე არის წარმოშობილი.

ვადოზური და იუვენური წყალი მიწასქვეშა წყლის ორი მთავარი კომპონენტი არის, მაგრამ ამათ გვერდით არის სხვაც. ასეთი იქნება ქანის თანდალექილი წყალი, რომელსაც ქანი დალექვისასვე შეიცავს და ატმოსფერულ ნალექებთან უშუალო კავშირი არა აქვს. ეს შეიძლება იყოს ზღვის წყალი და სხვაც ყოველგვარი, რომელშიც კი დალექვა ხდება. თუ ასეთი წყალი წყალგაუვალ ფენებს შუა არის მომწყვდეული და ადგილზე რჩება უცვლელი, ეს იქნება განამარხებული წყალი.

მომწყვდეული წყალი, განამარხებული იქნება იგი თუ სხვა, უძრავი არის, ხოლო მიწასქვეშა წყლისთვის საერთოდ მოძრაობა არის დამახასიათებელი. სწორედ ამიტომ საჭირო არის ამთავითვე გავიცნოთ მიწაში წყლის მოძრაობის პირობები. ამ საკითხს ისევე, როგორც მიწასქვეშა წყლის სხვა პრობლემებს, შეისწავლის გეოლოგიის სპეციალური დარგი — ჰიდროგეოლოგია.

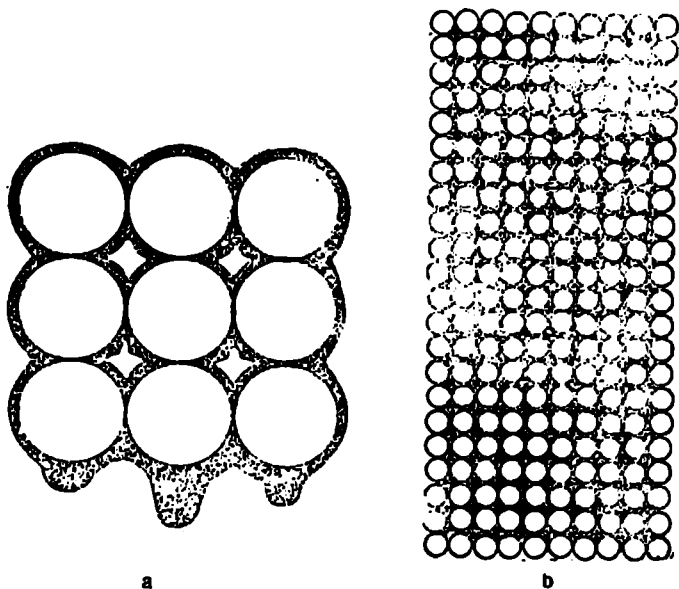
რაიმე სხეული, მაგალითად ქვის კენჭი რომ წყალში დავასველოთ და ლამბაქზე დავდოთ, მისგან წყალი არ წვეთავს. წყლის თხელი ბრკე ზედაპირზე იმდენად ძლიერად მიიზიდება კენჭის მიერ, რომ სიმძიმის ძალა მას ვერ დასძრავს. მხოლოდ ლამბაქთან შეხების ადგილას გაისრისება ბრკე და ლამბაქსაც დაასველებს. ასეთივე თხელი ბრკე აქვს გადაკრული ქანის (მაგ., ქვიშის) შემადგენელ მარცვლებს. ამ ბრკეულ წყალს სიმძიმის ძალა მარცვალს ვერ დააშორებს.

წარმოვიდგინოთ, რომ მარცვლები საკმაოდ დიდია. იქ, სადაც მარცვალი მარცვალს ებჯინება, ბრკე გაისრისება, ხოლო თავისუფალ ზედაპირზე უცვლელი დარჩება. მაინც ეს არ იქმარებს მარცვალთ შუა პორების ამოსავსებად, დარჩება თავისუფალი ადგილი (სურ. 94) და, თუ შიგ წყალი მოხვდა, სიმძიმის გავლენით თავისუფლად იმოძრავენს ქვევითკენ. ეს იქნება თავისუფალი წყალი, ანუ ბრკესგარეთი წყალი.

ახლა დავუშვათ, რომ მარცვლები იმდენად პაწიები არიან და პორები მათ შუა იმდენად მცირეა, რომ ბრკეულმა წყალმა ისინი მთლიანად ამოავსო (სურ. 94). თავისუფალი წყლისთვის ადგილი აღარ დარჩება და აღარც ქანში წყლის გრავიტაციული მოძრაობა იქნება შესაძლებელი. ამის მიხედვით არჩევენ წყალგამტარ და წყალგაუვალ ქანებს. თუ ქანი უპრობა ან პორები იმდენად მცო-



რეა, რომ ბრკეულ წყალს გარეთ თავისუფალი ადგილი არ რჩება: ქანი წყალგაუვებელი იქნება. თუ მარცვალ და პორები საკმაოდ დიდია, რათა თავისუფალი წყლისთვის ადგილი დარჩეს. ქანი წყალგამტარია. თანაც, რაც უფრო პატარაა წყალგამტარი პორები, მით უფრო გამძნელებული და სელი იქნება წყლის მოძრაობა, რადგან ასეთ პირობებში ხახუნის წინააღმდეგობა დიდია.



სურ. 94a. ქანის მარცვლებს გარს აკრავს წყლის თხელი ბრკე. ამ წყალს მარცვალ იმდენად ძლიერად იზიდავს, რომ სიმძიმის ძალა მას ვერ დასძრავს. მაგრამ აქ ქანის პორები ისე დიდია, რომ ბრკეულ წყალს მისი ნაწილი უჭირავს მხოლოდ. რჩება თავისუფალი ადგილი. იქ მოქცეული წყალი იმდენად დაშორებული იქნება უახლოეს მარცვლებს, რომ სიმძიმის ძალა უფრო ძლიერი აღმოჩნდება. ვიდრე მარცვალს მიერი მიზიდება. წყალი იმოძრაებს პორებში სიმძიმის შესაბამისად. ეს არის თავისუფალი წყალი.

სურ. 94b. პორები იმდენად მცირეა, რომ ბრკეული წყლის სისქე კმარა მათ ამოსავსებად. თავისუფალი წყლისთვის ადგილი აღარ რჩება. ქანი წყალგაუვებელია, თუმცა პოროანი.

ამას უნდა დავუმატოთ, რომ შეიძლება ქანი საესებით მკვრივი, ე. ი. უპორო იყოს და მაინც წყალგამტარი. ეს მოხდება მაშინ, თუ ქანი დაბზარულია.

დასასრულ, თუ წყალგამტარ ქანში წყალი არის, მას წყლიანი ეწოდება. მაშასადამე, შესაძლებელია წყალგამტარი ქანი უწყლოც (მშრალი) იყოს.

წყლის მოძრაობა და განაწილება მიწის ზედაპირს ქვეშე გარკვეულ კანონზომიერებებს ემორჩილება. ზედაპირს უშუალოდ ნიადაგი მოსდევს. ეს შედარებით თხელი ფენა წმინდამარცვლოვანი ორგანიული ნივთიერებით არის გამდიდრებული და ამიტომ მისი წყალგამტარობა ძლიერ მცირეა. ზევიდან ჩამოსული წყალი აქ ჩერდება ნაწილობრივ და წარმოშობს წყლის ფენას, რომელსაც ნიადაგის წყალს ეწოდებენ.

პედასტრის ნიადაგს ქვევით მოსდევს ფიტვიითი ქერქის ღორღი, ორგანიული ნივთიერებისგან თავისუფალი ან ღარიბი. რაკი მარცვლებს შუა პორები ორგანიული ნივთიერებით ამოვსილი არ არის. წყალგამტარობა გაცილებით მეტია. ნიადაგიდან წყალი აქეთკენ „წვეთავს“. ეს ქვევითკენი მოძრაობა გაგოთელდება სიღრმეში, სანამ წყალს რაიმე დაბრკოლება არ შეხვდება — წყალგაუვალი ან მცირედ გამტარი ფენა. აქ მოძრაობა შეჩერდება ან შენელება და წყალი დაგროვებას იწყებს. წარმოიშობა ისევ წყლიანი ფენა, რომელშიც გრუნტის წყალი არის მოთავსებული. რაკი ვერტიკალურად ქვევითკენ მოძრაობა შეფერხებული არის, გრუნტის წყალი ახლა განზე იწყებს დინებას დაქანების მიმართულებით. თანაც მისი დონე ზევით იწევს, სანამ შემოსავალსა და გასავალს შორის წონასწორობა არ დამყარდება.

ამგვარად, ტიპურ შემთხვევაში შემდეგი სურათი წარმოიშობა: 1. ზევით ნიადაგის წყლის ფენა. ეს ფენა წყლით არის გაჯღენთილი, მაგრამ არა გაჯერებული, — აქ ჰაერის მოძრაობაც არის. 2. ნიადაგის წყალსა და გრუნტის წყალს შუა არის ფენა, რომელშიც წყალი წვეთავს და ჰაერიც მოძრაობს. ამ ფენას ნიადაგის წყლის ფენასთან ერთად აერაციის ზონას<sup>1</sup> ეწოდებენ. 3. შემდეგ იქნება გრუნტის წყლის ფენა ანუ გაჯერების ზონა, რომელშიც პორები მთლიანად წყლით არის ავსილი. ჰაერი მხოლოდ წყალში გახსნილი გვხვდება (სურ. 95).

გრუნტის წყლის ზედაპირს გრუნტის წყლის სარკეს ეწოდებენ, თუმცა იგი სარკის ზედაპირივით მკვეთრი როდია. პირიქით, კაპილარობის გამო უსწორმასწოროდ და თანდათანობით გადადის აერაციის ზონაში. მეორე მხრივ, ეს ზედაპირი მრუდევ

<sup>1</sup> Aer, ლათ. — ჰაერი. „აერაცია“ — ჰაერის მიღინება.

არის: ზოგან ამჟღავნებული და ზოგან დადაბლებული. მისი ასეთი რელიეფი მკვიდროდ არის დაკავშირებული ტოპოგრაფიულ რელიეფთან: ბორცვებს ქვეშ მალალია და ხეობებში დაბალი, თუმცა ორივე შემთხვევაში ტოპოგრაფიას ჩამორჩება, ნაკლებ კონტრასტულია (სურ. 95),

გრუნტის წყლის დონის (სარკის) მდებარეობას განსაზღვრავენ არა მისი აბსოლუტური სიმაღლით, არამედ მისი დაშორებით ტოპოგრაფიული ზედაპირიდან, ე. ი. სიღრმით. ნესტიანი ჰავის პირობებში, სადაც წყალი უხვად ჩაქონავს მიწაში, გრუნტის წყლის დონის სიღრმე მცირეა, მშრალ ჰავეში შეიძლება ძლიერ დიდი იყოს (ასეული მეტრები უდაბნოში).



სურ. 95. აერაციის ზონა — გრუნტის წყალი.  
1—ნიადაგის წყალი; 1 და 2—აერაციის ზონა; 3—გრუნტის წყალი.

დროის განმავლობაში გრუნტის წყლის დონე უცვლელი არ არის. ნალექების ნაკლებობის პირობებში დონე ქვევით დაიწევს და შეიძლება ზოგი ქის და წყაროს დაშრობა გამოიწვიოს. ზევიტკენ აწევის შემთხვევაში გრუნტის წყლის დონე შეიძლება ნიადაგის წყლის ფენას შეერთოს. აერაციის ზონა გამოითიშება და უბნის დაქაობება მოხდება. შეიძლება ტბაც წარმოიშვას.

უფრო რთულია მიწასქვეშა წყლის ქვედა საზღვრის საკითხი. გრუნტის წყალი პირველსავე წყალგაუვალ ფენასთან გათავდება. მაგრამ წყალი ხომ იმ ფენას ქვეშაც შეიძლება იყოს და არის კიდევაც. ნავთობის ძიების პროცესში წყალს ზვდებიან ყველა სიღრმეზე, სადამდეც კი ბურღვლები აღწევს, მაგრამ უფრო-და-უფრო მცირეს. ფიქრობენ, რომ 10-ოდე კილომეტრის სიღრმეზე თავისუფალი წყალი მიწაში საერთოდ აღარ უნდა იყოს მაღალი ტემპერატურის გამო.

წყალი მიწას ქვეშ უძრავი არ არის. როგორც არაერთხელ აღვნიშნეთ, იგი დაქანებისკენ მიედინება, თორემ გრუნტის წყლის სარკე პორიზონტული უნდა ყოფილიყო. ეს კია, რომ მიწასქვეშა წყლის დინება ძლიერ ნელია, ჩვეულებრივ თითქმის შეუმჩნეველი.

რაც პაწია პორებში ხახუნის წინააღმდეგობით აიხსნება. მართალია, სარწმუნოდ გაზომილი მაქსიმალური სიჩქარე აღწევს 250 მეტრს დღელამეში, მაგრამ ეს განსაკუთრებული შემთხვევა არის, არაჩვეულებრივ ხელსაყრელ პირობებში. საშუალო მაქსიმუმი არის 5 მეტრი და მინიმუმი 1,5 სანტიმეტრი დღელამეში. საკმაოა მოვიგონოთ ჩვენი მდინარეები, რათა დავინახოთ, თუ რამდენად მცირეა ეს სიჩქარე მათ სიჩქარესთან შედარებით.

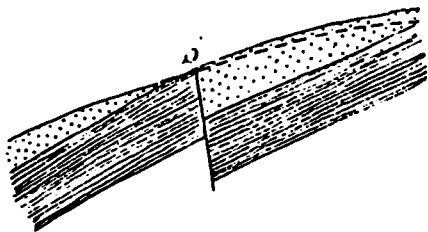
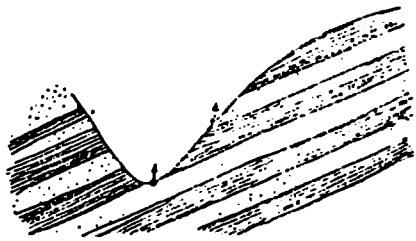
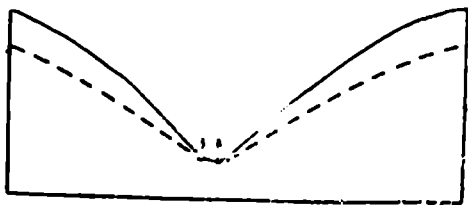
გრუნტის წყლის ძებნისას ჰებს და ბურღვილებს იყენებენ. სანამ ჰის ორმო აერაციის ზონაში არის, შიგ წყალი არ იქნება, რადგან ჰვევითკენ წვეთავს თავისუფლად, მაგრამ როგორც კი ჰა გრუნტის წყლამდე მიაღწევს და შიგ ჩაიჭრება, ჰაში ფსკერიდან და გვერდებიდან წყალი შემოვა. მისი ზედაპირი გრუნტის წყლის სარკის დონეზე დადგება და მასთან ერთად იქანავებს.

ამგვარად, იმისათვის რომ მოქმედი ჰა მივიღოთ, საჭიროა გრუნტის წყლის სარკე გადავკვეთოთ. ასევე ხდება ბუნებაში წყაროების წამოღინება. წყაროები იქ ჩნდებიან, სადაც გრუნტის წყლის სარკე ტოპოგრაფიული ზედაპირით გადაიკვეთება. თუ ჰა მით უფრო მისწვდება წყალს, რაც უფრო ღრმა არის იგი, ასევე იქნება წყაროების შემთხვევაშიც: მათი გამოღინება მით უფრო მოსალოდნელია, რაც უფრო ღრმად არის ჩაჭრილი ტოპოგრაფიული ზედაპირი. ამიტომ არის წყაროების სიმრავლე მდინარეების პირას, სადაც კი ქანები წყალგამტარია. ბევრი წყარო მდინარის კალაპოტშიც ამოღის, მაგრამ მათ ჩვენ ვერ ვხედავთ.

მიწასქვეშა წყალი ჰკვებავს მდინარეებს წყაროების მეშვეობით და უშუალოდაც. ეს იქნება მისი ხარჯი. ხარჯის ასანაზღაურებლად აუცილებელია შემოსავალი, თორემ ბოლოს წყაროებიც დაშრებოდნენ და მიწასქვეშა წყალიც. ამ შემოსავალს მიწასქვეშა წყალს, როგორც ვიცით, ატმოსფერული ნალექები აძლევენ. ის ფართობი, საიდანაც ამ ნალექების შეკრება ხდება, იქნება წყაროების კვების უბანი (სურ. 96).

ყოველთვის და ყოველგვარი მიწასქვეშა წყალი როდი ჰკვებავს მდინარეს. გარკვეულ გეოლოგიურ პირობებში ზოგჯერ საწინააღმდეგოც მოხდება. მდ. არაგვი სოფელ მისაქციელთან მუხრანის ველზე გამოდის. ველი მდინარეული რიყით, ხვინჭით, ქვიშიანი თიხით არის დაფარული. მდინარიდან დიდძალი წყალი ამ უაღრესად წყალგამტარ ნალექებში გადის, რადგან მდინარე უფრო მაღლა მდებარეობს, ვიდრე გრუნტის წყლის დონე.

წარმოებს არაგვიდან მუხრანის ველისკენ წყლის ინფილტრაცია<sup>1</sup>. ამგვარად გამდიდრებული გრუნტის წყალი სამხრეთისკენ მოძრაობს ისევე, როგორც მდინარე. მაგრამ კვერნაყის ქედთან მდინარეული ნალექების საფარი თავდება, გრუნტის წყალს წინ წყალგაუვალი ქანები ელობება და გზას უჭირს. ამის გამო შეგუბებული გრუნტის წყლის დონე აწეულია უფრო მაღლა, ვიდრე წყლის დონე არაგვში. აქ უკვე გრუნტის წყალი მიედინება არაგვისკენ. ამგვარად წარმოშობილიყო არაგვის ქალაში უხვი წყაროები, რომელთაც ნატახტარის წყაროებს უწოდებდნენ. დღეს ეს წყაროები დაკაბტაჟებული<sup>2</sup> არიან ბურღვილებით და თბილისს აწვდიან სასმელ წყალს.



იქვე მეორე საგულისხმო მოვლენაც არის. როდესაც მისაქციელთან არაგვის ქალაში მდინარის გვერდით ბურღვილი გასჭრეს, კალაპოტს ქვევით წყალი არ აღმოჩნდა: გრუნტის წყალი უფრო დაბლა არის და მოკლე ბურღვილმა იქამდე ვერ მიაღწია. მდინარეს ქვეშ აერაციის ზონა არის და მდინარიდან ქვევითკენ წყალი განუწყვეტლივ წვეთავს. ამგვარად გრუნტის წყლის სარკე

სურ. 96. წყაროები. ზედა ნახაზზე ნაგულისხმევია ერთიანად წყალგამტარი ქანები. წვეტილი ხაზი წარმოადგენს გრუნტის წყლის სარკეს. ხეობაში, სადაც ეს ზედაპირი რელიეფს გადაუკვეთია, გამოდის წყაროები (ნახაზზე წერტილ-ისარი).

შუა ნახაზზე წყალგამტარი (დაწერტილი) და წყალგაუვალი (დაშტრიხული) ქანების მორიგეობა გვაქვს. წყალი მომწყვდელია წყალგაუვალ ფენებს შუა. წყაროები გამოდის, სადაც რელიეფს წყალგაუვალი ფენა გაუკვეთია და წყლიანში შესულა (უკანასკნელი ზევით გაშიშვლებულია და წყალს აქვდან იღებს, ეს არის მისი კვების უბანი). ქვედა ნახაზზე ასეთივე ფენები ნახსლევით არიან ზედაპირზე ამოტანილი.

<sup>1</sup> Filtre, ფრანგ.—წურვა. „ინფილტრაცია“—ჩაჟონვა.

<sup>2</sup> Capter, ფრანგ.—დაჭერა. „კაბტაჟი“—მიწასქვეშა წყლის ხელოვნურ სადენში მოკრება, ვ. ი. „დაჭერა“ არის.

მდინარის ქვეშ არის საკმაოდ ღრმად, ხოლო წყლის დინება მდინარის პარალელურია. ამაზედ იტყვიან ხოლმე, მიწასქვეშა არაგვიაო.

ასევე, როდესაც სოხუმთან მდინარე გუმისთის ჭალაში სასმელ წყალს ეძებდნენ, ზემოთ მდინარეს ქვეშ ალუვიონში წყალი არ აღმოჩნდა, მაგრამ ქვემოთ, ზღვასთან, გრუნტის წყალს სადინებელი გზა აღარ აქვს შეგუბების გამო. მისი დონე ზევით იწევს და მდინარეს ერთვის, როგორც ნატახტარის წყაროების უბანში.

მიწასქვეშა წყლის მოქმედებაზე უკვე გვქონდა ლაპარაკი. აღვნიშნავდით გახსნისა და ქიმიური რეაქციების მოვლენებს ფიტვის პროცესში. ახლა ამას უნდა დავუმატოთ დალექვის მოვლენები.

თუ წყალი თავისთავად და კიდევ მეტად წყალში გახსნილი  $CO_2$ -ის და მისთანათა მეოხებით დიდ ენერგიას იჩენს სხვადასხვა მინერალების გახსნის მხრივ. სამაგიეროდ, როდესაც გახსნილი ნივთიერებით დატვირთული წყალი ორთქლდება ან  $CO_2$ -ს ჰკარგავს, დალექვა უნდა მოხდეს. ასეა, რომ თბილის-ორჯონიკიძის შოსის პირას, ჯვარის გადასავალს რომ გავსცდებით, არ შეიძლება ყურადღება არ მივაქციოთ, რომ წყაროს დაუღექავს და ახლაც ლექავს კლდის ზედაპირზე კალციტის კრიალა თეთრ ქერქს. ეს ნალექი, ტ რ ა ვ ე რ ტ ი ნ ი ს<sup>1</sup> ბუნებისა, ძლიერ მკვრივია. უფრო ხშირად წყაროები ლექავენ პორიან მსუბუქ ქანს, რომელსაც კ ი რ ქ ვ ი ს ტ უ ფ ი<sup>2</sup> ჰქვია. ასეთი ტუფით არის აგებული ცნობილი ნიკორწმინდის ტაძარი. სხვა წყაროები კიდევ სილიციუმქანგას ლექავენ. ორივე ეს ნალექი ძლიერ არის გავრცელებული მთელ მიწაზე.

უფრო მნიშვნელოვანია მეორე მოვლენა. თბილისის მიდამოში გავრცელებული პალეოგენური ქანები მდიდარი არიან თაბაშირით. მიწასქვეშა წყალი ამ მარილს ხსნის, გარეთ გამოაქვს და აქ ფიტვითი ქერქის ფენაში ლექავს. ასეა წარმოშობილი ნავთლულის გაჯის საბადო. გაჯი, რომელიც მშენებლობაში იხმარება, თაბაშირით გამდიდრებულ სილიან თიხას წარმოადგენს. თაბაშირი პორებში არის ჩალექილი.

ასევე არის ჩალექილი კალციტი თბილისის ტერასულ ნალექებში, რასაც ამ ფხვიერი ქანის შედუღაბება, ანუ ც ე მ ე ნ-

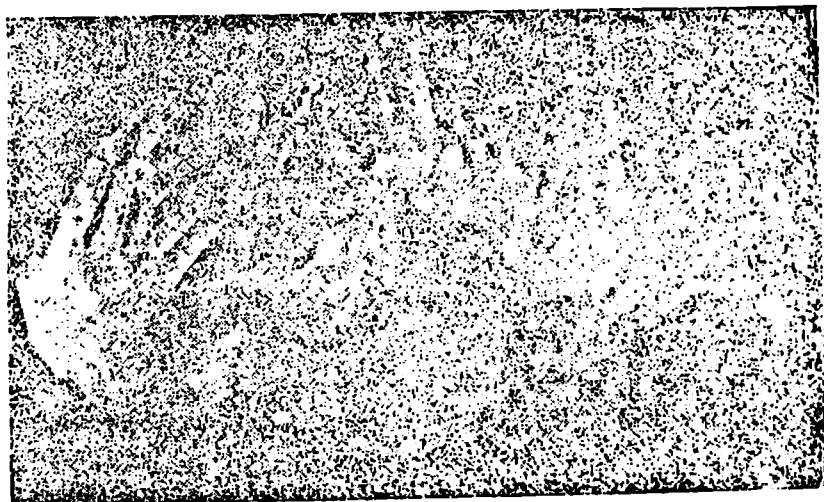
1 ძვ. ლათინური lapis liburtinus. აქედან იტალიური travertino.

2 ძვ. ლათინური სიტყვაა. ნიშნავდა ვულკანურ ტუფს.

ტ ა ც ი ა<sup>1</sup> გამოუწვევია: რიყისა და ხვინჯის ნაცვლად დღეს კონგლომერატი გვაქვს. ცემენტაცია იმდენად მტკიცეა, რომ მუშებმა არჩევნ მკვიდრი ქვიშაქვების გაქრას, ვიდრე ამ კონგლომერატებისას.

ცემენტაციის პროცესი ფართოდ მიმდინარეობს სიღრმეში. ნალექების დიაგენეზისის ერთი მთავარი ნაწილი სწორედ ეს არის და მისი უზრუნველყოფა მიწასქვეშა წყლის საქმეა.

ნალექვა შეიძლება ნაპრალებში მოხდეს და ამგვარად წარმოიშობა ძარღვები: კალციტის, კვარცის და სხვა. ნაპრალებსა და



სურ. 97. კ ვ ა რ ც ი ს კ რ ი ს ტ ა ლ ე ბ ი ს დ რ უ ზ ა .

სხვა სიღრმეებში ნალექვა შეიძლება მკაფიო კრისტალები გამოჰყოფს. ამგვარად წარმოიშობა კრისტალების თავისებური ჯგუფები, ანუ დ რ უ ზ ე ბ ი<sup>2</sup> (სურ. 97). უცნაური ფორმა აქვს ე. წ. დ ე ნ დ რ ი ტ ე ბ ს<sup>3</sup> (სურ. 98). ეს არის რკინის ან მანგანუმის უანგების ნალექი შრის ზედაპირზე ან ნაპრალის კედელზე. კაცს ეგონება მცენარის ანაბექლიაო.

<sup>1</sup> Caementum, ლათ.— როკი. აქედან თანამედროვე „ცემენტი“. დღეობის მნიშვნელობით.

<sup>2</sup> Druse, გერმან.— ჭირუვალი. აქედან კრისტალებით ამოვსებული ღრუ ქანში.

<sup>3</sup> „დენდრონ“, ბერძნ.— ხე. „დენდრიტი“ — ხისებური (მცენარისებური).

აქედე ჩვენ ვეცნობოდით მიწასქვეშა წყლის ერთ სახეს მხოლოდ. ისეთს, როდესაც წყალი მომწყვდეული არ არის და ქაში, რა სიღრმეზედაც გამოჩნდება, იქვე დგას. სხვა არის მომწყვდე-



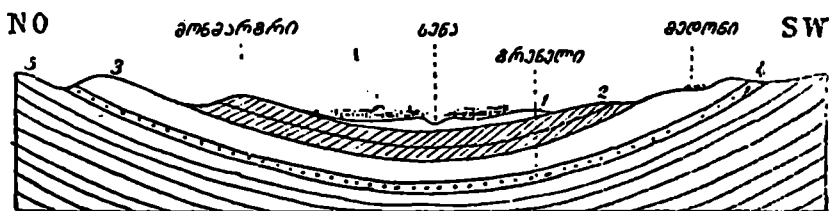
სურ. 98. მ ა ნ გ ა ნ უ მ ქ ა ნ გ ი ს დ ე ნ რ ი ტ ი ნ ა პ რ ა ლ ის ზ ე და პ ი რ ზ ე .

ული წყალი. ვთქვათ, არის წყალგაუვალ და სინკლინურად ჩაზნექილი შრეები 3 და 5 და მათ შუა მოთავსებულია წყლიანი შრეები (სურ. 99). რაკი წყალს მოძრაობის თავისუფლება არა აქვს და სიმძიმის ძალას ვერ მიჰყვება, მისი ზედაპირი ჰორიზონტული ვერ იქნება. იგი მორგებულია წყალგაუვალ შრეებზე და, მაშასადამე, ისევე ჩაზნექილი. სინკლინის შუა ნაწილში რომ ბურღვილი გავატაროთ და წყლიან ფენამდე მივიდეთ, ბურღვილში წყალი შემოვა, მაგრამ იქვე კი არ დადგება, ზევით ავოიჭრება და აქ შადრევანის სახით ამოხეთქს. ეს იმიტომ, რომ ჰიდროსტატიკური



წნევა ბურღვილის ძირში უდრის მომწყვედელი წყლის ვერტიკალური სვეტის წონას და ჰიდროსტატიკური წონასწორობის მისაღწევად წყალმა ბურღვილში ამდენადვე უნდა აიწიოს.

ასეთ წყალს, რომელიც ჰაში თუ ბურღვილში ზევიან ამოდის საკუთარი ძალით, წნევიანი ანუ არტეზიული ჰქვია. სახელწოდება არტეზიული მომდინარეობს საფრანგეთის კუთხიდან არტუა (Artois), სადაც ევროპის პირველი ასეთი ჰა გაიჭრა. ძველ ეგვიპტეში და ჩინეთში არტეზიული ჰები უხსოვარი დროიდან იყენებენ ცნობილი.



სურ. 99. პარიზის არტეზიული აუზი. მეოთხეული (1), მესამეული (2) და ცარტული (3, 4, 5) ნალექები სინკლინურ არიან ჩაზნექილი. წყალგამტარი შუაყარტული (4) წყალგაუვალ შრეებს შუა (3 და 5) არის მოქცეული და მასში მომწყვედელი წყალი წნევიანია, იკვებება აუზის კიდეებიდან, სადაც 4 ზედაპირზე ამოდის, გრენელის არტეზიული ჰა 550 მეტრის სიღრმეა და დღეღამეში 3.106 ლიტრ წყალს იძლევა.

არტეზიული წყალი მაინცდამაინც სინკლინურ სტრუქტურას როდი ჰგულისხმობს. საკმაოა მომწყვედელი წყლიანი შრე დაქანებული იყოს: თუ წყალგაუვალი სახურავი გავაკეთეთ. ისევ წნევიან წყალს მივიღებთ.

წნევიან ფენაში წყალი სადმე ზევიდან უნდა ჩადიოდეს გრავიტაციის წესით. ეს იქნება მისი კეების უბანი. ქვევით შეიძლება წყალს გაძნელებული გასავალი ჰქონდეს. ეს იქნება განტვირთვის უბანი. განტვირთვა შეიძლება იქვე ხდებოდეს, საიდანაც კვება წარმოებს. მაშინ წყლიან ფენაში წყალი უძრავი იქნება, სანამ ჰა გაიჭრება.

თუ წყალგაუვალ შრენარში, რომელიც წნევიან წყალს ზღუდავს, ნაპრალი არის, შეიძლება მას წყალი გაჰყვეს და ზედაპირზე ამოვიდეს. ასეთ წყაროს აღმავალი ჰქვია. აღმავალი წყაროსა

და ჩვეულებრივი წყაროს მსგავსება-განსხვავება ისეთივეა, როგორც ჩვეულებრივი და არტეზიული კებისა.

წნევიანი წყალი და აღმავალი წყაროები ხშირი მოვლენა არის. უფრო იშვიათია არტეზიული აუზები, ე. ი. წნევიანი წყლის ისეთი უბნები, რომელთაც დიდი ფართობი უჭირავთ. როგორც მაგალითი. შეიძლება დავასახელოთ შიგნით კახეთი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს არტეზიულ წყლებს უდაბნოებში.

გრუნტის წყლის ტემპერატურა დამოკიდებულია შემცავი ქანების ტემპერატურაზე (რაკი წყალი ნელა მოძრაობს), მაგრამ რადგან წყლის სითბოტევადობა დიდია, მისი გათბობა-გაცივება უფრო ზანტად ხდება და ტემპერატურაც ნაკლებად ცვალებადია. ამიტომ არის, რომ წყაროს წყლის ტემპერატურა დღე-ღამის განმავლობაში საგრძნობლად არ იცვლება. შეიძლება ითქვას, რომ გრუნტის წყლის ტემპერატურა მცირე სიღრმეზე ადგილის წლიურ საშუალო ტემპერატურას უდრის ან უახლოვდება.

სიღრმეში მიწის ტემპერატურა მატულობს და მასთან ერთად მატულობს პორებში ნელა მოძრავი მიწასქვეშა წყლის ტემპერატურაც. სათანადო წყაროების ტემპერატურა მაინც დაბალი რჩება. რადგან ზედაპირამდე მოსვლამდე წყალი ცივდება და ტემპერატურა წლიურ საშუალოს უახლოვდება.

სულ სხვაა, თუ წყალი ნაპრაღში მოძრაობს. ამ შემთხვევაში მოძრაობის სიჩქარე შეიძლება საკმაოდ დიდი იყოს და წყალი ისე მიაღწევს ზედაპირს, რომ გაცივებას ვერ მოასწრებს. ასეთ წყაროს, რომლის ტემპერატურა წლიურ საშუალოზე საგრძნობლად მაღალია, თერმულ წყაროს ან მოკლედ თერმის უწოდებენ. ცნობილია თბილისის თერმები ლელეთა-ხევის ხეობაში და მტკვრის მეორე ნაპირზედაც. ამ თერმების წყლის ტემპერატურა 41°-მდე აღწევს, მაშინ როდესაც ჰაერის წლიური საშუალო თბილისში 12,6° არის.

სადაც თერმული წყალი არის, მისი ზედაპირზე გაუცივებლად ამოყვანა უფრო ადვილია ხელოვნურად. მაგალითად, სამეგრელოში სოფ. ცაიშთან ნახშირის ქებნის პროცესში გაჭრილი ბურღილი შემთხვევით წყლიან ჰორიზონტს წააწყდა. იფეთქა ცხელი წყლის შადრევანმა, რომლის ტემპერატურა 81° არის. ცხალია, ზედაპირზე ამომავალი თერმული წყალი წნევიანი უნდა იყოს და

წყარო აღმავალი<sup>1</sup>. თანასწორი სიღრმის პირობებში წყლის ტემპერატურა მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო დიდია ადგილობრივი გეოთერმიული გრადიენტი. ამიტომ განსაკუთრებით ხშირია თერმული წყლები ვულკანურ მხარეებში, ხოლო გეიზერებში წყლის ტემპერატურა 100°-საც აღემატება.

წვიმის წყალშიც კი, და მიწასქვეშა წყალში მით უმეტეს, ყოველთვის არის გახსნილი სხვადასხვა ნივთიერების, გაზობრივის თუ მყარის, მეტი ან ნაკლები რაოდენობა. თუ ეს რაოდენობა ჩვეულს ასცილდა, იტყვიან მიწის ქარაღის წყალი. ჩვენში მინერალურ წყალს ხალხი ვეძახს უწოდებს. დამახასიათებელი ნივთიერების მიხედვით არჩევენ გოგირდის წყალს (თბილისი), რკინის წყალს და სხ. ნახშირჟანგიან წყალს მკავე წყალს უწოდებენ. მინერალური წყაროებიც მთიან და ვულკანურ მხარეებშია ხშირი. ძლიერ მდიდარია ამ მხრივ საქართველოც. ბევრი მინერალური წყალი სამკურნალოდ იხმარება. ასეთ წყლებს ჩვეულებრივ ადგილის სახელით აღნიშნავენ: ბორჯომის წყალი, საირმის წყალი და სხვა.

აქვე უნდა მოვიხსენიოთ დენაწყვეტილი წყაროების საგულისხმო მოვლენაც. ეს არის წყაროები, რომელნიც ხან გადმოდიან, ხშირად შადრევანის სახით, და ხან სრულიად შეწყდებიან და ასე მთელი მათი არსებობის მანძილზე. განსაკუთრებით საჩინო მაგალითს წარმოადგენენ გეიზერები.

აქამდე ჩვენ პორებში და ბზარებში მოძრავ მიწასქვეშა წყალს ვიხილავდით. ამის გვერდით ძლიერ გავრცელებული არის ნაპრალებში მოძრავი წყალი. მას შეიძლება ნაპრალებში მიწასქვეშა წყალი ვუწოდოთ.

ნაპრალები ქანებში ვითარდებიან ან ფიტვის გამო განწევრების ბზარების გაფართოების გზით, ან ტექტონიკური რღვევების შედეგად. გრუნტის წყლის დონეს ქვევით ისინი წყლით არიან სავსე და წყალგაუფალ ქანებში, როგორიც არის გრანიტი, კირქვა და მისთანები, ეს იქნება წყლის ცირკულაციის ერთადერთი გზა.

თუ ნაპრალები უხსნად ქანში არიან, მიწასქვეშა წყლის მოძრაობა მათ არ აფართოებს. შეიძლება ამოავსოს კიდევ ქიმიური ან მექანიკური ნალექით. მაგრამ თუ ქანი ხსნადია, ნაპრალებ-

<sup>1</sup> დიდი მთის შიგნითში ტემპერატურა მაღალი არის. ამიტომ ასეთი მთის ძირას თერმული წყალი ჯაღმავალიც შეიძლება იყოს, თუ ნაპრალს მიჰყვება და ჩქარი დინება აქვს.

ბის კედლები იხსნებიან და ნაპრალი თანდათან ფართოვდება ქანის ხსნადობის და წყლის სიუხვის შესაბამისად.

ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ქანებიდან წყალში საკმაოდ ხსნადობით გამოირჩევიან: თაბაშირი, კირქვა და დოლომიტი. როგორც კარგად ცნობილია, წყლის გამხსნელობა ძლიერ იმატებს. თუ კარბონატებში ნაჭშირუხანგით დატვირთული წყალი მოძრაობს. ნაპრალები ფართოვდებიან, წარმოიშობა სხვადასხვა სახის დიდი და პატარა სიღრუეები ზედაპირზე და მიწას ქვეშ და მივიღებთ კირქვიანი მხარეებისთვის უაღრესად დამახასიათებელ თავისებურ რელიეფს, რომელსაც კარსტული ჰქვია. სახელი მომდინარეობს იუგოსლავიის ადრიატიკის მიმდებარე კუთხისგან.

იმისათვის, რომ ტიპიური კარსტი განვითარდეს, საჭიროა კირქვების სქელი შრენარით დაფარული დიდი ფართობი. მოვლენას ხელს უწყობს ისიც, თუ ქანი სქელშრეებრივია ჯა თარაზული ან სუსტად დანაოჭებული. ჩვენში ასეთი პირობები გვაქვს რაქა-ლეჩხუმის და აფხაზეთის დიდ ნაწილში.

სადაც კი ასეთ პირობებში კირქვა გაშიშვლებულია და ზედზეწრული ჩამონადენი მოძრაობს, ქანის ზედაპირი დაღარულია ძლიერ თავისებური ნარვალებით, რომელნიც ზოგან უფრო გაფანტული არიან (სურ. 100), სხვაგან კი მჭიდროდ შეჯგუფებული (სურ. 101). ამ ღარებისათვის დამახასიათებელი არის გლუვი ზედაპირი, რომელიც აშკარად მოწმობს მოძრავი წყლის მიერ გახსნა-წარეცხვას. ეს არის იმ „ველური წყლების“ საქმე, რომელნიც ყოველი წვიმის თანამგზავრი არიან. სწორედ იმიტომ, რომ ქანი შიშველია და თან მტკიცე, ხოლო ღვარები მცირე, უკანასკნელთა მექანიკური მოქმედება უმნიშვნელოა და ძირითადი როლი გახსნას დარჩენია. ის ღარები ღვარული ნაკადების კვალია.

ძლიერ მსგავსი რამ შეიძლება მოგვცეს პატარა მდინარემაყ. თუ მისი კალაპოტი კირქვებშია გაჭრილი. მდინარე პატარა უნდა იყოს, რათა კალაპოტი მოტანილმა ღორღმა არ ამოავსოს და ქიმიური მოქმედება მექანიკურმა არ დაჩრდილოს. ასეთია ხევი წყალწითელა ქუთაისთან (სურ. 102): მასივ კირქვებში წყალს ვიწრო და ღრმა ხეობა გაუჭრია, ღორღი (ქვიშა და რიყე) თითქმის არ არის და კალაპოტი ლიბ კირქვებში არის მოთავსებული.

მთავარი მაინც სხვა არის. კარსტული მხარეები სწორედ მდინარეების სიცოტავით გამოირჩევიან: წყალი ქვევით ჩადის ბზარებში. სადაც კი ასეთი ჩადინება ხდება, ბზარები ქანის გახს-

მის გამო ფართოვდებიან და ვითარდებიან ნაპრალები. თუ ერთ ადგილას რამოდენიმე ნაპრალი იყრის თავს და წყლის ჩადინებაც უფრო ინტენსიურია, აქ მასის დანაკლისი დიდი იქნება. ადგილი გათავისუფლდება და ქანი საკუთარი სიმძიმის გავლენით ჩაწვება და წარმოიშობა მეტ წილად ძაბრისებური ორმო, რომელსაც



სურ. 100. წყლის ჩადინები კირქვაზე.

სასულეს უწოდებენ (სურ. 103): კარსტული სასულის დიამეტრი შეიძლება ერთი მეტრი იყოს, ათიოდე მეტრი და ბევრად მეტიც. სასულის ცენტრში ააწყლე ნაპრალები შეიძლება ღია ჩანდეს და შეიძლება დაფარულიც იყოს კირქვის გახსნის შემდეგ დარჩენილი წითელი მიწით. წვიმის დროს სასულეში წყალი ჩადის. კარგ ამინდში იგი მშრალია, როგორც წესი, თუმცა არის ისეთი სასულეებიც, რომლებშიაც პატარა ნაკადული იკარგება.

სასულეში ჩასული წყალი მიხვეულ-მოხვეულ. ან ტეხილ გზას მიჰყვება. იმის მიხედვით, თუ როგორ იყო განლაგებული ნაპრალები. სხვადასხვა სასულეში ჩადინებული წყალი ჩვეულებრივად მიწას ქვეშ უფრო დიდ არხებში იყრის თავს და მოზრდილი ნა-

კადები წარმოიშობიან. წყალი აქაც განაგრძობს კირქვის გახსნას და ისე აფართოებს თავის გზას, რომ პირველ ხანად პატარა, ძლიერ უსწორმასწორო გვირაბი შეიძლება უზარმაზარი გამოქვაბულებით შეიცვალოს. ბოლოს წყალი გრუნტის წყალს ერთვის სადმე დაბლობში ან ზედაპირზე ამოდის და უახლოესი მდინარისკენ

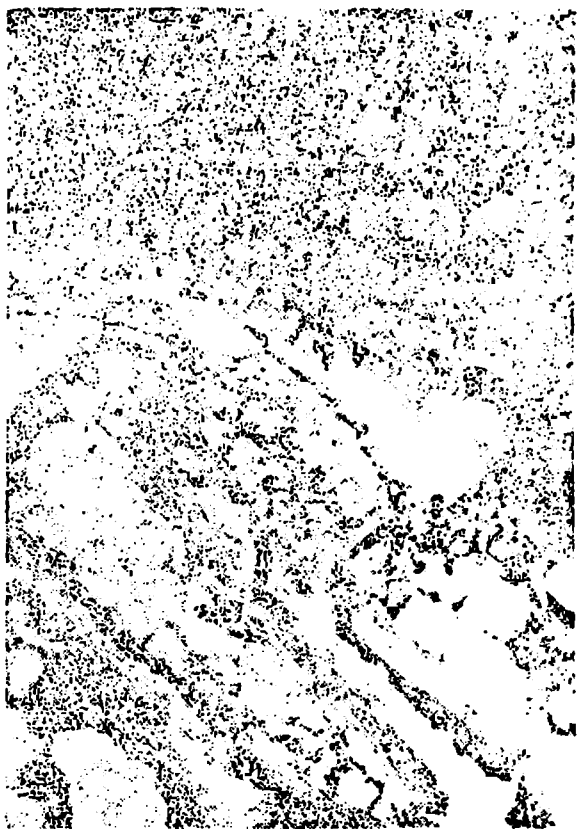


სურ. 101. კარსტული (დაღარული) ლანდშაფტი.

მიემართება. ასეთი კარსტული წყაროები ზოგჯერ ადვილი გამოსაცნობი არიან იმიტ, რომ წვიმების შემდეგ აიძვრებიან, რადგან ნაპრალებში ფილტრაცია არ ხდება. მეორე მხრით ამ წყაროების დებიტიც ძლიერ ცვალებადია და ბევრი მათგანი წვიმებსა და წვიმებს შუა სავსებით შრება კიდეც. მაგალითად, რიონის მარჯვენა ნაპირზე სოფ. ტვიშს ზემოთ მშრალი ხევი არის კირქვის ლოდებით სავსე. ჩვეულებრივ ხევში წვეთი წყალი არ არის, მაგრამ წვიმების შემდეგ კლდიდან ისეთი ნაკადი გადმოქუხს, რომ შარაზე კაცი ან ცხენი ძნელად თუ გაივლის.

რაჭა-ოკრიბას შუა მდებარე დიდ მთაზე სასულეები იმდენია და იმდენად დიდი, რომ ტოპოგრაფიულ რუკას თავისებურ ხასიათს აძლევენ. უფრო პატარა სასულეები ადვილი სანახავია ქუთაისის მიდამოშიც. ზოგი სასულე თითქმის კიდემდე მიწით არის

ამოხსილი, ზედ ნაყოფიერი ნიადაგი განვითარებულა და ჩინებულ პატარა მრგვალ ყანას წარმოადგენს, ხრიოკი კირქვით გარემოცულს. ასეთ დეპრესიებს იუგოსლავები დოლინას უწოდებენ.

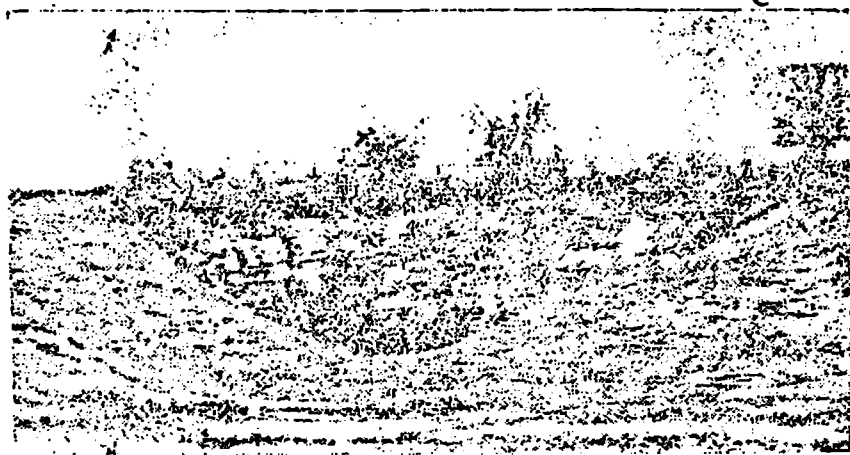


სურ. 102. მდ. წყალწითელას კალაპოტი  
მთწამეთასთან. ფოტო ვ. ქოიავასი.

არის უფრო დიდი დეპრესიებიც, რომელნიც მიწასქვეშა გამოქვაბულების ქერის ჩაქცევას უნდა წარმოეშვა. ეს არის იუგოსლავური პოლე. ასეთი პოლე უნდა იყოს სოფ. ზე-ღვარდიის ტაფობი ქვემო რაჭაში და სხ.

გამოქვაბული დაკარსტულ მხარეებში ჩვეულებრივი მოვლენა არის. ხშირად ეს არის არა ერთი გამოქვაბული, არამედ გვირაბებით ერთმანეთთან დაკავშირებული გამოქვაბულების ჯგუფი ან

მწკრივი. ქუთაისში შეიძლება აღვნიშნოთ სათაფლიის გვირაბი და იასონის გამოქვაბული წყალწითელის პირას. ქუთაისშივე რიონ-ჰესის ხელოვნური გვირაბის გაჭრის დროს მიწასქვეშ წააწყდნენ დიდ ბუნებრივ გვირაბს. გამოქვაბულებიც მრავლადაა ცნობილი როგორც რაჭა-ლეჩხუმში, ისე აფხაზეთში. ზოგი მათგანი მრავალსართულიანი და მრავალთვალიანი არის, მაგრამ ვერც ერთი მათგანი ვერ შეედრება მამონტის გამოქვაბულს თუ გამოქვაბულ-



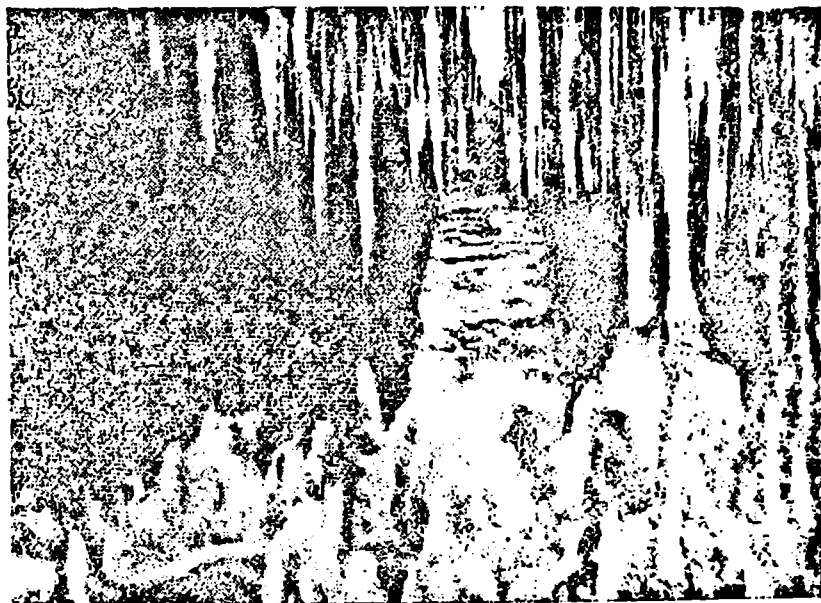
სურ. 103. კარსტული სასულე. მიჩიგანი.

თა სისტემას ჩრდილო ამერიკაში, რომლის ხეულებს საერთო სიგრძე 200 კმ უდრის.

საქა გამოქვაბულებში ქერიდან წყალი ეონავს, ჰაერზე გამოსვლისას იგი გახსნილ ნახშირჟანგას ჰქარგავს. ამის გამო წყლის გახსნისუნარიანობა კირქვის მიმართ მცირდება და კირქვა, რომელიც წყალს  $\text{CO}_2$ -ის მეოხებით გაეხსნა, ახლა გახსნილი ვეღარ დარჩება და ილექება. წარმოიშობა ქერზე ყინულის სვინტორივით მიმაგრებული სტალაქტიტი. იატაკზედაც, სადაც ნაწვეთავი ეცემა, კირქვა ილექება და აქ იზრდება სტალაგმიტი ქვევოდან ზევით. ზოგჯერ (სურ. 104) ზრდის პროცესში სტალაქტიტი სტალაგმიტს შეუერთდება და ჩნდება კირქვის სვეტი. სტალაგმიტი ფორმით საკმაოდ ჰგავს სტალაქტიტს, მაგრამ გარჩევა ადვილია, რადგან სტალაქტიტი ყოველთვის გახვრეტილია სიგრძივ საწვეთავი მილით, სტალაგმიტს კი ასეთი მილი არა აქვს.



როგორც აღვნიშნეთ, სასულეებში წვიმის წყალი ჩადის და ზოგჯერ პატარა ნაკადულებიც. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ამგვარად მიწას ქვეშ იკარგება მთელი მდინარეები. მაგალითად, მდ. ტყიბულა, ნაქერალიდან ჩამოშდინარი, მთლიანად იკარგება, როდესაც ცარცულ კირქვებს მიაწყდება სამხრეთისაკენ. ამიტომ უწოდებენ ამ ადგილს წყალდასავალს. შემდეგ იგივე მდინარე



სურ. 104. სტალაქტიტები და სტალაგმიტები.

მზა-მზარეული გამოდის კლდიდან სოფ. ძევერთან. ახლა მას უკვე ძევერულა ჰქვია.

ასევე იკარგებოდა ნაქერალის გადაღმა სოფ. ნიკორწმინდასთან ცარცულ კირქვებში მდ. შაორი და შემდეგ, რამდენიმე კილომეტრის მანძილზე, ღრმა ხეობაში კლდიდან გამოდიოდა, ახლა უკვე შარაულის სახელით. დღეს შაორს გზა გადაკეტილი აქვს და სასულეებამდე ვეღარ მიდის. წყალსაცავში დაგუბებული წყალი ისევ კირქვებში გაქრელი ხელოვნური გვირაბის გავლით ტყიბულაში გადმოდის და ელექტრულ სადგურს ამუშავებს—კარსტის მეურნეობაში ადამიანი ჩაერია.

მიწასქვეშა წყალს დიდი გეოლოგიური მნიშვნელობა აქვს. ჯერ ერთი ის არის ფიტვის მთავარი აგენტი, რომელიც დიდ როლს თამაშობს ქანების მექანიკურ (ყინული) და ქიმიურ დაშლაში. არანაკლებ მნიშვნელოვანია მისი შემოქმედებითი აქტივობა: ჯერ ნალექები, როგორც კირქვის ტუფი და ტრავერტინი, სილიციუმქანგა და სხ., განსაკუთრებით კი კლასტური ნალექების შეცემენტება. ამ მხრივ დანალექი ქანების დიაგენეზისში მიწასქვეშა წყლის როლი გადამწყვეტი არის.

მეორე მხრივ, მიწასქვეშა წყალი უზრუნველყოფს ნიადაგის განვითარებას და ამგვარად ხმელეთზე სიცოცხლის არსებობის ძირითად პირობას წარმოადგენს.

დასასრულ, უზარმაზარია მიწასქვეშა წყლის სამეურნეო მნიშვნელობა. ეს არის სასმელი წყლის მთავარი კონტინგენტი და, გარდა ამისა, საოცარი სიჩქარით იზრდება მიწასქვეშა წყლის გამოყენება როგორც სარწყავი და ტექნიკური წყლისა. ბევრ შემთხვევაში მოხმარება აღემატება წყლის ბუნებრივ რესურსს და იწყება აუზის დაცლა. საქმე იქამდე მიდის, რომ უკვე არის შემთხვევები, როდესაც წარმოება წყალს ყიდულობს, მოაქვს და მიწაში ასხამს ბუნებრივი წყლების საკვებად. ასეთი მაგალითები არის ჩრდილო ამერიკაში. გასაგებია, რომ მსგავს პირობებში მწვავედ ისმის საკითხი ზღვის წყლიდან ხელოვნური მტკნარი წყლის მიღების შესახებ. ამ მიმართულებით საბჭოთა კავშირსა და ჩრდილო ამერიკაში შეთანხმებული მუშაობა წარმოებს.

გასაგებია ისიც, თუ როგორი მნიშვნელობა აქვს მიწასქვეშა წყლის ძებნას, მოპოვებას და გამოყენების რაციონალიზაციას.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რით მტკიცდება, რომ მიწასქვეშა წყალი ზევიდან არის ჩანაჟონი? რას ჰქვია ვადოზური წყალი? იუვენური წყალი? რაში მდგომარეობს წყლის ცირკულაცია მიწაზე? რა არის ბრკეული წყალი და თავისუფალი წყალი? წყალგაუქვლი და წყალგამტარი ქანი? რა არის ნიადაგის წყალი, აერაციის ზონა და გრუნტის წყალი? როგორ ხდება ადგილის დაქაობება? რა დამოკიდებულება არის რელიეფსა და გრუნტის წყლის სარკეს შორის? როგორ არის, რომ ზოგ ქვაში წყალი ხან არის და ხან არა? როგორია გრუნტის წყლის მოძრაობის სიჩქარე?

გახსნა, გადატანა და დალექვა გრუნტის წყლის მიერ (დაასახელოთ მაგალითები). როგორ ხდება ფხვიერი ნალექების ცემენტაცია? რას ჰქვია კირქვის ტუფი, ტრავერტინი, გაჭი?

რა არის და როგორ წარმოიშობა წნევიანი წყალი? ზღვის ფსკერზე წყლის წნევა უზარმაზარია; იქნება თუ არა ეს წნევიანი წყალი?

რატომ არის წყაროს წყალი ზაფხულშიაც გრილი? რა არის საკირო, რათა თერმული წყალი ზედაპირზე თბილი ამოდიოდეს? რა არის თერმული წყალი, მინერალური წყალი?

რა არის ნაპრალოური წყალი? რა არის კარსტი? თუ გინახავთ ასეთი რამე? დაასახელეთ კარსტული მდინარე რომელიმე. რა არის და როგორ წარმოიშობა კარსტული სასულე („ძაბრი“), სტალაქტიტი, სტალაგმიტი?

## მდინარი წყლის მოკვამლევა

როგორც დავინახეთ, ატმოსფერულ ნალექებს (წვიმა, თოვლი, სეტყვა) მათი შემდეგი ბედის მიხედვით სამად ჰყოფენ: 1. ანაორთქლი, რომელიც ატმოსფეროსვე უბრუნდება, 2. მიწაში ჩანაჟონი და 3. ზედაპირზე მდინარი წყალი. მიწასქვეშა წყლის გაცნობის შემდეგ ახლა ზედაპირული უნდა განვიხილოთ.

მართალია, ატმოსფერული ნალექის ამ სამი სახის გამიჯვნა ძლიერ პირობითია: მიწასქვეშა წყალი ჰკვებავს მდინარეებს და პირიქითაც, აორთქლებას ადგილი აქვს მდინარიდანაც და ამიტომ წყლის თითოეული კატეგორიის ოდენობა მხოლოდ მიახლოებით შეიძლება გაირკვეს, მაგრამ თვისობრივად ჩამონადენის გარჩევა უყოყმანოდ შეიძლება.

დასაწყისში ეს არის წყალი, რომელიც წვიმისას თუ თოვლის დნობის დროს თხელ ფენად გადაეკვრის მიწას და მეტად თუ ნაკლებად ჩქარად მიედინება ზედაპირის დაქანების მიმართულებით. ეს ზეწრული ჩამონადენი ზედაპირული წყლის საწყისი და და საყოველთაო ფორმა არის. მას რაიმე ნარვალეებთან კავშირი არა აქვს და დინება ერთობლივ ზედაპირს მიჰყვება ისევე, როგორც სახლის სახურავზე. უფრო მკაფიოა იგი მოსწორებულ ფერდობებზე, განსაკუთრებით, თუ ფერდობი შიშველი არის. თქეშის პირობებში ნამდვილი ღვარებიც კი წარმოიშობა, მაგრამ ამ ღვარებს გარკვეული კალაპოტები არა აქვს. ერთიმეორის მომყოლი წვიმების დროს მათი დინება რამდენადმე განსხვავებული არის, კერძოდ ქარის მიმართულების გავლენითაც. ეს იქნება ე. წ. ვე-  
ლ უ რ ი წ ყ ლ ე ბ ი.

მაგრამ ნესტიანი ჰავის პირობებში არ შეიძლება ასეთი მდგომარეობა დიდ ფართობს დიდ ხანს შერჩეს. მიწის ზედაპირზე ყოველთვის შეირჩევა წყლის მოძრაობისთვის რამდენადმე უფრო

მოხერხებული მიმართულებები. წყალი უპირატესად მათ გაჰყვება, ხოლო თუ მიწის ზედაპირი ფხვიერი ფიტვითი ქერქით არის შემოსილი, ამ მასალის მიმოძვრივ, და გატანით სადინებელ გზას აუქმობს კიდევ და ამიტომ შემდეგშიც მას გაჰყვება. წარმოიშობა მუდმივი ნარვალის, რომელშიც წყალი ყოველი წვიმის დროს იდინებს, შემდეგ კი დაშრება ახალ წვიმამდე. თუ ნარვალის საკმაოდ გარშემოვდა, მან შეიძლება გრუნტის წყალიც მიიზიდოს და პატარა, მაგრამ მუდმივ ნაკადულს მივიღებთ, რომელშიც წყალი კარგ ამინდშიც იდინებს.

მიწის ზედაპირი არსად არ წარმოადგენს ნამდვილ სიბრტყეს. მისი რაგინდ მცირე უსწორმასწორობის გამო ნაკადულები ერთიმეორის პარალელური ვერ იქნებიან. მაშასადამე, მოსალოდნელია ნაკადულები ერთიმეორეს შეხვდნენ. ისინი შეერთდებიან და წარმოიშობა უფრო დიდი ნაკადი. ესეც შეიძლება სხვას შეერთოს და, მაშასადამე, კიდევ გაიზარდოს. ასე მივიღებთ ხე ვ ე ბ ს<sup>1</sup> და ბოლოს მ დ ი ნ ა რ ე ბ ს.

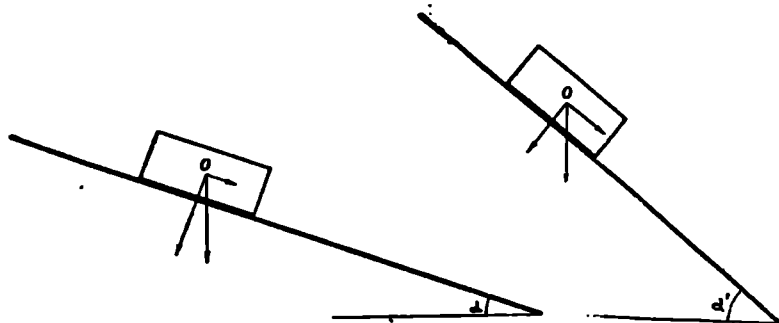
რატომაა, რომ ყოველთვის შერთვა ხდება და, თუ მოხდა. მუდმივი რჩება? ეს რომ გავარკვიოთ, საჭირო იქნება წყლის დინების მექანიზმს გადავავლოთ თვალი. წყალმა რომ იმოძრაოს, საჭიროა ე ნ ე რ გ ი ა. ამ ენერგიას სიმძიმის ძალა იძლევა, ყველაზე მარტივი შემთხვევა იქნება წყლის ვ ა რ დ ნ ა ჩაჩქერში ვთქვათ, ჩაჩქერის სიმაღლე 10 მ არის. ზედა კიდიდან რომ ჩაჩქერის ფსკერზე დაეცეს, წყალმა ეს მანძილი უნდა გაიაროს. ამ გადაადგილების პროცესში მაღლა მდებარე წყლის პოტენციური ენერგია გადავა კინეტიკურში. მოძრაობა აჩქარებული იქნება და წყალი მიწას დიდი სიჩქარით დაეცემა. თუ ჰაერის წინააღმდეგობას მხედველობაში არ მივიღებთ და წყლის მასას 1 კგ ვიგულისხმებთ, განვითარდება მექანიკური ენერგია 10 კილოგრამმეტრი.

სხვა იქნება წყლის დინების შემთხვევაში. ჯერ წარმოვიდგინოთ არა წყალი, არამედ რაიმე მყარი სხეული დაქანებულ ზედაპირზე (სურ. 105). ასეთი სხეული კი არ ვარდება; ცოცავს. მასზედ იგივე სიმძიმის ძალა მოქმედებს, ვერტიკალურად ქვევითკენ მიმართული, მაგრამ აქ ეს ძალა ორად იყოფა: ერთი შემადგენელი დაქანებული ზედაპირის პერპენდიკულარულია და მას ამ ზედაპირის წინააღმდეგობა აბათილებს, მეორე — ზედაპირის პარალელურია და მ ი თ უ ფ რ ო დ ი დ ი ი ქ ნ ე ბ ა, რ ა ც უ ფ რ ო

<sup>1</sup>იმერეთში ამბობენ დ ე ლ ე ო.

დი დ ი ა დ ა ქ ა ნ ე ბ ა. დაცოცება ამ შემადგენელმა უნდა გამოიწვიოს. მაშასადამე, სხეულს ამოძრავებს არა სიმძიმის ძალა მთლიანად, არამედ მისი ნაწილი მხოლოდ. მეორე მხრივ ნათელია, რომ ეს ნაწილიც მთლიანად კინეტიკურ ენერგიაში კი არ გადადის, ძირითადად ხახუნზე დაიხარჯება.

ახლა ავიღოთ წყალი ნარვალში. დაქანება, ცხადია. შვეული არ იქნება. წყალს ამოძრავებს არა მთლიანი სიმძიმე, არამედ მისი



სურ. 105. ცოცვა სიმძიმის გავლენით. ადვილი დასანახავია, რომ, რაც უფრო დიდია დაქანება. მით უფრო დიდია სიმძიმის შემადგენელი, რომელიც ცოცვის ზედაპირის პარალელურია და ცოცვას იწვევს.

ნაწილი მხოლოდ და ეს ნაწილი მით უფრო დიდი იქნება. რაც უფრო დიდია დაქანება. ასევე იქნება წყლის სიჩქარე და ენერგია.

მეორე მხრით წყლის დინება ხომ არც ცოცვა არის. აქ წყლის ყოველი ნაწილაკი მეზობელი ნაწილაკის მიმართ გადაადგილებას განიცდის და ეს იწვევს ე. წ. შინაგან ხახუნს, რომელიც ენერგიას ხარჯავს (სითბოდ გარდაქმნის) და სიჩქარეს ამცირებს. მთავარი კიდევ მეორეა, სახელდობრ, ხახუნი წყალსა და კალაპოტს შორის. რაც უფრო დიდია ეს ხახუნი, მით უფრო მცირე იქნება წყლის სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია.

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ ორი ნაკადი შეერთდა. წყლის მასა მოიმატებს, მოიმატებს სიმძიმეც და, მაშასადამე, სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია. მაგრამ იმავე დროს უნდა გაიზარდოს კალაპოტიც და მისი ფსკერის და გვერდების ფართობი, რაც ხახუნის გაზრდას და სიჩქარის შემცირებას ნიშნავს. წყლის მასის მატება და ხახუნის მატება რომ ერთი პროპორციით ხდებოდეს, სიჩქარე უცვლელი იქნებოდა, მაგრამ, მიახლოებით რომ ვთქვათ, წყლის

მასის ზრდა კალაპოტში კუბური შეფარდებით ხდება, ხაზუნის ზედაპირისა კი—კვადრატულით. ამიტომ სიჩქარის მატება სჭარბობს და ორი ნაკადის შეერთება კინეტიკური ენერგიის გაზრდას ნიშნავს, შეერთებული ნაკადის სიჩქარე მეტია, ვიდრე თითოეული შენაკადისა, და კინეტიკური ენერგიაც მეტია, ვიდრე ორივე ნაკადის ენერგიათა ჯამი. ამიტომ ნაკადების შერწყმა ენერგიის შეფარდებით მატებას ნიშნავს და განვითარებაც ბუნებრივად აქეთკენ მიდის, რადგან უფრო ძლიერი ნაკადი უკეთ იკვლევს ვზას და მეზობელ ნაკადებსაც იზიდავს. სხვათა შორის, წყლის რაოდენობის მატება მდინარეში რომ სიჩქარის ზრდას იწვევს, ამას ყოველდღიური დაკვირვებაც გვეუბნება: აღიღებულ მდინარეში წყლის მოძრაობა ყოველთვის უფრო ჩქარია, ვიდრე წყალმცირობისას იყო: აქაც წყლის მასა გაიზარდა, გაიზარდა სადენი არხის ზედაპირიც, ე. ი. ხაზუნის ზედაპირი, მაგრამ პირველის ზრდა უფრო დიდია და ამიტომ იზრდება სიჩქარე.

მაშ, ნაკადების შეერთება და დიდი მდინარეების წარმოშობა სრულიად კანონზომიერი, ენერგეტიულად გაპირობებული მოვლენა არის. ამგვარად განვითარებული მდინარის წყალი დიდ გეოლოგიურ მუშაობას აწარმოებს. ეს არის ფხვიერი გამოფიტული მასალის ჩამორეცხვა, სადაც პირობები ხელსაყრელია, მკვიდრი ქანების ნგრევაც, და შემდეგ ჩამორეცხილი მასალის გატანა და სხვაგან დალექვა. პირველს, ე. ი. რღვევას და ჩამორეცხვას, ეროზიას<sup>1</sup> უწოდებენ. ზეწრული ჩამონადენის შემთხვევაში ფართობული ეროზია გვექნება, დიდი თუ პატარა ნაკადების შემთხვევაში — ხაზობრივი ეროზია.

ფართობული ეროზია უსწორმასწორო რელიეფის პირობებში ძლიერ გავრცელებული მოვლენა არის. მას ჩვენ უკვე შევეხეთ გრავიტაციულ დენუდაციასთან დაკავშირებით. ზეწრული ჩამონადენი გრავიტაციის ხელის შეწყობით გამუდმებით აწარმოებს ფერდობების ჩამორეცხვას, მით უფრო ენერგიულად, რაც უფრო დიდია დაქანება და რაც უფრო უხვია ატმოსფერული ნალექები. ასეთი ჩამორეცხვა თანდათან ამცირებს ფიტვითი ქერქის სისქეს და საშუალებას აძლევს ფიტვას უფრო ღრმად ჩასწვდეს მიწის ქერქს. ასე რომ წონასწორობის პირობებში ფიტვითი ქერქის სისქე, მიუხედავად ეროზიისა, უცვლელი რჩება. სადაც მკვიდრი ქანი გაშიშვლებულია, როგორც, მაგალითად, ქარაფებში, იქ ნაპრალებით

<sup>1</sup>Erosio, ლათ. — მოკმა, მოცვეთვა.

გათვისებული ნატეხების ჩამოგორება მიმდინარეობს, დიდის და პატარის, და, თუ ქანი ხსნაღია, როგორც კირქვაა, — გახსნაც.

თუ ფერდობი მდინარის ან ხევის კალაპოტამდე ჩადის, ჩამონარეცხი მასალაც იქ ჩაიტანება და მას მდინარე დაეპატრონება. თუ ფერდობის ძირას დავაკება არის, მაგალითად, მდინარის ტერასი, მაშინ იქ ღვარები ძალას ჰკარგავენ და ჩამონარეცხი მასალა ადგილზე რჩება და გროვდება. ასე წარმოშობილან ფერდობის ღვარნალექი კალთები თბილისის მიდამოში.

ფართობული ეროზია პირველ რიგში ნიადაგის ფენას ანადგურებს, თუ იგი შიშველია. იგი მით უფრო ინტენსიურია, რაც უფრო დიდია დაქანება, მაგრამ საგრძნობია მცირე დაქანების პირობებშიც. პირიქით, მცენარეული საფარი (ტყე და ბალახი) ნიადაგს იცავს ეროზიისაგან. ტყის გაჩეხვას ან საქონლის გადაჭარბებულ ძოვებას მძიმე ზიანი მოაქვს ამ მხრივ და, მაგალითად, შეერთებულ შტატებში იძულებული არიან ფართოდ დააგვიღონ ღონისძიებებს მიმართონ ნიადაგის დასაცავად.

**ხაზობრივი ეროზია.** მაინც მთავარი მოწესრიგებულად მდინარი წყალი არის. ეს იქნება ნაკადულები, ხეხეები, მდინარეები, დიდი და პატარა<sup>1</sup>.

თითოეული ნაკადის შემთხვევაში არჩევენ სათავეს. საიდანაც ნაკადი იწყება, და შესართავს, სადაც იგი ერთვის უფრო დიდ ნაკადს, ტბას ან ზღვას. არტერია, რომელიც სხვან ერთვის, შენაკადი იქნება. თვით ხევის თუ მდინარის გაწვრივ არჩევენ ზემო წელს, შუა წელს, ქვემო წელს. საზღვარი მათ შორის პირობითია ისევე, როგორც ხეებისა და მდინარეების გარჩევა.

იმ არხს, რომელსაც წყალი მიჰყვება და მეტ-ნაკლებად ავსებს წყალმცირობის დროს, კალაპოტი ჰქვია. წყალდიდობის პირობებში მდინარე ამ კალაპოტს ავსებს. სცილდება მის კიდეებს და იქერს უფრო დიდ არხს, რომელსაც დიდკალაპოტი შეიძლება ვუწოდოთ. დიდკალაპოტი ხშირად ისევე მკვეთრად არის გამოსახული, როგორც მცირე კალაპოტი. ასე არის დიდი მდინარეების, მაგალითად, მტკვრის შემთხვევაში. დიდკალაპოტის ფსკერს, მდინარისავე ნალექით მოფენილს და წყალმცირ-

<sup>1</sup> შემდეგში ჩვენ ხშირად ტერმინს მდინარე ვიხმართ საერთოდ მდინარი წყლის, როგორც საკუთრივ მდინარის, ისე ხევის და ნაკადულის, აღსანიშნავად.

ობისას მწრადს, კ ა ლ ა ჰქვია. ხშირად იგი ტყით არის დაფარული. როგორც კალაპოტი, ისე დიდკალაპოტი, ორივე მხარეზე მეტნაკლებად მაღალი, შეტნაკლებად ციცაბო კბოდეთი ისაზღვრება. კბოდეს შემდეგ იწყება ხეობის ფერდი (ზოგჯერ ტერასი).

მდინარე და ყველა მისი შენაკადი ერთად აღებული შეადგენს მდინარის სისტემას. ტერმინი სისტემა ხაზს უსვამს იმ გარემოებას, რომ ეს დაჯგუფება კანონზომიერი არის და არა შემთხვევითი. მთელი ის ფართობი, საიდანაც მდინარე და მისი შენაკადები წყალს ჰკრებენ, იქნება მდინარის აუზი. შეგვიძლია ფართობი ნებისმიერადაც მოვხაზოთ, მაგ., ძირულის მასივი. ამ შემთხვევაში მივიღებთ არა მდინარის სისტემას, არამედ მდინარეთა ქსელს: ქსელში შემავალი არტერიები შეიძლება სხვადასხვა სისტემას ეკუთვნოდნენ. ძირულის მასივის შემთხვევაში ეს იქნება მტკვრის და რიონის სისტემები.

ყოველი მდინარის კალაპოტი მიჰყვება ფერდობებს შუა გამოკვეთილს, მეტად თუ ნაკლებად ღრმა დაბლობს. ეს არის მდინარის ხეობა. დაბლობი კოჭორსა და ქაშეთის მაღლობს შუა მტკვრის ხეობის ნაკვეთი იქნება: თბილისი მტკვრის ხეობაში არის მოთავსებული.

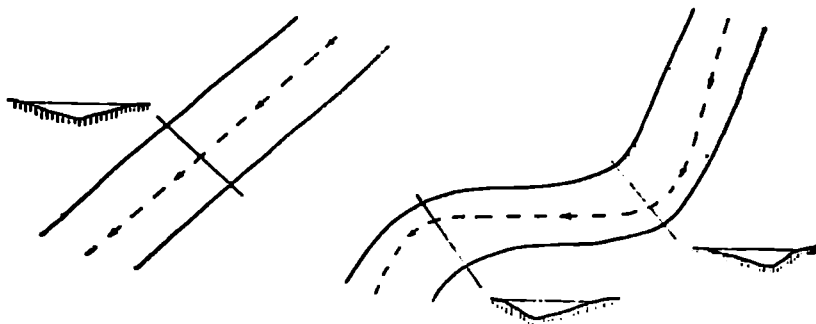
სიდიდის მხრივ მდინარეთა შორის უზარმაზარი განსხვავება არის. ურიცხვი პაწია ხევების გვერდით შეიძლება დავასახელოთ ისეთი მდინარეები, როგორც ამაზონი, კონგო, მისისიპი, ვოლგა და სხვა, რომელთა სიგრძე ათას კილომეტრებით იზომება. ამაზონის აუზის ფართობი ასჯერ მეტია საქართველოს ტერიტორიაზე. ამის შესატყვისია წყლის რაოდენობაც. მით უმეტეს, რომ ეს მდინარე ტროპიკული წვიმების ზოლში მდებარეობს.

კიდევ მეტად განსხვავდებიან მდინარეები ერთმანეთისგან რეჟიმის მხრით. ზოგი ხევი სულ შრება პერიოდულად. სამაგიეროდ თქემის შემდეგ ისე აზვირთდება, რომ ლამის ყველაფერი წალეკოს თავის გზაზე. მოზრდილი ხეები და მდინარეები გვალვის დროსაც არ შრებიან, რადგან მათ მიწასქვეშა წყალი და, თუ მთებში არიან, მყინვარებიც ასაზრდოებს. სამაგიეროდ წყალმოცირობა და წყალდიდობა, თუმცა ნაკლებად კონტრასტული, ვიდრე ხევების შემთხვევაში, მათთვისაც კანონია. ჩვენს ჰავაში წყალდიდობა ჩვეულებრივ გაზაფხულის თოვლისდნობას უკავშირდება. არის სეზონური წყალდიდობები, არის ისეთები, რომელნიც რიგი წლების მანძილზე ერთხელ თუ შეგვხვდებიან და, დასასრულ, არის



კატასტროფული წყალდიდობები, საუკუნეებში ერთხელ რომ ხდება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, წყალდიდობისას მეტია წყლის დინების სიჩქარე და წყლის ენერგიაც. არანაკლებ საგულისხმოა სიჩქარეთა განაწილება თვით მდინარეში და მოძრაობის ხასიათი. იმ ხახუნის გამო, რომელიც წყალსა და კალაპოტის ფსკერსა და გვერდებს შორის მიმდინარეობს, სიჩქარე მდინარის კიდევებზე და ძირში ნაკლები არის, ვიდრე შუაში ზედაპირთან. ამიტომ, თუ



სურ. 106. ნაკადის უდიდესი სიჩქარე სწორხაზობრივ და მიმოხვეულ კალაპოტში.

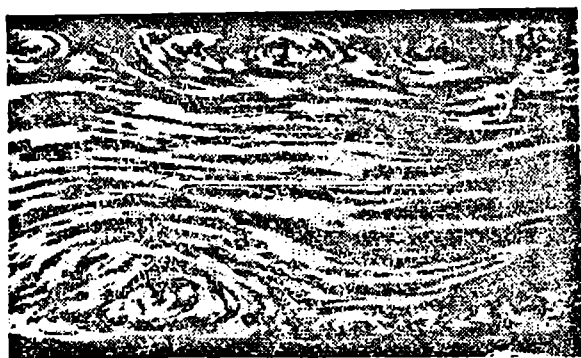
კალაპოტი სწორხაზობრივი არის და კრილი წესიერი აქვს. უდიდესი სიჩქარე მდინარის შუაში იქნება და თვითონაც სწორ ხაზს გაჰყვება. უნდა დაეუმატოთ, რომ მაქსიმალური სიჩქარე იქნება არა წყლის ზედაპირზე, არამედ ცოტა ქვევით. რადგან ზედაპირსა და ჰაერს შორისაც ხახუნი წარმოებს და წყლის სიჩქარეს ამცირებს (უქარო ამინდში; ქარის შემთხვევაში ქარის მიმართულება უნდა მივიღოთ მხედველობაში). თუ კალაპოტი მიმოხვეულია, უდიდესი სიჩქარე ისწრაფვის ინერციის თანახმად მიმართულება შეინარჩუნოს და ამიტომ კონვექსური ნაპირისკენ გადაიწევს (სურ. 106).

გემსავალი მდინარეების დინების სიჩქარე არ აღემატება 2-5 კმ საათში. სამაგვიეროდ მთის ადიდებულ ხევებში ამ სიჩქარემ შეიძლება საათში 35-45 კილომეტრამდე მიაღწიოს.

რაც შეეხება მოძრაობის ხასიათს, მდინარის შუა ზოლში წყლის ნაწილაკები სწორხაზობრივად მოძრაობენ, მდინარის დაღმა ერთმანეთის პარალელურად — მოძრაობა ლამინარული არის. შეხების ზედაპირის უსწორმასწორობისა და ხახუნის გამო ნაპი-

რებსა და ფსკერთან წესიერი დინება შეუძლებელია, წარმოიშობა მობრუნალები, დინება ტუბულენტური არის (სურ. 107). ამას ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს მდინარეთა გეოლოგიური მოქმედების თვალსაზრისით.

ბუნებრივია, რომ, როდესაც მდინარი წყლის მოქმედებაზე ვმსჯელობთ, არსებითად ნეკანიკური მოქმედება გვაქვს მხედველობაში, ხოლო. თუ გავითვალისწინებთ მოძრავი წყლის უზარმაზარ მასებს და დიდ სიჩქარეებს, ადვილი წარმოსადგენი იქნება, რამდენად დიდი ენერჯია არის ამ საქმეში ჩაბმული და რამდენად დიდი უნდა იყოს მისი ეფექტი. მდინარი წყლის ქიმიური მოქმედება და კერძოდ გახსნა ამასთან შედარე-



სურ. 107. ტუბულენტური დინება.

ბით უმნიშვნელო არის. მართალია, მდინარის წყალში გახსნილი ნივთიერებაც არის (კალციუმკარბონატი, მაგნიუმკარბონატი, სილიციუმის უანგა და მისთანები), მაგრამ ეს ნივთიერება ძირითადად მიწასქვეშა წყლიდან მოდის. თანაც მისი კონცენტრაცია მდინარის წყალში გაცილებით ნაკლები არის, რადგან უკანასკნელი ძირითადად ზედაპირული ჩამონადენისგან შედგება და წვიმის წყალში კი გახსნილი რამ ძლიერ ცოტა არის. მდინარის წყლის მაღალი მინერალიზაცია ძლიერ იშვიათ გეოლოგიურ პირობებში თუ აღინიშნება სადმე.

საერთოდ, მდინარი წყლის მოქმედება სამ ეტაპად შეიძლება გაიყოს: ნგრევა ანუ ეროზია; მასალის გადატანა, ანუ, ტექნიკური გამოთქმა რომ ვინმართ, ტრანსპორტი და დალექვა.

ეროზია მდინარის მუშაობის ძირითადი სახე არის და საწყისი სტადია. საკმაოა აღინიშნოს, რომ ხეობები ეროზიის შედეგი არიან. წინათ წარმოედგინათ, მდინარეები ადრე არსებულ გზას მოჰყვებიანო. დღეს საყოველთაოდ დადასტურებულია, რომ მდინარე კი არ მოჰყვება ხეობას, ხეობა განვითარებულა იქ, სადაც მდინარეს უვლია. ქაშვეთის მაღლობზე მტკვრის ნარიყალი ანუ ალუვიონი არის, — მაშასადამე, მტკვარი ერთ დროს იქ გადადიოდა და მთელი აწინდელი ხეობა მიწას ქვეშ იყო. ასეთივე ალუვიონი არის მახათაზე — მტკვარი უფრო ღრმად ჩაჭრილა მიწაში და მახათაზე მიედინებოდა; შემდეგ ლოტკის გორაზე, უფრო გვიან საბურთალოზე, მერე დიდუბეზე და ბოლოს თანამედროვე ქალაში. წთელი ხეობა მდინარის გაჭრილია თანდათან უფრო ღრმად. ასევეა სხვა ხეობებიც. წყლის ასეთი მოქმედება მდინარის კალაპოტს მოჰყვება და ამიტომ უწოდებენ მას ხაზობრივ ეროზიას. რა თქმა უნდა. ხეობის დაღრმავებასთან ერთად მიმდინარეობს მისი გაფართოებაც. ეს უკვე ხეობის ფერდობის ველური წყლებისა (ფართობული ეროზია) და ხეების საქმეა.

ეროზია განსაკუთრებით მდინარეების სათავეებსა და ზემო წელში არის შესამჩნევი. იმას ხელს უწყობს დიდი დაქანებები, დინების შესატყვისად დიდი სიჩქარეები და ქანების გაშიშვლებულობა. პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ ფიტვითი ღორღის ჩამორეცხვა. ამ მხრივ მდინარის მოქმედება მჭიდროდ არის დაკავშირებული გრავიტაციულ დენუდაციასთან. ქვების ცვენა, ზევეები, მეწყრები, მელოლი იმავე მუშაობას ეწევიან. თავისი წვლილი შეაქვს ფართობულ ეროზიასაც.

განსაკუთრებით შესამჩნევია ჩამორეცხვა წყალდიდობისას, რადგან ამ დროს წყალი მეტია და ამიტომ სიჩქარეც დიდი. ხშირად გაკვირვებას იწვევს პატარა ხეების მიერ დაძრული უზარმაზარი ლოდები, სიდიდით მრავალი კუბური მეტრი. ამ მოვლენის გასაგებად საჭიროა მოვიგონოთ, რომ აღიდებული წყალი მღვრიაა. მაშასადამე, უფრო მძიმე და დიდი სიჩქარის გვერდით ესეც მატებს მას ენერგიას და ზიდვის უნარს. განსაკუთრებულ ძალას იჩენენ ლაფის ღვარები.

მეორე მხრივ, უნდა მოვიგონოთ, რომ წყალში მოქცეული ქვა თავისი მოცულობის ოდენა წყლის წონას ჰკარგავს. თუ ქანის სიმკვრივე 2,5 არის, წყალში მისი წონა 2,5 კილოგრამის ნაცვლად 1,5 იქნება და მღვრია წყალში — კიდევ ნაკლები.

მდინარე არც მკვიდრ ქანებს ინდობს. ჯერ ხომ სათავეში გაშიშვლებულ დანაპარალიანებულ კლდეებს არღვევს და შემდეგაც კალაპოტში გაშიშვლებულ ქანებს ამსხვრევს ან სცვეთავს. ამისთვის ის იყენებს ლოდებს, დიდს და პატარას, რომელნიც თან მიაქვს, და ამ მოძრაობისას ნაპირებს აჯახებს დიდი ძალით. ამრიგად მასალა, რომელიც თვითონ ეროზიის მსხვერპლი არის, ეროზიის იარაღად იქცევა. ეროზიის ამ სახეს ხელს უწყობს ის გარემოებაც, რომ წყლის მოძრაობაც სწორედ ნაპირებთან არის ტურბულენტური.

ტურბულენტური მოძრაობის მოქმედების მოწამე არიან უცნაური დევის ქვაბებიც, რომელთაც ზოგი მდინარის კალაპოტში ან ნაკალაპოტარში ვხვდებით. ეს არის მეტნაკლებად



სურ. 108. დევის ქვაბები.

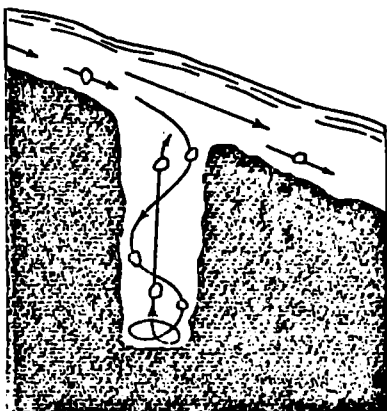
ცილინდრული ქვაბისებური ღრუები ქანში, რომელთა კედლები და ფსკერი უსწორმასწორო, მაგრამ სრულიად გლუვი არიან (სურ. 108). ასეთი ქვაბების ფსკერზე ჩვეულებრივ ერთი ან ორი დიდი ქვარგვალი გდია. ტურბულენტობის დროს ეს ქვები ეჯახება კედლებს და ფსკერს და ავითარებს ქვაბს. მოძრაობა არის არამარტო იქეთ-აქეთი, არამედ აღმა ვერტიკალურიც და ხშირად საკმაოდ დიდი (სურ. 109).

განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობები არის დევის ქვაბების განვითარებისათვის ჩაჩქერების ძირში. ოკრიბაში სადგურ თრპირ-

თან წყალწითელაში ორიოდ მეტრის სიმაღლე დამბა აეგოთ წისქვილისათვის წყლის გადასადგებად. დამბაზე მდინარე ჩაჩქერის სახით გადმოდიოდა. და აი დამბის ძირში ბაზალტში ისეთი ქვაბები წარმოშობილიყო, ალბათ რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე, რომ შეიძლებოდა შიგ კაცი დამხრჩვალყო. იმავე მდინარეში მოწამეთასთან, აქ უკვე კირქვებში, დევს ქვაბები ხშირ მოვლენას წარმოადგენენ და აქ ლახჩობის შემთხვევებიც იყო.

**ტ რ ა ნ ს პ ო რ ტ ი.** გაბმული ეროზია იმიტომ არის შესაძლებელი, რომ ნგრევითი ღორღი წყალს ქვემოთ მიჰქვს და ეროზიას მისადგომს უთავისუფლებს. ეს მასალა მდინარეში ვახსნილი, ატივტივებული (სუსპენზია) ან ფსკერზე მდებარე არის.

გახსნილი მასალა, როგორც დავინახეთ, მდინარის წყალში ნაკლებია, ვიდრე წყაროებში, რაც იმით აიხსნება, რომ მდინარე ზედაპირული ჩამონადენით ან ჩამონადენითაც იკვებება და ამ უკანასკნელის მარილიანობა ძლიერ მცირეა. მეორე მხრით, წყლის მარილიანობა კონსტანტური<sup>1</sup> არ არის. გვალვის დროს, როდესაც მიწას ქვეშა კვება ჰარბობს, მარილიანობა მეტია, წვიმებისა ან თოვლის დნობის პერიოდში — ნაკლები. მაინც ურიცხვ მდინარეებს ოკეანეებში დიდძალი გახსნილი ნივთიერება შეაქვთ. ეს არის ხმელეთის და, კერძოდ, მთების გამორტუტვის შედეგი. რაც ზღვას უმატება, ის მთას აკლდება.



სურ. 109. დ ე ვ ე ს ქ ვ ა ბ ი ს გ ა ნ ვ ი თ ა რ ე ბ ი ს მ ე ქ ა ნ ი ზ მ ი: ჩუარი წყლის ტურბულენტური მოძრაობა აწახებს ქვაბში მოქცეულ ქვას თუ ქვებს აქეთ-იქეთ და ალმა-დალმა და აფართოებს და აღრმავებს ქვაბს.

წმინდამარცვლოვანი მყარი მასალა, თუნდაც მიკროსკოპული: უძრავ წყალში ფსკერზე ილექება. მაგრამ, თუ წყალი მოძრაობს ტურბულენტურად, იგი ამ მასალას აიტაცებს. ეს იქნება ატივტივებული მასალა, რომელიც წყლის ამღვრევას იწვევს. ატივტივების მეორე პირობა სწორედ მარცვლის სიმცირე არის. მართლაც,

<sup>1</sup> „კონსტანტი“ ლათ. ნიშნავს მდევს, არცვალბადს.

მარცვლის შემცირება მისი მასის და, მაშასადამე, წონის შემცირებას ნიშნავს. ეს შემცირება მოცულობის, ე. ი. რადიუსის კუბის პროპორციული არის. მარცვლის რადიუსი რომ ორმაგად შემცირდეს, მისი წონა რვაჯერად ნაკლები გახდება. იმავე დროს მარცვლის ვარდნისადმი წყლის წინააღმდეგობა მარცვლის კვეთის პროპორციულია, ე. ი. რადიუსის კვადრატისა. ზემო მაგალითის შემთხვევაში ის 4-ჯერად შემცირდება მხოლოდ. ამგვარად, მცირდება წონაც და მცირდება წყლის წინააღმდეგობაც, მაგრამ უკანასკნელი ბევრად უფრო ნაკლებად. ამიტომ წონასა და წყლის წინააღმდეგობას შორის განსხვავება მით უფრო ნაკლები დარჩება. რაც უფრო პატარაა ნაწილაკი. პატარა ნაწილაკიც ვარდება ძირს, თუ მისი სიმკვრივე წყლისაზე მეტია, მაგრამ ვარდნა მით უფრო ნელი იქნება, რაც უფრო პატარაა ნაწილაკი. ასევეა, რომ წყლის დიდი წვეთები წვიმის სახით ეცემიან მიწაზე მით უფრო მეტი სიჩქარით, რაც უფრო დიდია წვეთი, ხოლო პაწია წვეთები პაერშივე რჩებიან დიდ ხანს ნისლის სახით. თანაც პაერის უმცირესი მოძრაობა საკმაოა, რათა ეს პაწია წვეთები ზევითაც აიტაცოს.

წყალმცირობის დროს მდინარის დინების სიჩქარე და ტურბულენტობა მცირეა, ატივტივებული მასალა ილექება და წყალზე წმინდაა. წყალდიდობის დროს ტურბულენტობა დიდია, პაწია ნაწილაკები აიტაცებიან და წყალი იმღვრევა.

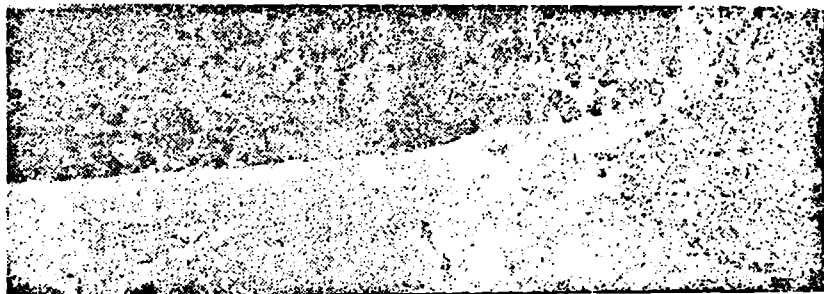
ბარად ჩასული მდინარე ნელა მოძრაობს და უფრო მსხვილ-მარცვლოვან სუსპენზიას ლექავს. ეს მოვლენა განსაკუთრებით თვალში საცემია მთის ხევეების შემთხვევაში. როდესაც ასეთი ხევი მოზრდილ მდინარეს ერთვის, მისი დაქანება და სიჩქარე უეცრად მცირდება და უფრო მსხვილი მასალა თითქმის მთლიანად ილექება. წარმოიშობა კონუსისებურად გაშლილი ნალექების მასა, რომელსაც გამოიწვევს სუსპენზიის კონუსის (სურ. 110) უწოდებენ. თვით ხევი ამ კონუსზე ხან იქეთ გადავარდება და ხან აქეთ, რადგან საკუთარი ნალექი, რომელსაც ველარ ერევა, მას გზას არ აძლევს.

წმინდა მასალა ზღვამდინაც მიაქვს და საკმაოდ შორს თვით ზღვაში, რადგან მდინარის წყალი უფრო მსუბუქია, ვიდრე ზღვისა და ერთხანს ზედაპირზე რჩება, სანამ ტალღები წყალთა შერევას არ გამოიწვევენ.

რაც შეეხება ფსკერის მასალას, მისი გადატანა ფსკერზევე მიმდინარეობს ცოცებით, გორებით და სალტაციით<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Saltus, ლათ.— ცეკვა, ხტუნვა, ნახტომი.

ვთქვათ, მასალა მსხვილმარცვლოვანია. სათავეს უბანზე ეს იქნება უმთავრესად დიდი და პატარა კუთხედი ქვები და ლოდები. ქვემოთკენ, სადაც წყლის სიჩქარე ნაკლებია, მარცვლის სიდიდეს კლებულობს, რადგან წყლის ზიდვის უნარი მცირდება. ეს კია, რომ მსხვილი მასალა მდინარეში ქვემო წელშიაც შეიძლება იყოს. თუ იგი რომელიმე შენაკადს შემოაქვს. დიდ ქვებს ტურბულენტური წყალი ფსკერზე მიაკოცებს ბიძგებით. ასეთი მოძრაობისას ქვა ქვას ეჯახება ან ნაპირის კლდეს და აქედან არის ის ყრუ ხმაური, რომელიც წყალდიდობისას ზოგი მდინარის პირას შეიძლება



სურ. 110. გამოზიდვის კონუსი.

გავიგონოთ. უფრო პატარა ქვებიც ცოცებით ან გორებით მიაქვს წყალს. გორება მაშინ იჩენს თავს, თუ წყალმა ქვას საყრდენი ქვიშა გამოაცალა ქვევით.

კენჭის ზომის ქვა ტურბულენტურმა წყალმა შეიძლება მცირეოდენზე გადაისროლოს კიდევ. თუ ასეთი კენჭი ისევ ქვას დაეცა, იგი შემდეგ ნახტომსაც გააკეთებს. სწორედ ასეთს ხტომახტომით მოძრაობას ეწოდება **სალტაცი**.

ყველა ჩამოთვლილ შემთხვევაში ქვა ქვას ეჯახება ან კალაპოტის კლდეს. ქვების კუთხეები და გარეთ წამოჩრილი წვეტები, როგორც უფრო სუსტნი. იმტვრევიან, იცვიებიან და ამგვარად წარმოიშობა რიყის თუ ხეიწის ქვარგვლები. ქვარგვლების ფორმა სხვადასხვაა: თითქმის იზოლიამეტრული, წაგრძელებული, ზრტყელი. ქვიშის წმინდა მარცვალი, რომელიც წყალს თითქმის ატივტივებულნი მიაქვს, დამრგვალებას არ განიცდის.

რაც უფრო დიდია მარცვალი, მით უფრო დიდი სიჩქარეა საჭირო, რომ წყალმა მისი დაძვრა შეძლოს. გაზომეს, რომ წმინდამარცვლოვანი ქვიშის შემთხვევაში კმარა სიჩქარე 0,2 მ/სეკ., მსხვილმარცვლოვანი ქვიშისათვის—0,3 მ/სეკ., წვრილი ხეივანისთვის—0,7 მ/სეკ.—მუხუდოს ოდენისთვის—0,9 მ/სეკ. და მტრედის კვერცხის ოდენისთვის—1,6 მ/სეკ.

დალექვა. რადგან დაღმა მიმართულებით მდინარის დაქანება და მასთან ერთად წყლის სიჩქარე თანდათან მცირდება, ამავ მიმართულებით ტრანსპორტს დალექვა უნდა ახლდეს აუცილებლად. მართალია, იმავე მიმართულებით მდინარის წყლიანობაც მატულობს, რაც სიჩქარეს ზრდის, მაგრამ დაქანების კლების ეფექტი სჭარბობს. განსაკუთრებით მკაფიოდ ჩანს ეს, როდესაც მთის ხევი შედარებით დიდს და მცირედ დაქანებულ მდინარეს ერთეის. აქ ხევის დაქანება უეცრად მცირდება და წარმოიშობა მდინარისკენ გაშლილი გამოზიდვის კონუსი.

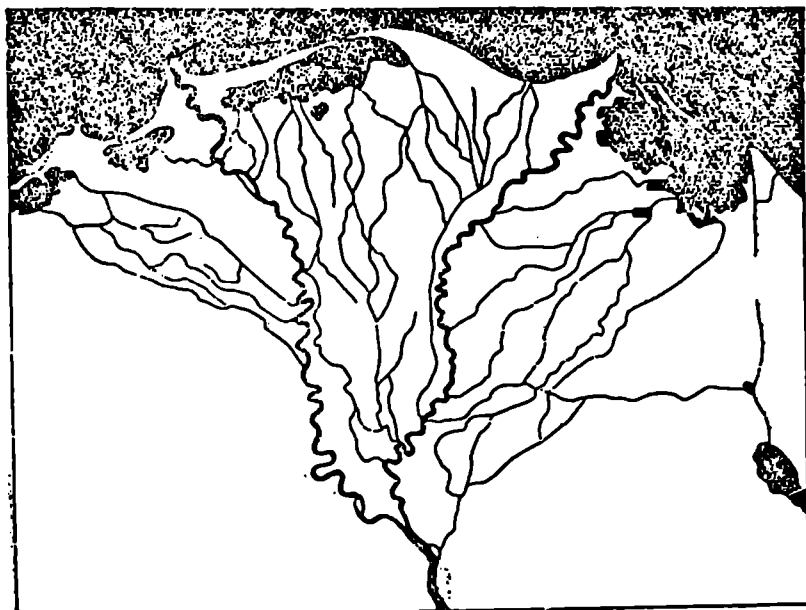
მდინარეში ჭერ უფრო მსხვილი მასალა ილექება, უფრო ქვემოთ --- თანდათან წვრილი. პირველ ხანად ეს დალექვა დროებითია, უახლოესი ძლიერი წყალდიდობა მასალას ისევ დაძრავს, რადგან დალექვა წყლის კლების პროცესში არის მომხდარი, მაგრამ ბოლოს ნალექს უძლიერესი წყალდიდობაც ვეღარ დაძრავს. მისი დაბინავება, ასე ვთქვათ, საბოლოოა. მდინარის ამ ნალექს ალუვიონი<sup>1</sup> ეწოდება. დალექვას ბუნებრივად დახარისხებაც ახლავს, თუმცა, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, შენაკადები, თუ მათი აუზის დაქანება მეტია, დახარისხების მსვლელობას. არღვევენ. დახარისხება ხდება როგორც მარცვლის სიმსხოს, ისე სიმკვრივის მიხედვით. მძიმე მეტალების პატარა მარცვლებიც კი ადრე ბინავდებიან.

მთიან მხარეებშიც კი მოზრდილი მდინარეების ქვემო წელს დაბინავებული ნალექით მოფენილ ალუვიურ ველს წარმოადგენს. ასეა, კერძოდ, მტკვრისა და რიონის შემთხვევაში. მაგრამ მთელი მდინარეული მასალა ალუვიურ ველზე, ხმელეთზე როდი ილექება. ნაწილი მდინარეს ზღვაში შეაქვს. აქ მდინარის მოძრაობა სწრაფად წყდება, დალექვაც ზღვის წყალში უფრო უშუალოა და ამიტომ მდინარეთა შესართავები ჩვეულებრივ ინტენსიური დალექვის ადგილს წარმოადგენენ. ეს კია, რომ აქ უნდა გავარჩიოთ

<sup>1</sup>Alluvio, ლათ. — მონალექი.



შესართავეების ორი ტიპი: ესტუარები<sup>1</sup> და დელტები<sup>2</sup>.  
 თუ მდინარე გაშლილ ზღვას, ოკეანეს ერთვის, იქ მეტად თუ ნაკ-  
 ლებად ძლიერი იქნება მიმოქცევის ტალღა. ზღვის წყლის ეს ყო-  
 ველდლიური მოღინება და უკუქცევა შესართავს რეცხავს და მდი-  
 ნარის მოტანილი მასალა ზღვაში გააქვს,—შესართავში ნალექი ვერ  
 დაბინავდება. ასეთ შესართავს ესტუარს უწოდებენ. დასავლური  
 ევროპის მდინარეები, მაგალითად, სენა და ტემზა, ესტუარებით  
 ბოლოვდებიან.



სურ. 111. ნილოსის დელტა. ნელა მოძრავი მდინარე თავის-  
 სავე ნალექებს ველარ ერევა, ეძებს იოლ გზებს და იტოტება. ზოგან  
 წარმოიშობა ტბებიც.

თუ, პირიქით, მდინარე შიგა ზღვაში შედის, როგორც ნილოსი,  
 იქ ზღვის მიმოქცევა შეუმჩნეველია და შესართავში ნალექის დაგ-  
 როვება შეუფერხებლად მიმდინარეობს,—წარმოიშობა დელტა  
 (სურ. 111). ამაზონის შესართავი ესტუარი არის და უფრო ზღვის

<sup>1</sup> Aestuarium, ლათ.—მდინარის შესართავი, რომელშიც ზღვის უბე შე-  
 მოკრილა. Aestus ლათინურად—ზღვის მოქცევის ნიშნავს, აქედან—aestuarium.

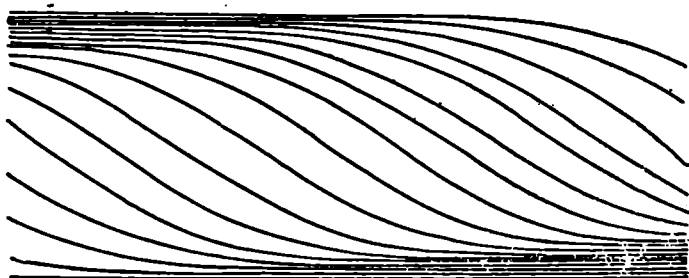
<sup>2</sup> „დელტა“ ბერძნულ ასო დონს ჰქვია. ნილოსის დელტას სამკუთხედის  
 ფორმა აქვს და ძლიერ წააგავს ასომთავრულ დელტას.

უბეს ემსგავსება, მისისიპის კი მექსიკის შიგა ზღვაში უზარმაზარი დელტა წარმოუშვია (სურ. 112).



სურ. 112. მისისიპის დელტა. — როგორც დელტები საერთოდ, იგი გამუდმებით იზრდება ზღვისკენ (მექსიკის უბისკენ). მარცხნივ დელტა 1885 წელს; მარჯვნივ იგივე 1935 წელს.

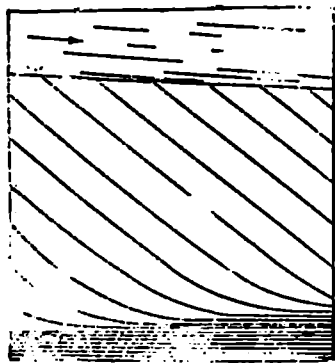
რადგან დელტურ ნალექებს ძლიერ თავისებური აგებულება აქვთ და გეოლოგიურ წარსულშიც ხშირად გვხვდებიან, საჭიროა



სურ. 113. დელტური დაღეჭვა (სქემა). ზევით — ნალექის დაახლოებით ჰორიზონტული და თხელი ფენები; წინ, კონტინენტურ ბეჭობზე — სქელი და ძლიერ დაჭანებული ფენები; ზღვის ფსკერზე ისევ თხელი და სუბჰორიზონტული ფენები.

მათ უფრო ახლო გავეცნოთ. თვით მდინარის შესართავში ალუვიონი ჰორიზონტულად იღეჭება (სურ. 113). ზღვისკენ, სადაც სიღრმე სწრაფად მატულობს, ბეჭობი არის და ნალექს დიდი დაჭანება აქვს. ბოლოს წმინდამარცვლოვანი მასალა ზღვის ფსკერზე გეტ-

ნაკლებად პორიზონტულად გაიშლება ისევ. რადგან ღელტა თვით დალექვის ხასიათის მიხედვით მუდამ წინ მიიწევს ზღვისკენ, უკან ნალექების დონემ ზევით უნდა აიწიოს ჰიფსომეტრიულად. თუ ამას შემდეგ გადარეცხვა მოჰყვა — ეტქვათ, უჩვეულო წყალდიდობის ან ხმელეთის აზვევების გამო, — დელტის ზედა ფენებიც გადაირეცხებიან და ახალი ნალექი კუთხური უთანხმოებით განლაგდება პირდაპირ ბექობის დაქანებულ ფენებზე, — წარმოიშობა დელტური ნალექებისათვის დაპასხასიათებელი ირიბი ანუ დიაგონალური შრეებრივობა (სურ 114).



სურ. 114. დელტური დალექვა (გაგრძელება). მომზადრა ზედა ფენების გადარეცხვა და დალექილა ახალი, პორიზონტული. წარმოშობილა ირიბი შრეებრივობა.

**ხეობის განვითარება.** მდინარეული ეროზიის მნიშვნელოვანი შედეგი არის ხეობის განვითარება. ამ მოვლენის შესწავლა გეომორფოლოგიის<sup>1</sup> ამოცანა არის. თუმცა დღეს ცნობილი დიდი ხეობები მრავალი მილიონი წლისაინი არიან და მათი ისტორია უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელი არის, ისეთი ხეობებიც უთვალავია, რომლებიც ჩვენ თვალწინ იბადებიან და იწყებენ ზრდას.

ისევე როგორც ბოტანიკოსი ტყეში ახალგაზრდა და ხანდაზმულ ხეებს აკვირდება და ხის განვითარების ისტორიას აღადგენს, გეომორფოლოგსაც ზეუძლია განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე მყოფი ხეობები შეისწავლოს და ხეობის განვითარების ტიპური სქემა მოგვცეს.

მაგალითად, თბილისთან წყნეთის შოსედან რომ მდ. ვერეს მარცხენა ფერდს გავხედოთ, არ შეიძლება ყურადღება არ მივაქციოთ ბექობში ჩაკვეთილ პატარა ხრამებს, რომლებშიც ადვილად გამოვიცნობთ ხეობებს *in statu nascendi*<sup>2</sup>, ე. ი. ხეობებს, რომელნიც ესაა იბადებიან. ზევით ძველი ნამდინარევი დავაკება არის, წინ მას ბექობი საზღვრავს და სწორედ ამ ბექობში შექრილ ახალი ხეობის ჩანასახი. ხრამი ძირში (აქ ისევ უფრო დავაკებულ ფერდია) ფართოა და ღრმად შექრილი, ზევითკენ კი თანდათან მი-

<sup>1</sup> „გე“ — მიწა; „მორფ“, ბერძნ. — ფორმა; „ლოგია“ (ბერძნულად *logos*) მეცნიერებას აღინიშნავს.

<sup>2</sup> ლათინურად — დაბადების მდგომარეობაში.

ილევა და ზემოხსენებულ ზედა დავაყებაზე მისი კვალიც აღარ ჩანს (სურ. 115). გვერდით მეორე ხრამია, უფრო განვითარებული. მისი ქვემო ბოლო პირველზე უფრო გაფართოებულია, ხოლო მისი ზემო წვერი ვაკეზე შეკრილა და საკმაოდ შორს წასულა აღმა მიმართულებით. ბოლოს ისიც მიილევა. ეს უკვე პაწია, მაგრამ ტიპიური მშრალი ხევი არის. ექვი არ იქნება, რომ ეს ხევიც ისე დაწყებულა, როგორც მის გვერდით მდებარე პატარა ხრამი. ესეც იმის მსგავსი იყო და მხოლოდ შემდეგ შეიჭრა თანდათანობით ზემოთ, სათავისკენ მდებარე დავაყებაში, ქვემო საზღვარი კი უცვლელი დარჩენილა. ამგვარად, ეს პატარა დაკვირვება ნებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ახალგაზრდა ხევი აღმა, სათა-



სურ. 115. მდინარის (ხევის)  
ჩანასახები.

ვისკენ იზრდება. მცირე მოფიქრება საკმაოა, რათა დავინახოთ, რომ სხვაგვარად არც შეიძლება მომხდარიყო. მართლაც, აღმა ხევის დაქანება მეტია, ეროზია უფრო ინტენსიური და ხრამი ზემოთკენ უნდა წაიზარღოს. ეს საერთო კანონია დიდი თუ პატარა მდინარეებისთვის. გეომორფოლოგები მას უკუსვლით სეროზიას უწოდებენ. მოვლენა უეჭველად უაღრესად მნიშვნელოვანია, მაგრამ გამოთქმა უხერხული ჩანს. ეროზია თავიდანვე აღმაც არის და დაღმაც, სათავისაკენ უფრო ადრეც არის დაწყებული და უკან ვერსად წავა. უფრო სწორი იქნება ვთქვათ ხეობის (და არა ხევის) აღმა განვითარება.

ხეობის განვითარების უფრო მარჯვედ ასაწერად კარგ დახმარებას გავვიწევს მდინარის გრძივი და განივი პროფილის ცნება.

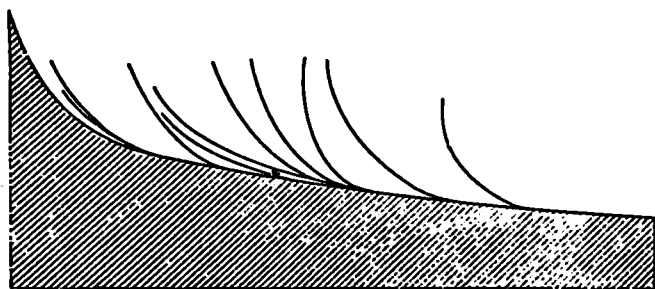
გრძივი პროფილის მისაღებად უნდა მდინარე სწორხაზებრივად გავმართოთ და თითოული წერტილიდან (პრაქტიკულად წერტილების გარკვეული რიცხვიდან) ავმართოთ ამ წერტილის სიმაღლის შესატყვისი მართობი. ამ მართობთა თავების გადაბმა მოგვცემს გრძივ პროფილს (სურ. 116). ანალოგიური წესით მიიღება განივი პროფილიც.

გამოირკვა, რომ გრძივი პროფილი ყოველთვის მრუდია და თან, მთლიანად აღებული, ქვეითკენ ჩაზნექილი (სურ. 117). დაქანება მინიმალურია შესართავთან, მაქსიმალური — სათავეში, ე. ი. როგორც უნდა იყოს ალმა განვითარების (უკუსვლითი ეროზიის) შემთხვევაში: რაც უფრო შორს არის წასული ხეობის განვითარება, მით უფრო ნაკლები იქნება დაქანება. ჯერ



სურ. 116. ხეობის გასწვრივი პროფილი.

სათავეში, ე. ი. როგორც უნდა იყოს ალმა განვითარების (უკუსვლითი ეროზიის) შემთხვევაში: რაც უფრო შორს არის წასული ხეობის განვითარება, მით უფრო ნაკლები იქნება დაქანება. ჯერ



სურ. 117. მდინარის პროფილის განვითარება უკუსვლის წესით.

ქვემოწელში და შემდეგ სათავისაკენ, რომელიც თანდათან ალმა მიიწევს. პროფილს, რომლის პირობებშიც ეროზია თითქმის აღარ წარმოებს, წონასწორობის პროფილს უწოდებენ.

განივი პროფილი დასაწყისში ლათინურ ასოს v-ს მოგვაგონებს. ფერდები ზევითკენ კონვექსური (ამოზნექილი) არიან და თითქმის უშუალოდ მდინარის კალაპოტში ჩადიან. შემდეგ მდინარე ქალას წარმოშობს. ფერდები ფართობული ეროზიის გამო უკან იხევენ და პროფილი — ფორმას ღებულობს. ამბობენ,

ს-სებური პროფილი, მაგრამ ეს შედარება ნაკლებად შეეფერება სინამდვილეს.

როგორც არ უნდა იყოს მდინარის გრძივი პროფილი, ერთი ცხადია: მისი ბოლო, ე. ი. შესართავი, ეროზიის პროცესში უცვლელი არის. ხეობის გამოკვეთა აქედან წარმოებს და ეს განსაზღვრავს მთელი პროცესის მსვლელობას. ჩვეულებრივ ეს იქნება ზღვა, რომელსაც მდინარე ერთვის. მას უწოდებენ ეროზიის ბაზისს. რა თქმა უნდა, თუ ხმელეთის ან ზღვის დონის აწევა ან დაძირვა მოხდა, შეიცვლება ეროზიის ბაზისიც.

განეითარების სტადიის მიხედვით არჩევენ ახალგაზრდა, მოწიფულ და მოხუც ხეობებს.

ახალგაზრდა ხეობას (და მდინარეს) ახასიათებს ვიწრო განივი პროფილი, დიდი დაქანებები სიგრძივ და ხშირად ტბები და ჩაჩქერები.

თუ ტბა ხეობაშია და არა ხეობის ბოლოს, როგორც კასპიური ზღვა, მას მთავარი მდინარე ან რომელიმე მისი შენაკადი გაივლის. ტბაში შესვლისას მდინარეს ნალექები შეაქვს და ავსებს ტბას ფსკერიდან, ხოლო ტბიდან გასვლისას კალაპოტს აღრმავებს ეროზიულად და ტბის დონეს დაბლა სწევს. ამ ორი პროცესის გარდუვალი შედეგი იქნება ადრე თუ გვიან ტბის დაშრობა. ამიტომ ტბების არსებობა მხოლოდ ახალგაზრდა ხეობებში არის შესაძლებელი. მოხუც ხეობაში ტბა შეიძლება მხოლოდ ეროზიისთვის უცხო რამე მიზეზმა წარმოშვას. ამ მხრივ გამონაკლისია მდინარეს მოწყვეტილი მებანდრები (იხ. ქვემოთ).

ანალოგიურია ჩაჩქერების ბედი. ჩაჩქერაში წყლის დანება ვარდნით არის შეცვლილი (სურ. 118). საფეხური, საიდანაც ვარდნა წარმოებს, გამუდმებით ნგრევას განიცდის (სურ. 119). უკვე გასული საუკუნის პირველ ნახევარში ლაიელმა გამოიანგარიშა, რომ ნიაგარის ჩაჩქერი ამის გამო წელიწადში 70 — 90cm-ით იხევს უკან. თან სიმაღლესაც იკლებს. მხოლოდ გარკვეული დრო არის საჭირო, რომ ჩაჩქერისაგან არაფერი დარჩეს. ამიტომ არის, რომ ტბები და ჩაჩქერები მხოლოდ გეოლოგიურად ახალგაზრდა ხეობებში არის შესაძლებელი. მოწიფულ ხეობაში ტბები და ჩაჩქერები აღარ არის, განივი პროფილი ფართოა და დაბალი.

დასასრულ, მოხუცი ხეობის ქვემო წელი ფართო ალუვიურ ველს წარმოადგენს, გრძივი პროფილი წონასწორულია ან უახლოვდება მას და მდინარე მებანდრებით მიიკლავება ზან-

ტად და ფართო დივაგაციას აწარმოებს, ე. ი. ხან ალუვიური  
ველის ერთი კიდისკენ გადაიწევს და ხან მეორისკენ.



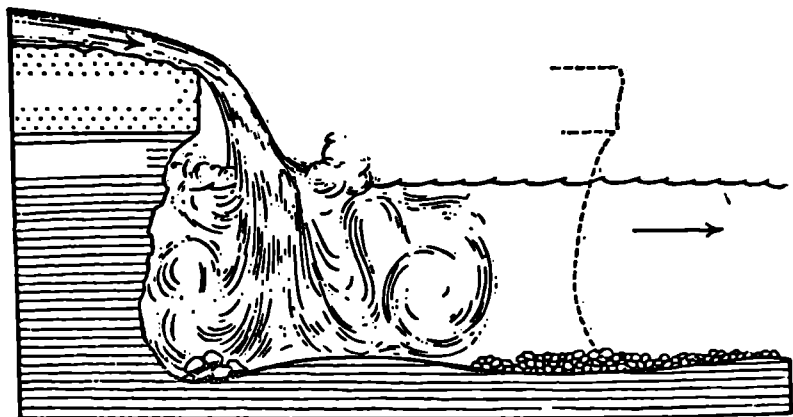
სურ. 118. ნიაგარის ჩაჩქერი.

მეანდრები<sup>1</sup> მარტო მოხუცი მდინარის კუთვნილება არ არის. მათ ვხვდებით უეჭველად ახალგაზრდა ხევებშიც, როგორც, მაგალითად, მტკვრის შენაკადი ვერე არის. კარგად განვითარებული მეანდრები ახასიათებს ზოგ ჩვენს მდინარეს (სურ. 120).

ახალგაზრდა მდინარეში მეანდრები მაშინ ჩნდება, თუ ერთსა და მეორე ნაპირზე ეროზიისადმი უფრო გამძლე და სუსტი ქანები მორიგეობენ. მოხუცი მდინარის ალუვიურ ველზე კი მდინარე საკუთარ ნალექებს ველარ ერევა და იძულებულია ხან იქეთ მიუხვიოს, ხან აქეთ. მეანდრში წყლის უდიდესი სიჩქარე გარეთკენ გამოზნექილ ნაპირს აწყდება. აქეთ ეროზია წარმოებს და მეტად თუ ნაკლებად შევულო ბეჭი წარმოიშვება. შიგნით გამოზნექილ ნაპირზე

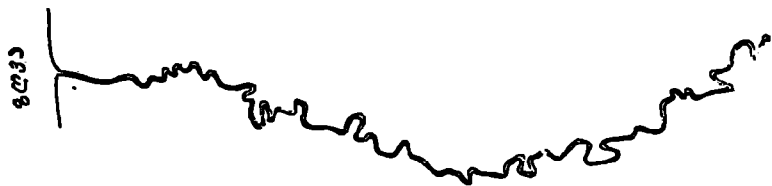
<sup>1</sup> მეანდრი მცირე აზიის ერთი მდინარის სახელია.

სიჩქარე მცირეა და დალექვა მიმდინარეობს. აქ ვითარდება წვრილ-მარცლოვანი მასალის დაბალი, მდინარისკენ დაქანებული შვერილი (სურ. 121).



სურ. 119. ჩაჩქერის მოქმედების სქემა. ნიაგარის ჩაჩქერი.

იგივე სურათი გვიჩვენებს, რომ, რადგან მუანდრის გარეთ გამოზნეპილი კავის ქვემო ბექი უფრო ძლიერ ეროზიას განიცდის, ვიდრე ზემო ბექი, განუწყვეტლივ მიმდინარეობს მუანდრების ნე-



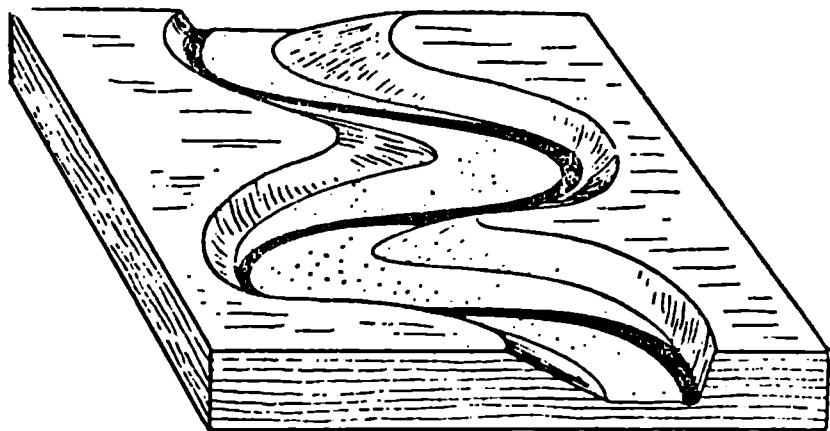
სურ. 120. ხოფის წყლის მუანდრები.

ლი გადაადგილება ქვემოთკენ. ეს ხელს უწყობს ალუვიური ვაკის თუ კალის მოვაკებას, თითქო ლარი გადაავლესო.

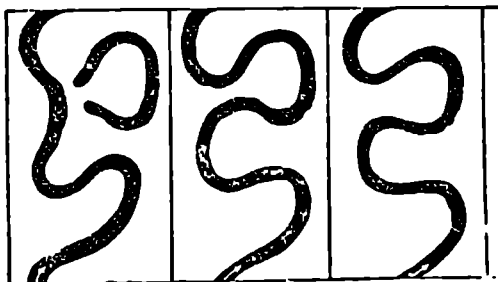
მოხდება ხოლომე, რომ აღიდებული მდინარე ორ მუანდრს შუა ვიწრო ყელს გადაჰკვეთს და მოკლე გზით იწყებს დინებას (სურ. 122). მოწყვეტილ მუანდრში შეიძლება წყალი დარჩეს და ამგვარად



წარმოიშობა ნალისებური ფორმის უცნაური ტბა. ეს მოვლენა არც თუ იშვიათია. ქვემო იმერეთში მსგავს ტბებს ნაარიონალს უწოდებენ (სურ 123).



სურ. 121. დალექვა მებანდრში: გამოზნეკილ ნაპირთან სიჩქარე დიდია და ეროხია მომდინარეობს; შეზნეკელ ნაპირზე სიჩქარე მცირეა და გაძლიერებული დალექვა ხდება.



სურ. 122. მებანდრ - ს მოწყვეტა. ორი მებანდრი შეიძლება ერთმანეთს მიუახლოვდეს და შეერთდეს. მდინარე გაიმართება ამ ადგილას, ხოლო მოწინააღმდეგე მხარის მებანდრი მოწყვეტილი დარჩება.

დივაგაცია ჰქვია მდინარის კალაპოტის ქანაობას ჭალის თუ ალუვიური ველის ერთი ნაპირიდან მეორისაკენ. ესეც ხელს უწყობს ალუვიონის ზედაპირის მოსწორებას. მეორე მხრით, თუ

მდინარე, ვთქვით, მარცხენა ნაპირისაკენ მიიწევს, მის მიერ გადავლილი ზედაპირი მარცხნივ იქნება ოდნავ დაქანებული. თუ ასლა მდინარე მარჯვენა ნაპირისაკენ წამოვიდა, ახალი ზედაპირიც მარჯვნივ იქნება დაქანებული და ეს ტერასის წარმოშობას გამოიწვევს.

ეროზიას მდინარე აწარმოებს, მაგრამ შედეგი არანაკლებ არის დამოკიდებული ქანების რავეარობაზე, პეტროგრაფიაზე. თუ ქანი გამძლეა ეროზიის მიმართ, პროცესი ნელა მიმდინარეობს. თუ ქანი რბილია ან ფხვიერი, ეროზია გაცილებით უფრო ეფექტიანი იქნება. კიდევ უფრო თავისებურ შედეგს მივიღებთ, თუ ქანი მტკიცეა, მაგრამ ნაპრალიანი: ეროზია ნაპრალებით სარგებლობს და წარმოიშობა ვიწრო და ღრმა ხეობები თითქმის ვერტიკალური ფერდებით.



სურ. 123. ნ ა რ ი ი ნ ა ლ ი.

ასეა ხოლმე კირქვის და განსაკუთარებით ლავური ზეწრების შემთხვევაში. საკმაოა მოვიგონოთ მტკვრის ხეობა ვარძიასთან ან მდ. წყალწითელას ხეობა ქუთაისთან. საერთოდ ყველა ქანს ან ამ

მხრივ მსგავსი ქანების ჯგუფებს თავისი უალრესად სპეციფიკური ტოპოგრაფია ახასიათებს. გრანიტისთვის ეს არის ამალღებული რელიეფი, თიხებისა და თიხიანი ქვიშაქვებისთვის, მერგელებისთვის — დაბალი, „რბილი“ რელიეფი; ვულკანიტებისთვის — უხეში, წვეტიანი კლდეები (თუ ფიტვითი ქერქით არ არიან დაფარული); კირქვებისა და დოლომიტებისათვის — ვიწრო ხრამები და შვეული ქარაფები და ა. შ.

თავისებური შედეგი შეიძლება მოგვეცეს მტკიცე და სუსტი ქანების სხვადასხვაგვარმა მორიგეობამ. კერძოდ, სურათ 124-ზე წარმოდგენილია თავკვეთილი გორა, რომელიც უცნაურად არის ამართული საერთოდ ვაკე რელიეფზე. შეიძლებოდა გვეფიქრა, გორა უფრო გამძლე ქანებით არის აგებული, მაგრამ ქანები ისეთივეა, როგორც გარშემო. მხოლოდ ეს არის, რომ სუსტ ქანებს თავზე ვულკანური ზეწრის მტკიცე საფარი ხურავს. აი ამ ზეწარს დაუცავს ქვეშ მდებარე გორა გადარეცხვისაგან. მსგავს გორებს მეზას უწოდებენ (სურ. 124).

ამ მოვლენის კიდევ უფრო უცნაური გამოხატულებაა კარვად ცნობილი თიხის სვეტები აღმოსავლურ ალპებში. ასეთა

სვეტების არსებობა შესაძლებელი გამხდარა იმის გამო, რომ თითოულ სვეტს თავზე მეტნაკლებად დიდი ლოდი ადევს (სურ. 125). ამ მტკიცე ლოდების სიმძიმეს და დაწოლას დაუპირობებია ქვეშ მდებარე თიხის სხვა მხრივ გაუგებარი გამძლეობა.

ისევ ქანების მორიგეობაზე, მაგრამ ჰორიზონტული მიმართულებით, არის დამოკიდებული კლდეკარების და შიგა ბარების წარმოშობა (იხ. ქვემოთ).



სურ. 124. მ ე ზ ა. ეროზიისაღმი სუსტ ქანებს ხურავს გამძლე ვულკანური ზეწარი. ამას დაუცავს ქვეშმდებარე ნალექები გადარეცხვისგან და წარმოშობილა თავისებური ვაკე მალლოპი.

პეტროგრაფიასთან ერთად უნდა გათვალისწინებულ იქნას ტექტონიკა, რომლის მნიშვნელობა ნაკლები არ არის. მეზის წარმოშობა იმდენადვე სტრუქტურაზე არის დამოკიდებული, რამდენადაც პეტროგრაფიაზე. შემდეგ სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობს ეროზია იმის მიხედვით, შრეებრივობის გასწვრივ მოძრაობს მდინარე თუ გარდი-გარდმო, რაც დამოკიდებული არის მდინარის და ნაოქების მიმართულებებზე. ჯერ არჩევენ გამკვეთ და გასწვრივ (ნაოქების მიმართ) მდინარეებს. მტკვარი მცხეთიდან თბილისამდე ჩათვლით გამკვეთი არის, რადგან მისი მიმართულება დაახლოებით მერიდიანულია, ნაოქებისა კი განედურს უახლოვდება. გამკვეთი არიან ქსნისა და არაგვის ხეობები ან თერგისა. ყაზ-

ბეგს ქვემოთ. გასწვრივია მტკვრის ხეობა შიგა ქართლში ან კიდეც რიონისა ქვემო რაჭაში.

გასწვრივ ხეობებს თავის მხრივ კიდეც ჰყოფენ ანტიკლინურ, სინკლინურ და იზოკლინურ ხეობებად. ანტიკლინური ლისის ნახეობარი თბილისში, დღეს უკვე დამშრალი. ასევე მშრალი: სინკლინური ხეობაა საბურთალო-დელისის დაბლობი, ხოლო მდ. ვერე იზოკლინურ ხეობას მოჰყვება. პირველი დაკავშირებულია ლისის ანტიკლინთან, მეორე—საბურთალოს სინკლინთან, ხო-



სურ. 125. თიხის სვეტები. სვეტს ეროზიისაღმე გამძლეობას აძლევს იმ ლოდის სიმძიმე, რომელიც მას თავზედ ადევს. აღმოსავლური ალპები.

კალაპოტი ქვედა, თიხიან შრეებში არის ჩასული. ამ რბილ ქანებში ხეობა ადვილად ღრმავდება და ხეობის სამხრული ფერდიც ერთგვაროვნად იქნება დახრილი მდინარისაკენ. სამაგიეროდ ჩრდილო ფერდე კირქვებისაგან იქნება აგებული. მდინარე ქვეშდებარე თიხიან წყებაში აღრმავებს კალაპოტს და N-კენ დაქანებულ კირქვებს ძირა

ლო მესამე — ამავე სინკლინის სამხრულ ფრთასთან. იზოკლინური მას და მისთანა ხეობებს იმიტომ ჰქვია, რომ შრეები ორივე ნაპირზე ერთ მხარესაა დაქანებული: ერთ ფერდზე მდინარისკენ და მეორეზე მდინარიდან. ასეთი ხეობები საერთოდ ასიმეტრიული არიან, მაგრამ განსაკუთრებით თავისებური რელიეფი წარმოიშობა იმ შემთხვევაში, თუ ერთგვარად დაქანებული შრეები პეტროგრაფიულად სხვადასხვა ხასიათის არიან ეროზიისაღმე გამძლეობის თვალსაზრისით. ვთქვათ, შრეების დაქანება ჩრდილოურია და ორი წყება გაირჩევა: ქვეშ რბილი, თიხიანი ქანები და ზევით მტკიცე, მაგალითად კირქვების შრენარი. იზოკლინურ ხეობას მიმართულეა განედური ექნება. წარმოვიდგინოთ, რომ მდინარის

უთხარი; ხეობის ეს ფერდი ჩამოკვეთილი კირქვის შრეებისაგან იქნება შემდგარი და თან მეტნაკლებად ციცაბო. ვითარდება სპეციფური რელიეფი, რომელსაც კუესტას<sup>1</sup> უწოდებენ. კუესტები კარგად არიან ცნობილი კავკასიონზე და ბევრგან სხვაგან.

როგორც პეტროგრაფიული, ისე ტექნიკური პირობები მხოლოდ პატარა ხეობებში შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი. დიდი მდინარეების შემთხვევაში ერთი და მეორეც ძლიერ ცვალებადია. მტკვარი ხერთვისიდან ქვიშხეთამდე გამკვეთია, შემდეგ მცხეთამდე, როგორც აღვნიშნეთ, გასწვრივი და მცხეთიდან თბილისამდე — ისევე გამკვეთი. ასევე რიონის ორ სათავეს, ჭეშურას და გლოლის წყალს, გასწვრივი დინება აქვთ, რუბოძალიდან ონამდე — გამკვეთი, ონიდან—გასწვრივი და ა. შ. იქ, სადაც მდინარე მტკიცე ქანებს ჰკვეთს, ვიწრო კლდეკარი, ანუ მარტივად კარი ან კიდევ ორპირი წარმოიშობა. ასეთია ბორჯომის ხეობა და მრავალი სხვა. თუ კლდეკარებს შუა სუსტი ქანები არაა მოთავსებული, აქ ხეობა შესამჩნევად გაფართოვდება, წარმოიშობა შიგაბარი. ასეა ქვემო რაჭა ხიდისკარსა და საირმეს შუა, ასევეა ლეჩხუმის მთავარი ნაწილი მურის კლდეკარსა და სარეწველის კლდეკარს შუა.

როგორც ვიცით, იმ ფართობს, რომელიც მდინარეს და მის შენაკადებს უჭირავს, მდინარის აუზი ჰქვია. ხმელეთის მთელი ზედაპირი, უდაბნოებს თუ არ მივიღებთ მხედველობაში. აუზებს შორის არის განაწილებული და მათ გარეშე თავისუფალი ადგილი, ე. ი. ისეთი, რომ არც ერთ აუზს არ ეკუთვნოდეს, არსად არის. ამიტომ ერთი აუზის საზღვარი მეორე, მეზობელ აუზსაც საზღვრავს. ეს იქნება წყალგამყოფი ხაზი. წყალგამყოფი ხაზი აუცილებლად მეტად ან ნაკლებად ამალღებული უნდა იყოს, რათა წყლის დინება აქედან ორი საწინააღმდეგო მიმართულებით წარმოებდეს. განსაკუთრებით თვალსაჩინოა იგი, როდესაც მაღალ ქედს ან სერს მიჰყვება.

მაგრამ წყალგამყოფი ხაზი, ისევე როგორც ყოველი საზღვარი, სამუდამოდ დადგენილი და უძრავი როდია. თითოეული მდინარე წყალალმა ავითარებს თავის ხეობას და, მაშასადამე, ისწრაფის წყალალმა, ე. ი. მეზობელი აუზისაკენ გადასწიოს თავისი საზღვარი (სურ. 126). ასევე იქცევა მეზობელი მდინარეც. ასე რომ წყალგამყოფი ხაზი იმავე დროს აუზისათვის ბრძოლის ხაზი არის.

<sup>1</sup> Cuesta, ესპან. — ფერდობი.

თუ ორივე მხრივ პირობები — წყლის სიუხვე: ქანების რაგვარობა, ტექტონიკა და რელიეფის დაქანება — ერთად აღებული თანასწორია, ვერც ერთი მდინარე ვერ სძლევს მეორეს და საზღვარი იქვე რჩება. მხოლოდ სიმაღლე აკლდება მას ორივე მხრიდან.

მაგრამ მოხდება, რომ პირობები თანასწორი არ არის და ერთ-ერთი მდინარის ეროზიული აქტივობა მეტია. მაშინ წყალთგამყოფი ხაზი სუსტი სდინარისკენ გადაიწევს, ძლიერის აუზი ვაიზრდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ვაიზრდება მისი წყალშემკრები



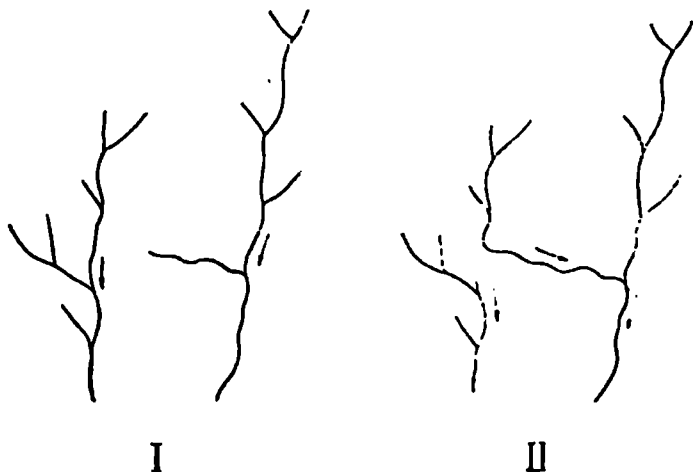
სურ. 126. აუზისთვის ბრძოლა. უკუსვლითი ეროზიის პროცესში ორივე მდინარე ისწრაფვის მეზობლის ხარჯზე გააფართოს თავისი აუზი. ამ შემთხვევაში მარცხენა მდინარე, რომელსაც უფრო დაბალი ბაზისი აქვს, უძლიერესი არის და თანდათან ავიწროებს მარჯვენა მეზობელს.

ფართობი და მდინარე უფრო წყალუხვი გახდება და უფრო ეროზიისუნარიანი. მეზობელ მდინარეს, პირიქით, წყალი მოაკლდება და იგი კიდევ მეტად დასუსტდება. შემდეგში პირველი მდინარის მოძალეობა კიდევ მეტი იქნება.

ეს პროცესი ნელა მიმდინარეობს, მაგრამ ზოგჯერ შეიძლება ძლიერ ეფექტური სახე მიიღოს. ასე მოხდება, თუ უფრო ძლიერმა მდინარემ მეორის კალაპოტამდე მიადწია (სურ. 127). მაშინ უკანასკნელი მდინარის ამ წერტილსზემო ნაწილი პირველს შვერთვის და ამიერიდან მისი შენაკადი გახდება. ამას ჰქვია მდინარის მიერ მდინარის მიტაცება. მდინარის მიტაცების მაგალითი მცირე მამბაბით თბილისშიაც გვაქვს. ლისის ძველი ხევი იმიტომ დამშრალა, რომ მისი წყალი დიდმის წყალს და საბურთალოს ხეის წაუტაცია, ხოლო უკანასკნელი — ძველ ვერეს.

აუზისათვის ბრძოლა და მდინარეთა წატაცება ფართოდ გავრცელებული და უაღრესად მნიშვნელოვანი მოვლენა არის. საკმაო მოვიგონოთ ჰიმალაისის ქედი. თითქო მდინარეები ქედის ორივე ფერდზე უნდა ჩამოდიოდეს, ჩრდილოეთით და სამხრეთით. ნამ-

დვილად კი ორივე ფერდის ჩამონადენი სამხრეთით იყრის თავს ინდუსსა და განგეს-ბრამაპუტრაში. ამის მიზეზია მშრალი ჰავა ჩრდილო ფერდზე და უაღრესად ნესტიანი — სამხრულზე. გარდა ამისა, სამხრეთისაკენ სიმაღლეთა სხვაობაც ძლიერ დიდია, ჩრდილოეთისკენ კი ჰიმალაიას ტიბეტის ზეგანი საზღვრავს. ამის გამო აუზისათვის ბრძოლა სამხრული მდინარეების სასარგებლოდ წამართულა.



სურ. 127. მდინარის მიტაცება. I. მარჯვენა მდინარე, კერძოდ ერთი მისი შენაკადი, უფრო ჩქარ ეროზიას აწარმოებს. მისი სათავე მარცხნივ მიიწევს. II. ხსენებულმა შენაკადმა მარცხენა მდინარის კალაპოტამდე მიაღწია და ახლა ამ მდინარის ზემო წელი მარჯვენა მდინარეს შეერთო, მან მიიტაცა.

ხეობის ევოლუციაში შეიძლება კიდევ უფრო უცნაური რამეებიც მოხდეს. მაგალითად, მდ. დიდქალა ნაქერალის გადაღმა რაჭაში, როგორც ყველაფრიდან ჩანს, ერთ დროს აღმოსავლეთისაკენ მიედინებოდა, როგორც ჩვენს დროში წყალსაცავის აგებამდე, მაგრამ გაცილებით უფრო შორს (სურ. 128, 129). ჩრდილოეთიდან მას ერთვოდა სოფ. ნიკორწმინდიდან ჩამომდინარი შენაკადი. ეს შენაკადი ცარტულ ნალექებზე მიმდინარეობს. სანამ ეს ნალექები მერგელები იყო, ყველაფერი წესიერად მიმდინარეობდა, მაგრამ როდესაც შენაკადმა ხეობა კირქვებამდე ჩაკვეთა, კირქვებში კარსტული სასულებები გაჩნდა და ხევი მიწას ქვეშ დაიკარგა.

კიდევ მეტი: ამ სასულეებმა დიდჭალაც მიიზიდა და მდინარემ ახლა აქეთ იწყო დინება შენაკადის კალაპოტით, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულებით. დიდჭალის ქვემოწელი უწყლოდ უნდა დარჩენილიყო, მაგრამ აქ რაკვა-იმერეთის ქედიდან მთელი რიგი ხეხეები ჩამოდის. თუმცა ნაკლები, კალაპოტში წყალი დარჩა მაინც და ერთხანს ძველი მიმართულებით მოედინებოდა აღმოსავლეთის-



სურ. 128. შ ა ო რ ი ს მ ი ტ ა ც ე ბ ა მ ი წ ა ს ქ ე ე შ ა მ დ ი ნ ა რ ი ს მ ი ე რ . ზ ე ვ ი თ — მ დ . დ ი დ ქ ა ლ ა და შ ა ო რ ი მ ი ტ ა ც ე ბ ი ს შ ე მ დ ე გ : შ ე რ თ ე ბ უ ლ ი მ დ ი ნ ა რ ე ი კ ა რ გ ე ბ ა კ ა რ ს ტ უ ლ სა ს უ ლ ე ე ბ შ ი ხ ე რ გ ა ს თ ა ნ .

კენ. ამ დროს აქ, მდინარის შესართავისკენ, ტექტონიკური რღვევა წარმოიშვა. ხეობის აღმოსავლურმა ნაწილმა ზევით აიწია. მცირედ, მაგრამ საკმაოდ იმისთვის, რომ წყალს დინება უკან დასავლეთისკენ დაეწყო. ამ მდინარეს შაორი ჰქვია და დღეს იგი დიდჭალის შენაკადს წარმოადგენს. ბოლოს ადამიანმაც ამ საქმეში თავისი წვლილი შეიტანა. სპეციალური დამბით მდინარეს სასულეებისაკენ გზა გადაუჭრა და დაგუბებული წყალი გვირაბით მთლიანად ტყიბულში გადმოიყვანა და ელექტროსადგური აამუშავა.

მდინარეთა მოქმედების მიმართულება სავსებით გარკვეული რამ არის. ცალკეული მდინარის ხეობის განვითარება წონასწორო-



ბის პროფილის გამომუშავებით უნდა დამთავრდეს, ხოლო მდინარეთა საერთო ქსელი ხმელეთზე ყველა მალლობებს მოასწორებს და ბოლო ანგარიშში წარმოშობს თითქმის ვაკეს, რომელსაც ამერიკელმა გეომორფოლოგმა დევისმა პენეპლენი<sup>1</sup> უწოდა. პენეპლენიზაცია, ე. ი. პროცესი, რომელმაც დასასრულ პენეპლენი უნდა მოგვეცეს, ყველასათვის უცილობელი მოვლენა არის, მაგრამ დასრულებული პენეპლენის არსებობა ბევრს საეჭვოდ მიაჩნია. და ეს იმიტომ, რომ პენეპლენის ბოლომდე განვითარებას წელთა



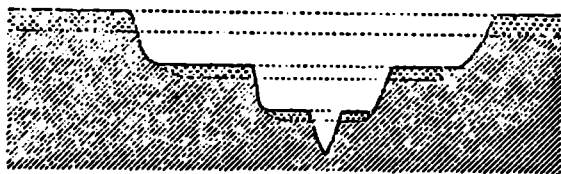
სურ. 129. იგივე მდინარეები მ-ტაცებად.

მილიონების ათეულები და ეგებ მეტიც კი სკირდებოდეს. ეს მით უმეტეს, რომ, რაც უფრო შორს წასულია ეროზია და შემცირებული რელიეფის უსწორმასწორობა, მით უფრო ნელია ეროზიის ტემპები. ცხადია, წლების ათეული მილიონები გეოლოგიური დროის თვალსაზრისით დიდი რამ არის, მაგრამ, სანამ ასეთი დრო გაივლიდეს, უეჭველად აიწევს სადმე მთები ან მოხდება კონტინენტის ნაწილების აზევება და საქმე თითქო თავიდან დასაწყები გახდება.

**ეროზიის ციკლები.** ეროზიის პროცესის ასეთი მსვლელობის აღსანიშნავად ჩვეულებრივ ეროზიის ციკლებზე ლაპარაკობენ: მიმდინარეობდა ერთი ციკლი და განახლებულმა ეროზიამ დაიწყო მეორე. ეს კია, რომ აქ ერთგვარი დაზუსტება არის საჭირო. ნამდვილი ციკლები გვექნებოდა, რომ ეროზიის მობრუნების ხასიათი ჰქონდეს: მიმდინარეობს ეროზია, აღწევს ბუნებრივ

<sup>1</sup> ინგლისურა penepplain; ლათ.-დან: paene—თითქმის და planum—ვაკე.

დასასრულს და ამას მოჰყვება ახალი ეროზია. სინამდვილეში ასე არ არის. ჯერ ერთი, ახალი ციკლის დაწყება ციკლის დასრულებასთან არ არის დაკავშირებული, ბევრად უფრო ადრეც იჩენს თავს, მეორეც, ახალი ციკლის დაწყებას იწვევს არა ეროზიის მსვლელობა, არამედ ტექტონიკური მოძრაობა. ციკლური ხასიათი ამ უკანასკნელს აქვს. ეროზიის განახლება შეიძლება გამოიწვიოს ან ეროზიის ბაზისის დაწვეან, ან სათავეების აზევებამ. ვთქვათ, მდინარეს წონასწორობის პროფილი გამომუშავებული აქვს, ზღვასთან ალუვიური ველით ან ფართო ქალით თავდება, და ამ დროს ზღვის დონის დაწვევა მოხდა რაიმე მიზეზით ან ხმელეთის აზევება, რაც ამ თვალსაზრისით ერთი და იგივეა. ხეობის ფსკერის დონე, რომელიც მორგებული იყო ზღვის დონეს, ახლა მას ასცილდება და ზღვის პირას ბექობი წარმოიშობა. დაქანება და წყლის სიჩქარე გაიზარდება და აქ ეროზია დაიწყება. ახალი ხეობის ჩანასახი უფრო



სურ. 130. ტერასები.

ვიწრო იქნება, ვიდრე ძველი ხეობის ფსკერი და იქეთ-აქეთ ვაკე საფეხურს დასტოვებს (სურ. 130). შემდეგ ახალი ხეობა ახალი ძალით იწყებს განვითარებას სათავეებისკენ. თუ პირიქით, ეროზიის ბაზისმა (ზღვის დონემ) ზევით აიწია, მდინარე შესართავთან დალექვას გააგრძელებს.

მოხდება ისეც, რომ ეროზიის ბაზისი უცვლელია, მაგრამ სათავეებთან ან ქვემოთ ხეობაში მთის ქედი აიწევს. ამ შემთხვევაში ეროზიის ინტენსივობა ქედის ზოლში გაიზარდება და ხეობა მეტად თუ ნაკლებად ღრმად ჩაიჭრება ძველი ხეობის ფსკერში და აქეთ-იქეთ ისევ საფეხურებს დასტოვებს, რადგან ახალი ხეობა უფრო ვიწრო იქნება.

ამ საფეხურებს ტერასებს<sup>1</sup> უწოდებენ. ტერასები ადვილი გამოსაცნობია იმით, რომ ხეობის ფერღზე მიბჯენილ საფეხურებს წარმოადგენენ, დაფარული არიან ალუვიონით და ეს ალუვიონი

<sup>1</sup> ფრანგული terrasse.

(ტერასის ალუვიონი) გადარეცხილ შრეებზე დევს უთანხმოდ. მათი შესწავლა კარგად შეიძლება თბილისში. ქალაქის ჩრდილოეთით მტკვრის კალაპოტი მოთავსებულია ალუვიურ ქალაში, რომელიც ოდნავ უფრო მაღალია, ვიდრე წყლის ჩვეულებრივი დონე. ამას მოჰყვება საფეხური, რომელიც კარგად არის წარმოდგენილი დიდუბეში და რომლის გაკვლევა შეიძლება წყალალმა და მარჯვენა ნაპირზეც. ეს არის დაცუბის ტერასი. შემდეგი, უფრო მაღალი, იქნება საბურთალოს ტერასი, მერმე ლოტის გორის და დასასრულ — მახათასი. ალუვიური საფარი არის უფრო მაღალ ქაშვეთის გორაზედაც, მაგრამ ის ხეობის ფერდზე მიბჭენილი არ არის. ეს არის ძველი ალუვიური ველის ნაშთი, რომელსაც სამგორის ველი განაგრძობს.

მიღებული ტერმინოლოგიის თანახმად დიდუბის ტერასი იქნება პირველი ქალისზედა ტერასი, საბურთალოსი — მეორე ქალისზედა, ლოტის გორისა მესამე და მახათასი — მეოთხე. ყველაზე ახალგაზრდაა დიდუბის ტერასი, ყველაზე ძველი — მახათასი და. საერთოდ, ის ტერასი არის უძველესი. რომელიც უფრო მაღალია. ტერასის სიმაღლე მდინარის ზედაპირიდან იზომება. ტერასი შეიძლება ხეობის ორივე ფერდზედ იყოს გადარჩენილი. შეიძლება მარტო ერთზე და იქაც ნაწყვეტებად: ტერასებიც ეროზიას განიცდიან.

მაგრამ შეიძლება თუ არა გამოვიცნოთ, როგორ არიან წარმოშობილი ესა თუ ის ტერასები: ეროზიის ბაზისის დაწვევის შედეგად თუ სათავის აზეგების გამო? ამ საკითხის გადაჭრა ძნელი არ არის.

თუ ზღვის დონის დაწვევა მოხდა, ახალი ხეობა ყველაზედ მეტად ზღვასთან, შესართავთან იქნება ძველის ფსკერში ჩაჭრილი. აქ იქნება ტერასის შეფარდებითი სიმაღლე მდინარის კალაპოტიდან უდიდესი. თუ, პირიქით, მთების აზეგებასთან გვაქვს საქმე და ეროზიის ბაზისი უცვლელი არის, ხეობა აზეგებულ ზოლში ჩაიჭრება ღრმად, ხოლო შესართავისკენ ტერასის სიმაღლე თანდათან ნაკლები იქნება.

თბილისის ტერასების სიმაღლე მტკვრისა და ერთმანეთის მიმართ თბილისში არის უდიდესი, ქვემოთ კი კლებულობს: ტერასები ერთმანეთს უახლოვდებიან. ეს ისე უნდა გავიგოთ, რომ ამ ტერასების წარმოშობა თრიალეთის ქედის აზეგების შედეგი არის.

მაგრამ რატომ არის ტერასი ოთხი და არა ერთი? ამ საკულისხმოდ კითხვაზე პასუხი ასეთია: მთების აზეგება ნელი და ხანგრძლი-

ვი პროცესი არის. თანაც ეს არ არის ერთგვაროვანი მოძრაობა ერთისა და იმავე სიჩქარით მიმდინარე. იგი ხან უფრო აჩქარებულია, ხან უფრო ნელი, ზოგჯერ შეიძლება შეწყდეს კიდევ. მოძრაობა ბიძგების სახით მიმდინარეობს და იმ დროის მანძილზე, რომელშიაც ხსენებული ტერასები წარმოიშვნენ, ოთხ ასეთ ბიძგს უნდა ჰქონოდა ადგილი.

საგულისხმოა კითხვა: თუ მტკვარმა თრიალეთის ქედი გაჰკვეთა და ღრმად ჩაიჭრა შიგ, როგორც დღეს ვხედავთ, მანამდე, როდესაც ქედი ჯერ კიდევ ხელუხლებელი იყო, მტკვარი ხომ უნდა დაგუბებულიყო ქედს ზემოთ, მუხრანის ველზე? ასეც ფიქრობდნენ დიდ ხანს, მაგრამ ამ ტბის არსებობის არავითარი კვალი არ ჩანს. დღევანდელი წარმოდგენის მიხედვით სურათი სულ სხვა არის. ხელუხლებელი თრიალეთის ქედი, რომელიც მტკვარს უნდა გაეკვეთა, არასოდეს არ ყოფილა. მდინარე ქედის გარდი-გარდმო გადმოდიოდა ჯერ კიდევ მაშინ, როდესაც უკანასკნელი ოდნავ თუ ამოზვევებულიყო ზღვის დონეს ზევით. შემდეგ ქედი მაღლა იწევედა და ერთდროულად მდინარეც უფრო და უფრო ღრმად იჭრებოდა შიგ. ასე რომ, მტკვარი კი არ ჩასულა ქაშვეთის მაღლობის დონიდან თავის თანამედროვე დონემდე, ქაშვეთს აუწევია ზევით. ამას ნათლად დავინახავთ, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ქაშვეთის ალუვიონის დალექვის დროს მტკვრის კალაპოტი დაახლოებით ზღვის დონეზე მდებარეობდა და დღეს კი 1100 მეტრზე არის ზღვის დონეს ზევით.

მსგავსადვე უნდა წარმოვიდგინოთ ამა თუ იმ ქედის გამკვეთი სხვა ხეობის განვითარებაც. მოვლენის საილუსტრაციოდ შემდეგ შედარებას მიმართავენ ხოლმე: როდესაც ხის მორს მუშები ხერხავენ, ხერხი თანდათან უფრო დაბლა ჩადის მორში. სულ სხვაა სახერხავ ქარხანაში: იქ ხერხი ერთ დონეზე ქანაობს იქეთ-აქეთ და მორი მიიწევს მისკენ ნილ-ნილ. ასევეა ქედის შემთხვევაშიცო.

შედარება უეჭველად გონებასამახვილია, მხოლოდ უნდა ითქვას, რომ გეოლოგიურ პირობებში შესაძლებელი არის მორიც მიიწევდეს ხერხისაკენ და ხერხიც მორისაკენ. ასე იქნება, როდესაც ხეობა ჰკვეთს დიდი ქედის გვერდითს ქედს, როგორც ეს თერგის შემთხვევაშია.

მაშასადამე მტკვრის ხეობის მიმართულება გამოხატავს აღრინდელ პირობებს და შემდეგ სულ სხვა გარემოში შენარჩუნე-

ბულა. ამის გამოსახატავად იტყვიან, მტკვრის ხეობა ან ტ ე ც ე -  
დ ე ნ ტ უ რ ი<sup>1</sup> არისო.

ანტეცედენტური ხეობები გავრცელებული მოვლენა არის და მართო ახალგაზრდა მთებში როდი გვხვდება. არის ძველი მოვა-  
კებული და ამადლებული მხარეები და ზედ მდინარე, რომელიც  
სრულიად მოულოდნელ ხვეულებს აკეთებს. მათი მოხაზულობა  
თანამედროვე პირობებში გაუგებარი ჩანს, მაგრამ ყველაფერი ნა-  
თელი ხდება, თუ აღვადგენთ იმ პირობებს, რომლებშიაც ხეობა  
განვითარდა. თანამედროვე აზრებზე შემდეგი მოვლენაა. ხეობა ან-  
ტეცედენტური არის.

ზოგჯერ ისეთ ხეობას, როგორც მტკვრისა არის მცხეთიდან  
თბილისამდე, ე პ ი გ ე ნ ე ტ უ რ ს<sup>2</sup> უწოდებენ. იგულისხმება. რომ  
თანამედროვე ხეობა დაშენებულია ძველზე, უკვე მანამდე არსე-  
ბულზე. ასეთ გამოთქმას ის უხერხულობა აქვს, რომ „შემდეგ  
წარმოშობილი“ ქედი იქნება და არა ხეობა. უკანასკნელისთვის  
ეპითეტი ანტეცედენტური უფრო მორგებული ჩანს.

თუ ვიწრო და ღრმა ხეობა მეტად თუ ნაკლებად მაღალ ვაკე  
ზეგანში არის ჩაპრილი, ეს იქნება კ ა ნ ი ო ნ ი (სურ. 131). პატა-  
რა კანიონები საკმაოდ გავრცელებულ მოვლენას წარმოადგენენ,  
მაგრამ თავისი გრანდიოზული ზომებით და მკვეთრი განვითარებით  
ცნობილია კოლორადოს კანიონი ჩრდილო ამერიკაში.

მდინარე წყლის მოქმედების გეოლოგიური მნიშვნელობა საკ-  
მაოდ ნათელი არის. მდინარეები და ზედაპირული დეარები აწარ-  
მოებენ დენუდაციას, ე. ი. ფიტვითი ქერქის ჩამორეცხვას მალო-  
ბებიდან, უზრუნველყოფენ მასალის ჩამოტანას დაბლობებში, ნა-  
ლექის უზარმაზარ რაოდენობას მიმოაფენენ ხმელეთზე ალუვი-  
ონის სახით და არანაკლები შეაქვთ ზღვაში.

დიდია მდინარეების როლი მიწის ქერქის რელიეფის გამოკვე-  
თის მხრივაც. აქ მათი მუშაობა ორს, თითქო ერთიმეორის საწინა-  
აღმდეგო ეფექტს იძლევა. ერთი არის ზედაპირის დასერვა ურიც-  
ხვი ხეობებით და კონტრასტული რელიეფის შექმნა, მეორე—თან-  
დათანნი პენეპლენიზაცია და რელიეფის გათანაბრება.

ნაკლები არ არის მდინარეების სახალხომეურნეობრივი მნიშ-  
ვნელობაც. ჯერ ხომ მდინარის წყალს, დაწმენდილს თუ უშუალოდ.

<sup>1</sup> Antecedens (ante — ადრე, წინ და cedere — სულა). ლათ.—წინაველი, ადრინ-  
დელი.

<sup>2</sup> „ეპიგენეს“, ბერძნ. — შემდეგ წარმოშობილი.

დიდი ადგილი უჭირავს მეურნეობაში, როგორც სასმელს ადამიანისა და საქონლისათვის და როგორც სარწყავს. დიდი მდინარეები მიმოსვლის მნიშვნელოვან საშუალებას წარმოადგენენ. დიდია აგ-



სურ. 131. კ ა ნ ი. დავაკებულ ზეგანში ჩაქრილი ვიწრო და ღრმა ხეობა.

რეფე მდინარეების ენერგეტიკული როლი, რასაც მოწმობს ჰიდროელექტრული მშენებლობის თანამედროვე გაქანება.

### ზოგი კითხვა და რჩევა

ადიდებისას წყლის სიჩქარე მდინარეში იგივეა, რაც წყალმცირობისას თუ მეტი (დააკვირდით უახლოეს მდინარეს)? რატომ არის ასე?

რატომ არის, რომ ხეობები ერთდებიან და მერე აღარ იყოფიან? რატომ იყოფა მდინარე დელტაში მრავალ ტოტად?

როგორია სიჩქარეთა განაწილება სწორხაზობრივ მდინარეში? მიმოხვეულ კალაპოტში?

რას ჰქვია მდინარის სისტემა და აუზი? ჰიდროგრაფიული ქსელი? რა არის ეროზია, ფართობული ეროზია, ხაზებრივი ეროზია?

ხეობა და მისი განვითარება? ჩაჩქერები და ტბები? რა არის უკუსვლითა ეროზია, ახალგაზრდა და მოწიფული ხეობა, გრძივი პროფილის აგება?

როგორ მიმდინარეობს მდინარეული ტრანსპორტი, დალექვა? რატომ არის რიყის და ხვინჯის ქვები მეტ-ნაკლებად მომრგვალებული? როგორ წარმოიშობა დევის ქვაბები, ალუვიური ველი და დელტა? დალექვა დელტაში.

როგორ მიმდინარეობს აუხსთვია ბრძოლა? როგორ ხდება მდინარის მიტაცება?

ასწერეთ ტერასების განვითარება, მენდრები, დიფაგაცია.

რა არის პენეპლენი, პენეპლენისაკია და ეროზიის ცაკლი?

## მყინვარების მოქმედება

წყლის ცირკულაცია და მყარი წყალი. ატმოსფეროდან წყალი მარტო თხევადი სახით არ ილექება. მნიშვნელოვანი წილი უდევს მყარ წყალსაც. ასეთია რთვილი, თოვლი, ხოშკაკალი, სეტყვა. მაგრამ ეს არის მხოლოდ სწრაფწარმოვლი ეპიზოდურ წყლის ცირკულაციაში: წვიმის ნაცვლად თოვლი მოვიდა ან სეტყვა, რომლებიც მალევე დნებიან და უერთდებიან მიწასქვეშა წყალს ან ზედაპირულ ჩამონადენს. წყლის ცირკულაციაში ყველაფერი უცვლელი რჩება, მხოლოდ ეს არის, რომ მიწაში ჩაჟონვა უფრო უხვი იქნება, რადგან თოვლის დნობა ნელი პროცესი არის. თანაც, დნობა ძირითადად გაზაფხულს უკავშირდება და იწვევს წყალდიდობას, რომელსაც სეზონური ხასიათი აქვს.

სულ სხვაა მყინვარის შემთხვევაში. მყინვარი ხანიერი მოვლენაა და თვითონ აწარმოებს გეოლოგიურ მუშაობას, რომელიც არსებითად განსხვავდება მდინარი წყლის მოქმედებისგან და ამიტომ სპეციალურ შესწავლას მოითხოვს, რაც ფიზიკური გეოგრაფიის და დინამიური გეოლოგიის დამოუკიდებელი დისციპლინის, გლაციოლოგიის ამოცანას შეადგენს.

მარადი თოვლი. ცნობილია, რომ თოვლი ზომიერ ჰავაში მხოლოდ ზამთრობით ჰვარავს მიწის ზედაპირს მეტი თუ ნაკლები ხნით და ზაფხულში იგი აღარსად არის. მაგრამ პოლუსურ მხარეებში და მაღალ მთებზე თოვლის საფარი ზამთარ-ზაფხულ რჩება. ამას უწოდებენ მარად ანუ უდნობ თოვლს. რა თქმა უნდა, ეს იმას არ ნიშნავს, თითქო თოვლი მართლა მარადი იყოს. თოვლი იქაც ისევე დნება, როგორც ჩვენს პირობებში, მაგრამ თოვა სჭარბობს დნობას და თოვლის საფარი არ აიღება. თვითონ თოვლი კი სულ ახალი და ახალი არჩის, როგორც წყალი მდინარეებში. მარადი თოვლი არის არა თოვლის თავისებური რამ სახე, არამედ ისეთი შეფარდება თოვასა და დნობას შორის, რომლის პირობებში თოვლი არ აიღება. უფრო სწორი იქნებოდა გვეთქვა „მარადი თოვლიანობა“.

მარადი თოვლიანობის ზოლს თოვლეთი ქვეა, თოვლეთის ქვედა საზღვარს კი — მარადი თოვლიანობის ხაზი. ეს ხაზი იქნება იქ, სადაც თოვა ზუსტად უდრის დნობას. მაშასადამე, იგი წონასწორობის გამომხატველი არის.

მარადი თოვლის ხაზის მდებარეობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე და ნალექების რაოდენობაზე: რაც უფრო ცივია ჰავა, მით უფრო დაბლა ჩამოდის ეს ხაზი და პირიქით. ამიტომ ტროპიკულ ზოლში იგი 6000 მეტრამდე აღის ზღვის დონეს ზევით, ხოლო პოლუსებისაკენ თითქმის ზღვის დონემდე ჩამოდის.

მეორე მხრით ალპების სამხრულ ფერდზე, მოლოდინის წინააღმდეგ, მარადი თოვლის ხაზი უფრო დაბლა მდებარეობს, ვიდრე ჩრდილოზე. ეს იმით აიხსნება, რომ სამხრულ ფერდზე ნალექების რაოდენობა ბევრად მეტია და ჩრდილავს ტემპერატურათა სხვაობის გავლენას. კიდევ უფრო თვალსაჩინოა ეს მოვლენა ჰიმალაის შემთხვევაში. ამ მთების ჩრდილო ფერდი უდაბნოებს ესაზღვრება და არიდული არის, ხოლო სამხრული ფერდი, სადაც ნალექების რაოდენობა 10 მ აღემატება წელიწადში, მიწის ყველაზე ნესტიან მხარეებს მიეკუთვნება. ამიტომ ჩამოდის მარადი თოვლიანობის ხაზი ძლიერ დაბლა, მიუხედავად მაღალი ტემპერატურისა.

რადგან ტემპერატურაც და ნალექების რაოდენობაც წლიდან წლამდე იცვლება მცირეოდენად, მარადი თოვლიანობის ხაზიც შესატყვისად ქანაობს საშუალოს ზევით-ქვევით. წელთა უკანასკნელი ათეულების მანძილზე კი მისი სისტემატური აწევაც შეიმჩნევა: რასაც მიწაზე საერთო ათბობას მიაწერენ. მიწის ტემპერატურის ასეთი ცვლა (ათბობა ან აცივება) დიდი ხანია ცნობილი არის და მას პერიოდული ხასიათი აქვს.

ყოველ შემთხვევაში, მარადი თოვლის ხაზზე თოვა და დნობა ერთიმეორეს უდრის, ხოლო მას ზევით მეტს თოვს, ვიდრე იქაურ პირობებში შეიძლება გადნეს. ეს სხვაობა საერთოდ მით მეტი იქნება, რაც უფრო მაღლა ავიწევთ. ცხადია, თოვლეთში ყოველწლიურად თოვლს თოვლი უნდა ეაატებოდეს, მისი სისქე უნდა მატულობდეს და უნდა იზრდებოდეს მთების სიმაღლე. ვინ იტყვის, წელთა ათასეულებში და ათათასეულებში როგორ სიმაღლეს მი-აღწევდა თოვლიანი მთების მწვერვალები?

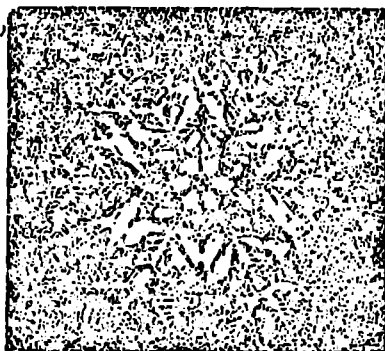


მყინვარები. მაგრამ არაფერი ამის მსგავსი ბუნებაში არ ხდება. მერე როგორ უნდა აეხსნათ ეს? თითქო ერთადერთი გამოსავალი ის არის, რომ რაკი თოვლეთში სითბო არ ემარა, ზედმეტი თოვლი თოვლეთის საზღვარს ქვევით ჩადიოდეს და იქ დნებოდეს: იმისათვის, რომ თოვლეთში თოვლის რაოდენობა უცვლელ რჩებოდეს, ა უ ც ი ლ ე ბ ე ლ ი ა თ ო ვ ლ ე თ ი ს გ ა ნ ტ ვ ი რ თ ე ა თ ო ვ ლ ი ს ა გ ა ნ . როგორია ამ მოვლენის მექანიზმი?

ერთი იქნება შ ვ ა ვ ი . როდესაც ძლიერ დაქანებულ ზედაპირზე თოვლი გროვდება, იგი მერყევი წონასწორობის მდგომარეობაში არის. საკმაოა თოვლის პატარა გუნდა დაიძრას, რომ შვავი წარმოიშვას. მზარდი სიჩქარით მოძრავი შვავი თოვლის ახალ და ახალ მასას წაიტაცებს, შემდეგ ქვას და ღორღსაც თან წაიტანს და დიდი სიჩქარითა და ძალით ენარცხება ქვევითკენ, უახლოეს დაბლობში. პატარა შვავეების სათავე და ბოლოც შეიძლება თოვლეთშივე იყოს. მაგრამ დიდი შვავეები ხ შ ი რ ა დ მ ა რ ა დ ი თ ო ვ ლ ი ს ხ ა ზ ს ქ ვ ე ვ ი თ ჩ ა მ ო დ ი ა ნ საკმაოდ დაბლა და ამგვარად ჩამოტანილი თოვლი ახალ პირობებში მალე უნდა გადნეს (ზამთარ-ზაფხულში შვავეები მარადი თოვლის ხაზს ქვევითაც წარმოიშობიან, მაგრამ საკითხისათვის, რომელსაც აქ ვეხებით, მათ მნიშვნელობა არა აქვთ).

მაინც ეს მექანიზმები (შვავეები) მეორეხარისხოვან როლს თამაშობს და მთავარ ფაქტორს წარმოადგენენ მყინვარები. რომლებიც თოვლის ხარჯზე ვითარდებიან. თოვლის ფიფქი წარმოადგენს ყინულის ჰექსაგონური ნემსისებური კრისტალების ვარსკვლავურ დაჯგუფებას (სურ. 132), ასეთი მასალისაგან შემდგარი მშრალი თოვლი ძლიერ პორიანი არის და ჰაერს ბევრად მეტს შეიცავს, ვიდრე ყინულს. მისი სიმკვრივე შეიძლება 0,05-ზე მეტი არ იყოს, ე . ი . ეს თოვლი 20-ჯერ უფრო მსუბუქია, ვიდრე წყალი. შემდეგ ყოველი დამზევეებისას, როგორც კი ტემპერატურა ნულს ზევით აიწევს, ყინულის კრისტალები დნობას იწყებენ, აცივებისას კი, კერძოდ ღამე, ნაღნობი წყალი ისევ იყინება. ასეთი დნობა-შეყინვის შედეგად პირვანდელი ნემსაქების ნაცვლად ყინულის პაწია მარცვლები წარმოიშობა. მარცვლაქების ზრდასთან ერთად მიმდინარეობს მათი შემჭიდროება და თოვლის პორიანობის შემცირება. ასეთ მარცვალა თოვლს, რომელიც პირვანდელის გარდაქმნის შედეგი არის, ფ ი რ ნ ი ჰ ქ ვ ი ა , ხ ო ლ ო ფ ი რ ნ ი თ დაფარულ ფართობს — ფ ი რ ნ ი ს ვ ე ლ ე ბ ი (სურ. 133). ჩვეულებრივ ეს არის არამარტო თვით ფირნის

ველზე თოვის შედეგად დაგროვილი მასა, არამედ ქარის მიერ ფერ-  
ლობებიდან ჩამოხვეტილი ნამქერიც.



სურ. 132. თოვის ფიფქი. წარ-  
მოადგენს ყინულის ნემსისებური წერი-  
ლი კრისტალების დაჯგუფებას.



სურ. 133. ფირნის ველი. სვანეთი. ფოტო დ. წერეთლისა.

დაგროვილი ფირნის საკუთარი სიმძიმე და დნობა-შეყინვა იწ-  
ვევს მზარდი მარცვლების პროგრესიულ შემჭიდროებას. როდესაც

პორიანობა იმდენად შემცირდება, რომ სიმკვრივე დაახლოებით 0,8-ს გაუტოლდეს, ეს იქნება უკვე ყინული ანუ, უკეთ, მყინვარის ყინული (სურ. 134). ასეთი დაზუსტება იმიტომ არის საკირო, რომ მყინვარის ყინულის სტრუქტურა სულ სხვაგვარი არის. ვიდრე ტბის ან ზღვის ყინულისა. ტბის ყინული შედგება ნემსისებური პრიზმული კრისტალებისაგან, რომელნიც წყლის ზედაპი-



სურ. 134. მყინვარის ყინული. ჩანს ყინულის ფენობრიობა.

რის მართობულად არიან განლაგებული, მჭიდროდ ეკვრიან ერთმანეთს და კრისტალოგრაფიული ორიენტაციაც ერთი აქვთ. მყინვარის ყინულს კი მარცვლოვანი აგებულება აქვს. მართალია, მარცვლებიც კრისტალებს წარმოადგენენ, მაგრამ ეს არის ალომორფული კრისტალები და თანაც ისე არეული, რომ კრისტალთა ოპტიკურ ღერძებს სულ სხვადასხვა ორიენტაცია აქვს. ფირნი კვარცის ქვიშას შეიძლება შევადაროთ, ხოლო მყინვარის ყინული კვარციტს. გარდა ამისა, ზღვის ყინულის მაქსიმალური სისქე მეტრებით იზომება, ხოლო მყინვარის ყინულმა შეიძლება ათასეულ მეტრებს მიაღწიოს.

თოვლისგან ამგვარად წარმოშობილი ყინული ჰქმნის დიდ სხეულებს, რომელთაც მყინვარებს უწოდებენ. მყინვარი იქ წარმოიშობა, სადაც ფირნი გროვდება, მაგრამ იქვე როდი რჩება. თუმცა ძლიერ ნელა, იგი მოძრაობს წყალივით: გადმოედინება ფირნის ველიდან, მიჰყვება დაქანებას, ჩადის საკმაოდ შორს მუდმივი თოვლის ხაზს ქვევით და იქ თანდათან დნება. ამგვარად, თოვლეთში დალექილი ჭარბი თოვლი ყინულის სახით თოვლეთს გარეთ გაიტანება.

ამჟამად მომყინვარებული ფართობი მიწაზე დაახლოებით 17 000 000 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი არის, ე. ი. ხმელეთის მთელი ზედაპირის 11%-ს უდრის. ძირითადად ეს არის ანტარქტიკის და გრენლანდის უზარმაზარი მყინვარები, რომელთაც ემატება მთების მყინვარები. უკანასკნელთ ვხვდებით ალპებში, კავკასიონზე, ჰიმალაიაზე და სხვა მაღალ მთებში. პირველ რიგში ასეთი მყინვარები დეტალურად იქნა შესწავლილი ალპებში.

მთის მყინვარი ორი ნაწილისაგან შედგება: 1. მისი მკვებავი ფირნის ველი და 2. საკუთრივ მყინვარი. ფირნის დაგროვება და ყინულის წარმოშობა ხდება თოვლეთის ტაფობისებურ უბნებში, რომელთაც მყინვარულ ცირკებს უწოდებენ. ცირკი (სურ. 135) ჩვეულებრივ სამი მხრით მეტად თუ ნაკლებად ციკაბო კლდეებით არის გარშემორტყმული, ხოლო ერთი მხარე ღია აქვს. სწორედ აქეთკენ გადმოდის მყინვარის ტანი. უკანასკნელი მოძრაობს ხეობაში მდინარის მსგავსად და, როგორც ვთქვით, შეიძლება მრავალი კილომეტრით ჩასცილდეს თოვლეთის საზღვარს.

საგულისხმოა, რომ მყინვარის მოძრაობა უშუალოდ როდი ჩანს. დიდი ხნის განმავლობაში დარწმუნებულიც კი იყვნენ, რომ მყინვარები უძრავი არიან და სპეციალური დაკვირვებები გახდა საჭირო ამ შეხედულების მცდარობის დასამტკიცებლად. ამ მიზნით მყინვარზედ არჭობდნენ პალოების რიგს: ორს კლდეზე მყინვარის კიდეებთან, ხოლო დანარჩენებს ყინულზე სწორხაზებრივად იმ ორს შუა. როდესაც წლების შემდეგ ბრუნდებოდნენ, ირკვეოდა, რომ განაპირა ორი პალო თავის ადგილზე დარჩენილიყო, დანარჩენები კი ქვევითკენ დაძრულიყვნენ. თანაც ჩანდა, რომ ნაპირის ახლობელი პალოები ნაკლებად იყვნენ გადაადგილებული, შუა ხაზისაკენ კი თანდათან მეტად. ამგვარად დამტკიცდა არამართი ის, რომ მყინვარი მოძრაობს, არამედ ისიც, რომ ეს მოძრაობა ისეთივეა, როგორც წყლის: ხახუნის გამო შემცირებული სიჩქარე კიდეებთან, უდიდე-

სი სიჩქარე შუაში. მსგავსება ამითაც არ თავდება; თუ მყინვარი კავილებს აკეთებს, მაქსიმალური სიჩქარე გარეთკენ გამოზნექილი ნაპირისაკენ გადაიწევეს, როგორც მდინარეებში ხდება. აქედან უნდა დავასკვნათ, რომ მყინვარი კი არ მიცოცავს დაღმა, წყლის მსგავსად მიედინება, თუმცა მისი სიბლანტე ბევრად უფრო დიდია.



სურ. 135. მყინვარი Mer de glace (ყინულის ზღვა) ფრანგულ ალპებში. სათავეში ჩანს კარგად გამოსახული ცირკი.

ყინული მყარი სხეული არის, მაგრამ სუსტი. ჩვეულებრივ დინება არ შეუძლია, მაგრამ თუ მისმა სისქემ რამდენიმე ათეულ მეტრს მიაღწია და მეტს, მისი საკუთარი წონა საკმაო იქნება იმისათვის, რომ დინება გამოიწვიოს. მყინვარის ყინულის მარცვლოვანი აგებულებაც ამას ხელს უწყობს უეჭველად.

მიედინება კი მყინვარი, მაგრამ ძლიერ ნელა. გაზომვებმა ნათელპყო, რომ მოძრაობის სიჩქარე არის ორი-სამი სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე დღეღამეში. იმისათვის, რომ ცირკში მოსულმა თოვლმა მოზრდილი მყინვარის ბოლომდე მიაღწიოს, არაერთი წელიწადი არის საჭირო. სიჩქარე მით მეტია, რაც მეტია ყინულის სისქე (შდრ. მდინარე) და ფუძის დაქანება. თუ მყინვარის ზემო ნა-

წილი მაღალია და ყინულის სისქე დიდი, მყინვარს შეუძლია მცირე აღმართიც გადაიაროს. ამგვარად, მყინვარის გზაზე სუსტი ქანების ადგილას წარმოიშობა ჩაღრმავებული უბნები.

მყინვარის ნაპირებს კიდევებს უწოდებენ, მის ზოლოს -- უბლს ანუ ფრონტს. რადგან მყინვარი მარადი თოვლის ხაზს ქვევით არის ჩამოსული, ყინულის რაოდენობა მასში თანდათან მცირდება დნობისა და აორთქლების გამო. თუ დნობა-აორთქლებამ გადააჭარბა ყინულის მოდინებას, მყინვარის ფრონტი უკან დაიხევს, თუ მოდინება ჰარბობს—ფრონტი წინ წამოიწევს. ამგვარად, მყინვარის ფრონტის წინსვლა-უკანდახევა ცვალებადი წონასწორობის გამომხატველი არის და არა თვით ყინულის მოძრაობის მიმართულებისა. თბილი და მშრალი ამინდები იწვევენ მყინვარის ფრონტის უკან დახევას, ცივი და ნესტიანი — წინ წაწევას.

მყინვარების სახეობები. მთის მყინვარები ხეობებს მიჰყვებიან. ამიტომ მათ ხეობის მყინვარებსაც უწოდებენ. ეს ხეობები უუკველად ადრინდელი მდინარის ხეობები არიან, მაგრამ მყინვარს მათთვის დამახასიათებელი, ასომთავრული ლათინური U-ს მაგვარი ჰრილი მიუცია. ასეთ მყინვარულ ხეობას ტროგს<sup>1</sup> უწოდებენ (სურ. 136).

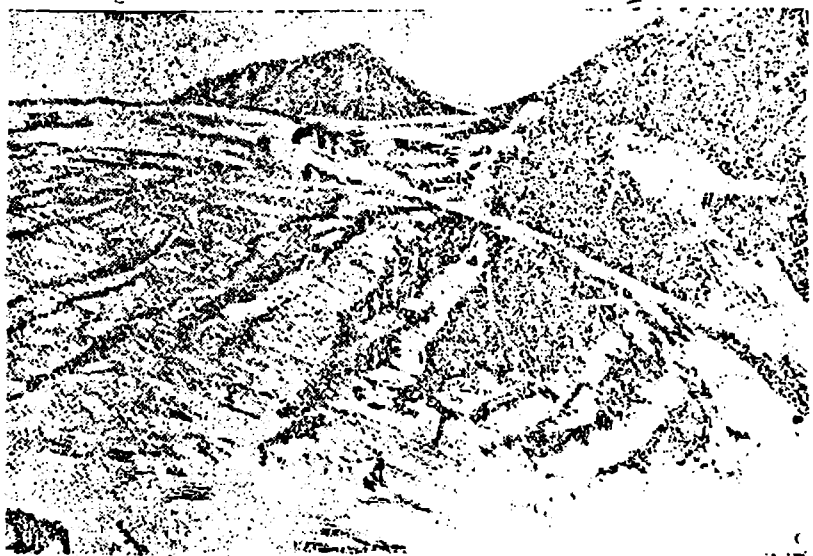
მოძრაობის პროცესში მყინვარის ტანში შეიძლება ნაპრალები გაჩნდეს. ასე მოხდება, მაგალითად, თუ მყინვარის სავალზე დაქანების გადატეხა (უეცარი ზრდა) არის. ასეთ შემთხვევაში ნაპრალები მყინვარის გარდიგარდმო წარმოიშობიან. იქ, სადაც მყინვარი ვიწრო ყელიდან ფართო კალაპოტში გადის, ვითარდებიან რადიალური ნაპრალები და ა. შ. (სურ. 137). საგულისხმოა, რომ როდესაც მყინვარი ასეთ ადგილებს გასცდება, ნაპრალები ისევ შეიკვრის და შეიზრდება ისე, რომ მათი კვალიც არ რჩება. რაც შეეხება ნაპრალების სიღრმეს, ფიქრობენ, რომ ყინულის პლასტიურობის გამო იგი 100 მეტრს ვერ გადააჭარბებს. ამ ზედა ასმეტრიან ფენას უწოდებენ მყინვარის ქერქს.

მთის მყინვარს სხვადასხვაგვარს არჩევენ. ტიპური ხეობის მყინვარის გვერდით, რომელიც ფრონტით ბოლოვდება, აღნიშნავენ მყინვარებს, რომელნიც ციცაბო კოყეს წასწყდომიან და უეცრად თავდებიან. მათ დაკიდებულს უწოდებენ (სურ. 138). რადგან მყინვარი წინ მიიწევს განუწყვეტლივ, მას ბექის გასწვრივ დი-

<sup>1</sup> Trog, გერმ. — გობი.

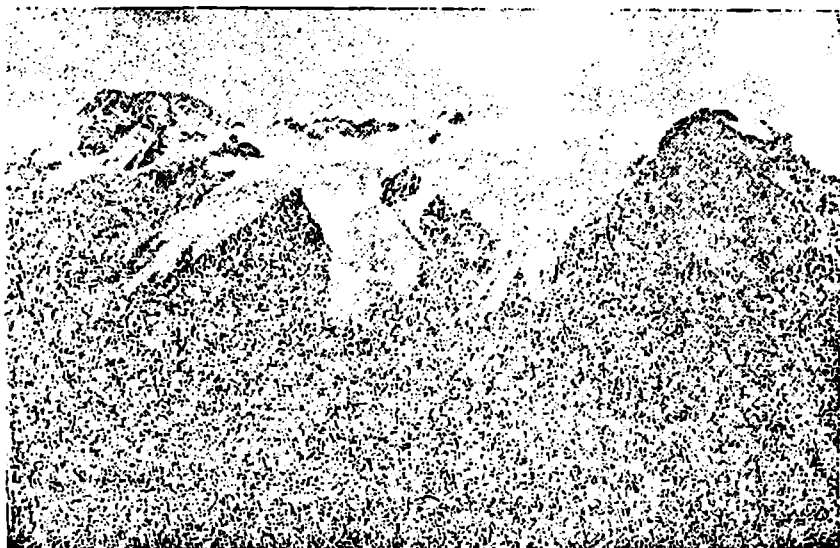


სურ. 136. ტ რ ო გ ი. ნორვეგია.



სურ. 137. ნაბრალები ხეობის მყინვარში.

დი და პატარა ნაკვეთები სწყდება და ცვივა ქვევით. თუ ნაწყვეტები ხშირია და დიდი, მათი შეზრდით კოყეს ძირში შეიძლება ახალი მყინვარი წარმოიშვას.



სურ. 138. გაღმოკიდებული მყინვარი.

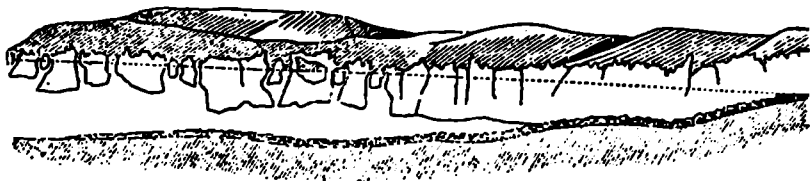
სკანდინავიური ტიპის მყინვარში ერთი დიდი ფირნის ველიდან რამდენიმე მყინვარი გამოდის მეტ-ნაკლებად რადიალურად.

როდესაც ხეობის მყინვარები მთის ძირამდე ჩადიან და იქ ვაკეზე იშლებიან, ეს არის მთის ძირის (piedmont) მყინვარები. კარგი მაგალითები ცნობილია ალასკაში.

თუ ხეობის მყინვარი ან მთისძირის მყინვარი ზღვაში შედის. მივიღებთ ზღვისპირის მყინვარს (სურ. 139). სანამ ზღვის სიღრმე მცირეა, მყინვარი ფსკერს ეყრდნობა და ფსკერზე მოძრაობს, მაგრამ როგორც კი სიღრმე ყინულის სისქის ცხრა მეათედს (ასეთია მყინვარის ყინულის სიმკვრივე) გადააჭარბებს, მყინვარი ატივტივდება. ატივტივებულ მყინვარს ზღვის დეღვა აქანავებს და ამ მოძრაობის პროცესში ჩნდება ნაპრალები. ამ შემთხვევაში ნაპრაღმა შეიძლება მთელი ყინული გაჰყვეთოს ზევიდან

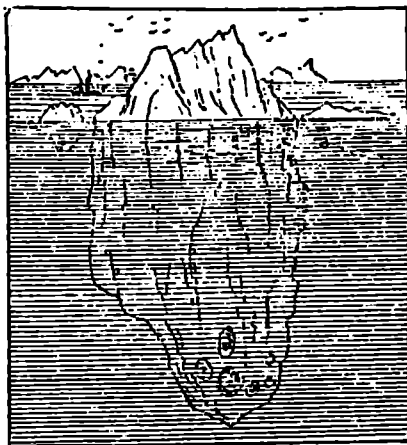


ძირამდე ან ძირიდან ზედაპირამდე და მყინვარს მეტად თუ ნაკლებად დიდი ნაკვეთი მოსწყვიტოს. ასეთ ნაკვეთს ზღვა გაიტაცებს და ატარებს თავის ნებაზე. ეს იქნება ე. წ. ყინულის გორა



სურ. 139. ზღვაში შესული მყინვარი.

ანუ აისბერგი<sup>1</sup> (სურ. 140). რაც უფრო დიდია ყინულის გორა, მით უფრო დიდ ხანს იცურებს ზღვაზე, საამ გაღნებოდეს. გრენლანდის ნაპირებიდან მოწყვეტილი უზარმაზარი აისბერგები ატ-



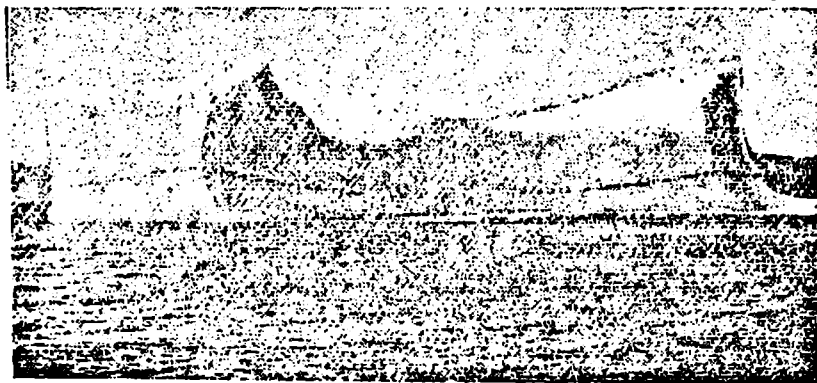
სურ. 140. აისბერგი.

ლანტურ ოკეანეში განედის 30<sup>0</sup>-მდე აღწევენ და მეზღვეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენენ (სურ. 141).

დასასრულ, მთის მყინვარებს შეიძლება დავუპირისპიროთ მყინვარები, რომელნიც თვალუწვდენელ სივრცეზე მთას და ბარს ერთიანად ჰფარავენ: ცალკეული მაღლობები და მწვერვალები თუ გადარჩებიან გადაფარვას. ეს არის ზეწრული მყინვა-

<sup>1</sup> Eis, გერმ. — ყინული, Berg — გორა.

რები, რომელთა ქვეშ დამარხულა ანტარქტისი და გრენლანდი (სურ. 142). ზოგჯერ ამბობენ კონტინენტური მყინვარიო,



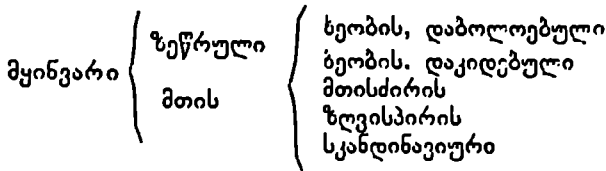
სურ. 141. აისბერგი.



სურ. 142. ზეწრული მყინვარი ანტარქტისზე. ყინულს მთელი კონტინენტი დაუფარავს. მოჩანს მხოლოდ ცალკეული მწვერვალები (ნუნატაკები). წინ და მარჯვნივ ნაპრალები.

მაგრამ ასეთმა ტერმინმა შეიძლება გაუგებრობა გამოიწვიოს, რადგან მდებარეობით ყველა მყინვარი კონტინენტური არის.

საერთოდ მყინვარების კლასიფიკაცია შემდეგნაირად შეიძლება გამოიხატოს:



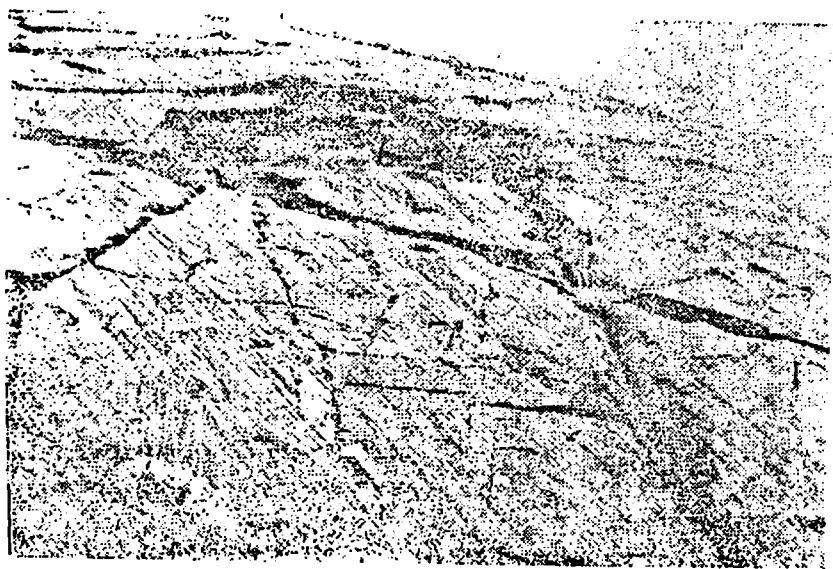
მყინვარის გეოლოგიური მოქმედება ერთხანს საკამათო იყო. ზოგი ფიქრობდა, მარადი თოვლი და მყინვარი ნგრევას და დენუდაციას კი არ აწარმოებენ, პირიქით, მათ მიერ დაფარულ ზედაპირს მდინარეული ეროზიისაგან იცავენო. დღეს მყინვარეული დენუდაციის რეალობა და მნიშვნელობა ექვს არ იწვევს. დასაზუსტებელია მხოლოდ ამ პროცესის ინტენსივობა.

ეს კი ცხადია, რომ ყინულის სოლისებურ მოქმედებას (გაყინვა-გაფართობება), რომელიც კარგად არის ცნობილი ზომიერ ჰავაშიც, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს თოვლეთში. საცა აწვეტილი კლდეები შიშველი არიან, ყინულის სოლებით დედაქანს მოწყვეტილი ლოდები და უფრო წვრილი მასალა თავისთავად ცვივა ქვევით და მყინვარზედ ეცემა. მეორე მხრით, მყინვარის ფსკერსა და გვერდებს თვით მყინვარი აცლის ასეთ მასალას.

მაგრამ მყინვარის აქტივობა ამით არ ამოიწურება. იგი თვით ამსხვრევს და თითქოს ჰქლიბავს ქანებს, რომლებზედაც მოძრაობს, რბილ ყინულს იმიტომ შეუძლია შეუდარებლად უფრო მაგარი ქანების მოცვეთა, რომ ყინულში შეტაცებული არის ქანების მსხვრევის მასალა და სწორედ მას იყენებს მყინვარი როგორც ნაჟდაკის ფხენილს. მყინვარის ასეთი მოქმედება, რომელსაც ე გ ზ ა რ ა ც ი ა<sup>1</sup> ჰქვია, სავსებით თვალსაჩინო ხდება, სადაც კი მყინვარის ძველი ფსკერი გაშიშვლებული არის: მისი ზედაპირი მოსწორებულია და ხშირად მოლიპულიც და ამ ფონზე მკვეთრად გამოირჩევა მრავალრიცხოვანი ნაკაწრები (სურ. 143). უკანასკნელები გაუგებლია ყინულში მოქცეულ მაგარი ქანის ნატეხებს, რომელთაც მყინ-

<sup>1</sup> Exaratio, ლათ. — გადახენა.

ვარი დიდი ძალით აწეება და თან ქვემოთკენ მოაცოცებს. ნაკაწრები ზოგი უფრო ღრმაა, ზოგი ნაკლებ, მაგრამ ყველა დაახლოებით ერთიმეორის პარალელური, რაც მყინვარის მოძრაობის მიმართულების მაჩვენებელი არის.



სურ. 143. ძველი მყინვარის მიერ მოლიპულ-დაკაწრული რელიეფი. ნორვეგია.

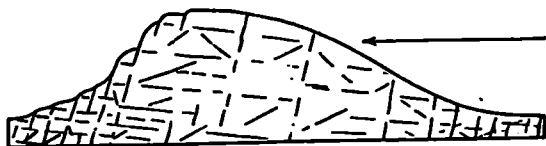
ეგზარაციის შედეგად ქანების უფრო რბილი უბნები ქვაბულივით ამოღრმავდება, მაგარი უბნები ამობურცული და თან მოლიპული არიან. წარმოიშობა ე. წ. ვერძის შუბლების ლანდშაფტი. ვერძის შუბლს სწორედ ამ ამობურცულ უბნებს ამსგავსებენ (სურ. 144).

ვერძის შუბლის ფორმა ასიმეტრიული არის (სურ. 145). მყინვარის მოძრაობის აღმა მას მცირე დაქანება აქვს, დაღმა კი მკვეთრი საფეხურით თავდება. ეს გარემოება მყინვარის მოძრაობის დამხრობის საშუალებას იძლევა. მართლაც, ნაკაწრები გვატყობინებენ, თუ როგორ იყო მიმართული მოძრაობა, მაგრამ არაფერს გვეუბნებიან იმის შესახებ, თუ საით მოძრაობდა მყინვარი ამ ხაზის გასწვრივ. ვერძის შუბლები ამ ცნობასაც გვაწვდიან.

ნგრევას მიღებული მასალის ტრანსპორტი უნდა მოკვეცეს. ამ ფუნქციას მყინვარი სულ სხვაგვარად ასრულებს, ვიდრე მდინარე; ფსკერის და გვერდების მასალას დიდი ძალით აწევა და მიატოვებს, ზედაპირზე მდებარე კი მიაქვს, როგორც ტივი წაი-



სურ. 144. ვერძის შუბლები.



სურ. 145. ვერძის შუბლის მორფოგენეზი. მყინვარის მოძრაობის აღმა (აქ მარჯვნივ) ქანის მოცვეთა-მოლიპვა ხდება, დაღმა (წინ)—წაწყვეტა.

ღებდა. დიდი და პატარა, მძიმე და მსუბუქი მასალის გადატანა სრულიად ერთგვარად მიმდინარეობს და არავითარი დახარისხება არ წარმოებს.

მასალას, რომელსაც მყინვარი მიეზიდება, მორენი ჰქვია. მისი დამახასიათებელი სწორედ ის არის, რომ დიდი ლოდები, თი-

ხის უწმინდესი მარცვლები, თუ როკი უწესრიგოდ არის ერთმანეთში არეული. არც ქვარგვალეზია შიგ, თუ ადრინდელი ნალექებიდან არ მოხვდა (სურ. 146).

არჩევნ მორენის რამდენიმე სახეს: ზედა მორენი, კიდის და შუა, ქვეშა მორენი, შიგა მორენი.



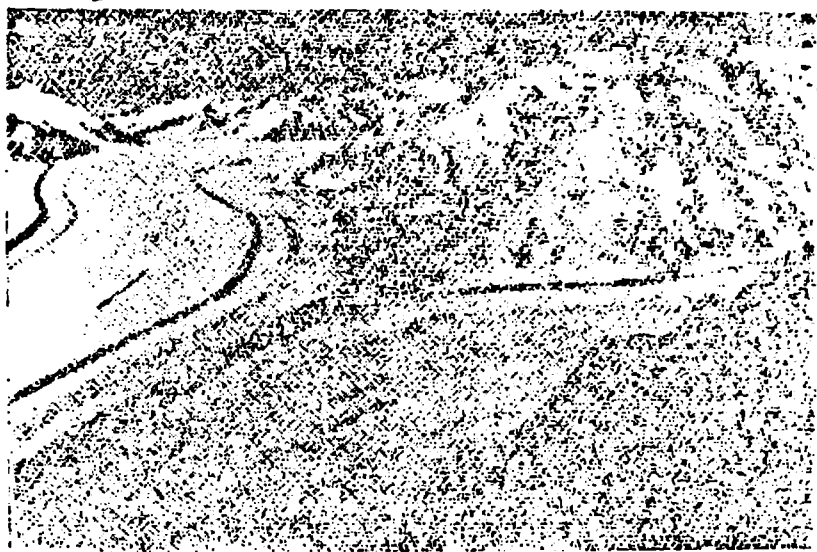
სურ. 146. ძირის მორენი. მასალა კუთხედი და დაუხარისხებული.

ზედა მორენი ეწოდება მორენს, რომელიც მყინვარის ზედაპირზე დევს. სწორედ ის არის, რომ მყინვარს მიაქვს თითქო ჯერემს. ეს მასალა მყინვარზე ზევიდან ცვივა, კლდეებიდან, რომელიც მას დაჰყურებენ. ზედა მორენი ორი სახისაა: კიდის და შუა.

კიდის მორენის წარმოშობა ადვილი გასაგებია. კლდეებიდან ჩამოცვენილი მასალა მყინვარის კიდეებზე უნდა დაგროვდეს, ერთზე და მეორეზეც, და ამიტომ გაუყვება ზოლად მყინვარს ორივე მხრით. ეს მიწისებური მუქი ზოლი მკვეთრად გამოირჩევა

მყინვარის ლაპლაპა სუფთა ზედაპირზე და ალბათ ამიტომ არის, რომ რაჭაში მორენს სკორეს უწოდებენ.

მაგრამ როგორ-ღა ჩნდება შუა მორენი? გვერდიდან ჩამოცვენილი მასალა რომ აქამდე მოსულიყო, მაშინ ხომ მთელი მყინვარი უნდა დაფარულიყო მორენით, სინამდვილეში კი კიდის მორენსა და შუა მორენს ყინულის სუფთა ზედაპირი ჰყოფს. სა-



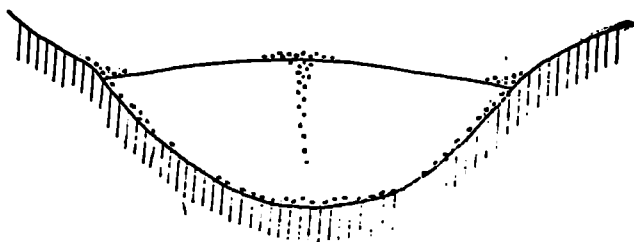
სურ. 147. მყინვარებს შერთვა და შუა მორენის წარმოშობა.

კითხი აქაც მარტივად წყდება: როგორც ორი მდინარე, ისე ორი მყინვარიც შეიძლება ერთმანეთს შეერთოს; ასეთ შემთხვევაში ერთის მარცხენა კიდის მორენი და მეორის მარჯვენა ერთმანეთს შეერწყმიან და წარმოიშობა ერთი მორენი, შენაერთი მყინვარის ზედაპირის შუა ზოლში მოთავსებული (სურ. 147). აქედან აღვილად დავასკვნით, რომ შუა მორენი ყველა მყინვარს არ ექნება; თუ აქვს, მყინვარი შენაერთია, და ცხადია ისიც, რომ შესაძლებელია, მყინვარს რამდენიმე შუა მორენი ჰქონდეს.

ფსკერის მორენს შეადგენს მყინვარის მიერ ძირში წათრეული მასალა. იგი კიდეებზედაც გრძელდება და ზედაპირულ კიდის მორენს უერთდება. ამიტომ არის, რომ შუა მორენიც, რომელიც

ორი კიდის მორენის შეერთებით წარმოიშობა, მყინვარის ტანში გრძელდება ფსკერამდე. ეს არის შიგა მორენი. ამგვარად, ზედა მორენი და შიგა მორენი მკიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. მყინვარში შეიძლება მოექცეს აგრეთვე ნაპრალებში ჩაცვენილი მასალა ნაპრალების შეკვრის შემდეგ (სურ. 148).

შუბლის მორენის ბუნება განსხვავებული არის. აქ ყინული მთლიანად დნება-ორთქლდება და მოტანილი მასალა მიწაზე რჩება. ყინული მას ველარ დასძრავს, თუ ჰავის შეცვლამ მყინვარის წინსვლა არ გამოიწვია. მაშასადამე, აქ საქმე გვაქვს უკვე მასალის დალექვასთან.



სურ. 148. მორენების სახეები (სქემა).

შუბლის მორენს რკალური ფორმა აქვს, როგორც თვით მყინვარის შუბლს. უკანასკნელი გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ მყინვარის შუა ნაწილი უფრო სქელია, უფრო გვიან დნება და მეტზე წაიწვეს წინ. შუბლის მორენი შეიცავს ყველა მორენის მასალას, დიდი ხნის მანძილზე დაგროვებულს და ამიტომ ბევრად უფრო სქელს. მყინვარის უკან დახვევის შემთხვევაში აქ, შუბლის მორენს უკან, შეიძლება ტბა დაგუბდეს.

ამით თავდება საკუთრივ მყინვარის მოქმედება, მაგრამ ამით არ თავდება მორენების ისტორია. უკან დახვევის პროცესში და მანამდეც მყინვარებიდან წყალუხვი ნაკადები გამოდის. მათ ყინულის დნობის წყალი ასაზრდოებს. ზოგი მყინვარის ზედაპირზეც მიედინება მეტად თუ ნაკლებად ღრმა ნაპრალებში. ზოგი გვირაბებს მოჰყვება მყინვარის ტანში და ზოგიც კიდევ ყინულქვეშ მყინვარის ფსკერზე დის. ეს ხეობები მორენულ მასალას ეპატრონებიან, გააქვთ ქვემოთ და ფართო ველებზე შლიან სხვა მასალასთან ერთად. ამ ნალექებს, რომელთა მასალა მყინვარულია ძირითადად და რომელთა ტრანსპორტს და დალექვას მდინარი წყალი აწარმოებს, ფლუ-



ვიურ-გლაციურს<sup>1</sup> უწოდებენ. მათი გამორჩევა წმინდა მდინარეული ნალექებისგან ხშირად არც კი ხერხდება.

მეორე მხრით, მყინვარეული ნალექი მარტო შუბლის მორენით არ ამოიწურება. უკან დახევვისას მყინვარი ნალექის სახით სტოვებს ფსკერის მორენს, შიგა მორენს და ზედაპირულ მორენებსაც.

დასასრულ, მყინვარეული ტრანსპორტის და დაღეჭვის საგულისხმო სახეს იძლევა აისბერგები. როგორც დავინახეთ, აისბერგები ზღვაში შესული მყინვარების ნაწყვეტებს წარმოადგენენ. ამ ყინულის გორებზე ყოველთვის არის მორენული მასალის მეტი თუ ნაკლები რაოდენობა, რომელიც მათ (გორებს) თან მიაქვთ ოკეანეში და საკმაოდ შორსაც. ბოლოს ყინული დნება და რაც ზედ იყო, ზღვაში ცვივა და ილექება. ოკეანოლოგიურმა კვლევებმა გამოარკვეეს, რომ სამხრულ ოკეანეში ასეთი ნალექები, ანტარქტისიდან მოტანილი, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. უფრო მცირეს, მაგრამ მსგავს როლს ასრულებს გრენლანდის აისბერგები ჩრდილო ატლანტიკაში.

ანტარქტისის და გრენლანდის ზეწრულ მყინვარებს უზარმაზარი ფართობი უჭირავთ. ანტარქტისზე ეს არის დაახლოებით  $16.10^6$  კმ<sup>2</sup> და გრენლანდზე —  $1.6.10^6$  კმ<sup>2</sup>. ამის შესაფერია ყინულის სისქეც. სეისმომეტრიული მეთოდით ანტარქტისზე გაზომილია 4000 მ-ზე მეტი რა თქმა უნდა, ასეთი სისქე ყინულს ყველგან არა აქვს, მაგრამ უმაღლესი მწვერვალების გამოკლებით ყველაფერი ყინულს ქვეშ იფარება (სურ. 142). გრენლანდზეც არის გაზომილი 3000 მეტრის სისქე.

მეოთხეულის მომყინვარება. სწორედ ამ სქელი საფარის გამო ზეწრული მყინვარების მოქმედების შესწავლა ანტარქტისზე და გრენლანდზე ძლიერ შეზღუდულია, მაგრამ მშვენიერ კომპენსაციას იძლევა მეოთხეულის მომყინვარება. უკვე გასული საუკუნის პირველ ნახევარში მიაქციეს ყურადღება რომ შვეიცარიაში მყინვარების მოქმედების კვალი თითქო კარგად ჩანს ბევრად უფრო დაბლა, ვიდრე დღევანდელი მყინვარებია. ბევრგან ნალექი საკვირველად წააგავს მორენულს. თითქო რაღაც კავშირი უნდა ჰქონოდა მყინვარებთან შვეიცარიისა და იტალიის ტბების

<sup>1</sup> Fluvius, ლათ. — მდინარე, glacies — ყინული. მდინარეულ-მყინვარეული. უფრო სწორი იქნებოდა, გვეთქვა გლაციურ-ფლუვიური.

წარმოშობასაც ალპების ძირში და განსაკუთრებით დამაფიქრებელი იყო ე. წ. ე რ ა ტ უ ლ ი<sup>1</sup> ლოდები, რომელთაც, დიდსა თუ პატარას, მრავალგან პოულობდნენ (სურ.149). ეს არის ქვები, რომელთა დედა ქანი ან არ ჩანდა, ან ისე შორს და ისეთ ადგილას იყო, რომ წყლის მიერ მათი მოტანა ძნელი წარმოსადგენი იყო.

კიდევ უფრო უცნაურად გამოიყურებოდა მდგომარეობა ჩრდილო გერმანიაში, სადაც დღეს მყინვარი არსად მოიპოვება, იქაც პოულობენ, ზოგჯერ უზარმაზარ, ერატულ ქვებს, რომელთა



სურ. 149. ე რ ა ტ უ ლ ი ლ ო დ ი.

მსგავსი მკვიდრი ქანი გერმანიაში არსად ჩანდა. კიდევ მეტი, გამოირკვა, რომ ამ ლოდების დედა ქანი სკანდინავიაში არის. მერე როგორ უნდა მოხვედრილიყვნენ ისინი გერმანიაში? სწორედ ამ თავსამტკრევი ამოცანის ამოსახსნელად შეჰქმნა ლ ა ი ე ლ მ ა თავისი დ რ ი ფ ტ ი ს<sup>2</sup> თ ე ო რ ი ა. ამ თეორიის მიხედვით ერატულ ლოდების სკანდინავიიდან გერმანიაში ყინულის გორებს უნდა მოეტანათ. უეჭველად გონებამახვილი ჰიპოთეზია<sup>3</sup>, მაგრამ გამოირკვა, რომ ერატული ქვები ზღვიურ ნალექებთან როდი არიან დაკავშირებული, როგორც ამას თეორია ჰგულისხმობს.

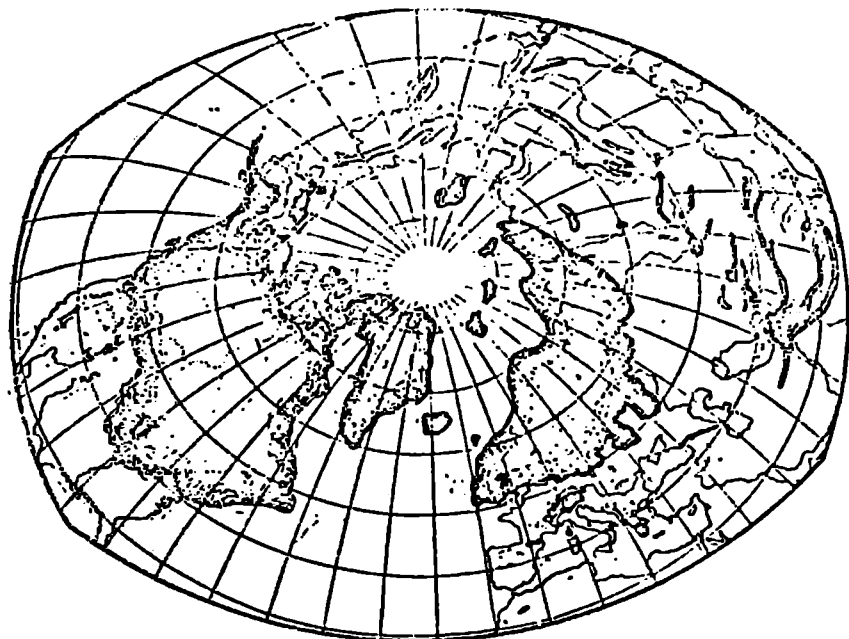
მხოლოდ გასული საუკუნისავე 70-იან წლებში მოხერხდა იმის დასაბუთება, რომ ეს ლოდები სკანდინავიიდან ზეწრული მყინვარის მიერ არიან მოტანილი, რომ იმ დროს ევროპის ჩრდილო ნაწი-

<sup>1</sup> Erraticus ლათ. — გზადაბნეული.

<sup>2</sup> Drift; ინგლ. — ძვრა, ზიდვა.

<sup>3</sup> „ჰიპოთეზის“, ბერძნ. — წარმოდგენა, ვარაუდი.

ლი დაფარული იყო უზარმაზარი ზეწრული მყინვარით, რომლის ცენტრი სკანდინავიაში მდებარეობდა. კიდევ უფრო დიდ მყინვარს გადაეფარა იმ დროს ჩრდილო ამერიკის ჩრდილო ნაწილი დიდ ტბებამდე ჩათვლით. ალპების მყინვარებიც ჩრდილოეთისაკენ შევიცარიის დაბლობში და სამხრეთით ლომბარდიაში ჩამოდი-  
 ოდნენ. კავკასიონზეც მყინვარების განვითარება მეტი იყო, ვიდრე დღეს. მყინვარებს იმ დროს ხმელეთის ზედაპირის 30% უნდა სკე-  
 როდა დაახლოებით (სურ. 150).



სურ. 150. მეოთხეულის მომყინვარების რუკა.

დღეს ყინულის ამ უზარმაზარი საფარიდან მხოლოდ გრენ-  
 ლანდის და სკანდინავიის მთების მყინვარები დარჩენილან. სწორედ  
 ეს გარემოება იძლევა საშუალებას ამჟამად მყინვარების მიერ  
 მიტოვებულ სივრცეებზე დაუბრკოლებლივ შევისწავლოთ ზეწრუ-  
 ლი მყინვარის მოქმედების თავისებურებანი.

მთელი ეს სივრცე მორენული ნალექების ნაწყვეტებით არის  
 მოფენილი. ეს არის ფსკერის მორენი, რომელსაც მყინვარის დნო-  
 ბისა და უკან დახევის დროს შიგა და ზედაპირული მორენებიც ემა-

ტებოდა. შემდეგ მორენული საფარის ნაწილი გადარეცხილა (ამიტომ აქვს მას წყვეტილი სახე), ნაწილი უფრო ახალგაზრდა ნაღებებს დაუფარავს, ტბიურს ან მდინარეულს, მაგრამ მორენის გამოცნობა მაინც მეტ შემთხვევაში ძნელი არ არის: 1. მას ფენობრივობა არა აქვს; 2. მასალა დახარისხებული არ არის და მეტ წილად არც დამრგვალებული; 3. ფსკერის მორენში გვხვდება ზედაპირ-მოლიბული და დაკაწრული ლოდები; 4. შიგ ნამარხები არ არის ან, თუ არის, მყინვარული ჰავის წარმომადგენლები.

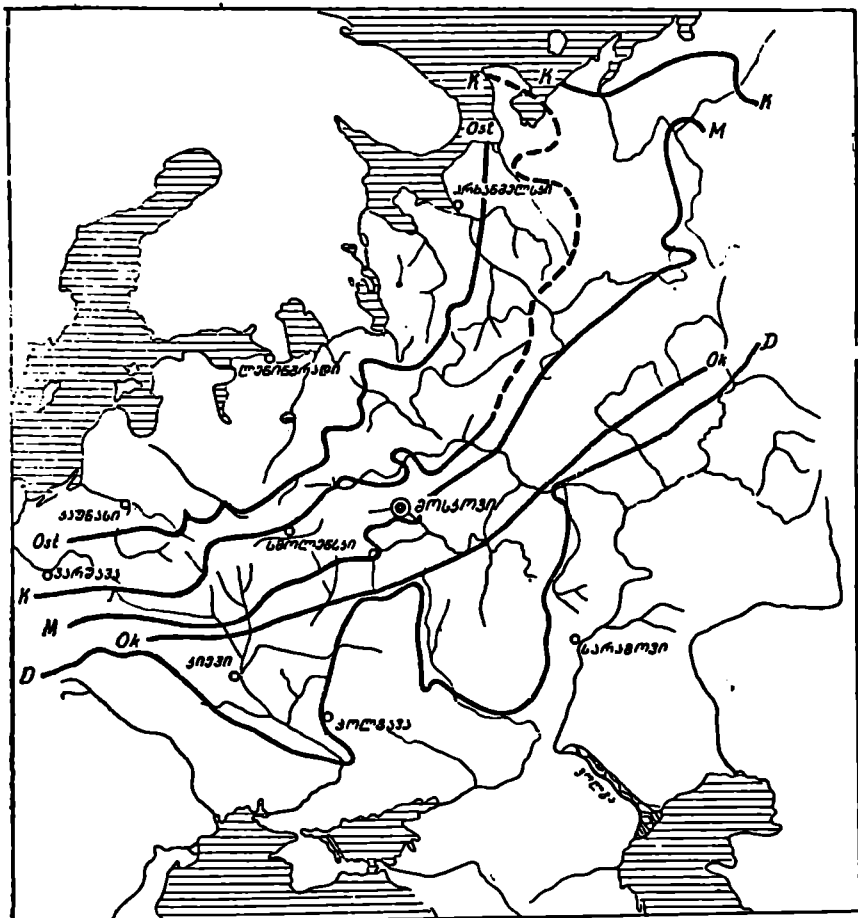
მორენული საფარი სრულიად უწყვეტი არც თავიდან ყოფილა. სადაც ფუძის რელიეფი ცოტა მაღალი იყო და თან მაგარი ქანებისგან აგებული, მყინვარეულ ეგზარაციას (იხ. ზემოთ) თავისი კვალი მოლიბულ-დაკაწრული უბნების სახით დაუტოვებია. ამის მაგალითები ხშირია ფინეთში, რომელიც მტკიცე მეტამორფული ქანებით არის აგებული. ამავე პირობებში გვხვდება ვერძის შუბლებიც.

თუ ჰავა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში არსებითად უცვლელი იქნებოდა, ასეთ პირობებში შუბლის მორენი უხვად დაგროვდებოდა. თუ შემდეგ, ჰავის შეცვლის გამო, მყინვარი აჩქარებულად დაიხვედა უკან, იგი შუბლის მორენს ველარსად დააგროვებდა საგრძნობი რაოდენობით და მხოლოდ ძველი შუბლის მორენი დარჩებოდა ძველი ფრონტის ადგილას ამალღებული სოგორის სახით. ასეთ მორენს ვიწრო და გრძელი, მცირედ ამალღებულა ზოლის სახე აქვს. მისი მოხაზულობა ცალკეული რკალური ნაკვეთებისაგან არის შემდგარი და მყინვარის ფრონტის მოხაზულობას იმეორებს. ზოგჯერ ეს ნაკვეთები ერთმანეთს მოწყვეტილიც კი არიან ან თავიდანვე, ან შემდეგი მდინარეული ეროზიის გამო.

თუ გარკვეული უკანდახვევის შემდეგ მყინვარი ისევ შეჩერდებოდა ერთ ადგილას, ახალი შუბლის მორენი უნდა წარმოშობილიყო. ასეც მოხდა. ალპებში ოთხ ძველ შუბლის მორენს არჩევენ ერთიმეორის უკან და ამის მიხედვით მომყინვარების 4 სტადიას აღწერენ (პ ე ნ კ ი და ბ რ უ კ ნ ე რ ი): ყველაზე ძველია გ უ ნ ც უ რ ი, მას მოჰყვება მ ი ნ დ ე ლ უ რ ი, შემდეგ რ ი ს უ ლ ი და ბოლოს ვ უ რ მ უ ლ ი. რუსეთში დღეს ზოგი სპეციალისტი ოთხ სტადიას არჩევს, ზოგი მეტსაც. ყველაზე ძლიერი იყო დ ნ ე პ რ უ ლ ი მომყინვარება (სურ. 151).

მარტო შუბლის მორენის მიხედვით რომ ვიმსჯელოთ, კაცი იფიქრებდა, რომ მომყინვარების სტადიები მხოლოდ უკანდახვევის

სტადიები არის: პირველი მომყინვარება იყო უძლიერესი, შემდეგ კი უფრო და უფრო სუსტი, თუმცა რამდენიმე შეჩერებით. მაგრამ მყინვარი თუ უკანდახევის შემდეგ წინ წავიდა და აღრინდელ შუბლის მორენს გასცდა, იგი ხომ ამ მორენს წახვეტს და მის



სურ. 151. მომყინვარებები რუსეთში. Ok-Ok—ოკური მომყინვარება; D-D—დნებრული; M-M—მოსკოვური; K—კალინინური; Ost-Ost—ოსტაშკოვოს მომყინვარება.

კვალს დაჰკარგავს. გადარჩება მხოლოდ ის შუბლის მორენები, სადამდეც მყინვარი ვერ მიადწევს.

მაგრამ მყინვარის წინსვლის დასადგენად სხვა გზა არსებობს, ვთქვათ, მყინვარმა უკან დაიხია. ის მორენით მოფენილ სივრცეს დასტოვებს, მაგრამ ასეთი ვითარება უცვლელი როდი დარჩება. მორენს ახლა მდინარეული, ტბიური და ქაობის ნალექები გადაეფინება. შიგ მცენარეების და ცხოველების ნაშთებიც მოექცევა ნამარხების სახით. თუ ახლა მყინვარი ისევ წინ წამოვიდა, ამ ნალექებს მორენის ახალი ფენა გადაეფარება. მივიღებთ სურათს: 1. მორენი; 2. ნორმული შრეებრივი ნალექები მეტი სითბოს მოყვარული ორგანიზმების ნამარხებით; 3. ისევ მორენები. ასეთი პირობები იმის უდავო მაჩვენებელი არის, რომ მყინვარი მეტად თუ ნაკლებად შორს იყო წინ წასული. მოხდა შედარებითი ათბობა და მყინვარმა უკან დაიხია. ამას მოჰყვა ისევ აცივება და მყინვარის წინსვლა. სადაც ეს წინსვლა შეჩერდება, წარმოიშობა ბოლო მორენი. მხოლოდ ეს კია, რომ წინსვლის დროს შუალედი შესვენებები კვალს ვერ დატოვებს.

ამგვარად არის დადგენილი, რომ ზემოხსენებული სტადიები წარმოადგენენ არა მყინვარის უკანდახევის ინტერვალებს, არამედ უკანდახევის მომყოლი წინსვლის საზღვარს. ამიტომ ამბობენ, მ ო მ ყ ი ნ ვ ა რ ე ბ ი ს ს ტ ა დ ი ა ო . ყოველ ასეთ მომყინვარების სტადიას ათბობა და მყინვარის უკან დახევა მოსდევს. ეს არის მ ო მ ყ ი ნ ვ ა რ ე ბ ა თ ა შ ო რ ი ს ი დ რ ო . თითოეულ ასეთ დროს მოსაზღვრე მომყინვარებათა მეშვეობით აღნიშნავენ. ალპური მომყინვარების შემთხვევაში ეს იქნება გუნც-მინდელის, მინდელისის და რის-უურმის მომყინვარებათაშორისები. უკანასკნელ სტადიას (ვურმს) მოჰყვება მ ო მ ყ ი ნ ვ ა რ ე ბ ი ს შ ე მ დ გ ო მ ი ა ნ უ პ ო ს ტ გ ლ ა ც ი უ რ ი დ რ ო .

როგორც ვხედავთ, მეოთხეულის მომყინვარებას თან ახლავს ჰავის ხასიათის, ათბობის და აცივების, უწყვეტი ქანაობა. ამიტომ დღეს გადაჭრით ვერ ითქმის, დამთავრებულია, თუ არა, ეს პროცესი. ხომ არ ვიმყოფებით მომყინვარებათაშორისს დროში?

შუბლის მორენების წინ, როგორც წესი, მთელ მათ სიგრძეზე, გაშლილია ფლუვიურ-გლაციური ნალექების ზოლი, რომელსაც ზ ა ნ დ რ ე ბ ს<sup>1</sup> უწოდებენ. ზანდრების ლანდშაფტი ვაკე, ოღნავ ქვემოთკენ დაქანებული რელიეფით ხასიათდება. მასალის სიმსბო მორენიდან დაშორებისას თანდათან მცირდება და იმავე დროს

<sup>1</sup> Sand, გერმ. — ქვიშა. აქედან ეს ტერმინიც.

ფლუვიურ-გლაციურ ნალექებს თანდათან წმინდა მდინარეული სცვლის.

ზანდრების ზოლში ზშირია დაბალი, მაგრამ წაგრძელებული ბორცვები ანუ დ რ უ მ ლ ი ნ ე ბ ი. დრუმლინები დაკავშირებული არიან მტკიცე მკვიდრი ქანების აზევების პატარა უბნებთან და რამდენადმე ვ ე რ ძ ი ს შ უ ბ ლ ე ბ ს ე მსგავსებიან. აქაც მკვიდრი ქანის კონცხს სიგრძივ მორენული ღორღი განაგრძობს წყალდაღმა.

ბოლო მორენის უკანაც (ზემოთაც) ცნობილია რელიეფის თავისებური ფორმები. გარდა დრუმლინებისა, რომელნიც აქაც გვხვდებიან, შეიძლება აღინიშნოს კამები და ოზები.

კ ა მ ე ბ ი ათიოდე მეტრის და ნაკლების სიმაღლე ბორცვები არის. ისინი აგებული არიან ფენობრივი ქვიშებისგან, რომლებშიც უფრო მსხვილი მასალაც გამოერევა, და ფურცელა თიხებისგან. შიგ გამოერევა ჩვეულებრივი მორენული მასალაც. ფიქრობენ, რომ ისინი დალექილან პატარა ტბებსა და გუბებში, რომელნიც მყინვარის უკანდახვევისას დაჩჩენილან.

ო ზ ე ბ ი<sup>1</sup> გრძელი, სერისებური ამალღებები არის (სურ. 152). მათი სიმაღლე რამდენიმე მეტრსა და ორმოცდაათს შუა ქანაობს, ხოლო სიგრძე შეიძლება რამდენიმე ასეული მეტრი და რამდენიმე კილომეტრიც იყოს. მათი გაგრძობა ხან სწორხაზებრივია და ხან შეანდრებისებურად მიმოხვეული. აგებული არიან ფენობრივი ქვიშით, ხვინჭით და რიყით. ფენობრივობა ზშირად დიაგონალური არის. მათი წარმოშობა მყინვარსქვეშა და მყინვარსშიგა ნაკადებთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

დასასრულ, ნამყინვარევი ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელი არიან დიდი და პატარა ტ ბ ე ბ ი, რომელნიც კარგად არიან ცნობილი ფინეთ-სკანდინავიასა და ჩრდილო ამერიკაში. ისინი ჩამდგარი არიან მყინვარის მიერ ზეჩადრმავებულ უბნებში ან, ზოგჯერ, ბოლო მორენს უკან დაგუბებულან.

ძველი მომყინვარებები. მეოთხეული დროის მომყინვარება დღეს საკმაოდ არის ცნობილი, მაგრამ უკვე კარგა ხანია გამოირკვა, რომ მომყინვარებებს მიწის უფრო შორეულ წარსულშიც არა ერთხელ ჰქონია ადგილი, მაგალითად, პალეოზოური ერის ბოლოს, შუა პალეოზოურში, პალეოზოურის დასაწყისში და, ჩანს, უფრო

1 Ås — შვედურად ნიშნავს სერს.

ადრეც. მათი დამადასტურებელი არის განამარხებული მორენული ნალექები ანუ ტილიტები<sup>1</sup> და მათი თანამგზავრი სხვა ნიშნები. ამას უწოდებენ ძველ მომყინვარებებს. გამორკვეულად უნდა ჩაითვალოს, რომ მიწის ისტორიაში მომყინვარება არის არა შემთხვევითი რამ, არამედ კანონზომიერი მოვლენა, რომელიც პერიოდულად მეორდება. სამწუხაროდ, დღემდე რამდენადმე მაინც დამა-



სურ. 152. თ ზ ი.

კმაყოფილებლად ცნობილი არ არის, თუ რა ადგილი უჭირავს ამ მოვლენას მიწის ყოფაში და როგორია მისი გამომწვევი მიზეზები.

მუდმივი მზრადლობა. იმისათვის, რომ მიწის ზედაპირის ამა თუ იმ უბნის მომყინვარება მოხდეს, ორი პირობა არის საჭირო: ტემპერატურის წლიური საშუალო  $0^{\circ}$ -ზე დაბალი უნდა იყოს და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა უნდა აღემატებოდეს დნობა-აორთქლების რაოდენობას. მხოლოდ, მყინვარის დინების პირობებში შეიძლება იგი ასეთი უბნის გარეთაც გავიდეს.

<sup>1</sup> Tillit, ინგლის. — ლოდებიანი თიხა.



როგორც ხეობის მყინვარების შემთხვევაში დაეინახეთ, მაგრამ ეს იქნება მეორადი მოვლენა, ადგილისთვის უცხო.

თუ ტემპერატურა კი დაბალი არის, მაგრამ სინესტე მცირე და ნალექის რაოდენობა შესაძლებელ დნობა-აორთქლებაზე ნაკლები, მიწა ზამთარ-ზაფხულ თოვლ-ყინულით დაფარული ვეღარ იქნება. ასეთ პირობებში თოვლის საფარი ზაფხულობით დნება, მაგრამ თვით მიწა (გრუნტი) გაყინული რჩება, როგორც ამას ციმბირში ვხედავთ. ამას უწოდებენ მუდმივ მზრალობას (вечная мерзлота, permafrost). მუდმივი აქ ისე უნდა გავიგოთ, რომ მზრალობა ზამთარ-ზაფხულ რჩება, თორემ თვით მუდმივი მზრალობა ცვალებადია ისევე, როგორც ჰავა: ერთხანს არის, შემდეგ არა, ან პირიქით — არ იყო და განვითარდა.

ზაფხულში მუდმივი მზრალობის მხარეებში ნიადაგის ზედაფენა ლხვება, მაგრამ მცირე სიღრმეზე. ქვევით მიწა გაყინული არის, ანუ, უკეთ რომ ვთქვათ, გაყინული არის წყალი, რაც კი შიგ არის. ეს მზრალი ფენა გრძელდება სიღრმეში მანამდე, სანამ ტემპერატურა ნულზე დაბალი არის. ქვევით, როგორც ყველგან მიწაში, ტემპერატურა თანდათან მატულობს და ნულს რომ ასცილდება, მზრალობაც თავდება, — წყალი თხევადი არის და ასევე რჩება მუდმივ. მზრალი ფენის სისქე ცვალებადია ჰავის შესაბამისად: ზოგან იგი თხელია, მაგრამ სხვაგან მატულობს სიცივესთან ერთად და შეიძლება ორიოდ ასეულ მეტრსაც კი მიაღწიოს.

ზედაპირულ ფენას, რომელშიც წყალი ზაფხულობით დნება და შემდეგ ისევ იყინება, აქტიური ფენა ჰქვია. აქაური წყალი ქვევით ვერ ჩავა, რადგან მზრალი ფენა სრულიად წყალგაუვალა არის (იქ რომ თავისუფალი ადგილი ყოფილიყო, წყალი აავსებდა და გაიყინებოდა). წყალმა იქ მხოლოდ მუდმივ მზრალი ფენის თავზე შეიძლება იმოდროს დაქანების შესაბამისად და ასაზროდოს დროებითი წყაროები ან ზედაპირული ნაკადები.

მზრალ ფენაში წყალი მუდმივი ყინულის სახით არის მოთავსებული ქანების პორებსა და ბზარებში და ავსებს მათ, როგორც ჩვეულებრივი მიწასქვეშა წყალი. საცა ქანი მკვრივია და უბზარო, ცხადია, არც ყინული იქნება, მიუხედავად დაბალი ტემპერატურისა. მოხდება ხოლმე ისიც, რომ მზრალ ფენაში მეტად თუ ნაკლებად დიდი ადგილი მთლიანი ყინულის მასას უჭირავს. ასეთ ყინულს ნამარხყინულს უწოდებენ. იგი შეიძლება ძლიერ ძველი იყოს, როგორც ამტკიცებს დღეს იმ მხარეებში და ზოგჯერ საერ-

თოდ მიწაზე გადაშენებული ცხოველებისა და მცენარეების ნაშთები ყინულში. ამ თავისებურ პირობებში მეოთხეული დროის ნამარხი ცხოველები ზოგჯერ თითქმის გაუხრწნელი შენახულან.

აქტიურ ფენაში წყლის გაყინვა-გაღნობას გაფართოება და შეკუმშვა ახლავს. ეს, რა თქმა უნდა, ნიადაგის აგებულებაზეც გავლენას ახდენს: მარცვლოვანი ქანების ნაწილაკები ერთიმეორის შესახებ თანდათან გადაადგილებას განიცდიან. ეს იწვევს სიდიდის მიხედვით მათ გადაჯგუფებას და წარმოიშობა მსხვილი მასალის (ქვების) განლაგება მწკრივებად და რგოლებად.

იგივე მოვლენა (გამეორებული გაყინვა-გაღნობა) იწვევს ნიადაგის ზედაპირზე ვერტიკალური ბზარების გაჩენას. ბზარები ზევით ნელნელა ფართოვდებიან ნაპრალებად, ქვევითკენ კი შეკრული რჩებიან. ეს თავისებური ნაპრალები გვერდებიდან ჩამოცვნილი მსხვილი მასალით ივსებიან და ამგვარად წარმოიშობა თავისებური სოლის მსგავსი სხეულები, რომელნიც შეიძლება ხშირი იყვნენ და ერთიმეორეს ჰკვეთდნენ, ვითარდება მოზაიკური ნიადაგი.

გაყინული კლასტიური მასის გაღვობა ხელს უწყობს მის ამოძრავებას: მარცვალთა კავშირი სუსტდება, წყლის გავლენით მცირდება ხახუნიც და იწყება ნელი დინება. გაყინული ნიადაგი კარგ ცოცვის: ზედაპირს წარმოადგენს და, საცა კი მცირეოდენი დაქანება არის, ვითარდება სოლიფლუქცია და მისი დამახასიათებელი დინებითი რელიეფი. იგივე სოლიფლუქცია იწვევს თავისებური ტერასების და ასიმეტრიული ხეობების განვითარებას.

მუდმივ მზრალობას მიწაზე უზარმაზარი გავრცელება აქვს. მკვლევართა გამოანგარიშებით მას მთელი ხმელეთის ერთ მეხუთედზე მეტი უქირავს დღეს. კიდევ მეტი იყო მისი გავრცელება მეოთხეულის მომყინვარების დროს: ევროპაში მას ექირა ჩრდილო რუსეთი და სკანდინავიისა და ალპების მყინვარებს შუა მოქცეული შუა ევროპა.

მუდმივი მზრალობის და მისი თანამგზავრი მოვლენების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს სათანადო მხარეების სახალხო-მეურნეობრივი ათვისებისათვის: ჰავა იქ ცივია და მცენარეებისათვის ვარგისი ნიადაგი თხელი; მცენარეული საფარი ტუნდრული; მუდმივი წყალი მხოლოდ მზრალი ფენის ქვეშეთიდან მიიღება... ნიადაგის გაყინვა-ღნობა მძიმე პირობებში აყენებს მშენებლობას და სპეციალურ ღონისძიებებს მოითხოვს. მაგრამ იქვე იპოვება და

თანამედროვე ტექნიკის პირობებში შეიძლება წარმატებით გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა წიაღისეული ნედლეული. ამიტომ გასაგებია, რომ მზრალობის შესწავლას დიდი ყურადღება ექცევა საერთოდ და განსაკუთრებით კი საბჭოთა კავშირში, სადაც მუდმივი მზრალობის გავრცელების ფართობი ისეთი დიდი არის.

**მყინვარების მნიშვნელობა.** მყინვარულ ეგზარაციას, ტრანსპორტს და სედიმენტაციას დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწის ზედაპირის განვითარებაში. გარდა ამისა მყინვარები ძლიერ დიდ როლს თამაშობენ მიწაზე წყლის ცირკულაციაში. მყინვარების ყინული წყლის დიდ მარაგს აგროვეებს, შემდეგ, დნობის პროცესში, ნელ-ნელ ხარჯავს და ამგვარად ზედაპირული ჩამონადენის მოწესრიგებას იწვევს.

ასევე რეგულატორის როლს ასრულებენ მყინვარები ჰავის სეზონურ ცვლაში: ზამთარში წყლის გაყინვა დიდძალ სითბოს ათავისუფლებს, ხოლო ზაფხულში, პირიქით, ამდენივე სითბო დნობაზე იხარჯება. ეს რომ არა, ზამთარი უფრო ცივი უნდა ყოფილიყო და ზაფხული უფრო ცხელი.

### ზომი შეპითხვა და რჩევა

რას ჰქვია თოვლეთი? თოვლეთის საზღვარი ანუ მარადი თოვლის ხაზი? რაზედ არის დამოკიდებული მისი მდებარეობა? რატომ არის აუცილებელი თოვლეთის განტვირთვა თოვლისაგან? როგორ ხდება ეს განტვირთვა?

**ასწერეთ თანმიმდევრობა:** თოვლი — ფირნი — ყინული — მყინვარი. როგორ დასტურდება მყინვარის დინება? როგორ მიმდინარეობს იგი? რა დამოკიდებულება არის მყინვარის დინებასა და მის წინსვლა-უკანდახევას შორის? რა კავშირია მყინვარის სისქესა და მისი დინების სიჩქარეს შორის?

როგორ აწარმოებს მყინვარი ქანების მოლიპვას? დაკაწრვას? რა არის ეგზარაცია? რას ჰქვია მორენი? რით გამოიხსნება იგი?

რას ჰქვია და როგორ წარმოებს მყინვარული ტრანსპორტი? მყინვარული დაღეჭვა?

ჩამოსთვალეთ და ასწერეთ მყინვარების სახეები. ასევე მორენების სახეები. რა არის ზღვიური მყინვარები და აისბერგები? გამოხაზეთ ერთი და მეორეც. რა არის და რით გამოიხსნება მყინვარული „ტროგი“? „კარები“?

რა არის ფლუვიურ-გლაციური ნალექები? ასწერეთ მათი წარმოშობა. რა არის მყინვარული ტბები და როგორ ხდება მათი წარმოშობა? დაასახელეთ მაგალითები.

რას ჰქვია მომყინვარება? რა საბუთები გვაქვს ვიფიქროთ, რომ მეოთხეულ დროში ევროპის მომყინვარება მოხდა? რა არის ერთგული ლოდები? როგორი იყო ამ მომყინვარების გავრცელება?

ასწერეთ ჩრდილო ევროპის მყინვარეული რელიეფი. რა არის დრუმლები, კამები, ოზები?

როგორ მიმდინარეობს მომყინვარება: გლაციური, ინტერგლაციური, პოსტგლაციური ფაზები და პავის სათანადო ცვლა? როგორ ადასტურებს ნამარხები გლაციური და ინტერგლაციური ფაზების მორიგეობას? იყო თუ არა მეოთხეული დროის მომყინვარება რუსეთში და სახელდობრ სად? რა ფაზებს აღნიშნავენ იქ?

არის თუ არა ცნობილი უფრო ძველი მომყინვარებები? რა არის ტილიტი? საიდან ჩანს, რომ ძველი მომყინვარებები (და მეოთხეულისაც) მთებთან არ არის დაკავშირებული?

არის თუ არა მიწაზე მომყინვარება (კონტინენტური მყინვარი) დღეს და სახელდობრ სად?

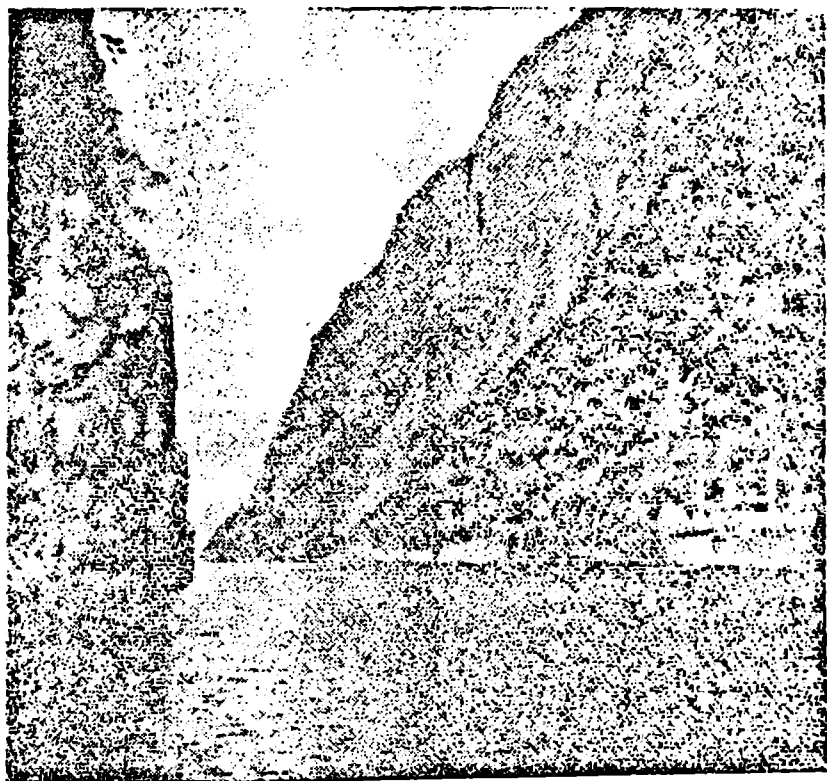
## ზღვის მოქმედება

მსოფლიო ოკეანე და მისი შესწავლა. ზღვას, ისევე როგორც ხმელეთს, ადამიანი უხსოვარი დროიდან იცნობდა, მაგრამ სათანადო ცოდნა ძლიერ შეზღუდული იყო, მიუხედავად იმისა, რომ ეს სტიქიონი იმთავითვე ძლიერ დიდ როლს თამაშობს ადამიანის ცხოვრებაში როგორც საზრდოს წყარო და მიმოსვლის საშუალება. მხოლოდ მეზღვეობის ტექნიკის განვითარებამ გახადა შესაძლებელი, XV და მომდევნო საუკუნეების დიდ აღმოჩენათა შემდეგ, მისი უფრო ახლო შესწავლა. უკვე XVIII საუკუნეში ნათელი შეიქნა, რომ ზღვები ოკეანეების<sup>1</sup> კიდურ ნაწილებს წარმოადგენენ მხოლოდ და თვით ოკეანეები კი ფართოდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული, ისე რომ, მათი გამიჯვნა რამდენადმე პირობითი არის. ამიტომ იყო, რომ ფრანგმა მეცნიერმა დე-ფლორიემ წყლის საფარს მიწაზე ერთობლივად მსოფლიო ოკეანე უწოდა. უკვე XIX საუკუნის მიწურულში ზუსტად ეს ცნება განაახლა და მტკიცედ დაამკვიდრა მეცნიერებაში პილოსფეროს სახელით.

მსოფლიო ოკეანეში საკუთრივ ოკეანეების (წყნარი, ატლანტური, ინდოეთის, ჩრდილო ყინულოვანი) გვერდით გამოჰყოფენ ზღვებს. უკანასკნელთ კიდური მდებარეობა აქვთ და მოთავსებული არიან კონტინენტურ შეღფზე (ბარენცის ზღვა, ჩრდილო ზღვა) ან ღრმად შექრილან თვით კონტინენტებზე ან კონტინენტებს შუა (ბალტიური, ხმელთაშუა, შავი ზღვა). როგორც ოკეანეს ზღვე-

<sup>1</sup> „ოკეანოს“ — ძვ. ბერძნების ერთ-ერთი ღმერთის სახელია. შვილი იყო ურანისა და გაასი.

ბრ, ისევე ზღვასაც შეიძლება ახლდეს ხმელეთზე უფრო შორს შექ-  
რილი უბნები — ეს იქნება ზღვის უბეები. თავისი კონტურე-  
ბითა და გენეზისით გამოირჩევიან ფიორდები (მაგალითად,  
ნორვეგიის), რომელნიც უბეების თავისებურ სახეს წარმოადგენენ  
(სურ. 153). სრუტეები ოკეანეებს (ბერინგის სრუტე), ზღვას და



სურ. 153. ფიორდი. მეოთხეული მომყინვარების დროს ზღვაში  
შემდინარი მყინვარის მიერ გაფაროებულ-გალრმავებული. ფიორდი  
შეიძლება წარმოიშვას ვიწრო მდინარეული ხეობის დაბირვის შედეგა-  
დაც.

ოკეანეს (გიბრალტარის სრუტე) ან ზღვებს (ბოსფორი, დარდანე-  
ლი) აკავშირებენ ერთმანეთთან.

მსოფლიო ოკეანეს მიწის ზედაპირის 71% უჭირავს და, რო-  
გორც ზემოთ დავინახეთ, 3800 მ საშუალო სიღრმე აქვს. ამ უზარ-

მაზარ სათავსოში მოქცეულია 1375.10<sup>6</sup> კმ<sup>3</sup> წყალი, ე. ი. მიწის მთელი მასის 0,03%. ხოლო, თუ მხედველობაში გვექნება არა საკუთრივ მსოფლიო ოკეანე, არამედ მთელი ჰიდროსფერო, ამას უნდა მივუმატოთ ხმელეთის წყალი როგორც ზედაპირული (ტბები, მდინარეები), ისე მიწასქვეშა, შემდეგ მყინვარები და ხსენებული ციფრი ალბათ 1500.10<sup>6</sup> კმ<sup>3</sup> გადააჭარბებს.

მსოფლიო ოკეანის შესწავლა სპეციალური მეცნიერების ოკეანოლოგიის, ანუ, როგორც ხშირად ამბობენ, ოკეანოგრაფიის ამოცანას წარმოადგენს. მაგრამ ოკეანეს ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს გეოლოგიისათვისაც და გეოლოგს ოკეანოლოგიის მიღწევების ფართოდ გამოყენება უხდება. საკმაო აღინიშნოს, რომ დანალექი ქანების უდიდესი ნაწილი სწორედ ზღვაში წარმოიშობა და მათ თავისებურებათა გაგება ოკეანოლოგიის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა. ამიტომ ზღვის გეოლოგიური მოქმედების შესწავლა, ზღვის შესწავლა როგორც გეოლოგიური აგენტისა, იმთავითვე გეოლოგიის ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს წარმოადგენდა.

ბოლო დრომდე გეოლოგიის კავშირი ოკეანოლოგიასთან ამით ამოიწურებოდა კიდევ. მაგრამ ზღვის ფსკერი ხომ მიწის ქერქის ნაწილს წარმოადგენს და თანაც უდიდესს. იგი თითქო გეოლოგიური კვლევის ობიექტადაც უნდა გამხდარიყო, მაგრამ უკანასკნელ 2—3 ათეულ წლებამდე ეს ობიექტი მეცნიერებისთვის მიუწვდომელი იყო. გასულ საუკუნემდე ზღვის სიღრმეს თუ ზომავდნენ სადმე, მხოლოდ მარჩხ ადგილებში, ისეთი წყალქვეშა კლდეების და მონალექთა გამოსავლინებლად, რომელნიც საფრთხეს უქმნიდნენ მეზღვეობას. ინგლისის საკვლევეო გემის „ჩალენჯერიის“ ექსპედიციამ 1872—76 წლებში ახალი ერა დაიწყო ოკეანოლოგიაში და ეს საქმე შემდეგ სხვა საკვლევეო ექსპედიციებმა განაგრძეს. მაინც ასეთი შემთხვევები მცირერიცხოვანი იყო და მათთან დაკავშირებული საკვლევეო შესაძლებლობები ძლიერ შეზღუდული. სიღრმის გასაზომავად მავთულზე დაკიდებულ სიმძიმეს უშვებდნენ ზღვაში. გარდა იმისა, რომ ასეთი გაზომვა საკმაოდ ზუსტი ვერ იქნებოდა, ადვილი წერმოსადგენია, როგორ სიძნელეებთან იყო დაკავშირებული ზღვაზე მოტივტივე გემიდან რამდენიმე კილომეტრის სიგრძე მავთულის წყალში ჩაშვება და ამოღება. გასაგებია, რომ გაზომვების რიცხვი დიდი ვერ იქნებოდა, ხოლო, რაც შეეხება ფსკერის ნალექების შესწავლას, მათი სინჯე-

ბის მოპოვება მხოლოდ წამხვეტი მოწყობილობით (დრაგით) ხერხდებოდა და, მაშასადამე, ეს იყო მარტოოდენ სულ ზედა თხელი ფენის სტრუქტურადაკარგული, არეული ნიმუშები.

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ მდგომარეობა რადიკალურად შეიცვალა. სიღრმეების გაზომვა არა მარტო დაზუსტდა, შეუღარებლად გაადვილდა კიდევ ექოლოტის გამოგონების (1929) შედეგად. გემის ძირში მოთავსებული იარაღი ბგერას გამოსცემს. ბგერა წყალში ვრცელდება, ფსკერამდე მიდის, იქ აირეკლება და უკან ბრუნდება. დაბრუნებულ ბგერას გემისავე ძირში მოთავსებული მიკროფონი იჭერს. ბგერის გამოცემის და მისი დაბრუნების დრო ზუსტად აღინიშნება. ამგვარად, ბგერიანი ტალღის მოგზაურობის დრო ზუსტად არის ცნობილი. რაკი ზღვის წყალში ბგერის გავრცელების სიჩქარე აგრეთვე ცნობილი არის, ისღა დაგვრჩენია, რომ ეს სიჩქარე გასულ დროზე გავამრავლოთ, და მივიღებთ გავლილ მანძილს (გზა მიის-მოის). ამ მანძილის ნახევარი ზღვის სიღრმე იქნება.

ამ დაკვირვებათა წარმოება და შედეგის გაანგარიშება საკმაოდ დროს წაიღებდა, მაგრამ ამასაც თვით იარაღი ასრულებს ავტომატურად. თანაც, რაკი სიღრმეების გაზომვა გემის მოძრაობის პროცესში უწყვეტლად წარმოებს, წერტილიდან წერტილამდე, ჩანაწერი (ჩანახაზი) იძლევა არა ცალკეული წერტილების სიღრმეს, არამედ მთლიან პროფილს (სურ. 154) გაქლილი გზის შესაბამისად.

ამგვარ გაზომვებს დღეს უამრავი გემები აწარმოებენ გზადაგზა, სათანადო ცენტრებში მიმდინარეობს მიღებული მასალის შეჯამება და გასაგები არის სპეციალისტების აზრი, რომ ამქამად ზღვის ფსკერის რელიეფი ზოგან უკეთ არის ცნობილი, ვიდრე ხმელეთისაო.

მეორე მხრით უკვე ხერხდება ზღვის ფსკერიდან დრაგით მოხვეტილი სინჯის ნაცვლად 20-30 მეტრის სიგრძე მთლიანი კერნის<sup>1</sup> მიღება, რომელშიც ნალექის სტრუქტურა უცვლელად არის დაცული. უკანასკნელად შესაძლებელი გახდა ადამიანის ჩასვლაც ფსკერამდე სკაფანდრით<sup>2</sup> ან ბათისკაფით<sup>3</sup> და იქ უშუალო დაკვირვებების წარმოება და ფოტოსურათების გადაღება.

1 Kern, გერმ. — შიგა ნაწილი, „გული“.

2 Scaphandre, ფრანგ. — წყალში ჩასასვლელი საცმელი

3 „ბათოს“, ბერძნ. — სიღრმე, „სკაფე“ — ნავი. წყალქვეშ ჩასასვლელი ნავი.

ასეთ პირობებში შესაძლებელი შეიქნა ზღვის ფსკერის გეოლოგიაზე ლაპარაკი. საფუძველი ეყრება გეოლოგიის ახალს და უაღრესად მნიშვნელოვან უბანს, რომელიც ალბად ახლო მომავალში ძლიერ გაამდიდრებს ჩვენს მეცნიერებას და ეგებ ბევრი აქამდე კანონად მიჩნეული წარმოდგენები ძირითადად შესცვალოს კიდეც. მაინც ეს მომავლის საქმეა და ჩვენ აქ ლაპარაკი გვექნება არსებითად არა ზღვის ფსკერის გეოლოგიაზე, არამედ ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაზე.



სურ. 154. ექოლოტის ჩანაწერი. წარმოდგენს თავკვეთილ გორას, ალბათ აბრაზიისგან მოვსებულ და შემდეგ დაძარულ ვულკანს.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის შესახებ ზოგი რამ უკვე ზემოთ აღვნიშნეთ. ოკეანური აუზები კონტინენტური ზეგნებისაგან მკვეთრად არიან გათვისებული როგორც ღრმა საცავეები, რომელნიც ადვილი გასარჩევი იქნებოდნენ, კიდეც, რომ შიგ წვეთი წყალი არ ყოფილიყო. ოღონდ ეს კია, რომ შიგ წვეთის წყლის საზღვარი იგივე არ არის, რაც მორფოლოგიური კონტინენტის და ოკეანისა. კონტინენტებს ოკეანისაგან საზღვრავს მეთად ან ნაკლებად ფართო არშია (სურ. 155), რომელიც, თუმცა წყლით არის დაფარული, ჯერ კიდევ კონტინენტს ეკუთვნის. ამ



ზოლს შელფს<sup>1</sup> უწოდებენ. შელფი უკირავს მარჩხ ზღვას, რომლის სიღრმე ოკეანისკენ თანდათან მატულობს და ბოლოს 200 მეტრამდე აღწევს საშუალოდ: ზოგან ცოტა მეტი არის, სხვაგან — ნაკლებიც. მცირე რამ უსწორ-მასწორობა, რა თქმა უნდა, თვით შელფზედაც შეიმჩნევა, მაგრამ საერთოდ მისი ზედაპირი სწორია. დაქანება ოკეანისკენ კუთხის 7 სეკუნდს უდრის ( $0^{\circ} 0' 7''$ ). მაგრამ შეიძლება 2°-მდეც იყოს. შელფის განი ზოგან ძლიერ დიდია, მაგალითად ევროპისა და აზიის ჩრდილოეთით ყინულოვანი ოკეანის-



სურ. 155. კონტინენტები და შელფი.

კენ; სხვაგან, როგორც ამერიკის დასავლურ ნაპირთან. წყნარი ოკეანისკენ, ძლიერ მცირე. ბარენცის ზღვა მთლიანად შელფზე მდებარეობს და იგივე ითქმის ოქტომბრის რევოლუციის და ახალი ციმბირის არქიპელაგებზე და ვრანგელის კუნძულის შესახებ.

შელფზეა ჩუკჩეთის ზღვა და ბერინგის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლური ნაწილი და ამგვარად აზიის კონტინენტი ფართოდ ებმის (სურ. 155) ალასკას და მისი საშუალებით ჩრდილო ამერიკას. საშუალოდ კი შელფის განს 68 კილომეტრამდე ანგარიშობენ.

<sup>1</sup> Shelf. ინგლ. — საყრდენი ფიცარი, თარო, მოსილული სიბრტყე.

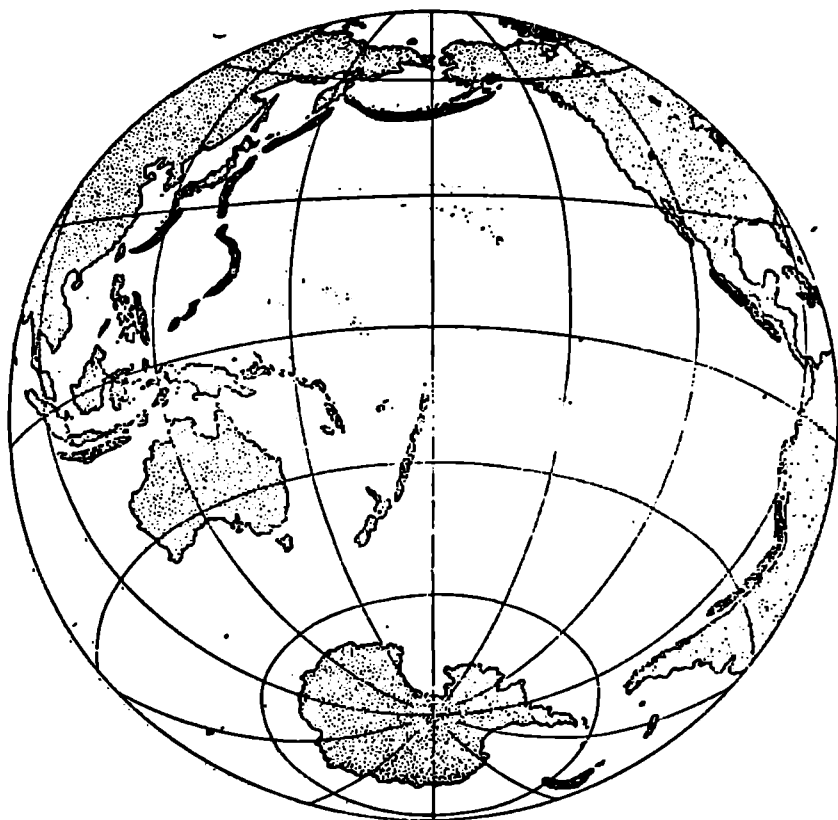
შელდის კიდიდან იწყება კონტინენტური ბექობი. მისი საშუალო დაქანება შეუდარებლად უფრო დიდია და უდრის 4° 17'-ს. სიღრმისაკენ კონტინენტის ბექობის საზღვარი ნაკლებ მკაფიოა, თუმცა დაახლოებით 1 000 მეტრის სიღრმემდე კი აღწევს. ზოგან უფრო ღრმადაც მიდის. შემდეგ იწყება საკუთრივ ოკეანის ფსკერი.

უკანასკნელი ბოლო ღრმადე წარმოედგინათ როგორც ერთგვაროვანად ვაკე. ხშირად იტყოდნენ, კონტინენტების ზედაპირი ქედებით და ხეობებით არის დასერილი, ოკეანის ფსკერი კი სწორიაო, და ეს თითქო სავსებით ბუნებრივი ჩანდა, თუ მხედველობაში მივიღებთ მთების წარმოშობას ძირითადად კონტინენტებზე და ქარის, მდინარი წყლისა და მყინვარების მოქმედებას. მაგრამ უკვე „ჩალენჯერის“ და შემდგომმა ოკეანოგრაფიულმა ექსპედიციებმა გამოარკვეეს, რომ ოკეანის კიდეებზე, ძირითადად წყნარ ოკეანეში, განლაგებული არის გრძელი ღრმა როფები, ანუ ღრმაობები. ასეთი არის ატაკამის ღრმაობი სამხრული ამერიკის ანდეზების გასწვრივ ოკეანეში, გვატემალის—მექსიკის დასავლურ ნაპირებთან, ალექსანდრის—ამავე საზღვროდების კუნძულების გასწვრივ, კურილების, იაპონიის, მარიანების, პალაუს, ფილიპინების, ახალგვინეა-სოლომონის კუნძულების, ტონგა-კერამადეკის (სურ. 156). ყველა ეს ღრმაობი ნარვალისებურ (თხრილისებურ) ზოლს წარმოადგენს, გრძელს და შეფარდებით ვიწროს, მთების (პირველ ორ შემთხვევაში) ან კუნძულთა რკალების გასწვრივ ოკეანის მხარეზე. ისინი ბევრად უფრო ღრმა არიან, ვიდრე გარშემო ოკეანე, და, როგორც ზემოთ დავინახეთ, მარიანების ღრმაობაში გაზომილია სიღრმე 11, 521 მ.

ინდოეთის ოკეანეში ცნობილია იავის ღრმაობი სუმატრა-იავის სამხრეთ-დასავლეთით, ხოლო ატლანტიურ ოკეანეში პორტო-რიკოს შუა ამერიკის ანტილების ძირში და სამხრული სანდვიჩების ამავე წოდების არქიპელაგის წინ. მაშასადამე, აქაც ღრმაობები კუნძულთა რკალებთან, ე. ი. ახალგაზრდა მთებთან არიან დაკავშირებული.

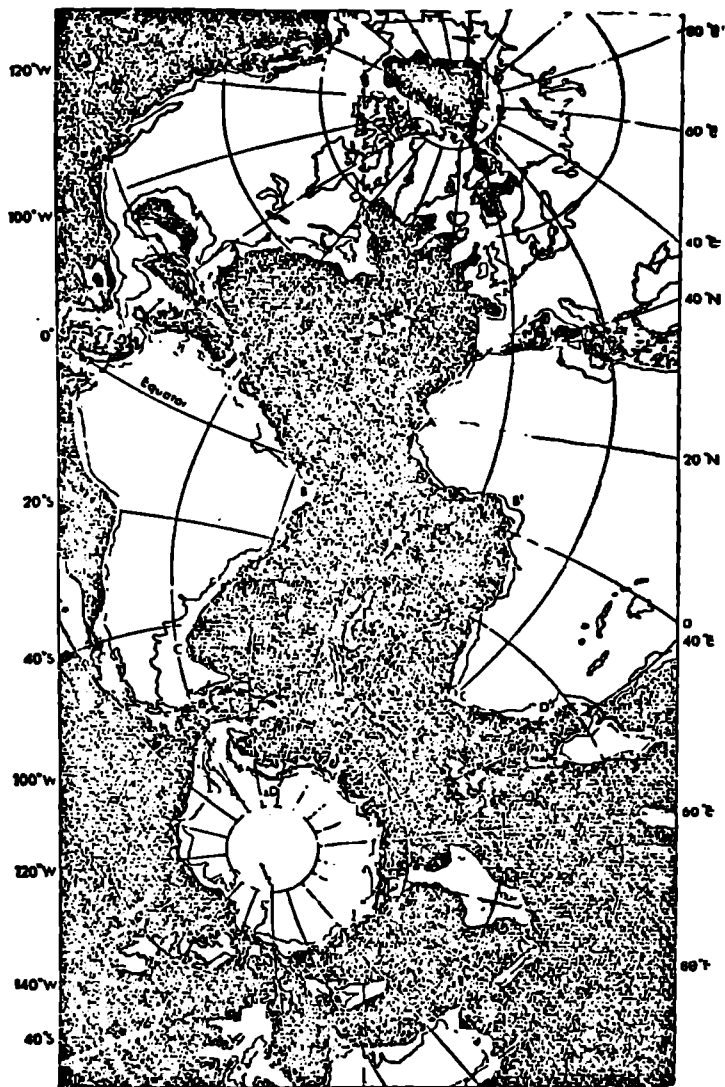
დანარჩენი ოკეანე მაინც ვაკედ წარმოედგინათ, მაგრამ მალე აღმოჩენილ იქნა ე. წ. შუაატლანტიური ქედი, რომელიც მთელ ამ ოკეანეს გასდევს ჩრდილოეთიდან სამხრეთამდე. მისი სიგრძე 11 000 კმ აღემატება (სურ. 157) და განიც რამდენიმე ასეული კილომეტრი არის. საერთოდ, ქედი წყლით არის დაფარული და

ოკეანის ზედაპირზე მის არსებობას არაფერი მოწმობს, თუმცა მისი საშუალო სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან 1800 მეტრს აღემატება. მაინც ცალკეულ ადგილებში სიმაღლე იმდენად დიდია, რომ ქედი ზედაპირამდე აღწევს და კუნძულებს აჩენს. ეს არის ვულკანური კონტულები: ასორების კ. (ასორი მიმინოს ჰქვია ერთ-



სურ. 156. ოკეანური ღრმაობები.

ერთ იქაურ ენაზე), სან პაულუ, ამალღების, ტრისტან-და-კუხია, დიეგო ალვარეს და ბუვე. გარდიგარდმო მიმართულებით ქედში 5 ზოლს არჩევენ. შუაში არის უმაღლესი და თანაც ციცაბო კლდოვანი ზოლი, სადაც ერთპტიული ქანები გაშიშვლებული არიან. ამ ცენტრულ ზოლს იქეთ-აქეთ მიუყვება უფრო დაბალი „ტერასე-



სურ. 157. შუა ატლანტური ქედის გაირიქილება.

ზის“ და შემდეგ „წინა მთების“ ორი ზოლი. აქ, კერძოდ „ტერასების“ ზოლში, მკვიდრი ქანები ოკეანური ნალექებით არიან დაფარული. „წინამთებს“ ორივე მხარეზე, ე. ი. ქედის აღმოსავლეთით და დასავლეთით მოჰყვება ოკეანური ტაფობები, სადაც სიღრმე 4—6 კილომეტრი არის.



სურ. 158. ატლანტური ოკეანის ფსკერის ქრილი აფრიკიდან შუა ამერიკამდე. იკვებება შუაატლანტური ქედი.

აღსანიშნავია ქედის თავისებური მოხაზულობა: იგი ლათინურ S-ს მოგვაგონებს და აშკარად პარალელურია ოკეანის ნაპირებისა, ე. ი. ერთი მხრით ევროპა-აფრიკის და მეორე მხრით ორი ამერიკის კონტინენტების კიდეებისა. ამ გარემობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

ჩრდილოეთით შუა ატლანტური ქედი მიაწყდება ისლანდს და იმ მარჩხ ზღურბლს, რომელიც ნიუფაუნდლენდს და ევროპას აერთებს და რომელზედაც მდებარეობს თვით ისლანდიც. ქედის სამხრული ბოლო აფრიკას უვლის და, როგორც ფიქრობენ, ინდოეთის ოკეანის შუაოკეანურ ქედს უკავშირდება. მკაფიო ტოტი აკავშირებს მას სამხრული აფრიკის დასავლურ კიდესთანაც.

შუაოკეანური ქედები არის ინდოეთის (როგორც ესაა აღვნიშნეთ) და წყნარ ოკეანეშიც, მაგრამ ისინი ჭერჭერობით ნაკლებად არიან შესწავლილი. ყოველ შემთხვევაში ინდოეთის ოკეანის ქედი ჩრდილო-დასავლეთისკენ უკავშირდება არაბეთის ნახევარკუნძულს და ჩრდილო-აღმოსავლეთით — ინდოეთ-ციელონს. აქვე კავშირი მადაგასკართანაც.

წყნარ ოკეანეში წყალქვეშა ოკეანური ქედი მიუყვება ახალი ზელანდიდან ბალენის კუნძულამდე, შემდეგ კუნძულ პასეფისკენ

და აქედან ერთი ტოტი მიდის ჩილის სანაპიროსკენ, ხოლო მეორე — გალაპაგოსის კუნძულებისა და მექსიკის სანაპიროსკენ. კარგად გამოსახულ და დეტალურად შესწავლილ ქედზედ არის მოთავსებული პავაიის კუნძულებიც.

შუა ოკეანური ქედების ორივე მხარეზე, ისევე როგორც ატლანტიკაში, ოკეანური ტაფობები არის მოთავსებული. უკანასკნელი დროის მიღწევათაგანი არის აღმოჩენა, რომ ამ ტაფობების ფსკერი, როგორც წესი, სრულიად სწორი არის, დაქანება 1 მეტრს არ აღემატება კილომეტრზე. ეს არის ე. წ. ღრმაოკეანური ვაკეები, ოკეანური ნალექებით დაფარული. ფიქრობენ, რომ ამ ნალექებს უნდა ამოვესო ზედაპირის პირვანდელი უსწორ-მასწორობა.

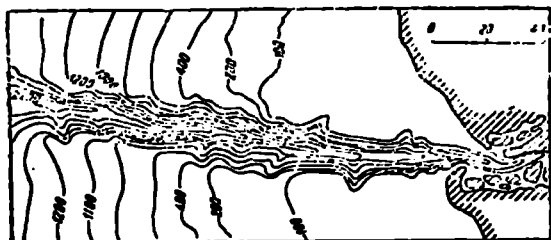
როდესაც წყალქვეშა ქედებზე ვლაპარაკობთ, არ შეიძლება არ მოვიხსენიო ე. წ. კუნძულთარკალები. კუნძულთა ხაზობრივი მწკრივები, როგორც, მაგალითად, ალეუტური კუნძულები, მიჰყვებიან წყალქვეშა ქედს, რომლის უმაღლესი მწვერვალები წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ. ასეთსავე სურათს მივიღებთ ხმელეთის რომელიმე ქედი რომ დაძირულიყო ისე, რომ მხოლოდ ზოგი უმაღლესი მწვერვალი დარჩენილიყო წყალზევით. საყურადღებოა კუნძულთა ამ მწკრივების რკალური ფორმა, რაზედაც შემდეგ მოგვიხდება ლაპარაკი.

კუნძულების ასეთი მწკრივები განსაკუთრებით დამახასიათებელია წყნარი ოკეანის ნაპირებისათვის: ალეუტების რკალი ალასკიდან კამჩატკამდე, ბონინის, მარიანების, ფილიპინების, კიუსიურ-რიუკიუ-ტაივანის და სხვბ. ატლანტურ ოკეანეში ძლიერ საყურადღებოა ანტილური რკალი შუა ამერიკის წინ და სამხრული ანტილების რკალი, რომელიც ცეცხლის მიწას და ანტარქტიკის კუნძულებს აკავშირებს. ინდოეთის ოკეანეში შეიძლება დავასახლოთ დიდი (სუმატრა, იავა) და მცირე ზონდის კუნძულების რკალი.

კუნძულთა რკალების გამოზნექილი მხარე ოკეანისკენ არის მიქცეული და მას წინ უდევს ზემოთ აღწერილი ღრმაობები.

ოკეანის ფსკერის რელიეფის სახეები შუაოკეანური ქედებით და ღრმა ვაკეებით არ ამოიწურება. ოკეანეებში, კერძოდ წყნარ ოკეანეში, გაფანტული არის მრავალრიცხოვანი განცალკევებული გორები, რომელთა მწვერვალები ზოგ შემთხვევაში წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ, უმეტეს შემთხვევაში

კი 1000—2000 მეტრის და მეტის სისქე წყლით არიან დაფარული. ამათ შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს კონკუსებრივი გორები, რომელთა მწვერვალი აბრაზიულად მოვაკებული არის. ასეთი თავკვეთილი წყალქვეშა გორები მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ გახდა ცნობილი წყნარ ოკეანეში და მათ გიიოს უწოდებენ<sup>1</sup>. დღეს გიიოებს უკვე ასობით ითვლიან. ეს შექველად ვულკანური გორები უნდა იყვნენ, რომელთა მწვერვალები ზღვის დონეს ასცილებიან და ამიტომ ზღვის ტალღების მიერ გადარეცხილ-



სურ. 159. კონგოს წყალქვეშა კანიონი. იზობათები გვიჩვენებენ, როგორ ღრმად არის ჩაჭრილი კონტინენტურ ბეჭობში კანიონი, რომელიც მდ. კონგოს ხეობას განაგრძობს.

მოვაკებული არიან. შემდეგ მომხდარა მათი ფუძის იზოსტაზიური დაძირვა და დღეს ისინი წყალქვეშა გორებს წარმოადგენენ.

კონტინენტური ბეჭობი, კუნძულთა რკალები, აბისური ვაკეები, წყალქვეშა ქედები, გიიოები—ასეთია ოკეანის ფსკერის რელიეფის მთავარი დიდი ელემენტები, მაგრამ ამ რელიეფის თავისებურება არც ამით ამოიწურება. მათ გვერდით უნდა აღინიშნოს უამრავი წყალქვეშა კანიონი. პირველი ზღვასქვეშა კანიონები უკვე კარგა ხანია ცნობილი არიან. ასეთია კონგოს კანიონი (სურ. 159) აფრიკის დასავლურ ნაპირთან, ჰუდსონის კანიონი ამერიკის NO ნაპირთან და სხ. მაგრამ უკანასკნელ წელთათეულებში, ექოლოტის გამოგონების შემდეგ, მათი რიცხვი შეუღარებლად გაიზარდა და იზრდება დღითი-დღე. ისინი ძირითადად კონტინენტურ

<sup>1</sup> Guyot შეეცარიელი გეოლოგის გვარი არის.

ბექობზედ არიან მოთავსებული, მაგრამ გვხვდებიან ოკეანის ღრმა ფსკერზედაც.

პირველად აღმოჩენილი ზღვასქვეშა კანიონები (კონგოსი, ჰუდსონის და სხ.) ხმელეთის მდინარეების შესართავთან არიან დაკავშირებულნი და ამიტომ დასაწყისში ფიქრობდნენ კიდევ, რომ ისინი ხმელეთზედ არიან წარმოშობილი, იმ მდინარეთა ხეობების გაგრძელებას წარმოადგენენ და მხოლოდ შემდეგ დაძირულანო (რამდენიმე ათასი მეტრით). მაგრამ ღღეს ცნობილია მრავალი კანიონი, რომლის სათავე კონტინენტურ ბექობზე იწყება წყალქვეშ და ხმელეთის მდინარეთა ქსელთან არავითარი კავშირი არა აქვს.

კანიონი ასეული მეტრებით შეიძლება იყოს ზღვის ფსკერში ჩაჭრილი. მისი ფერდები მკვეთრად არიან დაქანებული. სათავისაკენ მათ „შენაკადები“ ერთვის ხმელეთის მდინარეებივით, თუმცა ნაკლებ მრავალრიცხოვანი. სიგრძე ათასობით კილომეტრი შეიძლება ჰქონდეს. თავდება ფართოდ გაშლილი გამოზიდვის კონუსით კონტინენტური ბექობის ძირში ან მეტ-ნაკლებად შორს აბისურ კავეზე.

ზღვის წყალი. ზღვის წყალი ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად მარილიანი არის. მსოფლიო ოკეანის წყლის ნორმული მარილიანობა არის 3,5%, ე. ი. 100 გრამ წყალში 3,5 გრამი სხვადასხვა ნივთიერება არის გახსნილი. ამიტომ არის, რომ იგი სასმელად არ ვარგა. ზოგ ზღვაში მარილიანობამ შეიძლება 4.7%-მდეც მიაღწიოს. სხვაგან კიდევ მეტი თუ ნაკლები განმარილიანება ხდება. ერთიც და მეორეც შეეხება ისეთ ზღვებს, რომელნიც სუსტად არიან ოკეანესთან დაკავშირებული. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ, როდესაც ზღვის წყლის მარილიანობაზე ლაპარაკობენ, ამბობენ არა 3,5 პროცენტს, არამედ ჩვეულებრივ 35 პრო მილეს (pro mille, ე. ი. ერთეული ათასზე), რაც დაიწერება 35‰. ამგვარად, ნაწიერების ნაცვლად მთელ ერთეულებზე შეიძლება ლაპარაკი.

ოკეანის წყალში გახსნილი მარილების საერთო რაოდენობა უზარმაზარია. აღნიშნავენ, რომ ოკეანი რომ აორთქლებულიყო, ფსკერზე 56 მეტრის სისქე მარილების ფენა დარჩებოდა. ეს მარილები არის:

NaCl	— 78,32 %
MgCl <sub>2</sub>	— 9,44
MgSO <sub>4</sub>	— 6,40
CaSO <sub>4</sub>	— 3,94



KCl —1,6%

CaCO<sub>3</sub>—0,04

რომელთაც უნდა მიეუმატოთ სილიციუმქანგა SiO<sub>2</sub>—0,009% და კიდევ უფრო მცირე რაოდენობით Br, J, Ni, Cu-ის მარილები და სხ. საჭიროა აღინიშნოს, რომ მოცემული პროცენტები გამოხატავენ არა მარილის შეფარდებას წყალთან, როგორც ზემოთ იყო, არამედ შეფარდებას თვითონ მარილების საერთო რაოდენობასთან. როგორ ვხედავთ, მთელი ამ რაოდენობის თითქმის 4/5 ჰალიტი (სუფრის მარილი) არის. სხვა მარილების მონაწილეობა შეუღარებლად ნაკლებია. თანაც საგულისხმოა, რომ ზღვის წყლის საერთო მარილიანობა შეიძლება ამა თუ იმ ზღვაში შეიცვალოს, მაგრამ ყველა შემთხვევაში ცალკეული მარილების პროცენტი იგივე რჩება. ეს იმას ნიშნავს, რომ მიწაზე არსებობს მხოლოდ ერთი ზღვის წყალი, რომელიც შეიძლება მეტად ან ნაკლებად გაზავებული ან კონცენტრებული იყოს, მაგრამ სხვა მხრივ იგი ძლიერ ერთგვაროვანია.

მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურის რეჟიმი. მზის სითბო ოკეანეს ისევე მოსდის, როგორც ხმელეთს, მაგრამ წყლის ხედრი სითბოტევადობა რამდენჯერმე მეტია, ვიდრე ხმელეთის ქანებისა: წყლის სითბოტევადობა არის 1,00, ხოლო, მაგალითად, კვარცის — 0,17. ცხადია, წყლის გასათბობად შესაბამისად მეტა სითბო იქნება საჭირო. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ სითბო ხმელეთს და ოკეანეს ერთგვარად მოსდის, ოკეანის წყლის გათბობა ნელა მიმდინარეობს და მაღალ ტემპერატურებს ვერც აღწევს. ასევე ნელია გაცივებაც. ამის გამო ტემპერატურის ცვალების დღეღამური ამპლიტუდი ოკეანის ზედაპირზე 1°-ს არ აღემატება, მაშინ როდესაც ცხელ უდაბნოში ჰაერის ტემპერატურის ქანაობა დღეღამეში 20°—22°-ს აღწევს.

მსგავსია ტემპერატურის ცვალების წლიური ამპლიტუდიც. ჩრდილო ნახევარსფეროს საშუალო განედებზე ოკეანის ზედაპირზე წყლის ტემპერატურა მხოლოდ 10°—15°-ით იცვლება (თვიური საშუალო), ხოლო ეკვატორზე დაახლოებით 1°-ით. იმავე დროს ხმელეთზე ცვალება ზოგან 40°—45° არის და გამონაკლის შემთხვევაში 65°-საც აღწევს. უნდა აღინიშნოს კი, რომ ტემპერატუ-

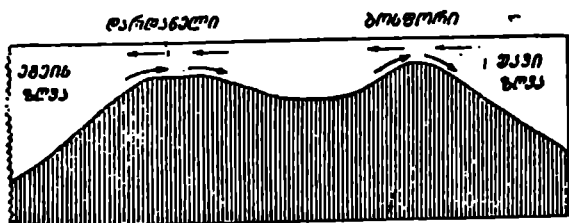
არის ასეთი მცირე ცვლა გაშლილი ოკეანისთვის არის ძირითადად დამახასიათებელი. სანაპირო და შიგა ზღვებში უფრო საგრძნობი არის ხმელეთის გავლენა და ზოგი სპეციფიური პირობები. შავ ზღვაში წყლის ზედაპირული ფენის ტემპერატურა ზაფხულში  $24^{\circ}$  არის, ხოლო ზამთარში  $6^{\circ}$ — $7^{\circ}$ , მაგრამ ნაპირთან ქერჩის სრუტის მიდამოში და ჩრდილო-დასავლეთის ლიმანებში წყალი შეიძლება კიდევ გაიყინოს.

უფრო მოულოდნელი არის სხვა გარემოება. თითქო ოკეანის ფსკერის ტემპერატურა მაღალი უნდა ყოფილიყო დიდი სიღრმის შესაბამისად და წყალიც უნდა გაეთბო. მაგრამ გამოიჩინა, რომ ოკეანის წყლის ტემპერატურა ფსკერთან თვით ტროპიკულ სარტყელშიც კი დაახლოებით  $2^{\circ}$  არის. ამას იმით ხსნიან, რომ ეკვატორული ზოლიდან თბილი და, მაშასადამე, მსუბუქი წყალი ზედაპირულ დინებებს პოლუსებისკენ მიაქვთ. იქ წყალი ცივდება და მძიმდება, რასაც ისიც უწყობს ხელს, რომ, თუ გაყინვა დაიწყო, ყინულს ქვეშ წყლის მარილიანობა იზრდება (გაყინვისას ხომ მარილი წყალში რჩება). დამძიმებული ცივი წყალი ნელ-ნელ იძირება და ფსკერის გასწვრივ ეკვატორისკენ მოძრაობს. ტროპიკულ ზოლში ოდნავ შემთბარი ეს წყალი ზევით ამოდის იმ წყლის სანაცვლოდ, რომელიც პოლუსებისკენ მიედინება. ასეთი არის ოკეანის წყლის ორი დიდი მობრუნალი: ეკვატორიდან ზედაპირული ფენის თბილი წყალი მიედინება პოლუსებისკენ, ხოლო აქედან გაცივებული წყლის სიღრმული დინება მიემართება ეკვატორისკენ.

როგორც ხმელეთი, ისე ოკეანის წყალი მის შემხებ ჰაერსაც ატბობს. ამის მიხედვით ნათელია, რომ ჰაერის ტემპერატურის ცვლაც ოკეანეზე ნაკლებად მკვეთრი იქნება, ვიდრე კონტინენტებზე. კიდევ მეტი, ოკეანეები თვით კონტინენტების ჰაერზედაც ახდენენ გავლენას: ატმოსფერულ ცირკულაციას ოკეანური ჰაერი კონტინენტზე გადააქვს და პირიქით. ამის შედეგად ზაფხულში ოკეანე მოსაზღვრე კონტინენტური მხარეების გაგრილებას იწვევს, ხოლო ზამთარში სიცივეს ანელებს. ამგვარად ოკეანე სითბოს ეკონომიის დიდი რეგულატორი არის მიწის მთელ ზედაპირზე.

წყლის მოძრაობა ოკეანეში. ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ კონვექციური დინებები ოკეანეში, ტემპერატურის და მარილიანობის კონცენტრაციის ცვალებით გამოწვეული.

მეორეგვარ მოძრაობას განსაზღვრავს ზღვის დონის ცვლა (აწევა ან დაწევა) სხედასხვა ადგილას. მაგალითად, შავ ზღვაზე ნალექების რაოდენობა მეტია, ვიდრე აორთქლება. ამას მოჰყვება წყლის დონის სათანადო აწევა, უფრო მაღლა, ვიდრე ეგეის ზღვაშია. ამით აიხსნება ზედაპირული წყლის განუწყვეტლივი დინება შავი ზღვიდან ეგეის ზღვისკენ ბოსფორით და დარდანელით (სურ. 160). ამ დინების ქვეშ საკომპენსაციო დინება მოდის ეგეის ზღვიდან შავ ზღვაში. ეს წყალი უფრო მარილიანია და უფრო მძიმე.

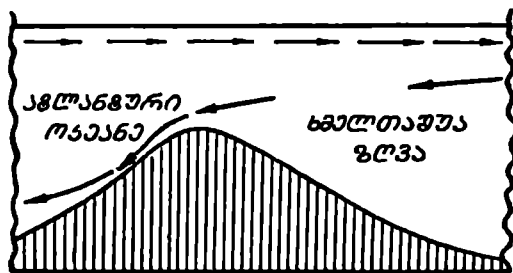


სურ. 160. შავი ზღვისა და ეგეის ზღვის ურთიერთობა. ისრებით ნაჩვენებია ზედაპირული და ქვედა დინებები სრუტეებში.

პირიქით, ხმელთაშუა ზღვაში აორთქლება სკარბობს ნალექების რაოდენობას და ზღვის დონე ქვევით იწევს. ამიტომ ატლანტური ოკეანიდან გიბრალტარით ხმელთაშუა ზღვაში მუდმივ მოედინება ოკეანის წყალი. დინების სიჩქარე 4,5 კილომეტრამდე აღწევს საათში. აქაც ამ ზედაპირული დინების ქვეშ არის უფრო ღრმა საკომპენსაციო დინება ხმელთაშუიდან ატლანტურისკენ (სურ. 161).

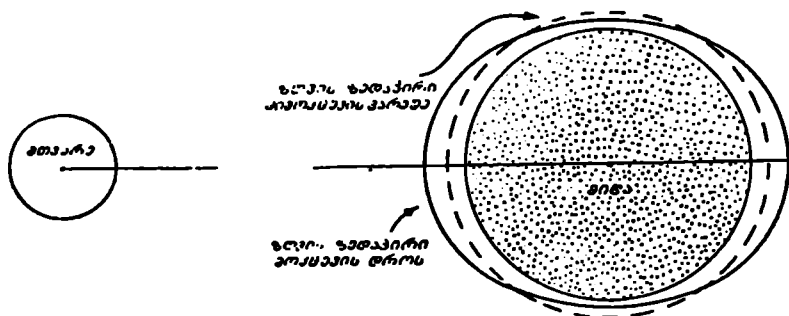
სულ სხვაა ჰიდროსფეროს მიმოქცევითი მოძრაობა. ჯერ ერთი, მას პლანეტური ხასიათი აქვს და მეორეც — რეგულარულად პერიოდული არის. ზღვის მოქცევას და მიქცევას იწვევს მთვარის და მზის მიერ მიწის მიზიდება, უმთავრესად მთვარისმიერი მიზიდება, რადგან ეს ჩვენი თანამგზავრი, მართალია, ბევრად უფრო პატარაა მზეზე, მაგრამ სამაგიეროდ შეუღარებლად უფრო ახლოა მიწასთან. მიწის იმ მხარეზე, რომელიც მთვარისკენ იყურება, მთვარის მიზიდების გამო წყლის დონე ზევით იწევს. საწინააღმდეგო, მთვარეს დაშორებულ მხარეებზეც დონე ზევით აი-

წევს მთვარისმიერი მიზიდების შემცირების გამო, თუმცა ნაკლებად. შუა ზოლში დონე დაბლა დაიწევს და ამგვარად წარმოიშობა



სურ. 161. ატლანტური ოკეანე და მედიტერანეული ზღვა. ისრებით აღნიშნულია დინებები გიბრალტარის სრუტეში.

ორი უზარმაზარი ტალღისებური ამალღება (სურ. 162). რადგან მიწა ბრუნავს, მთვარისაქენ მიმართული მისი მხარე; თანდათან დასავლეთისაქენ გადაინაცვლება და მიმოქცევის ორივე ტალღა გადაადგილებას განიცდის მიწის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმარ-



სურ. 162. მიმოქცევის ტალღა.

თულებით. ამგვარად ოკეანის ყოველ წერტილში დღეღამის განმავლობაში ორი მოქცევის ტალღა გაივლის, რომელთაც შესაბამისი მიქცევა (დონის დაწევა) მოჰყვება თითოთულს. თუ მზეც იმავე მხარეზეა მიწისგან, როგორც მთვარე (ახალმთვარობა), ერთის მოქმედება მეორისას მიემატება და მოქცევა ძლიერია. როდესაც მთვარე და მზე მიწის მიმართ საწინააღმდეგო მხარეებზე

მოქცევიან (სრულმთვარობა), ერთის მოქმედება მეორისას გამო-  
აკლდება და მოქცევის ტალღა სუსტია.

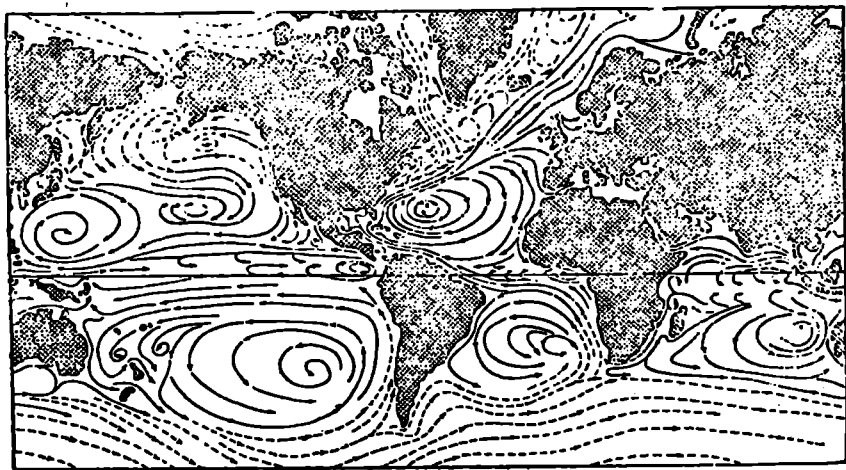
გაშლილ ოკეანეში მოქცევის ტალღის სიმაღლე ერთ მეტრს  
არ აღემატება, მაგრამ სულ სხვაა სანაპირო ზღვებში შელფზე.  
სადაც კი ზღვის სიღრმე ძლიერ მცირდება, ოკეანიდან მოდინე-  
ბული წყალი ადგილს ვეღარ პოულობს და ტალღის სიმაღლე  
იზრდება. კიდევ უფრო ძლიერია ეს ეფექტი ოკეანესთან დაკავ-  
შირებულ ვიწრო უბნებში და სრუტეებში. აღმოსავლურ კანადა-  
ში ცნობილია უბე, სადაც მოქცევის ტალღის სიმაღლე 18 მეტ-  
რამდე აღწევს. ეს გამონაკლისი შემთხვევა არის, მაგრამ შედარე-  
ბით მაღალი მოქცევა ბევრგან არის, მაგალითად,—ლა-მანშის უბეში.

შიგა ზღვებში, როგორც შავი ან კასპიური არის, მიმოქცევა  
შეუმჩნეველია. წყლის მასის სიმცირის გამო გრავიტაციული ძალის  
ქანაობა წყლის ზედაპირის უმნიშვნელო დეფორმაციას იწვევს  
მხოლოდ. ასევეა ტბებში.

მიმოქცევის დიდი მნიშვნელობა აქვს მეზღვეობისათვის. ად-  
ვილი წარმოსადგენია, თუ რა იქნება ზღვის დონის აწევ-დაწევა,  
ვთქვათ, 10 მეტრით ორჯერ დღელამის მანძილზე! მაგრამ დიდია  
მიმოქცევის გეოლოგიური მნიშვნელობაც სანაპირო ზღვებში, სა-  
დაც მიმოქცევის დინებებს შეუძლიათ ნალექების გადაადგილება  
სამი-ოთხი ასეული მეტრის სიღრმემდე. გასაგებია, რომ მიმოქცე-  
ვის პირობებში მდინარეები თავდებიან არა დელტით, არამედ ეს-  
ტუარით.

მიმოქცევა ტალღებრივი მოძრაობა არის. დინების სახეს იგი  
მხოლოდ შელფზე ღებულობს, სადაც წყლის სიღრმე ნაკლებია,  
ვიღრე მოქცევითი ტალღის სისქე. აქ მოძრაობას გადაადგილების  
ხასიათი აქვს: ხმელეთისკენ და უკან. მაგრამ არის ოკეანეში ნამ-  
დვილი დინებებიც, მუდამ ერთი მიმართულებით. ამის მაგალითია  
კარგად ცნობილი გოლფსტრიმი. ეს დინება ატლანტურ ოკეანე-  
ში იწყება ჩრდილო ტროპიკულ ზოლში. ფიქრობენ, რომ მისი მა-  
მოძრავებელი ძირითადად პასატები არიან, პასატები ჩრდილო  
ნახევარსფეროში NO-დან ქრიან და წყალს SW-კენ მიადინებენ.  
კორიოლისის ძალის გავლენით მოძრაობა თანდათან მარ-  
ჯვნივ იხრება, განედურ მიმართულებას ღებულობს და მექ-  
სიკის უბეში შედის. აქედან ფლორიდას სამხრეთით მოუვლის და  
ისევ ოკეანეს უბრუნდება. მიჰყვება ჩრდილო ამერიკის კიდეს  
ნიუფაუნდლენდამდე. იქ გოლფსტრიმსა და კონტინენტს შუა

გრენლანდიდან მოსული ცივი დინება შემოიჭრება. გოლფსტრიმი 0-კენ უხვევს, თანაც ფართოვდება და იტოტება. ერთი ტოტი. მუდამ მარჯვნივ გადახრის გამო, კანარის კუნძულებისკენ მიემართება (კანარის დინება). მეორე, ბევრად უფრო დიდი, ისლანდსა და ჩრდილო-დასავლურ ევროპას შუა შეიჭრება და იყოფა სამად, NO-კენ შედის ბარენცის ზღვაში და ჩრდილო ოკეანეშიც, სადაც მისი გავლენა ვრანგელის კუნძულამდე შეიმჩნევა (ნან. 163).



სურ. 163. ოკეანური დინებები ზედაპირზე. გოლფსტრიმი და სხ.

ყველაზე მკვეთრად გოლფსტრიმი მექსიკის უბიდან გამოსვლისას ფლორიდის სრუტეში არის გამოსახული. სახელიც („უბის დინება“) მას ამის მიხედვით მიეკუთვნება. აქ დინების განი 75 კმ არის. სიღრმე 700 მ, ხოლო წყლის მოძრაობის სიჩქარე ზედაპირზე 6—10 კმ საათში, — ეს არის მთის მდინარის სიჩქარე. ზედაპირს ქვევით სიჩქარე თანდათან კლებულობს და 700 მ-ის სიღრმეზე წყდება. ფლორიდის სრუტიდან გამოსვლის შემდეგ დინება სწრაფად ფართოვდება და ამავე დროს მისი სიჩქარე მცირდება.

გოლფსტრიმი წყლის უზარმაზარ მასას ამოძრავებს. ისევე ფლორიდასთან ამ დინების დებიტი 2160 კმ<sup>3</sup> უდრის დღე-ღამეში. ე. ი. 20-ჯერ მეტია, ვიდრე ხმელეთის ყველა მდინარეების დებიტი ერთად აღებული.

გოლფსტრიმის მნიშვნელობაც შესაფერად დიდია. მას სამხრეთიდან NW-კენ მიაქვს თბილი წყლის უზარმაზარი რაოდენო-

ბა და, მაშასადამე, დიდძალი სიტბო, ე. ი. დაკროვილი მზის ენერგია. წყალი ჰაერსაც ათბობს შესაბამისად და რადიკალურად სცელის ჰავას. ნორვეგიის ზღვაში იანვრის საშუალო ტემპერატურა 25-ოდე გრადუსით უფრო მაღალია, ვიდრე უნდა ყოფილიყო ამ განედებზე. ნორვეგიის და მით უმეტეს კოლის ნახევარკუნძულის ჰავა გრენლანდის მსგავსი უნდა ყოფილიყო, მაგრამ მურმანსკის პორტი არც კი იყინება ზამთრობით.

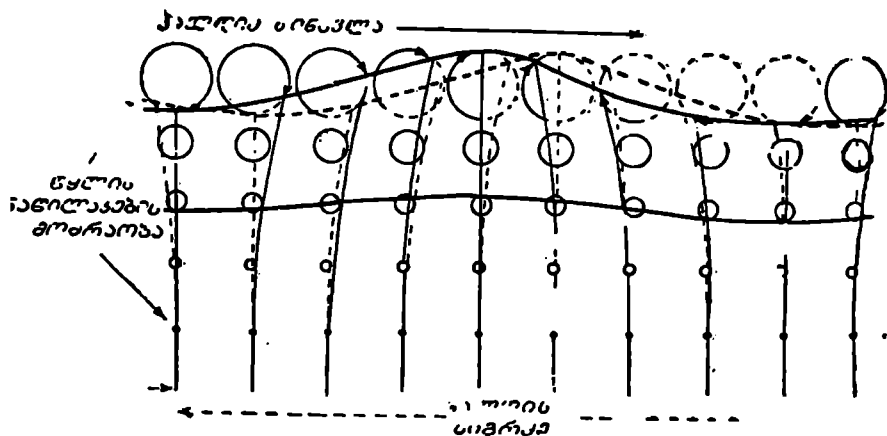
რასაკვირველია, დიდ გავლენას ახდენს გოლფსტრიმი ცოცხალი ორგანიზმების განაწილებაზედაც ზღვაში.

გოლფსტრიმი ერთადერთი ოკეანური დინება არ არის. თვით ჩრდილო ატლანტურ ოკეანეშიც ხომ აღვნიშნეთ გრენლანდის ცივი დინება და სხვა ოკეანეებში კიდევ სხვა არის, თბილი თუ ცივი. წყნარი ოკეანის ჩრდილო ნაწილში შეიძლება აღვნიშნოთ კარვად ცნობილი კურო-შივო, სამხრულ ოკეანეებში კიდევ სხვა. დინებათა მიმართულების გადახრა სამხრულ ნახევარსფეროში მარცხნივ იქნება (საათის ისრის წინააღმდეგი).

სულ სხვაგვარი მოძრაობა არის ზღვის დელეა. ზღვაში რომ ნავი იღგეს და ტალღამ გაიაროს, ნავი აიწვევა, დაიწვევა და იმავე ადგილას დარჩება: ტალღა წინ წავა, მაგრამ ნავს არ წაიღებს. მაშასადამე, ტალღის წინსვლა წყლის დინება არ არის. ტალღის სვლა გამოხატავს არა წყლის გადაადგილებას იმავე მიმართულებით, არამედ წყლის ზედაპირის დეფორმაციას და ამ დეფორმაციის გადაადგილებას. ჯერ აქ აიმაართება ტალღა, შემდეგ წყალი ქვევით დაიწვევს, მაგრამ სანაცვლო ბურცობი წინ წარმოიშობა და ასე შემდეგ: წყალი ადგილზე ქანაობს ზევით და ქვევით, ეს მოძრაობა თანდათან ახლო და ახლო ზედაპირს გადაეცემა და ტალღა „წინ მიდის“.

დინება არ არის, წყალი კი მოძრაობს, ასე ვთქვათ, ადგილზე. იმისათვის, რომ ზედაპირის ამალღება მოხდეს, წყლის ნაწილაკებმა ზევით უნდა აიწიონ; იმისათვის, რომ ეს ბურცობი გადაადგილდეს ტალღის მოძრაობის მიმართულებით, ნაწილაკებმა წინ უნდა წაიწიონ, ხოლო მომყოლი ღრმობის წარმოსაშობად საჭიროა ნაწილაკების ქვევით დაწვევა და თან უკან. ამგვარად, თითოული ნაწილაკი წრიულ გზას გაივლის (სურ. 164). რაც უფრო დიდია წრის დიამეტრი, მით უფრო მაღალი იქნება ტალღა; რაც უფრო ნელია ნაწილაკის მოძრაობა, მით მეტი იქნება ტალღის სიგრძე. ტალღის სიმაღლე ს უწოდებენ ვერტიკალურ

მანძილს ჩაზნეჭილი ნაწილის ძირიდან ბურცობის ქედამდე; ტალღის სიგრძე იქნება უმოკლესი მანძილი ერთი ქედიდან შემდეგ ქედამდე. აღვილი დასაწახავია, რომ ტალღის სიგრძე იგივეა, რაც ერთი ბურცობის და ერთი ღრმაობის საერთო ვანი.



სურ. 164. წყლის ნაწილაკის მოძრაობა ტალღაში. ისარი ზევით გვიჩვენებს ტალღის მოძრაობის მიმართულებას, ორი სქელი ხაზი ზევით ტალღის ზედაპირია, წრეხაზები წარმოადგენენ წყლის ნაწილაკის ტრაექტორიას, ისრის წვეტები—ნაწილაკების მდებარეობას გარკვეულ მომენტში. ამ წერტილების მდებარეობა ტალღის ზედაპირს ემთხვევა. ქვევითკენ წრეები უფრო და უფრო მცირეა და გარკვეულ სიღრმეზე სულ მიიღვება—ღვლეა აღარ იგრძნობა. მანძილი ტალღის ერთი ძირიდან შემდეგ ძირამდე იქნება ტალღის სიგრძე. დიდი წრეხაზის დიამეტრი წარმოადგენს ტალღის სიმაღლეს ზედაპირზე. წყვეტილი ხაზი ზევით გვიჩვენებს ტალღის გადაადგილებას.

ტალღის სიმაღლე ნულიდან იწყება. ოდნავ შესამჩნევი ტალღები იწყებენ წყლის ზედაპირის ლივლივს. რაც შეეხება დიდ ტალღებს, მათი სიმაღლე სამხრულ ოკეანეებში 13 მეტრამდე აღწევს, შიგა ზღვებში 5—6 მ-მდე. ასევე ცვალებადია, მაგრამ გაცილებით მეტ სიდიდეს აღწევს ტალღების სიგრძე. გაშლილ ზღვაში და განსაკუთრებით ოკეანეში ასწერენ ტალღებს, რომელთა სიგრძე 400 მეტრამდე არის. ტალღები წყლის ზედაპირზე წარმოიშობიან და იქ არიან უძლიერესი. სიღრმეში შინაგანი ხახუნის გამო მათი ენერგია თანდათან კლებულობს და რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეზე მოძრაობა სავსებით წყდება. დიდ სიღრ-



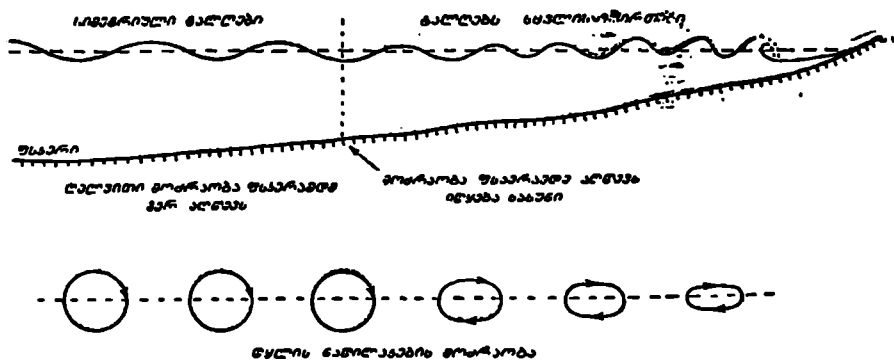
მეზე ტალღა თუ არის, ეს იქნება სიღრმეშივე წარმოშობილი ტალღა, მაგალითად, მიწისძვრის ან წყალქვეშა მეწყრის მიერ გამოწვეული.

ღრო, რომელიც საჭიროა, რათა ტალღამ ერთი ქანაობა (ერთი აწევა და ერთი დაწევა) დაასრულოს, იქნება ტალღის პერიოდო. ზღვის ღელვის ასეთი პერიოდი იქნება 17—18 სექუნდი.

ყოველდღიური დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ ზღვის ღელვას ჰაერის მოძრაობა, ქარი იწვევს. ცნობილია, რომ, როდესაც ერთი მოძრავი გარემო (გაზი, ქვიშა) მეორეს ეხება და ერთ-ერთი ან ორივე მოძრაობს მეორის (ან ერთიმეორის) შესახებ, მათ შორის ხახუნის წარმოებს. ეს იწვევს შეხების ზედაპირის კანონზომიერ დეფორმაციას, სახელდობრ, ტალღების გაჩენას. ასე ხდება, როდესაც მდინარის წყალი ფსკერზე გაშლილ ქვიშაზე მოძრაობს: წარმოიშობა ქვიშის „ტალღები“, რომელთა მოხაზულობა გვერდის ნექნებს მოგვაგონებს და რომელთაც რიპელმარკებს უწოდებენ; რიპელმარკები წარმოიშობა ქვიშიან უდაბნოში, სადაც მოძრავი ჰაერი (ქარი) ქვიშის ზედაპირს ეხება; როდესაც ტროპოსფეროს ზედა ნაწილში ჰაერის ერთი ფენა მეორის მიმართ მოძრაობს, შეხების ზედაპირი ისევ ტალღებრივ ფორმას ღებულობს. ჩვეულებრივ პირობებში ამას ვერ დავინახავთ. მაგრამ, თუ ერთ-ერთ ფენაში წყლის ორთქლი საკმაოდ არის და ღრუბელი წარმოიშვა, იგი ღრმაობებში მოიჯრის თავს და ისევ რიპელმარკებივით გაპენტელ თეთრ ღრუბლებს მოგვცემს; სწორედ ასევე წარმოშობს ქარი ტალღებს წყლის ზედაპირზეც.

ასეთი წესიერი სახე აქვს ტალღებს გაშლილ ზღვაში. სხვაა, თუ ტალღები ნაპირს უახლოვდება. ამ შემთხვევაში ზღვის სიღრმე თანდათან კლებულობს (სურ. 165). როდესაც ზღვის სიღრმე ნაკლები იქნება, ვიდრე ღელვის სიღრმე, თანდათან დაიწყება ხახუნის, მით უფრო დიდი, რაც უფრო ნაკლებია ზღვის სიღრმე. ამის გამო წყლის ნაწილაკების ქანაობითი მოძრაობა ფსკერთან შეფერხდება და ტალღის წინსვლა უფრო და უფრო შენეულდება, იმავე ტალღის ზედა ნაწილი კი უფრო თავისუფლად იმოძრაავებს. ამის გამო ტალღა ტალღას წამოეწევა და მანძილი მათ შორის თანდათან შემცირდება, ხოლო ცალკეული ტალღის წინა მხარე უფრო ციცაბო იქნება, ვიდრე უკანა (ზღვისკენი) — ტალღა ასიმეტრიული შეიქნება. ბოლოს ტალღის ზედა ნაწილი იმდენად წაასწრებს ქვედას, რომ ტალღა ნაპირისკენ „წაიქცევა“, ნაპირს

მიეხეთქება. მივიღებთ ტალღის ცემას ან, როგორც შავიზღვის-პირეთში ამბობენ, ფურთუნას (სურ. 166). თუ გაშლილ ზღვაში ტალღის გავლისას მოტივტივე სხეული ადგილზე აიწევა და დაიწევა მხოლოდ, აქ მას ტალღა ნაპირს მიაჯახებს, ზოგჯერ ნაპირზე გადაისვრის.



სურ. 165. ღ ე ლ ვ ა მ ა რ ხ ნ ა პ ი რ ზ ე .

როდესაც ტალღა ნაპირს აწყდება, წყალი ნაპირზე გადადის მეტად თუ ნაკლებად შორს. შემდეგ სიმძიმის გავლენით წყალი ისევ ზღვაში ჩაიწრითება, უკან მოძრაობს ფსკერის გასწვრივ. წარმოებს ორმაგი დინება: ჯერ ნაპირისკენ, შემდეგ ზღვისკენ.

ასე იქნება, თუ ქარის მიმართულება დაახლოებით ნაპირის პერპენდიკულარული არის. მაგრამ მოხდება ხოლმე, რომ ქარი და, მაშასადამე, ტალღაც ნაპირს ირიბულად ხვდებიან. თუ კუთხე ქარის მიმართულებასა და ნაპირს შუა საკმაოდ მცირეა, არეკლებული მოძრაობა ნაპირს გაჰყვება, ხოლო თუ ასეთი ქარი გაბატონებული ქარი არის, მეტნაკლებად გამძლე სანაპირო დინება წარმოიშობა. ასეთი დინებები ბევრ ადგილას მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სანაპირო ზოლის განვითარებაში.

ქარისმიერი ღელვა ტალღებრივი მოძრაობის მთავარი სახე არის, მაგრამ მის გვერდით ცნობილია სულ სხვა ბუნების ტალღებიც. ასეთია, მაგალითად, ტალღა, რომლის წარმოშობას ზღვისპირის ან ზღვის ფსკერის მიწისძვრა იწვევს. ეს არის იაპონელების ცუნამი. მასზე სათანადო ადგილას მოგვიხდება ბაასი.

ამით შეიძლება კიდევ დაგვეთავებია ოკეანის წყლის მოძრაობის სახეების გაცნობა, მაგრამ უკვე რამდენიმე ათეული წელიწადი არის, რაც განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრო ზღვის წყლის დინების თავისებურმა სახემ, რომელსაც სიმღვრიის დვარებს უწოდებენ და რომელსაც უკანასკნელ ხანად ძლიერ დიდ მნიშვნელობას მიაკუთვნებენ ოკეანის გეოლოგიაში.



სურ. 166. ფ უ რ თ ვ ნ ა.

ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მიწურულში შეამჩნიეს, რომ, როდესაც თოვლისა და მყინვარების დნობისას აღიღებულნი არიან ქვეყნის ტბაში შედის, იგი ტბის ზედაპირზე კი არ გაიშლება, როგორც მოსალოდნელი იყო, არამედ ფსკერს გაჰყვება წყალქვეშა მდინარის სახით. ამ უცნაური მოვლენის ახსნა ძნელი არ იყო: რონის ცივი და მღვრიე წყალი საგრძნობლად უფრო მძიმეა, ვიდრე ტბის წმინდა წყალი, და ამიტომ უნდა დაძირულიყო.

შემდეგში, როდესაც ზღვასქვეშა კანიონებს მიეჭა ყურადღება (და იმ დროს ცნობილი კანიონები მეტწილად ხმელეთის მდინარეების ხეობების გაგრძელებას წარმოადგენდნენ), ამერიკელმა გეოლოგმა დელიმ ჩამოაყალიბა ჰიპოთეზი, რომლის

მიხედვით მეოთხეული დროის მომყინვარების პირობებში, როდესაც მთელი კანადა და მიმდებარე მხარეები კონტინენტური მყინვარით იყვნენ დაფარული, მყინვარიდან გამომდინარე ცივი და სუსტპენზიით დატვირთული მღვრია ნაკადების წყალი უფრო მძიმე იქნებოდა, ვიდრე ოკეანის წყალი, და წყალქვეშა ღვარებს წარმოშობდა ჟენევის ტბის მსგავსად. წყალქვეშა კანიონების გათხრა სწორედ ამათი საქმე არისო.

ამ ჰიპოთეზს ერთხანს დიდი მოწონება ხვდა წილად, მაგრამ შემდეგ გამოიკვია, რომ წყალქვეშა კანიონების დიდი ნაწილი ხმელეთის მდინარეებთან დაკავშირებული არ არის და მეორე მხრით მათ ვხვდებით როგორც მაღალ განედებზე, სადაც მომყინვარება იყო, ისე ეკვატორულ ზოლშიც. ამიტომ ოელისეული ახსნა მხოლოდ ზოგ შემთხვევაში შეიძლება იქნეს განოყენებული.

ასეთ პირობებში წარმოიშვა ახალი ჰიპოთეზი რომლის თანახმად მღვრია ღვარები ოკეანის ფსკერზე ავტოქტონური (ადგილზე წარმოშობილი) მოვლენა არის. მოხდება ხოლმე, რომ კონტინენტურ ფერდობზე, რომელიც ჯერ შეუმტკიცებელი ნალექებით არის დაფარული, ზვავ-მეწყერი მოწყდება. ეს ზვავი ფერდობზე თავისებურ ხრამს გაჰყვით, თანაც ნალექი და წყალი ერთმანეთში აირევა, მიღებული ბიძგის გამო იმავე მიმართულებით დაიძვრის და ლაფის ნაკადს, შემდეგ სიმღვრიის ღვარს წარმოქმნის. ჯერ ეს ღვარი კანიონის ჩაჭრას აწარმოებს. შემდეგ, დავაკებაში რომ გადავა, მოძრაობის სიჩქარე იკლებს და წამოღებული მასალის დალექვა დაიწყება. წარმოიშობა ფართოდ გაშლილი „დალექვის კონუსი“.

წყალქვეშა კანიონების რიცხვის მიხედვით ეს მოვლენა კონტინენტურ ფერდობზე არც თუ იშვიათი უნდა იყოს. ზვავ-მეწყერის დაძვრა თვით ნალექების დაგროვებამაც შეიძლება გამოიწვიოს არასტაბილური მდებარეობის პირობებში (ფსკერის დაქანება), მაგრამ ხშირად ბიძგის მიმცემი მიწისძვრა არის. სწორედ მიწისძვრასთან იყო დაკავშირებული გრენდ ბენკსის შემთხვევა (ჩრდილო ამერიკის NO სანაპიროზე), რომელმაც სიმღვრიის ღვარების შესწავლაში გადამწყვეტი როლი ითამაშა.

ამ არაჩვეულებრივად ხელსაყრელმა შემთხვევამ ოკეანოლოგებს საშუალება მისცა ზუსტად დაედგინათ, რომ კონტინენტურ ბექობზე მოხდა მიწისძვრა, რომელმაც გამოიწვია დიდი ზვავის მოწყვეტა, რომელსაც მოჰყვა ლაფის ღვარი და შემდეგ სიმღვრიის

ნაკადი ყველა დამახასიათებელი ნიშნებით. დღეს შეიძლება ითქვას, რომ სიმღერის ნაკადების როლი ზღვასქვეშა კანონების წარმოშობაში არის არა გონებამახვილი ჰიპოთეზი, არამედ დაკვირვებისათვის მისაწვდომი მოვლენა.

სიცოცხლე ზღვაში. რიგი გარემოების გამო ფიქრობენ, რომ სიცოცხლე მიწაზე წყალში უნდა წარმოშობილიყო, მაშასადამე, არსებითად ზღვაში. ამიტომ მსოფლიო ოკეანეს ს ი ც ო ც ხ ლ ი ს ა კ ვ ა ნ ს უწოდებენ. სპელეთზე ცოცხალი ორგანიზმების ნაწილი უფრო გვიან გადასულა, ხოლო ზოგი მათგანი შემდეგაც უბრუნდებოდა წყალს. ასეა, მაგალითად, ვეშაპისნაირები, რომელნიც ფილტვებით სუნთქავენ.

დღესაც ზღვის ცოცხალი მოსახლეობა ძლიერ მრავალრიცხოვანი და ნაირი არის. პირველ რიგში უნდა გავარჩიოთ მცენარეები და ცხოველები. მცენარეები, როგორც ცნობილია, სასიცოცხლო ენერჯიას მზისგან ღებულობენ. ისინი მზის სხივების მეშვეობით აწარმოებენ ფოტოსინთეზს. გამონაკლისს წარმოადგენენ სოკოები, რომელნიც მწვანე მცენარეების მიერ დაგროვილი ორგანიული ნივთიერებით (მაშასადამე, ენერჯიით) სარგებლობენ. მზის სხივები წყალში მხოლოდ ორიოდ ასეულ მეტრადღე ატანს. ამიტომ ამაზე უფრო ღრმად აღარც ფოტოსინთეზი არის შესაძლებელი და აღარც სათანადო წყალმცენარეები.

ცხოველები საარსებო ენერჯიას მზისგან უშუალოდ არ იღებენ, ისინი მცენარეების მიერ ორგანიული ნივთიერების სახით დაგროვილი მზისავე ენერჯიით სარგებლობენ და სინათლეზე უშუალოდ დამოკიდებული არ არიან. ისინი ზღვის ზედა ფენებშიც უხვად არიან და უდიდეს სიღრმეებშიც გვხვდებიან. ცხოვრების რაგვარობის მიხედვით მათ და წყალმცენარეებს სამ ღიდ ჯგუფად ჰყოფენ: პირველს შეადგენენ წყალში მოტივტივე ორგანიზმები როგორც, მაგალითად, ფორამინიფერები, ღიატომეები, ზოგი კიბოსნაირი და მისთანანი. ცურვა მათ არ შეუძლიათ, წყალს მიმოაქვს ნებაზე. ეს არის პ ლ ა ნ ქ ტ ო ნ ი<sup>1</sup>. მეორე იქნება აქტიურად მცურავი ორგანიზმები, როგორც თევზები, ზოგი მოლუსკი, ვეშაპები და სხ. ეს არის ნ ე კ ტ ო ნ ი<sup>2</sup>. მესამეს მიეკუთვნებიან ისეთები, რომელნიც ფსკერზე ცხოვრობენ. ასეთი არიან მიმაგრებული უმაღლესი წყალმცენარეები, მიკროსკოპული

1 „პლანქტოს“, ბერძნ. — მობორიალე.

2 „ნეკტოს“, ბერძნ. — მცურავი.

წყალმცენარეები (ისევე დიატომეები და სხ.) და ცხოველთა თითქმის ყველა ჯგუფის წარმომადგენლები, მათ შორის ნაწლავალრუიანები (მარჯნები), ბრაქიოპოდები, მოლუსკები, ზღარბები, კიბოსნაირები, კიები, ზოგი თევზი... ამათგან ნაწილი ფსკერზე დევს უძრავად ან თითქმის, ნაწილი ღოდავს, სხვები ზღელული არიან გრუნტში მეტ-ნაკლებად ან მტკიცედ მიზრდიან გრუნტს (ბევრი ღრუბელი, მარჯანი, ზოგი მოლუსკი). ესენი შეადგენენ ბენთოსს<sup>1</sup>. ბაქტერიები ფართოდ არიან გავრცელებული პლანქტონში ზღვის ზედაპირიდან ფსკერამდე და ფსკერის ნალექებშიც გარკვეულ სიღრმემდე ბენტოსის სახით.

ცოცხალი ორგანიზმების ეს თვალუწვდენელი სხვადასხვაობა შემთხვევითად როდია ერთიმეორეში არეული. საცხოვრებო პირობების მიხედვით სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა ორგანიზმები არის დამკვიდრებული. ადვილია გასაგებია, რომ სითბოს მოყვარული ორგანიზმები თბილ წყალთან იქნებიან დაკავშირებული, სხვები კიდეც ცივ წყალთან. ცნობილია, მაგალითად, რომ რიფის მშენებელი მარჯნები 20—21 გრადუსზე დაბალ ტემპერატურას ვერ უძლებენ და ამიტომ მხოლოდ ეკვატორული სარტყლის ზღვებში გვხვდებიან. ასეთივე მნიშვნელობა აქვს აუზის სიღრმეს. იგივე რიფისმშენებელი პოლიპები 50—60 მეტრზე მეტ სიღრმეს ვერ იტანენ. ბენტოსის ორგანიზმებისთვის გადამწყვეტია გრუნტის რაგვარობა. ცხადია, რომ კლდოვან ფსკერზე და ლამიანზე სხვადასხვა მოსახლეობა იქნება. ამას ემატება მთელი რიგი სხვა პირობები: მღვრია თუ სუფთა წყალი, წყნარი თუ უფრო მოძრავი წყალი, მეტი თუ ნაკლები მარილიანობა და სხვა. ამათ გვერდით დიდია ბიოლოგიური გარემოს როლიც. აშკარაა, მაგალითად, რომ ამა თუ იმ ცხოველის გავრცელება დამოკიდებულია იმ ორგანიზმების გავრცელებაზე, რომელნიც მისთვის საზრდოს წარმოადგენენ.

ეს პირობები და სხვა მისთანანი განსაზღვრავენ ზღვის ამა თუ იმ უბნის მოსახლეობის ხასიათს და შედგენილობას. ეს იქნება ის, რასაც ბიოცენოზს უწოდებენ. რა თქმა უნდა, ასევე ბიოცენოზებად არის დაჯგუფებული ხმელეთის ცხოველები და მცენარეებიც.

ბიოცენოზების შესწავლას დიდი მნიშვნელობა აქვს ზღვის თანამედროვე მოსახლეობის ეკოლოგიურ<sup>2</sup> თავისებურებათა გარ-

<sup>1</sup> „ბენტოს“, ბერძნ. — სიღრმე.

<sup>2</sup> „ოეკოს“, ბერძნ. — სახლი, ბინა.

კვევისათვის. არანაკლებ დიდია მისი მნიშვნელობა გეოლოგისთვისაც. იმ ბიოცენოზის მიხედვით, რომელსაც გეოლოგი პოულობს ამა თუ იმ ადგილის ძველ ზღვიურ ნალექებში, მას შეუძლია აღადგინოს პირობები, რომელნიც იმ ქანების დალექვის დროს იმ ადგილას იყვნენ გაბატონებული.

მაგრამ გეოლოგი იკვლევს არა ბიოცენოზის შემადგენელ ცოცხალ ორგანიზმებს, არამედ ნამარხების სათანადო ერთობლივობას. უკანასკნელი კი შეიძლება არსებითად განსხვავდებოდეს შესატყვისი ბიოცენოზისგან. პირველი იმიტომ, რომ ზოგი ორგანიზმი ადვილად ნამარხდება (მაგ., ნიჟარიანი მოლუსკები). ზოგი ძნელად და ზოგიც სულ არა. ამიტომ განამარხებული ფაუნა ნაკლები იქნება. მთავარი კი ის არის, რომ ნამარხ ფაუნაში შეიძლება იყოს ისეთი ორგანიზმების ნაშთებიც, რომელთაც იმ ბიოტოპში<sup>1</sup> არ უცხოვრიათ: მათი ნაშთი წყლის მიერ მოტანილი შეიძლება იყოს მეზობელი ბიოტოპიდან. ამიტომ არის რომ ნამარხების შემთხვევაში ლაპარაკობენ არა ბიოცენოზზე, არამედ თანატოცენოზზე<sup>2</sup>.

კარგ მაგალითს წარმოადგენს აბისური ნალექების ნამარხი ფაუნა. მის შემადგენლობაში იქნება არა მარტო ღრმა წყლისა და ფსკერის ცხოველთა ნაშთები, არამედ ზედა ფენების პლანქტონის და ნექტონის გამძლე ნაწილაკებიც (ზვიგენის კბილები, მიკროორგანიზმების ნაჭუჭები და სხ.), ცხოველის სიკვდილის შემდეგ დალექილი.

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაში, ისევე, როგორც მდინარეთა ან მყინვარის მოქმედებაში, შეიძლება გავარჩიოთ ნგრევა, გადატანა და დალექვა.

ნგრევას ძირითადად ზვირთები აწარმოებენ. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გაშლილ ზღვაში, ე. ი. ნაპირისგან დაშორებით, წყლის ნაწილაკები დღეღის დროს მხოლოდ ქანობას (ოსცილაციას)<sup>3</sup> განიცდიან, მაგრამ ნაპირის. მიახლოებისა და აუზის გამარჩხების პირობებში, ე. ი. ფურთვისის ზოლში წყლის მოძრაობა დინების ხასიათს იღებს (ტრანსლაციური<sup>4</sup> ხდება) და წყალი ნაპირს ეჯახება მეტნაკლებად დიდი ძალით იმის მიხედვით, თუ რამ-

<sup>1</sup> „ბიოს“, ბერძნ. — სიკოცხლე და „ტოპოს“ — ადგილი. ბიოტოპი არის ამა თუ იმ ორგანიზმის თუ ორგანიზმების ცხოვრების ადგილი.

<sup>2</sup> „თანატოს“, ბერძნ. — სიკვდილი და „კონოს“ — საერთო.

<sup>3</sup> Oscillation, ფრანგ. — ქანობა.

<sup>4</sup> Translatio, ლათ. — გადატანა, გადაადგილება.

დენად ძლიერია დელვა და როგორია ქარის მიმართულება. შესაფერ პირობებში ტალღისცემის ჰიდრაულიკური<sup>1</sup> ძალა შეიძლება უზარმაზარი იყოს. ცნობილია, რომ ჩრდილო შოტლანდში ძლიერმა შტორმმა რკინაბეტონის საცავი კედლის ნაწილი, წონით 1950 ტონა, ადგილიდან მოსწყვიტა და ნაპირისკენ დასძრა, მის ადგილას 2600 ტონის სიმძიმე კედელი ააგეს, მაგრამ ხუთი წლის შემდეგ მასაც იგივე ბედი ეწია.

ზეირთისცემა ყველგან და ყოველთვის ასეთი არ არის, მაგრამ ნათელია, თუ რამდენად დიდი შეიძლება იყოს ზღვის წყლის



სურ. 167. ლონდონის ზღვის პირს, ტალღისცემის შემდეგი.

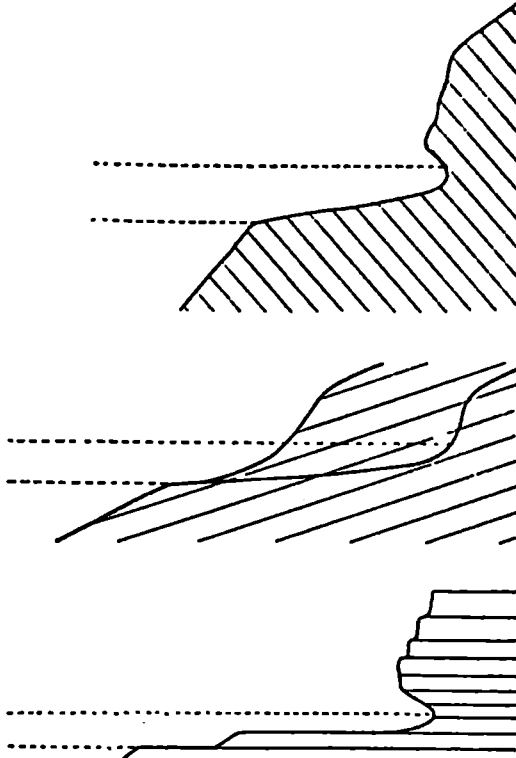
მოქმედება სანაპიროზე. თუ ნაპირი კლდოვანი არის, ქანი ბზარების გასწვრივ იშლება და კუთხედი ლოდები, დიდი და პატარა, ძირს ცვივა (სურ. 167). საგულისხმოა, რომ წყლის დარტყმა ქანის ნაპრალებში ჰაერის ძლიერ შეკუმშვას იწვევს, რაც ნაპრალების გაფართოებას უწყობს ხელს.

<sup>1</sup> „ჰიდორა“, — ბერძ. — წყალი და „აულოს“ — მილი. ჰიდრაულიკა — მეცნიერება სითხეთა მოძრაობის შესახებ.



ჩამოქცეულ ლოდნარს ახლა ზვირთი იყენებს როგორც ნგრევის იარაღს: მათ აიტაცებს და ახლის ნაპირის კლდეს და ერთმანეთსაც. ამ პროცესში ნაპირიც ინგრევა და მასალაც დამრგვალებას განიცდის ისევე, როგორც მდინარეში.

ადვილი დასანახავია, რომ, რაკი ზვირთის ძალა სიღრმისკენ სწრაფად კლებულობს, ეს ნგრევა ქვევითკენ შორს ვერ წაეა და

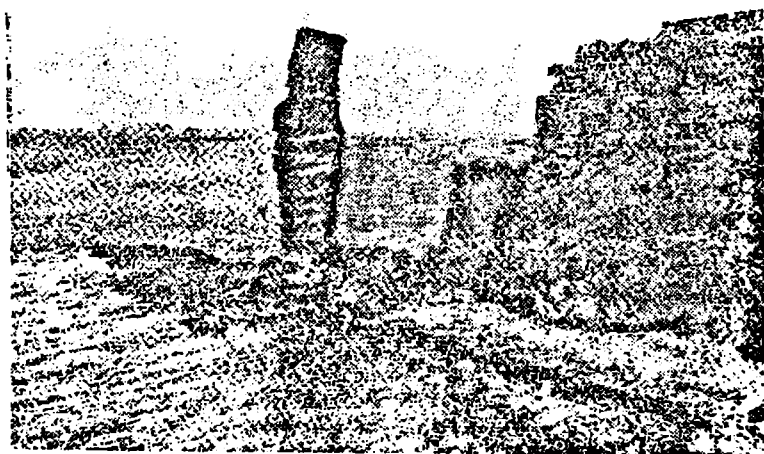


სურ. 168. ა ბ რ ა ზ ი ა. ზედა წყვეტილი ხაზი წარმოადგენს ზღვის დონეს, ქვედა—ეფექტიანი ტალღური მოძრაობის სიღრმეს. მოცემულია აბრაზიის მსვლელობა სხვადასხვა სტრუქტურულ პირობებში: პირიზონტული შრეები, დაქანება ზღვისკენ, დაქანება ხმელეთისკენ.

ზევითკენაც ზვირთისცემა შედარებით მცირე სიმაღლემდე აღწევს. ამგვარად, კლდეში წარმოიშობა ნაპირის გასწვრივი ღრუ, რომელსაც წინწამოწეული მასივი გადმოაწეება (სურ. 168). უკანასკნელი,

რაკი მას საყრდენი თანდათან ეცლება, ბოლოს საკუთარი სიმძიმის გავლენით ჩამოიქცევა.

ამრიგად, ზღვა თანდათან ანგრევს ნაპირს და მიიწევს წინ ხმელეთისაკენ. ზღვის ამ მოქმედებას აბრაზიას<sup>1</sup> უწოდებენ. აბრაზიის ხასიათი, რა თქმა უნდა, ქანების რაგვარობაზედაც არის დამოკიდებული. თუ ნაპირი მაღალია და ქანი ერთგვაროვანი და რბილი, წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად მაღალი შვეული ბექობი, როგორც ეს ცნობილია ლამანშის ნაპირებზე. თუ ქანი მაგარი და არაერთგვაროვანი, მივიღებთ თავისებურ სვეტებს, უფრო გამძლე ქანის ნაკვეთებს (სურ. 169), მღვიმეებს და არკებს,



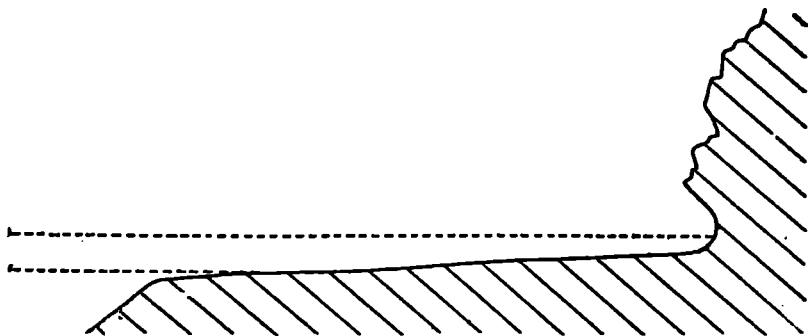
სურ. 169. აბრაზიული მოწამე, რომელიც მალე წაირეცხება.

მაგრამ ეს მხოლოდ გარდამავალი ეტაპია აბრაზიის განვითარებაში. ბოლო შედეგი ერთია — ნაპირის მოვაკება და ზღვის წინწაწევა.

როგორც აღვნიშნეთ, ღელვა ზღვაში მხოლოდ წყლის ზედა ფენაში იგრძნობა. სიღრმეში მოძრაობა სწრაფად სუსტდება და რამდენიმე ათეული მეტრის სიღრმეზე პრაქტიკულად ნულს უდრის. ამიტომ აბრაზია მხოლოდ მცირე სიღრმემდე არის შესაძლე-

<sup>1</sup> Abrasio, ლათ. — მოფხეკა.

ბელი. აბრაზიული ზედაპირი მარჩხი წყლით არის დაფარული. რაც უფრო წინ მიიწევს ზღვა ხმელეთისკენ, მით უფრო ფართო იქნება ეს მარჩხი ზოლი და სათანადოდ შესუსტდება ხახუნის გამო ზვირთის ძალაც: აბრაზია ნაკლებ სიღრმემდე ჩასწვდება. ამგვარად, რაც უფრო შორს წასულია აბრაზია, მით უფრო ნაკლებია აბრაზიული ზედაპირის სიღრმე, ნაკლებია ფურთენა და ნაკლებია აბრაზიის ინტენსივობა. ბოლოს ზღვისკენ სუსტად დახრილი აბრაზიული ტერასი ისეთ სიგანემდე მიაღწევს, რომ ზვირთის ძალა ნაპირთან უმნიშვნელო იქნება და აბრაზია შეწყდება. ეს იქნება აბრაზიული წონასწორობის პროფილი (სურ. 170). არის,



სურ. 170. ა ბ რ ა ზ ი უ ლ ი წ ო ნ ა ს წ ო რ ო ბ ი ს პ რ ო ფ ი ლ ი.

მაშასადამე, აბრაზიის წონასწორობის პროფილი ისევე, როგორც ეროზიული წონასწორობის პროფილი. აბრაზია წყდება, როდესაც კი ამ მდგომარეობას მიაღწევს.

მაგრამ ასეთი წონასწორობა მხოლოდ მანამდეა შესაძლებელი, სანამ ზღვის დონე უცვლელი არის. წარმოვიდგინოთ, რომ ხმელეთმა ძირს დაიწია (ან, რაც ამ შემთხვევაში იგივე იქნება, ზღვის დონემ აიწია ზევით). ახლა აბრაზიული ტერასის ზღვისკენი კიდე ღელვის მისაწვდომს ქვევით იქნება. ხახუნს უფრო ზევით დაიწყება, უფრო ახლოს ნაპირთან. ზვირთები ნაპირს ნაკლებ შესუსტებული მიაღწევენ და მათი აბრაზიული მოქმედება განახლდება. დაიწყება ზღვის წინსვლა, ანუ ტრანსგრესია. ეს კია, რომ ტრანსგრესია შეიძლება მოხდეს თითქმის უაბრაზიოთაც, თუ ნაპირები ვაკე დაბლობს წარმოადგენენ, და, მეორე მხრით, ტრანს-

გრესია შეიძლება განვითარდეს მაშინაც, როდესაც აბრაზიული წონასწორობის პროფილი გამომუშავებული არ არის.

შეიძლება მოხდეს ისეც, რომ ხმელეთმა ზევით აიწიოს (ან ზღვის დონემ დაბლა დაიწიოს). ეს იქნება ზღვის უკან დახვევა, ანუ რეგრესია. ასეთ შემთხვევაში ძველი აბრაზიული ზედაპირი მთლიანად ან ნაწილობრივ წყალზევით მოექცევა და დაიწყება თვით ამ ზოლის აბრაზია უფრო დაბალი დონიდან (სურ. 171). ძველი



სურ. 171. ზღვიური ტერასი.

აბრაზიული ზედაპირი, ანუ იგივე ფსკერი, წყალზევით აღმოჩნდება. ასეთ უბნებს ზღვიურ ტერასებს უწოდებენ. მათი გამოცნობა შეიძლება საფეხურისებური რელიეფით და განსაკუთრებით კი იმით, რომ ზედ შერჩენილია ხოლმე ზღვიური ნალექები და ნამარხები, როგორც ეს ხშირია შავი ზღვის ნაპირებზე.

აბრაზიის პროცესში წარმოშობილი მასალა—მსხვილი, წვრილი თუ წმინდა,—იმავე დროს ტრანსპორტსაც განიცდის. ეს ღორღი რომ ადგილზე დარჩენილიყო, აბრაზია სწრაფად შეწყდებოდა. მაგრამ ზვირთი რომ ნაპირს მოაწყდება, წყალი აღმა მოძრაობს ხმელეთისკენ და, თუ დელვა ძლიერია, არაერთი მეტრით ასცილდება ზღვის დონეს. აღნიშნავენ შემთხვევებს, როდესაც ფურ-

თენას დამსხვრეული გემის მოზრდილი ნაწილები რამდენიმე ათეული მეტრის სიმაღლეზე აუტანია. შემდეგ მოძრაობის კინეტიკური ენერგია ილუევა და წყალი სიმძიმის ძალის გავლენით უკანვე ბრუნდება ზღვისკენ, რადგან ნაპირის დაქანება ასეთი არის.

პირველი მოძრაობისას წყალს ღორღი ნაპირზე ამოაქვს, მით უფრო მსხვილი და მით უფრო შორს, რაც უფრო ძლიერია ფურთენა. გაბრუნებული წყალი კი მასალას უკან წაიღებს. ამრიგად, აქ გადატანა ორმხრივი არის.

შესაფერი რელიეფის პირობებში მოხდება ხოლმე, რომ ზვირთები საკმაოდ მსხვილ ღორღს ნაპირიდან დაშორებით ამოიტანენ ხმელეთზე, გაბრუნებული წყლის უფრო სუსტი დინება მას ვეღარ წაიტანს და იგი ადგილზე რჩება. ასეთ პირობებში მასალა ადგილზე გროვდება და წარმოიშობა ე. წ. ს ა ნ ა პ ი რ ო ბ უ რ ც ო ბ ი, რომელიც ნაპირს მისდევს მშრალზე. ადვილი დასანახავია. რომ სანაპირო ბურცობის ზრდა იწვევს ზღვისკენ დაქანების ზრდას. ამას მოჰყვება ზვირთის ხმელეთისკენ მოძრაობის სიჩქარის შემცირება და უკან გაბრუნებული წყლის სიჩქარის მატება. წარმოიშობა წონასწორობის პირობები, როდესაც ღორღის მოძრაობა ხმელეთისკენ და ზღვისკენ ერთიმეორეს გაუთანასწორდება და სანაპირო ბურცობის ზრდა შეწყდება.

სხვაგან სანაპირო ბურცობი არც წარმოიშობა და მასალის მოძრაობა მაინც ორმხრივია. მხოლოდ ეს კია, რომ როგორც წესი, გადატანა ორივე მიმართულებით თანასწორი არ არის. ნაპირისკენ მოძალებულ ზვირთს მასალა აღმართში მოაქვს, გაბრუნებულ წყალს კი—დაღმა. ამიტომ ზღვისკენ ნაწილაკების ჩატანა უფრო შორს შეიძლება მოხდეს, ვიდრე მისი პირვანდელი მდებარეობა იყო. თუ ამას მივუმატებთ, რომ სიღრმისკენ ღელვის ძალა სწრაფად მცირდება, გასაგები იქნება, რომ ბოლოს წყალმა ღორღი შეიძლება ისეთ სიღრმემდე ჩაიტანოს, რომ შემდეგ ზვირთი მას ნაპირისკენ ვეღარ დასძრავს, თვით ძლიერი შტორმის დროსაც კი. ზღვისკენი მოძრაობა შემდეგაც გაგრძელდება, რადგან იქით დაქანება არის და წყლის ძალას სიმძიმის ძალაც ემატება. მაგრამ გაბრუნებული წყლის სიჩქარეც ხომ ხახუნის გამო თანდათან მცირდება და ბოლოს მასალა ისეთ მდებარეობამდე მიიღწევს, საიდანაც ის ჩვეულებრივ პირობებში აღარ დაიძვრის, — მასალა დაბინავებული აღმოჩნდება.

გასაგებია, რომ ასეთი დაბინავება ჯერ უფრო მსხვილი მასალის მოხდება, ნაკლებ სიღრმეზე და, მაშასადამე, ნაპირთან უფრო ახლოს. უფრო დაშორებით უფრო წვრილი მასალა დაბინავდება და ა. შ. გადატანასთან ერთად მასალის დახარისხებაც იწარმოებს. თანაც მუდმივი ჯახების პირობებში მიმდინარეობს მასალის დამრგვალებაც: ზღვაც ისევე ამრგვალებს ლორღს, როგორც მდინარე. აქაც შეიძლება გავარჩიოთ როყნარი, როჭყნარი, რიყე, ხვინჭა, ქვიშა. უფრო წვრილი მასალა დამრგვალებული აღარ იქნება ან თითქმის. ზოგჯერ გამოსთქვამენ აზრს, რომ ზღვიური ქვარგვალები შეიძლება ფორმით გამოვიცნოთ მდინარეულისაგან, მაგრამ გარკვეული რამ ამ მხრივ ძნელი სათქმელია. ეს კი შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ეოლურ დამრგვალებას უფრო წვრილი ნაწილაკები განიცდიან, ვიდრე ზღვიურს ან მდინარეულს.

ზღვიურ გადატანას მარტო აბრაზიის შედეგად წარმოშობილი მასალა როდი განიცდის. არანაკლები და ზოგჯერ მეტი მნიშვნელობაც კი აქვს მდინარეების მიერ შემოტანილ მასალას, მსხვილსა და წვრილს. გარდა ამისა, ანგარიშგასაწვევია ორგანოგენული მასალაც, თვით ზღვაში წარმოშობილი, როგორიცაა, მაგალითად, მოლუსკების ნიჟარები და მათი ნამსხვრევები.

მეორე მხრით, ზღვის დელვა ყოველთვის ნაპირის მართობულად როდია მიმართული. როგორც დავინახეთ, არის შემთხვევები, როდესაც გაბატონებული ქარის მიხედვით ზვირთები ნაპირს ირიბულად ხედება. ასეთ პირობებში ანარეკლი მოძრაობა ნაპირს შეიძლება გაჰყვეს მეტნაკლებად პარალელურად. მასალის გადატანაც ასეთივე მიმართულებით იწარმოებს. ამის მაგალითი მრავალია შიგა ზღვებში და მოვლენა მით უფრო მკვეთრად არის გამოხატული, რომ ნაპირის გასწვრივ მასალაც უხვად არის.

რა თქმა უნდა, დინებები ნაპირის დაშორებითაც იქნება და მათ შორის სიღრმის დინებები, მაგრამ გასაგები მიზეზების გამო ისინი ნაკლებად არიან შესწავლილი და იგივე ითქმის მათ მიერ მასალის გადატანის შესახებ, თუმცა წმინდა მასალის ასეთი გადატანა საეჭვო არ არის.

დასასრულ აღსანიშნავია ამ მხრივ მყინვარეული ტრანსპორტის დიდი მნიშვნელობა. როგორც უკვე დავინახეთ, ჩრდილო ატლანტურ ოკეანეში და განსაკუთრებით სამხრულ ოკეანეში უამრავი დიდი და პატარა ყინულის გორა (აისბერგები) შემოდის

გრენლანდიდან და ანტარქტიკიდან. ისინი შორს მიდიან ორივე მხრიდან ეკვატორისაკენ და თან მიაქვთ მორენული მასალა, რომელიც ყინულის გადნობის შემდეგ ზღვაში ცვივა.

და ლ ე ქ ე ა (სედიმენტაცია) ზღვაში ისე მჭიდროდ არის ნგრევასა და ტრანსპორტთან დაკავშირებული, რომ მათი ცალ-ცალკე განხილვა არც კი ზერხდება. მაგალითად, ჩვენ უკვე გვეყონდა ლაპარაკი სანაპირო ბურცობზე და ეს კი უთუოდ დალექვის მოვლენაც არის. ასევე შეეხეთ მასალის დაბინავენას, ე. ი. დალექვას მარჩხ ზღვაში ან შელფზე: ნაპირთან მსხვილი მასალა, შემდეგ უფრო და უფრო წვრილი.

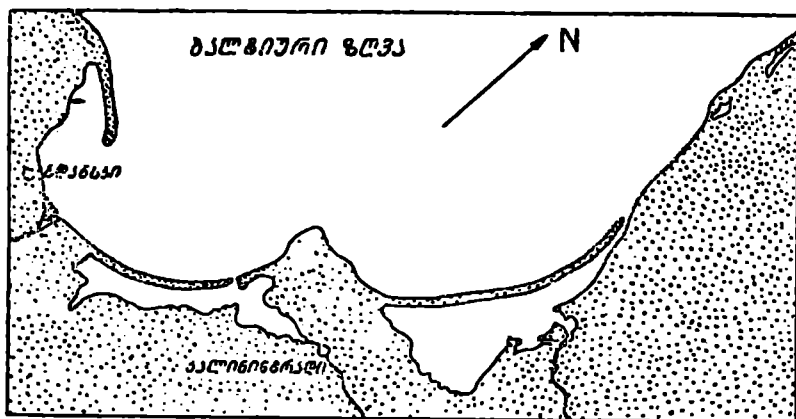
გარკვეული სიმსხოს მქონე მასალა გარკვეულ მანძილზე ნაპირიდან და გარკვეულ სიღრმეზე უძრავი, ე. ი. დაბინავებული არის, მაგრამ ეს დაბინავება შეიძლება დროებითი გამოდგეს: ჩვეულებრივი ღელვა მას, მართალია, ვერ დასძირავს, მაგრამ განსაკუთრებულმა რამე ტალღამ, მაგალითად სეისმურმა, შეიძლება ადგილი გადაანაცვლებინოს. კიდევ უფრო მოსალოდნელია ეს ზღვის დონის შეფარდებითი გადაადგილების შემთხვევაში. ზღვის დონემ რომ დაიწიოს ანუ, რაც იგივეა, ფსკერმა რომ აიწიოს, დაბინავებული ნალექი ნაკლებ სიღრმეზე და ამიტომ უფრო ძლიერი ღელვის მისაწვდომზე აღმოჩნდება და ამოძრავდება. მასალის ახალი გადანაწილება მოხდება. მაინც ბოლოსდაბოლოს ნალექის შემტკიცება (დიაგენეზისი) მოხდება და განაწილება: საბოლოო აღმოჩნდება. თანაც ფენას ახალი ფენები დაჰფარავს. ამგვარად წარმოიშობა ტლანქი ს ა ნ ა პ ი რ ო (ლიტორული<sup>1</sup>) ნალექები. ასე უწოდებენ ნაპირის იმ ზოლის ნალექებს, რომელიც წყლის მაღალი დონის პირობებში (ზღვის მოქცევა) და ღელვის დროს წყლით იფარება, ხოლო დაბალი დონის პირობებში შიმვლდება. ამას მოჰყვება ქ ე ე ს ა ნ ა პ ი რ ო (სუბლიტორული) მარჩხი ზოლი და შემდეგ ნ ე რ ი ტ უ ლ ი, რომელიც კონტინენტური შელფის კიდემდე გრძელდება, რაც უფრო შორსაა ნაპირიდან, მით უფრო წვრილია მასალა. კონტინენტურ ბექამდე. როგორც წესი, მხოლოდ წმინდა მასალა, თიხა აღწევს. ეს იქნება ბ ა თ ი ა ლ უ რ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი.

ეს კია, რომ ნალექების ასეთი განაწილება შელფზე და კონტინენტურ ბექობზე მხოლოდ ზოგადად არის რეალური. სინამდვილეში შელფის ზედაპირი მთლად სწორი როდი არის და არც

<sup>1</sup> Litoralis, ლათ.—სანაპირო.

ერთგვარადაა დაქანებული ზღვისაყენ: გვხვდება მეტად თუ ნაკლებად ამალღებული და ჩაღრმავებული უბნები, შეღვის განიც სხვადასხვა არის და ამის მიხედვით ნერიტულ ზონაშიც გვხვდება წმინდამარცვლოვანი ნალექები და ზოგან მსხვილმარცვლოვანი მასალა კონტინენტურ ბექამდეც აღწევს.

კიდევ უფრო თავისებურია დალექვა ნაპირის გასწვრივი დინების ზემოხსენებულ შემთხვევაში. აქ მარჩხ წყალში ნაპირის გასწვრივი ბურცობი წარმოიშობა. ბურცობი შეიძლება წყლის დონეს



სურ. 172. ნალექების ზღურბლი. დინების მიმართულებით წაწედილი. ბალტიური ზღვა.

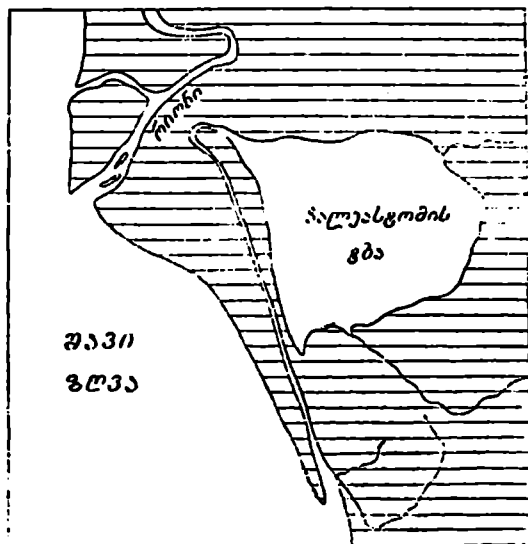
ასცილდეს და წარმოქმნას თავისებური დამბა, ვიწრო და გრძელი. რომელიც გაშლილი ზღვისგან ნაწილობრივ ან მთლიანად მოსწყვეტს ვიწრო ზოლს ან მთელ უბესაც. ასეთ ბუნებრივ დამბას რუსულად სრეშა-ს უწოდებენ, გერმანულად Nehrung-ს. მსგავსი შემთხვევები ხშირია ბალტიური ზღვის სამხრულ ნაპირებზე (სურ. 172). ფიქრობენ, რომ ამგვარად უნდა იყოს წარმოშობილი პალიასტომის ტბაც (სურ. 173).

ბევრად უფრო რთული არის ა ბ ი ს უ რ ი სედიმენტაციის საკითხი. კუნძულებს თუ არ მივიღებთ მხედველობაში, ტერიგენული მასალა იქამდე მხოლოდ უწმინდესი თუ მიაღწევს სუსპენზიის სახით. აქვე უნდა აღვნიშნოთ ქარის მიერ მოტანილი მტვერი და ვულკანური ფერფლი. ამას მიემატება წყალქვეშა ან კუნძულების ვულკანური კლასტიური მასალა, კოსმიური მტვერი



რი. მყინვარული (გლაციალური) ღორღი. სპეციალურად აღსანიშნავია ორგანოგენური მასალა, ოკეანური პლანქტონის ხარჯზე წარმოშობილი. ფორამინიფერების, რადიოლარიების, დიატომეების და მისთანათა ნაკუჭები ცხოველის თუ წყალმცენარის სიკვდილის შემდეგ ნელ-ნელა იძირება და გროვდება ფსკერზე.

ამ თავისებურ ნალექებს აბისურ შლამს უწოდებენ. თუ შლამში ფორამინიფერების ნაკუჭები ჰარბობს, მას ფორამინიფე-



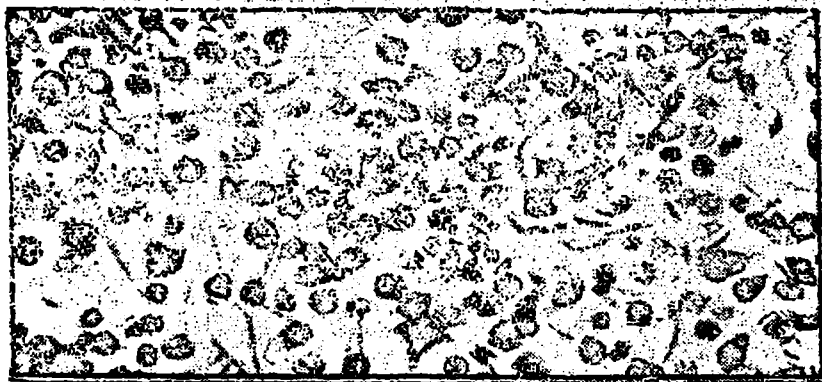
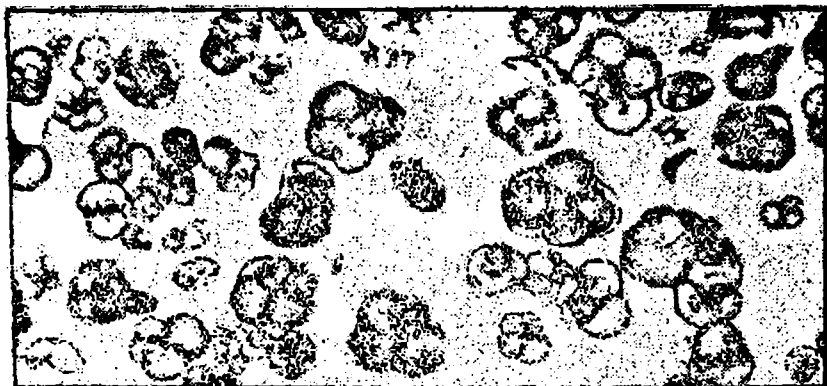
სურ. 173. პალეოსტომი და შავი ზღვა. ჩანს, როგორ გადაუადგილებია სამხრეთისკენ პიორის შესართავი ზღვის წყლის და ნალექების მოძრაობას.

რებიანს ეტყვიან. ასევე არჩევენ რადიოლარიებიან, დიატომეებიან<sup>1</sup>, კოპეპოდებიან<sup>2</sup> შლამს. აქ უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს პაწაწინა სხეულები ძლიერ ნელა იძირებიან წყალში და ბევრი მათგანი გზაშივე იხსნება. რადგან კალციტის ხსნადობა უფრო დიდია, ფორამინიფერების ნაკუჭები ძლიერ დიდ სიღრმეებამდე ვერ აღწევენ და ასეთ ადგილებში უპირატესად რადიოლარიები გროვდებიან, რომელთა სკელეტი  $SiO_2$ -გან შედგება და ნაკლებად ხსნადია. კიდევ უფრო ღრმად აღარც ეცენი არის

<sup>1</sup> სილიციუმ ორჟანგის ნაკუჭ-ანი წყალმცენარეებია.

<sup>2</sup> პლანქტონური მოლუსკებია, გასტროპოდების ჯგუფისაა

და რჩება ე. წ. უფსკრულის წითელი თიხა. წითელი მას ჩალუნჯერის ექსპედიციის შემდეგ შეერქვა, თორემ დღეს ცნობილია, რომ იგი სხვადასხვა ფერის შეიძლება იყოს. უფსკრუ-



სურ. 174. ა ბ ის უ რ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი. ჩ ა ნ ს მიკროორგანიზმების სიმრავლე.

ლის თიხის დამახასიათებელი არის მარგანეცის თავისებური კონკრეციები.

თქმულის მიხედვით ადვილი წარმოსადგენი არის, რომ უფსკრულის ნალექები უკიდურესად ნელა გროვდებიან და ამ მხრივ მათი შედარება ნერიტულ ან ბათიალურ ნალექებთან არ შეიძლება. სეისმომეტრიული მონაცემების მიხედვით მათი სისქე ოკეა-

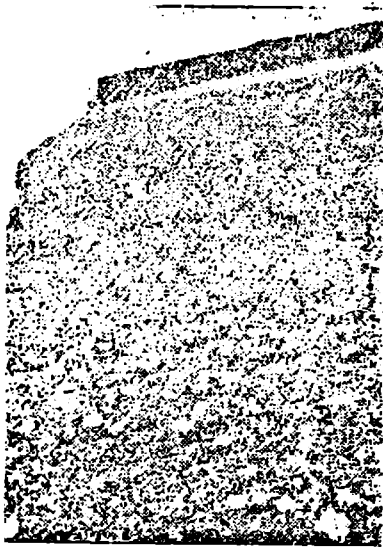
ნეთა ფსკერზე 1 კილომეტრს არ აღემატება და ეს მასალა წელთა მილიონების მანძილზე არის დაგროვილი. ამას უნდა დაუმატოთ, რომ უფსკრულის შლამის დიდ ნაწილს (ზოგჯერ 80%-მდე) წყალი შეადგენს.

ოკეანის ფსკერის დიდი ნაწილი და კერძოდ უზარმაზარი ოკეანური ვაკეები აბისური ნალექებით არიან დაფარული. წყალქვეშა მთები და საერთოდ ციცაბო მალლობები შიშველ კლდეებს, ბაზალტური ჭგუფის ვულკანური ქანებისგან შემდგარს, წარმოადგენენ. კლდეების სიშიშველეს იმით ხსნიან, რომ დაქანებულ ზედაპირზე აბისური ნალექი ფეხს ვერ იკიდებს და იმეწყება, გრავიტაციულ დენუდაციას განიცდის.

ბევრად უფრო რთული გამოდგა ზოგი თავისებური ნალექის საკითხი, რადგან ახალმა კვლევებმა გამოარკვია, რომ ოკეანის ფსკერზე, ათასობით კილომეტრის მანძილზე კონტინენტიდან, ზემოთ აღწერილი აბისური ნალექების გვერდით გვხვდება მსხვილ-მარცვლოვანი მასალა სილის და ქვიშის სახით. როგორ უნდა მომხდარიყო მისი აქ მოტანა? მასალა უეჭველად კონტინენტური არის, მაგრამ შესატყვისი მუდმივი დინებები არსად ჩანს. ამიტომ წარმოიშვა ჰიპოთეზი, რომ ნალექი წყალქვეშა ლაფის ღვარების მოტანილი არის. კონტინენტურ ბექობზე მოწყვეტილი უზარმაზარი შეწყურ-ღვარები იქ ზღვასქვეშა კანიონებს აჩენენ, ხოლო, ოკეანის ფსკერზე მიღწეული, კიდევ შორს განაგრძნობენ დინებას და თან დიდძალი მასალა მიაქვთ სიმღვრივის სახით. თანდათან დინების სიჩქარე მცირდება სრულ შეწყვეტამდე და იმავე დროს მიმდინარეობს დალექვა, სანამ წყალი სულ არ დაიწმინდება.

მართალია, ზღვასქვეშა ლაფის ღვარები უშუალოდ არავის უნახავს, მაგრამ ამ წარმოდგენას ძლიერ ამტკიცებს ნალექების ხასიათის შესწავლა. რაკი მღვრია წყალში მასალა სუსპენზიის სახით არის, ცხადია, რომ მისი დალექვა გარკვეული წესის მიხედვით უნდა მოხდეს: ჭერ უფრო მძიმე და მსხვილი ნაწილაკები უნდა დაილექოს, შემდეგ თანდათან უფრო და უფრო წვრილი. ნალექი ვერტიკალურად ახარისხებული იქნება. ექსპერიმენტიც ამ მარტივ ვარაუდს სავსებით ადასტურებს. მეორე მხრით ზემოხსენებული ნალექებიც ყოველთვის ვერტიკალურად ახარისხებული არიან (სურ. 175). თეორიული წარმოდგენა, დაკვირვება და ექსპერიმენტი სავსებით ეთანხმება ერთიმეორეს.

ამას უნდა დაეუმატოთ, რომ ოკეანის ფსკერიდან ამოკვეთილი კერნები გვიჩვენებენ, რომ იქ წარმოდგენილია ახარისხებუ-ლი ფენები, რომლებთანაც ნორმული აუხარისხებელი ფენები მორიგეობს. ჩრდილო ატლანტურ ოკეანეში უკანასკნელთა დათა-რილება კი ხერხდება ნამარხების მიხედვით როგორც მეოთხეუ-ლის. აქედან ნათელია, რომ მიმდინარეობდა ნორმული სელიმენ-ტაცია და დროგამოშვებით მას სცვლიდა ახარისხებული ნალექის დაგროვება. ე. ი. მოვლენას ებიზოდური (დროგამოშვებითი) ხასიათი ჰქონდა. მაშასადამე, ეს არ იყო კანონზომიერი მუდმივი დინება.



სურ. 175. ა ხ ა რ ი ს ხ ე ბ უ ლ ი ნ ა ლ ე ქ ი. მარცხლის სიმახო კანონზომიერად კლებულობს ქვევიდან ზევით.

ათ-ათი ქვეითი და ცხენოსანი მივა, თუმცა ისინი ერთდროულად წამოსული არ იქნებიან. აქაც კარგად ჩანს ახარისხებული ნალექის წარმომშობი ფაქტორის ებიზოდურობა.

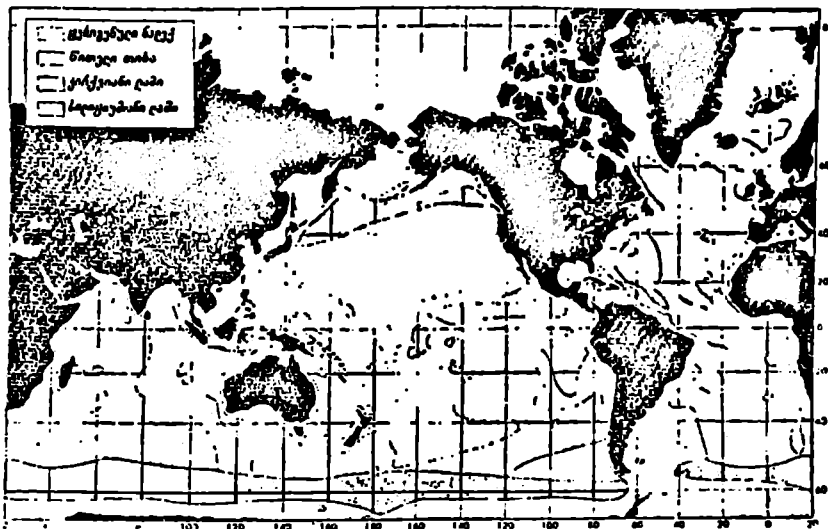
როგორც დავინახეთ, ჩალენჯერის ექსპედიციის შემდეგ ცნობილი არის, რომ აბისური ნალექების შედგენილობაში ორგანო-გენული მასალა დიდ როლს თამაშობს. მერე იმ ფორამინიფერებიანი, რადიოლარიებიანი, კობეპოდებიანი ლამის გეოგრაფიუ-

მაგრამ აქ ასეთი საკითხიც შეიძლება დიბადოს: თუ მღვრია წყლის ნალექი ახარისხებული არის, რატომ ასევე ახარისხებული არ უნდა იყოს ჩვეულებრივი აბისური შლამიც? იგიც ხომ სუსპენზი-იდან ილექება?

საქმე ის არის, რომ მღვრია წყალში ილექება მასალა, რომელიც შიგთავიდან იყო და ახალი არაფერი ემატება, ოკეანეში კი ნორმულ პირობებში მასალის მოდინება, მსხვილის და წვრილის, უწყვეტია და უცვლელი. ერთი ქალაქიდან მეორეში რომ ათი ქვეითი გავიდეს და ათი ცხენოსანი, ცხა-დია, ჯერ ცხენოსნები მივლენ და მერე ქვეითები. პირველი ქალაქი-დან მეორეში რომ ყოველ საათში ათი ქვეითი და ათი ცხენოსანი გადიოდეს, დაუსრულებლად, მეორე ქალაქშიც ყოველ საათში

ლი გავრცელება სპეციალურ რუკაზე გამოხატა. შემდეგ ახალი დაკვირვებებიც დაგროვდა. დღეს განსხვავება ამ ნალექებს შორის და მათი გავრცელების საზღვრები ისე მკვეთრად აღარ გამოიყურება, როგორც ეგონათ, მაგრამ მაინც ძალაში რჩება (სურ. 176).

უფრო ახალი ის არის, რომ ყურადღება მიექცა იმავე ელემენტების გავრცელებას არააბისურ ნალექებში. აღმოჩნდა, რომ, როგორც მოსალოდნელიც იყო, ისინი ბათილურ, ნერიტულ. სუბლიტორულ თუ ლიტორულ ზონაში არანაკლებ გავრცელებუ-



სურ. 176. აბისური ნალექების გავრცელება.

ლი არიან, თუმცა სხვა მასალის სიჭარბის გამო შეუმჩნეველი რჩებოდნენ დიდი ხნის განმავლობაში. დღეს გამოყენებითმა გეოლოგიამ, კერძოდ ნეთობის გეოლოგიამ, აუცილებელი და შესაძლებელი გახადა მათი გულდასმით კვლევა, რაც ძლიერ შრომატევად მუშაობას ჰგულისხმობს. წარმოიშვა პალეონტოლოგიის ახალი მიმართულება მიკროპალეონტოლოგია. შეისწავლება არა ახალგაზრდა ნალექების მიკროორგანიზმები, არამედ უკვე დიდი ხნის შემტკიცებული ქანებისა. სათანადო ყურადღება ექცევა მცენარეულ მასალასაც (სპორებს, მტვერანას—ეს არის პალინოლოგია!).

1 „პალინე“, ბერძნ. — წმინდა მტვერი.

მაინც არააბისური ნალექებისთვის მთავარი არის მსხვილი ორგანიზმები, მაკროფაუნა: დიდი ფორამინიფერები (ნუმულიტები და სხვ.), ნაწლავადრუიანები, ეკალკანიანები, ასოქსასკრიანები, მოლუსკოიდები, მოლუსკები და სხ. მოხდება ხოლმე, რომ ქანი თითქმის მთლიანად ამა თუ იმ ორგანიზმის ან ორგანიზმების ნაშთებისაგან შედგება: ნუმულიტებიანი კირქვა, ნიჟარებიანი კირქვა და სხ. მაშინ ორგანიზმს (თუ ორგანიზმებს) ქანმაშენს უწოდებენ. სპეციალურად უნდა აღინიშნოს რ ი ფ უ ლ ი კ ი რ ქ ვ ე ბ ი.

რიფები საზოგადოდ მარჩხი ზღვის წყალქვეშა კლდეებს ჰქვია, რომლებიც ზოგჯერ შეიძლება კიდეც შიშვლდებოდნენ. ისინი კონტინენტის ან კუნძულების ნაპირებს უკავშირდებიან და დიდ საფრთხეს წარმოადგენენ მეზღვეობისთვის. რიფი შეიძლება მკვიდრი კლდეების აბრაზიის პროცესში წარმოიშვეს, მაგრამ არის რიფები, რომელთაც ორგანიზმები აშენებენ. ასეთი იქნება მ ა რ ჭ ნ უ ლ ი რ ი ფ ე ბ ი.

მარჯნული პოლიპები თავისი ლორწოვანი სხეულის გარშემო კალციტის თასისებურ სკელეტს გამოჰყოფენ. რადგან ცხოველი კოლონიური არის, ამ სკელეტების მირიადები ერთმანეთს უკავშირდებიან და ამგვარად კირქვის გამწე ფენა წარმოიშობა. კირქვა იზრდება არამარტო განივად, არამედ ვერტიკალურადაც, რადგან მკვდარი პოლიპების თასებზე ზევიდან მათი შთამომავლობა სახლდება და ვითარდება. ამ გზით მარჯნულმა კირქვამ ძლიერ დიდ სისქეს შეიძლება მიაღწიოს. გასაგებია, ისიც, რომ ასეთი კირქვა მოკლებულია დანალექი ქანებისთვის დამახასიათებელ შრეებრივობას და მასივური ტექსტურა აქვს. მარჯნულ-რიფული კირქვები მასივური კირქვები არიან.

მარჯნული პოლიპები (კორალები) რიფის მშენებელი კი არიან, მაგრამ არა ერთადერთი. მათ გვერდით მნიშვნელოვანი მონაწილეობა მიეკუთვნებათ, ზოგჯერ უპირატესიც, კირქვის სკელეტის გამომყოფ წყალმცენარეებს, სტრომატოპორებს (ნაწლავადრუიანებია), ხავსცხოველებს და სხ.

მარჯნული პოლიპების ცხოვრების პირობები ძლიერ შეზღუდული არის. 20—21 გრადუსზე დაბალი ტემპერატურის ატანა მათ არ შეუძლიათ. ნორმულად მარილიანი წყალი ძლიერ სუფთა უნდა იყოს და თან ინტენსიურად მოძრავი, რათა კარგი აერაცია და

ქანგბადის მიწოდება უზრუნველჰყოს. ამიტომ არის, რომ 50-ოდე მეტრზე უფრო ღრმა წყალში პოლიბი ვერ იხეირებს.

ამგვარად, რიფის მშენებელი პოლიბები ვითარდებიან ნაპირის ახლოს მარჩხ ადგილებში და თან ისეთში, სადაც ახლოს რაიმე მდინარის შესართავი არ არის, რომ წყალი აემღვრია. ფსკერზე დასახლებული კოლონია ზევითკენ იზრდება, სანამ ზედაპირს არ მიაღწევს. აქ შემდეგი ზრდა შეწყდება, რადგან ხანმოკლე გაშიშვლების ატანა (მაგალითად, ზღვის მიქცევის დროს) კორალს კი შეუძლია, მაგრამ მუდმივის არა. აქედან ცხადია, რომ მარჯნული კირქვის სისქე 50-ოდე მეტრამდე შეიძლება გაიზარდოს, ამის მეტად კი არა.

ამავე, დროს კი ცნობილია შემთხვევები, როდესაც აშკარად მარჯნული კირქვების სისქე მრავალ ასეულ მეტრს აღწევს. როგორ უნდა გავიგოთ ეს?

ამ უცნაურობის ასახსნელად დარვიანმა შემდეგი ჰიპოთეზი წამოაყენა. ვთქვათ, 30 მეტრის სიღრმეზე მარჩხ ზღვაში მარჯნის პოლიბები დასახლდნენ და იწყეს განვითარება. მათი ნაგებობა რომ ზედაპირამდე მიაღწევს, ზრდა შეწყდება, მაგრამ ეს იშემთხვევაში, თუ ფსკერი უძრავია. წარმოვიდგინოთ, პირიქით, რომ ფსკერი დაიძირა. ასეთ შემთხვევაში რიფი წყლის ზედაპირს ქვევით დარჩება და ზრდა გაგრძელდება. თუ ფსკერის დაძირვა და რიფის ზრდა თანაბარი ტემპით იწარმოებს, ზრდას საზღვარი აღარ ექნება.

მსგავსი არის რიფული ბარიერების და ატოლების წარმოშობის ახსნაც. ზემოხსენებული პირობების მიხედვით მარჯნული ნაგებობა კონტინენტის კიდეზე, ნაპირთან იწყებს განვითარებას, ეს იქნება ს ა ნ ა პ ი რ ი რ ი ფ ი, რომლის მაგალითი ბევრია ცნობილი.

როდესაც რიფი წყლის ზედაპირამდე მიაღწევს, ზრდა უნდა შეწყდეს, მაგრამ, თუ ფსკერი იძირება, ზრდაც გაგრძელდება. თანაც ზრდა ზღვისკენ უფრო ინტენსიური იქნება, რადგან წყლის მოძრაობა იქეთ უფრო ძლიერი უნდა იყოს და წყალიც უფრო სუფთა. ამგვარად, რიფი ზღვისკენ უფრო მაღალი იქნება, ხმელეთისკენ— უფრო დაბალი. თუ ასე გაგრძელდა, რიფის წინა, ამალღებულ მხარესა და ნაპირს შუა წყალი ჩადგება, ასე რომ, გვექნება გაშლილი ზღვა, რიფის ზოლი, მეტად თუ ნაკლებად ვიწრო წყლიანი ზოლი და ხმელეთის ნაპირი. წყლის შიგა ზოლი შეიძლება აქ, თუ

იქ რიფის გამკვეთი სრუტით ზღვას უერთდებოდეს, მაგრამ კავშირი სუსტი იქნება და რიფისშიგა აუზს მეტად თუ ნაკლებად ლაგუნური ხასიათი ექნება. თუ ფსკერის დაძირვა გაგრძელდა, ლაგუნური ზოლი თანდათან გაფართოვდება ხმელეთის ხარჯზე, რიფის ზრდაც ზღვისკენ იწარმოებს, რადგან ლაგუნისკენ პოლიპების განვითარების პირობები არახელსაყრელია, და ამგვარად მივიღებთ ბარიერულ რიფს, რომლის კარგ ნიმუშს წარმოადგენს დიდი ბარიერული რიფი ავსტრალიის ჩრდილო-აღმოსავლური ნაპირის გასწვრივ. ამ რიფის სიგრძე 2300 კილომეტრს აღემატება და ზოგ ადგილას იგი 30—140 კილომეტრზე არის კონტინენტს დაშორებული.

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ რიფი კუნძულის გარშემო ვითარდება. ჭერ ეს იქნება სანაპირო რიფი. თუ ფსკერის დაძირვა დაიწყო, სანაპირო რიფს ბარიერული შესცვლის. შემდეგი დაძირვის პირობებში რიფსშიგა ლაგუნი თანდათან გაფართოვდება. კუნძულის ფართობი კი შემცირდება და მოიკლებს მისი ჰიპსომეტრიული სიმაღლეც. ბოლოს საქმე შეიძლება იქამდე მივიდეს, რომ კუნძული მთლიანად დაიფაროს წყლით. დარჩება მხოლოდ მეტ-ნაკლებად წრიული რიფი და ლაგუნი შიგ. რიფის რგოლი ზოგან გაწყვეტილი იქნება ზღვისა და ლაგუნის დამაკავშირებელი სრუტით — მივიღებთ ე. წ. ატოლს. მაგალითი მრავალია წყნარ ოკეანეში (სურ. 177).

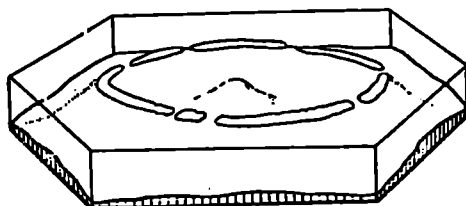
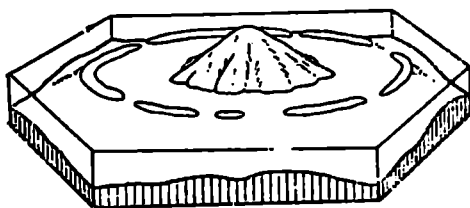
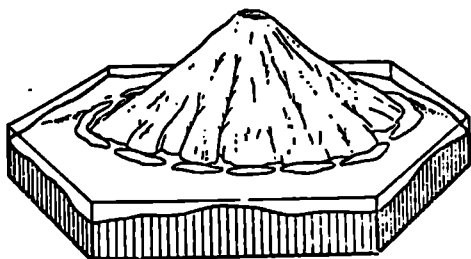
შეიძლება ისეთი შთაბეჭდილება შეიქმნას, თითქო ყველგან, საცა მარჯნული რიფებია, ხმელეთის (და ზღვის ფსკერის) დაძირვა ხდებოდეს. ეს, რა თქმა უნდა, აშკარა შეცდომა იქნება. არის რიფები, რომელთაც, პირიქით, აზევება განუცდიათ და დღეს რამდენიმე ასი მეტრის და მეტის სიმაღლიდან დაჰყურებენ ოკეანეს. ცხადია, ეს არის მკვდარი რიფები.

დარვინის ჰიპოთეზს დღესაც იზიარებენ, თუმცა ზოგი შეზღუდვით:

ზღვისა და ოკეანის მოქმედების დიდ მნიშვნელობას მიწის ქერქის გეოლოგიურ განვითარებაში მტკიცება არ სჭირდება. ჰიდროსფეროს ხომ მიწის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი უჭირავს და თვით კონტინენტებიც ძირითადად ზღვაში დალექილი ქანებით არიან აგებული. უზარმაზარია ზღვების მნიშვნელობა ადამიანის პრაქტიკაშიც. როგორც სიახლე, შეიძლება აღინიშნოს, რომ ზღვის ფსკერიც



თანდათან მისაწვდომი ხდება და ისეთი სასარგებლო ნამარხი, როგორც არის ნავთობი, უკვე დღეს ბევრ შემთხვევაში ზღვასკვეშიდან



სურ. 177. ატოლის განვითარება დარვინის მიხედვით. ზევით ვულკანური კუნძული და სანაპირო რიფი ირგვლივ; შუაში — კუნძული საგრძნობლად დაძირული და ირგვლივ ბარიერული რიფი; ქვევით — კუნძული მთლიანად ან თითქმის მთლიანად დაძირულა და მისი ადგილი ატოლის ლაგუნას უჭირავს.

მიიღება. უნდა ვიფიქროთ, რომ მომავალში ზღვის ფსკერის გეოლოგია თანდათან მეტ ადგილს დაიჭერს მეცნიერებაში და პრაქტიკაში.

რას ჰქვია მსოფლიო ოკეანე? რას ემყარება ასეთი ერთობილი ოკეანის წარმოდგენა? რა არის ზღვა, უბე (კერძოდ ფიორდი), სრუტე? როგორ ზომადენენ ზღვის სიღრმეს წინათ და როგორ ზომავენ ახლა? როგორ მიიღებოდ-ზღვის ფსკერის სინჯები წინათ და ახლა?

როგორ გაირჩევიან კონტინენტები და ოკეანური აუზები მორფოლოგიურად? ემთხვევა თუ არა ხმელეთი კონტინენტს? რა არის შეღფი, კონტინენტური ბექობი, ოკეანის ფსკერი?

რა არის და სად მდებარეობს ოკეანური ღრმობები (დაასახელეთ)? რა არის კუნძულთა რკალები (დაასახელეთ)? რა არის ოკეანური ქედები? ასწერეთ შუაატლანტური ქედი. როგორია ამ ქედების პეტროგრაფიული შედგენილობა? რა არის გიოიები? რას უწოდებენ ოკეანურ ვაკეს? რა ნალექებით არის იგი დაფარული?

რა არის ზღვასქვეშა კანიონები? როგორ ხდება მათი წარმოშობა?

როგორი არის ზღვის წყლის ქიმიური შემადგენლობა? მისი ტემპერატურული რეჟიმი?

როგორ და რატომ მოძრაობს წყალი შავი ზღვიდან ეგეის ზღვისკენ? ატლანტური ოკეანიდან ხმელთაშუა ზღვისკენ?

რატომ არის წყლის ტემპერატურა ოკეანის ფსკერზე დაბალი? ასწერეთ ოკეანის წყლის მობრუნალი ჩრდილო და სამხრულ ნახევარსფეროში.

როგორ წარმოიშობა მიმოქცევის ტალღები? რამდენი მოქცევის ტალღა გაიგოს დღე-ღამეში ერთ ადგილას? რატომ არის მოქცევა უფრო ძლიერი მარჩხ ნაპირზე და სრუტეებში?

როგორ ვითარდება ჩვეულებრივი ტალღა? რით განსხვავდება დინებისაგან? რით განსხვავდება ზეირთი ტალღისაგან? რა მოსდის ტალღას სიღრმისკენ? ასწერეთ ვოლფსტრიმი.

რა არის ნექტონი, პლანქტონი, ბენტონი? ბიოცენოზი, თანატოცენოზი?

რა არის და როგორ ვითარდება აბრაზია? აბრაზიული წონასწორობა? ზღვიური ტერასები (როგორ წარმოიშობიან, როგორ გამოიქნობიან)? როგორ წარმოებს აბრაზიული მასალის ტრანსპორტი? დალექვა? რა არის სანაპირო ბურცობი? ნერუნგი? როგორ იცვლება ნალექის ხასიათა შეღფზე?

რა არის ლიტორული, სუბლიტორული, ნერიტული, ბათიალური და აბისური ნალექები? რა არის აბისური შლამი (ფორამინიფერებიანი, რადიოლარიებიანი და სხ.)? უფსკრულის წითელი თიხა? რატომ არ არის უღრმეს ადგილებში ფორამინიფერებიანი შლამი?

როგორ ხსნიან აბისურ ზონაში მსხვილმარცვლოვანი ნალექის არსებობას ზოგან?

რიფული კირქვების წარმოშობის პირობები. როგორ უნდა მოქცეულიყვნენ რიფული კირქვები მაღალ კუნძულებზე ან დიდ სიღრმეებში? როგორ წარმოიდგენენ დარეინის მიხედვით ატოლის განვითარებას?

## ტბები და ზომავები

ტბები. ტბა არის ხმელეთის მეტად თუ ნაკლებად დიდი ჩაღრმავება, რომელშიც წყალი დგას და ზღვას კი არ უერთდება. ზღვასთან კავშირი, თუ არის, ხორციელდება ტბიდან გამომავალი მდინარის საშუალებით. მაგალითად, ლადოგის ტბას მდინარე ნევა აკავშირებს ფინეთის უბესთან. პალეასტომიდან გამომდინარე კაპარქა ერთვის იქვე შავ ზღვას.

მთელს მიწაზე უდიდესი ტბა არის კასპიური „ზღვა“. მას 438, 700 კმ<sup>2</sup> ფართობი უჭირავს. დიდი ტბები სხვაც არის, მაგრამ ამის ოდენა არა. სამაგიეროდ პატარა ტბები ძლიერ ხშირია. მათი საერთო რიცხვი მთელ ხმელეთზე ერთი მილიონის რიგისა არის. დიდსა და პატარას, ტბებს 2,7.10<sup>6</sup> კმ<sup>2</sup> უჭირავთ, ე. ი. ხმელეთის 1.8%.

ცვალებადია ტბების სიღრმეც. ბაიკალის ტბისა 1741 მ-ს აღემატება, სხვებისა ნაკლები და ნაკლები არის და ბოლოს ნულამდე ჩამოდის — ტბა კაობში გადადის. ასევე ცვალებადია ტბების მდებარეობის სიმაღლე: ტბები გვხვდება დაბლობებზე და მაღლობებზეც, კერძოდ მთებში.

მიწასზედა ტბებს გარდა არის მიწასქვეშა ტბებიც. ეს არის გუბეები კარსტული მდინარეების გასწვრივ.

XX საუკუნის დასაწყისში მეცნიერება ტბების შესახებ ჩამოყალიბდა როგორც დამოუკიდებელი მეცნიერული დისციპლინა. შვეიცარიელმა მეცნიერმა ფორელმა (Forel 1901) მას ლიმნოლოგია<sup>1</sup> უწოდა.

წყალი ტბაში შეიძლება იყოს მტკნარი ან მტკნაკლებად მარილიანი. გახსნილი ნივთიერება ყოველ წყალში არის ბუნებაში, თვით წვიმის წყალშიც, მაგრამ, თუ ამ ნივთიერების რაოდენობა 0,10 პროცენტზე ნაკლებია, წყალი მტკნარად ითქმის. როდესაც გახსნილი ნივთიერება 0,10%-ზე მეტია და 0,35%-ზე ნაკლები, ტბას მარილიანს ეტყვიან, და 0,35%-ს ზევით — მლაშეს.

გახსნილი ნივთიერების რაგვარობის მიხედვით მარილიანი (და მლაშე) ტბები იყოფიან: კარბონატულ ანუ სოდიანებად, სულფატურებად და ქლორიდულებად. კარბონატული (სოდიანი) ტიპის ტბების წყალში არის NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

<sup>1</sup> „ლიმნე“, ბერძნ. — ტბა.

და კარბონატები  $\text{NaHCO}_3$  და  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ; სულფატურ წყლებში ძირითადი იქნება  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  და  $\text{CaSO}_4$ . ხოლო ქლორიდულებში— $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ . თითოულ შემთხვევაში არის, რა თქმა უნდა, სხვა მინარევეებიც.

ქიმიზმის მიხედვით ძლიერ განსხვავდებიან ერთმანეთისგან გამდინარე და გაუდინარე ტბები. გამდინარე იქნება ტბა, თუ მას განაკადი აქვს. მაგალითად, გამდინარე არის ბაიკალის ტბა, საიდანაც გამოდის მდინარე ანკარა. ანკარა ამ ტბის



სურ. 178. ა მ თ ხ ე ლ ი ს ტ ბ ა .

გ ა ნ ა კ ა დ ი ა . გამდინარეა ლადოგის ტბა და ნევა—მისი განაკადი. პირიქით, კასპიური და არალის ტბები გაუდინარე არიან: იქედან წყალი არ გამოდის. გაუდინარე არიან უდაბნოების ურიცხვი ტბები. შენაკადები, რომელთაც წყალი ტბაში შეაქვთ, აქვს გამდინარს და გაუდინარ ტბებსაც. ვოლგა, თერგი, მტკვარი კასპიური ტბის შენაკადები არიან, სელენგა (და სხვა) ბაიკალის შენაკადია.

გამდინარ ტბებში შენაკადებს მარილები შეაქვთ გახსნილი, მაგრამ ასევე გააქვს ტბიდან განაკადს. ამიტომ მარილების დაგ-

როვება არ ხდება და ტბა მტკნარი არის. გაუდინარ ტბაში შენაკადებს მუდამ შეაქვთ მარილები, რაგინდ ცოტა, ხოლო გატანა კი არ წარმოებს: წყალი ორთქლდება, მარილი კი ტბაში რჩება და გროვდება — გაუდინარი ტბები ყოველთვის მარილიანი არიან. თითქო არის გამონაკლისები, მაგრამ მოჩვენებითი. მაგალითად, ცნობილი ჩადის ტბა საპარის უდაბნოში „გაუდინარია“ და იმავე დროს მტკნარი. მაგრამ გამოირკვა, რომ ამ ტბას წყალი გასდის მიწას ქვეშ და გარდა ამისა დროგამოშვებით ზედაპირული განაკადიც ჩნდება, როდესაც კი წვიმების შემდეგ წყლის დონე ტბაში საკმაოდ მაღლა აიწევს.

გაუდინარი ტბების რეჟიმი სხვა მხრივაც საგულისხმოა. ნათელია, რომ, რაკი ტბაში შენაკადებს წყალი შემოაქვს უწყვეტლევ. მეტი თუ ნაკლები, ეს წყალი როგორმე უნდა იხარჯებოდეს. ხარჯვა აორთქლების გზით მიმდინარეობს. მაშასადამე, ტბა რომ უცვლელი დარჩეს, აორთქლება წყლის შემოსავალს უნდა უდრიდეს. აორთქლებული წყლის რაოდენობა კი დამოკიდებულია ტბის ზედაპირის ფართობზე: რაც მეტია ფართობი, მით მეტი იქნება აორთქლებაც. ამიტომ, თუ წყლის მოდინებამ იმატა, ტბაში წყლის დონე აიწევს, ტბა ნაპირებს გადაჰფარავს და მისი ზედაპირი გაიზრდება. გაიზრდება აორთქლებაც ისე, რომ შემოსავალს გაუსწორდეს.

თუ ახლა შემოსავალმა იკლო, აორთქლება მაზედ მეტი იქნება, წყლის რაოდენობა ტბაში იკლებს; ტბის დონე დაიწევს, წყალი ახალ ნაპირებს ველარ გასწვდება და უკან დაიხევს: ტბის ზედაპირი შემცირდება და შემცირდება აორთქლებაც — ისე წონასწორობა დამყარდება ახალ ცვლილებამდე. ამგვარად, გაუდინარი ტბის ზედაპირის ფართობი წყლის მოდინებასა და აორთქლებას შორის ცვალებადი წონასწორობის გამომხატველი არის.

ადვილი დასანახავია, რომ გაუდინარი ტბის თვით არსებობასაც კი ჰავის პირობები (ნალექების რაოდენობა, აორთქლების ინტენსივობა) განსაზღვრავენ. მაგალითად, ნესტიან ჰავაში გაუდინარი ტბა შეუძლებელი არის, რადგან, რაკი ნალექების რაოდენობა სჭარბობს აორთქლებას, დეპრესია, რაგინდ დიდი, ბოლოს და ბოლოს წყლით აივსებოდა და ტბას განაკადი გაუჩნდებოდა. მშრალი ჰავის პირობებში, პირიქით, თუ აორთქლება ძლიერ ჰარბობს, ტბა მთლიანად დაშრება. ასე ხდება დროებითი ტბე-

ბის შემთხვევაში. თუ ტბა, მაგალითად, ზაფხულში შრება და ზამთარში ისევ აღდგება, ეს იქნება პერიოდული, ს ე ზ ო ნ უ რ ი ტ ბ ა.

წყლის ტემპერატურა ტბაში სხვადასხვაა. არის ცხელი ტბებიც, ძლიერ იშვიათი.

ტბების კლასიფიკაცია. ტბების სხვადასხვაობა წარმოშობის მიხედვით ძლიერ დიდია და საჭიროს ხდის მათ კლასიფიკაციას. პირველ რიგში შეიძლება გავარჩიოთ ზღვეული და ხმელეთეული ტბები. განსხვავება გენეტური თვალსაზრისით უეჭველად დიდმნიშვნელოვანია, თუმცა ამ ტიპის ტბების ეთმანეთისგან გარჩევა ხშირად გაძნელებული არის. როგორც ზღვიური წარმოშობის მაჩვენებლის, ჩვეულებრივ აღნიშნავენ ზღვიური ცხოველების გადმონაშთს ტბაში, ანუ რელიქტურ ზღვიურ ფაუნას, მაგრამ ეს საბუთი ბევრს დამაჯერებლად არ მიაჩნია: ასეთი ფაუნა ზღვის ახლო მდებარე ხმელეთის აუზშიც შეიძლებოდა განვითარებულიყო, ზღვიდან როგორმე გადმოსულიო. მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ ზღვეული ტბები საერთოდ არ არსებობდეს. მათი გამოცნობაა მხოლოდ ძნელი. ზღვეული ტბის საუკეთესო მაგალითი არის კასპიური ტბა. იგი რომ გეოლოგიურად ახლო წარსულში ოკეანესთან შეერთებულ ზღვას წარმოადგენდა, ეს აშკარად მტკიცდება მთელი ამ მხარის გეოლოგიური წარსულით. ზღვეული ტბების წარმოშობა მცირე მასშტაბით „ჩვენ თვალწინაც“ ხდება, კერძოდ, როდესაც ლავუნი ზღვასთან კავშირს პკარგავს. საეჭვო არ არის, რომ პალეოსტომის ტბა ერთ დროს ზღვასთან იყო უშუალოდ დაკავშირებული.

ხმელეთეული ტბების წარმოშობის საკითხი მათი დებარესიის წარმოშობის საკითხი არის. ყველაზე მარტივი შემთხვევაა დაგუბებითი ტბები, იქნება ეს ზეაგ-მეწყრის მიერ დაგუბება თუ მყინვარის ან ლავის ნაკადით გამოწვეული. როგორც უკვე აღინიშნა, თოვლეთის ხაზს ქვევით ჩამოსულმა მყინვარმა, რომელიც ხეობას მიჰყვება, შეიძლება გზა გადაუჭრას ხეობის შენაკადს და ტბა დააგუბოს. ასევე შეიძლება დააგუბოს წყალი ხეობაში გვერდიდან შემოჭრილმა ლავის ნაკადმა.

ზეაგ-მეწყრით დაგუბებული ტბები ხშირია მთიან მხარეებში. ასეთია ქვედის ტბა ზემო რაჭაში, ასეთად სთვლიან რიცის ტბასაც აფხაზეთში.

სხვა არის ზეჩაღრმავებითი დებარესიები. მდინარე თუ ხეობაში უფრო სუსტ ქანებს მიჰყვება და წინ მაგარ ქანებს

წაწყდა, აქ ის რბილ ქანებში ნორმულ პროფილზე მეტად გააღრმავებს ხეობას, მაგარი ქანები შედარებით ამაღლებული დარჩება და მათ ზემოთ ტბის წარმოშობა შესაძლებელი შეიქნება. ამგვარი ჩანს ლისის ტბის გენეზისი თბილისთან. ასეთი ჩაღრმავება უფრო მნიშვნელოვანია და ფართოდ წარმოებს მყინვარების შემთხვევაში.

თბილისის მიდამოებში და გარეკახეთში გავრცელებული არის ე. წ. ს უ ფ ო ზ ი უ რ ი<sup>1</sup> ტბები. ასეთი იყო სამი ტბა აწინდელი „თბილისის ზღვის“ ადგილას, ასეთია გლდანის ტბა, კუმისის ტბა და სხ. აქ ნიადაგქვეშა მკვიდრი ქანების ხსნად ნივთიერებას შეიცავენ უხვად. მიწასქვეშა წყლები ამ მარილებს ხსნიან და გააქვთ. ქანებს მოცულობა დააკლდება და მიწა ჩაჭდება. წარმოიშობა დეპრესია, რომელშიაც წყალი გროვდება.

დასასრულ მოვიგონოთ, რომ ტბები ჩნდება მდინარის დივაგაციის პროცესშიც, თუ მას მეანდრი მოსწყდა. ყველა ეს ტბები ე გ ზ ო გ ე ნ უ რ ი ხასიათის არიან (ლავის ნაკადით დაგუბებულს თუ გამოვრიცხავთ). მათ გვერდით უნდა მოვიხსენიოთ ე ნ დ ო გ ე ნ უ რ ი ტბებიც. ასეთი იქნება კრატერის ტბები, მაარები (იხ. ვულკანური მოვლენები) და ტბები, რომელნიც ლავური ზეწრების უსწორ-მასწორ ზედაპირზე ჩნდებიან, როგორც ჭავახეთის და მეზობელი მხარეების ზოგი ტბა.

ენდოგენურ ტბებში სპეციალურად უნდა აღინიშნოს ტ ე ქ ტ ო ნ ი კ უ რ ი ტბები. ესენი დაკავშირებული არიან გრაბენებთან და მათ შორის შეიძლება დავასახელოთ ბაიკალის ტბა, აღმოსავლური აფრიკის დიდი ტბები (ვიქტორია, ნიასა, ტანგანიკა და სხ.), მკვდარი ზღვა პალესტინაში და სხვა. კუმისის ტბაც, თუმცა სუფოზიური, ტექტონიკურ დეპრესიასთან არის დაკავშირებული. ეს კარგი მაგალითია იმისა, რომ ტბის წარმოშობაში რამდენიმე ფაქტორიც შეიძლება მონაწილეობდეს. მაგალითად, ზეჩაღრმავებითი მყინვარული ტბა შეიძლება დაგუბებითიც იყოს, თუ წინ მას შუბლის მორენის დამბა ახლავს.

ტბის გეოლოგიური მოქმედების მსვლელობა ძლიერ მარტივია; თუ ტბა დიდი არის, როგორც, ვთქვათ, კასპიური ზღვა, იგი ზღვისებურად ნაპირების აბრაზიას აწარმოებს. ამგვარად წარმოშობილი კლასტიური მასალა განიცდის ტრანსპორტს და თან დაქუცმაცება-დამრგვალებას. მასალა ილექება, როგორც წესი, მით უფრო შორს ნაპირიდან, რაც უფრო წვრილია იგი.

<sup>1</sup> Suffosio, ლათ. — ძირის გამოცლა.

პატარა ტბების შემთხვევაში ეს პროცესი თანდათან უფრო უმნიშვნელო ხდება და მთავარია შენაკადის თუ შენაკადების მოქმედება, როგორც უკვე აღვნიშნეთ (იხ. ზემოთ), გამდინარი ტბის შემთხვევაში განაკადი უწყვეტლივ აწარმოებს ტბიდან გამოსავალში თავისი კალაპოტის გარშემავებას. ამის შედეგად განაკადის კალაპოტი დაბლა იწევს, ღრმავდება და, ცხადია, უნდა დაიწიოს წყლის დონემაც როგორც განაკადში, ისე ტბაშიც. ეს კი ტბის ფართობის შემცირებას ნიშნავს, და, ალრე თუ გვიან, ტბა დაშრება. მეორე მხრით, შენაკადს თუ შენაკადებს ტბაში მასალა შეაქვთ — მსხვილმარცვლოვანი თუ წმინდა — და ლექავენ დელტური წესით. აქაც პროცესი ტბის ამოვსებით და დაშრობით უნდა დათავდეს.

შეიძლება ამ პროცესის ხანგრძლივობის გარკვევის ცდაც. მაგალითად, ამერიკელი გეოლოგები ანგარიშობენ, რომ ერის ტბას 15 000 წლის წინათ უნდა დაეწყო არსებობა. მეორე მხრით, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ აღმოსავლეთით ეროზიის გამო ნიაგარის ჩაჩქერი წელიწადში 120 სანტიმეტრით იხევს უკან ერის ტბისაკენ, გამოდის, რომ 27 000 წელიწადი კმარა, რათა ჩაჩქერმა ტბამდე მიაღწიოს და დაცალოს იგი. მაშასადამე, ერის ტბა უკვე 15 000 წელიწადია არსებობს, 27 000 წ. კიდევ შეუძლია იარსებოს და სულ მისი არსებობის ხანგრძლივობა 42 000 წ. იქნება. ეს, რა თქმა უნდა, მხოლოდ ტლანქი მიაზლოება არის, მაგრამ მაინც კარგად გვიჩვენებს, თუ რამდენად ეფემერულია გამდინარი ტბების არსებობა: გეოლოგიური დრო ხომ წელთა მილიონებით აღირიცხება და არა ათასებით.

გაუდინარი ტბების ბედი ამოვსების მიმდინარეობაზედ არის დამოკიდებული და ჰავის ცვლაზე. მათ შესახებ ქვემოთ გვექნება ბაასი.

ტბების გეოლოგიური მნიშვნელობა. ტ ბ ი უ რ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ის გავრცელება არ შეიძლება მდინარეულისას შევადაროთ, მაგრამ მათი მნიშვნელობა მაინც მცირე არ არის. ტბების მექანიკური ნალექები ბევრ საყურადღებოს გვეუბნებიან სათანადო მხარეების გეოლოგიური წარსულის შესახებ და კიდევ უფრო მნიშვნელოვანია ქიმიური ნალექები, რომელნიც გაუდინარ ტბებს ახასიათებენ.

ამათი ხასიათი და დალექვის პროცესი სპეციფიურია ტბებისა და ლ ა გ უ ნ ე ბ ის თ ვ ის<sup>1</sup>. ლაგუნა ჰქვია ზღვის უბეს, რო-

<sup>1</sup> იტალიური laguna; წარმომდგარია ლათინურისაგან: lacus — ტბა.



მელსაც კავშირი ზღვასთან ძლიერ სუსტი აქვს, მაგ. ვიწრო და მარჩხი სრუტის საშუალებით. ამის გამო ლაგუნის მარილიანობა ჩვეულებრივ ანორმული არის: ან ძლიერ დაბალი, ან, პირიქით, მაღალი და გაჭერებულიც კი. ეს არის გადაძაველი საფეხური ზღვიდან ტბისაკენ. ეს კია, რომ ლაგუნას უწოდებენ აგრეთვე მარჯნულ ატოლებში მოქცეულ აუზებს, რომელთა ბუნება მრავალი მხრით განსხვავებული არის.

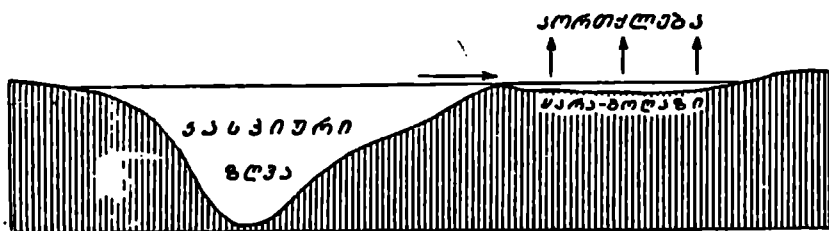
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტბებში შემომდინარ წყალს, მდინარე იქნება ეს, ზედაპირული ჩამონადენი, თუ მიწისქვეშა წყალი, გახსნილი ნივთიერება შემოაქვს. წყლის უწყვეტი აორთქლების გამო მარილების რაოდენობა თანდათან მატულობს და ბოლოს შეიძლება გაჭერებას მიაღწიოს. ამის შემდეგ დაიწყება დალექვა. პირველ ხანად მას სპორადიული ხასიათი ექნება: მშრალ სეზონში გაჭერებული წყლის აორთქლება დალექვას გამოიწვევს; ნესტიან სეზონში წყლის მოდინება არა თუ დალექვას შეწყვეტს, უკვე დალექილიც შეიძლება გაიხსნას. სანამ „თბილისის ზღვა“ აივებოდა, ადვილი სანახავი იყო, როგორ მოიფინებოდა იქაური ტბების გაშვივებული ნაპირები მარილების თეთრი ფიფქით ზაფხულში, ხოლო შემოდგომაზე წყალი იმატებდა და მარილი იხსნებოდა. არგენტინის პამპასებში ერთ-ორი კვირის ცხელი უწვიმარი ამინდი კმარა, რათა თვალუწვდენელი ველები მარილების ბრჭყვიალა ფიფქით დაიფაროს.

უფრო მშრალ ჰავაში ერთხელეე დალექილი მარილები აღარ გაიხსნება, მთლიანად მინც. ნალექს ნალექი მიემატება და შეიძლება დიდი რაოდენობა დაგროვდეს.

მაგრამ აქ რთული პრობლემა იჩენს თავს: არის მარილების საბადოები, როგორც, მაგალითად, სტასფურტისა გერმანიაში, რომლებიც რამდენიმე ათას კვადრატულ კილომეტრზე ვრცელდებიან და სისქეც ალავ 900 მეტრამდე აქვთ; როგორ უნდა მომხდარიყო მათი დალექვა? გამოანგარიშებულია, რომ ხმელთაშუა ზღვა მთლიანად რომ აორთქლდეს, მხოლოდ 27 მეტრის სისქე ქიმიურ ნალექს დასტოვებს! ვერავითარი ტბის თუ ზღვის აორთქლება სტასფურტის ოდენა ნალექს ვერ მოგვცემდა და იმავე დროს კი მარილების თანამიმდევრობა სტასფურტში ისეთივე არის, როგორიც ზღვის წყლის აორთქლებისას იქნებოდა მოსალოდნელი. საბადოში ზღვიურ ნამარხებსაც კპაულობენ: მარილები უდავოდ ზღვის

წყლის აორთქლების შედეგად არიან დალექილი, ევაპორაციებს წარმოადგენენ.

ამ წინააღმდეგობათა ახსნა ყარაბოლაზის უბის (ლაგუნის) თავისებურ ხასიათში კპოულობს ერთგვარ დასაყრდენს. ეს უბე კასპიური ზღვისგან თიხა-სილის ვიწრო ზღურბლით გამოიყოფა (სურ. 179). ზღვასთან კავშირი მხოლოდ მცირე სრუტით არის უზრუნველყოფილი. თანაც წყლის დინება მარტო ზედა ფენაში შეიძლება, რადგან სრუტე ძლიერ მარჩხი არის.



სურ. 179. ყარაბოლაზი.

ყარაბოლაზი მოთავსებულია ცხელსა და მზრალ გარემოში და თან მას არც ერთი მდინარე ან მუდმივი ხევიც კი არ ერთვის: წყალი აქ არსებითად მხოლოდ კასპიური ზღვიდან შეიძლება შემოვიდეს, თუ უმნიშვნელო და იშვიათ წვიმებს არ მივიღებთ მხედველობაში. აორთქლება კი ძლიერ დიდია. უბეში წყლის დონე უნდა დაწეულიყო, მაგრამ აორთქლების საკომპენსაციო წყალი „ზღვიდან“ შემოდის, უბიდან კი წყალი ზღვისკენ ვერ გავა მაღალი ზღურბლის გამო. ამგვარად, ზღვიდან ყარა ბოლაზში გამუდმებით შემოდის მარილიანი წყალი, ყარაბოლაზიდან კი სანაცვლო არაფერი გადის.

მიმდინარეობს წყლის აორთქლება და მარილების კონცენტრაცია, რასაც ხელს უწყობს აუზის უმნიშვნელო სიღრმე: სულ რამდენიმე მეტრი საშუალოდ. თუ კასპიური ტბის მარილიანობა ამჟამად 1,2% არის, ყარა ბოლაზში მარილიანობა 18%-ზე მეტია. ე. ი. 5 კეცად აღემატება ოკეანისას. ამ უბეში დიდი ხანია მარილების დალექვა დაწყებულია და დღეს ქვამარილის სტადია უკვე გავლილია, ძირითადად გლაუბერის მარილი  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  ილექება.

ადვილი დასანახავია, რომ ამ მექანიზმის მოქმედება თუ გავრძელდა, ყარა-ბოლაზში კასპიური ტბის მთელი მარილები შეიძლება დაილექოს. მხოლოდ ეს კია, რომ ყარა-ბოლაზი, როგორც არის, ბევრ მარილს ვერ დაიტევს. საჭირო იქნება მისი ფსკერი იძირებოდეს. ასეთ შემთხვევაში უბე რომ ზღვას და ოკეანეს ერთვოდეს, დალექვას პრაქტიკულად საზღვაო არ ექნებოდა. მსგავს პირობებში უნდა იყოს წარმოშობილი ევაპორიტების<sup>1</sup> ხსენებული საბადოებიც.

უქანასკნელ წელთაათეულებში ნავთობის ინტენსიურ ძებნასთან დაკავშირებულმა ბურღვამ გამოარკვია, რომ მექსიკის უბის (ამერიკა) ფსკერსა და მეზობელ სანაპირო დაბლობს ქვეშ მარილების ფენა 2—3 ასიათასი კვადრატული კილომეტრის ფართობზე ვრცელდება და მისი სისქეც ზოგან რამდენიმე კილომეტრს უდრის. ცხადია, აქაც დალექვის ყარა-ბოლაზისებური პირობები უნდა ყოფილიყო და თან ლაგუნის ფსკერის დიდი დაძირვა, მარილის დალექვასთან ერთად მიმდინარე. სანამ დაძირვა ლაგუნის და ოკეანის შემაერთებელ სრუტეს არ შეჰხებოდა, აორთქლება-დალექვა გრძელდებოდა, როდესაც ბოლოს სრუტეც (თუ სრუტეებიც) დაიძირა, ლაგუნაში ოკეანე შეიჭრა და მარილების დალექვა შეწყდა: მარილები ზღვიურ ნალექებს ქვეშ დაიფარნენ.

რაც შეეხება მარილების დალექვის თანამიმდევრობას, ეს კიდევ უფრო რთული საკითხი არის. მარილიანი ტბის წყალში სხვადასხვა მარილია გახსნილი და მათი გაჭერება და დალექვა ერთდროულად როდი ხდება. გახსნილია ისეთი მარილები, რომელნიც უფრო ხსნადი არიან და მიწის ქერქში უფრო გავრცელებული, და ისეთებიც, რომელნიც იშვიათი არიან და თან მცირედ ხსნადი. მათი დალექვა დამოკიდებულია თითოეულის რაოდენობაზე, ხსნადობაზე, მარილების ურთიერთგავლენაზე და ტემპერატურაზე. საერთოდ, ზღვიური ტბის წყალში ჯერ ყველაზე ნაკლებ ხსნადი თაბაშირი (ანჰიდრიტი) ილექება, შემდეგ ქვამარილი (ჰალიტი) და მერე ე. წ. კეთილშობილი მარილები: ძირითადად კიზერიტი ( $MgSO_4 \cdot H_2O$ ) და კარნალიტი ( $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).

დასასრულ უნდა აღინიშნოს ტბების ორგანოგენული ნალექები. ტბისპირი, თუ უდაბნოების დროებით ტბებს გამოვრიცხავთ,

<sup>1</sup> Evaporare, ლათ.—აორთქლება. ევაპორიტი ეწოდება მარილიანი წყლის აორთქლების შედეგად წარმოშობილ ნალექს. ეს შეიძლება იყოს ანჰიდრიტი, ქვამარილი და სხვა ასეთი.

მცენარეულობით არის დაფარული. ეს მცენარეულობა ორგვარად მიიწვევს ტბის შიგნით. ერთი მხრივ მცენარეული ნაშთების დაგროვება ფსკერზე სხვა ნალექებთან ერთად ხელს უწყობს ნაპირის შიგნითკენ გადაწევას. ეს პროცესი ბოლო ანგარიშში ტბის დაქაობებით უნდა დამთავრდეს.

მეორე მხრივ, იგივე მცენარეულობა ტბისკენ შეიძლება ისეთგვარადაც წაიზარდოს, რომ ფსკერთან დაკავშირებული თითქმის აღარ იყოს: მცენარეებისათვის, ბუჩქებისა და ბალახისათვის საჭირო მკვებავი მიწა თვით მცენარეების ფესვებს უჭირავთ შეკრული. ასეთი მცენარეები ქარის შემთხვევაში შეიძლება კიდევ მოსწყდნენ ნაპირს და ტბაში შეცურონ, სანამ ქარი მათ ისევ ნაპირთან არ გაიტანს. ამათ უწოდებენ ჯილეებს. მაგალითისთვის შეიძლება დავასახელოთ ჰელიადელის ტბა სოფ. ნიკორწმინდასთან (რაჭა). ჯილეების ფესვები და მათში მოყოლილი მიწა ქვევითკენ იზრდება და ბოლოს მტკიცედ უკავშირდება ფსკერს — ტბის მკვიდრი ნაპირი შიგნითკენ გადაიწვევს. ამის გამო თვით ჯილეების განვითარებაც წინ მიიწვევს ტბაში და ავიწროებს მას. იმავე დროს მცენარეული მასალა ფსკერზედაც გროვდება და მისი სისქე ზევითკენ იზრდება.

როგორც უნდა იყოს დაგროვების პროცესი, ტბაში დაგროვებული მცენარეული მასალა შემდეგ გარდაქმნას განიცდის უანგბადის ნაკლებობის პირობებში და ამგვარად წარმოიშობა ტბიური ტორფი, რომლის სისქემ შეიძლება რამდენიმე მეტრს მიაღწიოს. ეს ნაპირისაკენ ტბის ამოვსება-დაქაობებას და ბოლოს დაშრობას ნიშნავს.

მეორე მხრივ, ტბაში არის მდიდარი პლანქტონი და ბენტოსი. გადასული პლანქტონი ფსკერზე იძირება და ბენტოსთან ერთად მექანიკურ ლამში გროვდება. ამგვარად წარმოიშობა თავისებური ნალექი, რომელსაც ს ა პ რ ო პ ე ლ ი ჰქვია. საპროპელი ჯერ ძირითადად წყლისგან შედგება, მაგრამ ზევითკენ ახალი ფენების დაგროვების კვალობაზე ქვედა ფენები მკიდროვდებიან და მკვრივდებიან. წარმოიშობა მტკიცე საპროპელი. ამგვარად მიიღება თავისებური, გაზიანი ნახშირები ანუ ს ა პ რ ო პ ე ლ ი ტ ე ბ ი. თუ ნალექში მინერალური მინარევი მცირეა, ეს იქნება გაზით მდიდარი ნახშირი ბ ო გ ჰ ე დ ი ა ნ კ ე ნ ე ლ ი. თუ მინერალური მინარევი, თიხა

1 „საპროს“, ბერძნ. — დამპალი, „პელოს“ — ლაფი.

და შერგელი, ქარბობს. მივიღებთ სხვადასხვა საწვავ ფიქალს. რომელიც, ქვანახშირის გვერდით. გავრცელებულია ტუიბულშიც.

ქაობები. ტბის ამოვსება, თუ მისი ფსკერი საკმაოდ ვაკეა, ადგილის დაქაობებით თავდება. ქაობი ჰქვია ისეთ ადგილებს, სადაც ნიადაგი ზედაპირამდე წყლით არის ქარბად გაჭერებული. ასეთი პირობები ვითარდება, საცა კი ჰავა იმდენად ნესტიანია, რომ ატმოსფერული ნალექების ოდენობა აღემატება აორთქლებას და თან წყლის ზედაპირული და მიწასქვეშა გადინება იმდენად სუსტია (ან სულ არ არის), რომ განტვირთვის ვერ უზრუნველყოფს. აქედან ნათელია, რომ ქაობის განვითარება ვაკე ადგილებთან არის დაკავშირებული და შეიძლება განისაზღვროს, როგორც გრუნტის წყლის დონის აწევა მიწის ზედაპირამდე. ისიც მოხდება, რომ, თუ ქანები საკმაოდ წყალგამტარი არიან, ქაობს ახლობელი მდინარე ან ტბა ჰკვებავდეს. ვრცელი ქაობებით იყო დაფარული კოლხეთის ალუვიური დაბლობი.

დიდი გავრცელება აქვს თავისებურ ქაობებს ტროპიკულ სარტყელში ზღვების და ოკეანის მონაპირე დაბლობებში, ტროპიკული წვიმების პირობებში. თუ მოქცევის დროს ასეთ დაბლობებში ზღვის წყალი შემოდის, ქაობი მარილიანი იქნება, თუ ვერა — მტკნარი. ეს ქაობები დაფარულია ე. წ. მანგროვული ტყეებით. მანგროვი<sup>1</sup> ამ თავისებურ პირობებს შეგუებული ხეების მიცირერიცხოვანი სახეებისგან შედგება. ასევე ღარიბია და დაჩაგრული ბუჩქნარი და ბალახიც.

თუ რელიეფი დავაკებული არის და სინესტეც საკმაოა, დაქაობება შეიძლება მალლობებზედაც მოხდეს, კერძოდ მთებში. ასეთი მაღალქაობები ჩვეულებრივად წყალგამყოფებზედ არის განლაგებული. გასაგებია, რომ მაღალქაობების მცენარეულობა სხვა შედგენილობის არის, ვიდრე დაბალქაობებისა. სწორედ მაღალქაობებს ახასიათებს ხავსი Sphagnum, რომელსაც ხშირად იხსენიებენ როგორც ქაობის თანამგზავრს.

ამგვარად, შეიძლება გავარჩიოთ მაღალქაობები (Hochmoor) და დაბალქაობები, უკანასკნელთა შორის ზღვისპირა ქაობები (მარილიანი და მტკნარი), ტბისპირა ქაობები, კალის ქაობები. რამდენადმე ცალკე რჩებიან ქაობები, რომელნიც საკუთრივ მიწასქვეშა წყლით იკვებებიან. როგორც შემდეგ დავინახავთ, არის კიდევ თავისებური დროებითი ტბები და ქაობები უდაბნოში.

<sup>1</sup> Mangrove, ინგლ.—იგივე მნიშვნელობა.

ქაობის არსებითი თვისება არის, რომ იქ მდორე წყალ-  
დგას და აერაცია არ არის ან ძლიერ სუსტია. ჟანგბადის ნაკლებობა  
დიდია და ზოგჯერ წყალი გოგირდწყალბადითაც ( $H_2S$ ) კია მოწამ-  
ლული. ამიტომ არის ქაობის ცოცხალი სამყარო, მცენარეებიც  
და ცხოველებიც, ისეთ რიგად დაჩაგრული და ღარიბი. ასეთ პი-  
რობებში სიცოცხლის განვითარება ხომ გაძნელებულია და წყალ-  
ქვეშე ჟანგბადის ნაკლებობის პირობებში მკვდარი მცენარეების და  
ცხოველების ხრწნაც ვერ იქნება ნორმული და სრული. სრული  
დაჯანგვის ნაცვლად, როგორც ჰაერზე ხდება, აქ გადასული მცე-  
ნარეების ორგანიული ნივთიერება მხოლოდ ნაწილობრივ გარდა-  
ქმნას განიცდის და ამგვარად წარმოიშობა ქაობისთვის დამახასია-  
თებელი ტორფი, რომელშიაც მცენარეული სტრუქტურები ჯერ  
კიდევ შესამჩნევი რჩება. ტორფი თანდათანობით გროვდება ქაო-  
ბის შლამში მინერალურ მინარევებთან ერთად და მისმა სისქემ  
შეიძლება რამდენიმე მეტრამდე მიაღწიოს. ტორფის ღირსება მით  
უფრო მაღალია, რაც უფრო ნაკლებია ეს მინარევი და რაც უფრო  
შორს არის წასული განახშირება. რუსეთის ქაობებში ტორ-  
ფის სისქე დაახლოებით 7 სანტიმეტრით იზრდება 100 წე-  
ლიწადში.

თუ ტორფის დასტა სქელია, მისი ქვედა, უფრო ღრმა ფენები,  
რომელთაც ზედა ფენები აწვეება და ამჟიდროებს და რომელნიც  
ჟანგბადსაც უფრო და უფრო არიან მოკლებული, პროგრესიულ  
განახშირებას განიცდის, ტორფი მურა ნახშირის თვისებებს იძენს.  
ძირითადად ამგვარად ჰგულისხმობენ ქვანახშირის წარმოშობას.  
მხოლოდ, იმისთვის, რომ სრული განახშირება მოხდეს, საჭიროა,  
ტორფი (და მასასადამე ქაობიც) ახალგაზრდა ნალექებს ქვეშ  
დაიძიროს და ღრმად დაიმარხოს დიდი ხნით. კარგად არის ცნობი-  
ლი კარბონული ასაკის ნახშირის საბადოები, მაგალითად, დასავლუ-  
რი გერმანიის რურის აუზში ან დონეცის აუზში, სადაც არაერთი  
ათეული ნახშირის ფენა არის და თითოულ დასტას ასეთი უნა-  
მარხო ნალექები მოსდევს. ორივე ამ შემთხვევაში ქაობები ზღვის-  
პირული ყოფილა და ნახშირის დასტებშუა ნალექებში ზღვიურ  
ნამარხებს პოულობენ. ასეთ ქვანახშირს პ ა რ ა ლ უ რ ს<sup>1</sup> უწო-  
ლებენ.

<sup>1</sup> „პარა“, ბერძნ. — ახლო, „პალს“—ზღვა. ზღვის ახლოს.

პარალური ნახშირების წარმოშობა ზღვისპირის ქაობებში იწყება, კერძოდ მანგროვული მცენარეების ხარჯზე. მაგრამ მცენარეული ნივთიერების (ტორფის) დაგროვებას ხმელეთის დაძირვა მოსდევს და ქაობი ზღვით იფარება. გარკვეული დროის მანძილზე მიმდინარეობს ნორმული ზღვიური უნახშირო ნალექების დაგროვება. შემდეგ მხარე ისევ აიწევს, ადგილი დაქაობდება და ასე მრავალჯერ. მხარე განუწყვეტლივ ვერტიკალურ ქანაობას განიცდის.

მობდება ხოლმე ისიც, რომ ნახშირის დაგროვება-განვითარება ხმელეთზე მიმდინარეობს მთლიანად. ასეთ შემთხვევაში ქაობის ნალექები (ტორფი) ჩვეულებრივი კონტინენტური (ტბიური თუ მდინარეული) ნალექებს ქვეშ იმარხება და ნახშირდება. აქაც მიწის ზედაპირის აწევა-დაწვევასთან გვაქვს საქმე, მაგრამ ზღვის დონეს ზევით. აქაც ეს პროცესი მრავალჯერ შეიძლება გაიმეორდეს. მაინც, როგორც წესი, ასეთი დასტების რიცხვი ნაკლებია, ვიდრე პარალური ნახშირის ფენებისა, მაგრამ მათი სისქე შეიძლება მეტიც იყოს. ამის მაგალითია ტყიბულის ქვანახშირის საბადო. ფართობული გავრცელება პარალურ საბადოებს ბევრად უფრო დიდი აქვთ.

ქაობის რელიეფი ისეთია, რომ იქ ეროზია და მასალის მექანიკური გადატანა არ წარმოებს. არც მექანიკური ნალექი არის. მხოლოდ წვიმის ღვარებს თუ შემოაქვს ქაობის კიდევებში ცოტაოდენი სუსპენზია და გახსნილი ნივთიერება. უფრო მნიშვნელოვანია ამ მხრივ ნიადაგის წყლის ხსნარები. ქაობის ორგანიულ ნივთიერებებთან კონტაქტში ისინი სპეციფიურ ქიმიურ რეაქციებს იწვევენ და ასე ხდება ისეთი ნალექების დაგროვება, როგორც არის სიდერიტი ( $FeCO_3$ ), მურა რკინობი, ფოსფორიანი მინერალი ვივიანიტი და სხ. ქაობის მურა რკინობს ჩვეულებრივ ქაობის მადანს უწოდებენ. ზოგჯერ მისი რაოდენობა ისეთია, რომ მას სამრეწველო მნიშვნელობა ეძლევა.

ქაობებს დიდი გავრცელება აქვს. მთელ მიწაზე მათ 175 მილიონი ჰექტარი უჭირავთ. გეოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით აღსანიშნავი არის მათი როლი ტორფის და შემდეგ ქვანახშირის წარმოშობაში.

დიდია ქაობების სახალხო-მეურნეობრივი მნიშვნელობაც. რუსეთში ფართოდ წარმოებს ტორფის მოპოვება. იგი იხმარება როგორც ადგილობრივი მდარე ხარისხის საწვავი, როგორც ქიმიური

ნედლეული სხვადასხვა ქიმიკატების მისაღებად, როგორც სითბოს დამცავი საშენი მასალა და სხ.

მაინც მოსახლეობისათვის და სახალხო მეურნეობისათვის ჰაობი დიდი ბოროტებაა და არა უპირატესობა რამ. ამიტომ წარმოებს ენერგიული ბრძოლა დაქაობების წინააღმდეგ. დაქაობებას იწვევს ორი ფაქტორი: უხვი ატმოსფერული ნალექები და წყლის გაღინების უკმარობა. პირველთან ბრძოლა, რაც ჰავის შეცვლას ნიშნავს, ჭერჭერობით პრაქტიკულად შეუძლებელი არის. ამიტომ მიმართავენ მეორე გზას, ე. ი. წყლის გაღინების უზრუნველყოფას ანუ დ რ ე ნ ა ე ს. ამგვარად მიმდინარეობს კოლხეთის ჰაობების დაშრობა.

ტბების, ლაგუნების და ჰაობების მნიშვნელობა საკმაოდ დიდია მიწის რელიეფის განვითარებაში. მნიშვნელოვანია მათი როლი სახალხო მეურნეობაშიც. ამ მხრივ ევაპორიტების და საპროპელიტების გვერდით უნდა მოვიხსენიოთ ტბის თუ ჰაობის რკინის მადანი. შეიძლება აღინიშნოს ისიც, რომ დღეს თანდათან უფრო ხშირი არის ხელოვნური ტბები, რომელთაც ადამიანი აგებს წყლის ენერჯის გამოყენების მიზნით (ჰიდროტექნიკური მშენებლობა) და სახნავ-სათესი მიწების მელიორაციისთვის.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რას ჰქვია ტბა? გამღინარი და გაუღინარი ტბა? მაგალითები.  
როგორ არჩევენ მტენარ, მარილიან და მლაშე ტბებს?  
ტბების რა და რა გენეტურ ტიპებს არჩევენ? რა არის ლაგუნა?  
როგორია ტბების გეოლოგიური მოქმედება და ხანგრძლივობა;  
რა არის ევაპორიტები? ასწერეთ ყარაბოღასის მაგალითი.  
რა არის და როგორ წარმოიშობა ჰაობი? როგორ ხდება ტორფის განვითარება ჰაობში?

### ქარის მოქმედება

ქარი და მისი მოქმედება. ქარი ჰქვია ატმოსფეროს ჰაერის ბუნებრივ დინებას. ასეთი მოძრაობა ატმოსფეროში სხვადასხვა სიმაღლეზედ არის შესაძლებელი, მაგრამ გეოლოგიური თვალსაზრისით საყურადღებოა ჰაერის მეტად თუ ნაკლებად ჰორიზონტული მოძრაობა მიწის ზედაპირთან. სუსტი ქარი იქნება ს ი ო, ანუ ნ ი ა ვ ი, განსაკუთრებით ძლიერზე იტყვიან გ რ ი გ ა ლ ი ო.



წყალნარევი (წვიმანარევი) იწოდება ქარიშხალად, ხოლო თოვლნარევი — ბუქად. შესაძლებელია მტერის ბუქიც.

ქარის მიმართულება განისაზღვრება იმ მხარის მიხედვით, საიდანაც ქარი ქრის. ასე, მაგალითად, ჩრდილო დასავლური იქნება ქარი, რომელიც NW-დან SE-კენ მოძრაობს. თუ სადმე ქარი ერთი რომელიმე მიმართულებით ბევრად უფრო ხშირია, ამაზედ იტყვიან გაბატონებული ქარიო.

ქარის ძალა დამოკიდებულია მის სიჩქარეზე, უკანასკნელი კი ძლიერ ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. არის ძლივს შესამჩნევი სიოც და იმავე დროს ცნობილია შემთხვევები, როდესაც გრიგალი ქარის სიჩქარეს საათში 300 კილომეტრისთვის გადაუქარბებია (ანტარქტისზე).

რეჟიმის მიხედვით არჩევენ პასატებს, მუსონებს, ბრიზებს, ფონანებს და მრავალ სხვას.

ქარს იწვევს ატმოსფერული წნევის სხვადასხვაობა მიწის ზედაპირის ნეზობელ უბნებში, ხოლო წნევა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე: საცა ტემპერატურა დაბალია, ჰაერი შეკუმშულია და მიიმე. საცა მაღალი — გაფართოებული და მსუბუქი. ჰაერის მოძრაობა პირველი ადგილიდან მეორესაკენ იწარმოებს. ცხადია, რომ, რაკი ჰაერს მზე და მზის მიერ გამთბარი მიწა ათბობს, ქარის მამოძრავებელი ენერგია მიწას მზისგან მოსდის. ამიტომ არის, რომ ქარის გეოლოგიური მოქმედება გარედინაპირ მოვლენათა ჯგუფს მიეკუთვნება.

ჰაერის ზემოქმედება მიწის ქერქზე მრავალგვარია. კერძოდ, ატმოსფეროს გაზები ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ...) დიდ ქიმიურ აქტივობას იჩენენ მიწის ზედაპირის ქანების მიმართ (ქიმიური ფიტვა), მაგრამ არანაკლებ მნიშვნელოვანია ქარის მექანიკური მოქმედებაც. ამის კარგი მაჩვენებელი არის მტერის უზარმაზარი რაოდენობა, რომელსაც ქარი ახვეტავს ხოლმე და დედაქანებიდან ასეული და ზოგჯერ ათასეული კილომეტრების მანძილზე გადააქვს. ამ მასალას ქარი ქანების გამოფიტული და ამის გამო სიმტკიცე-დაკარგული, დაშლილი ზედაპირიდან იტაცებს. ქარის ასეთ მოქმედებას ი. ვალტერმა დეფლაცია<sup>1</sup> უწოდა.

დეფლაციის შედეგად ახვეტილ მასალას ქარი მიმოატარებს და მეტნაკლებად დიდი ძალით საფანტივით ახლის შიშველი ქანების ზედაპირს. წარმოებს საღი ქანის, კლდეების თუ ლოდების,

<sup>1</sup> Deflatio, ლათ. — ჩამობერვა, ჩამონაევება.

ნელი მაგრამ შორსმწვდომი მოცვეთა, თითქო ხეხვის პროცესში. ქარის მოქმედების ამ მეორე სახეს კო რ ა ზ ი ა ს<sup>1</sup> უწოდებენ. რათქმა უნდა, საკუთრივ მტერის საშუალებით ინტენსიური კორაზია შეუძლებელი იქნებოდა, მაგრამ მტვერთან ერთად ქარი ამოძრავებს უფრო მსხვილსა და მძიმე მასალასაც — სილას, ქვიშას და, ძლიერი გრიგალის შემთხვევაში, ზვინქასაც კი. ესენი აძლევენ მას უნარს მტკიცე ქანებიც კი მოსცივოს.

დეფლაციას, კორაზიას და სხვა ქარისმიერ მოვლენებს ეოლოურს<sup>2</sup> უწოდებენ. ცხადია, რომ ეოლოურ ნვრევას სუსტი ქანები უფრო მეტად განიცდიან, მაგრამ მას ექვემდებარებიან უმტკიცესი ქანებიც. ეს კია, რომ დეფლაცია-კორაზიის ინტენსივობა ძლიერ განსხვავებული არის სხვა პირობების მიხედვითაც. ერთი ასეთი პირობა არის ქარის ძალა: რაც უფრო ძლიერია ქარები, მით უფრო შედეგიანი იქნება ეს პროცესი. მაგრამ ქარის სიჩქარე და, მაშასადამე, ძალაც უშუალოდ მიწასთან საგრძნობლად ნაკლები არის. ვიდრე უფრო მაღლა, და თან მოძრაობას ტურბულენტური ხასიათი აქვს. ამის მიზეზი არის მოძრავ ჰაერსა და მიწის ზედაპირს შუახახუნი, რომელიც მით უფრო ძლიერი იქნება, რაც უფრო უსწორმასწორო არის ეს ზედაპირი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ მხრივ მცენარეულ საფარს და კერძოდ ტყეს. ეს საფარი ანელებს ქარს და იმავე დროს იცავს ქანების ზედაპირს ქარის უშუალო შეხებისგანაც. თანაც ბალახის ფესვები ნიადაგის ფხვიერ მასალას ამჟიდროებენ და ქარის მიმართ მის წინააღმდეგობას ზრდიან. ამ მხრივ არანაკლები მნიშვნელობა აქვს სინესტესაც, რომელიც ნიადაგის მარცვლებს ერთიმეორეს უკავშირებს და საერთო სიმტკიცეს აძლევს.

ყველა ამ მიზეზების გამო ნესტიან ჰავაში ქარის მოქმედება, თუმცა უდავოდ მნიშვნელოვანი, შედარებით სუსტი არის, მაგრამ ეოლოური მოვლენების შესწავლის თვალსაზრისით კიდევ მეტი მნიშვნელობა აქვს იმ გარემოებას, რომ იმავე პირობებში (სინესტე) შეუდარებლად უფრო ძლიერი არის მდინარი წყლის მოქმედება, რომელიც სავსებით ჩრდილავს ქარის მოქმედებას და ზოგჯერ მის ევალსაც აღარ სტოვებს. ამიტომ ეოლოური მოვლენების შესასწავლად მიმართავენ არიდულ<sup>3</sup> მხაოებს და კერძოდ უდაბნოებს, სა-

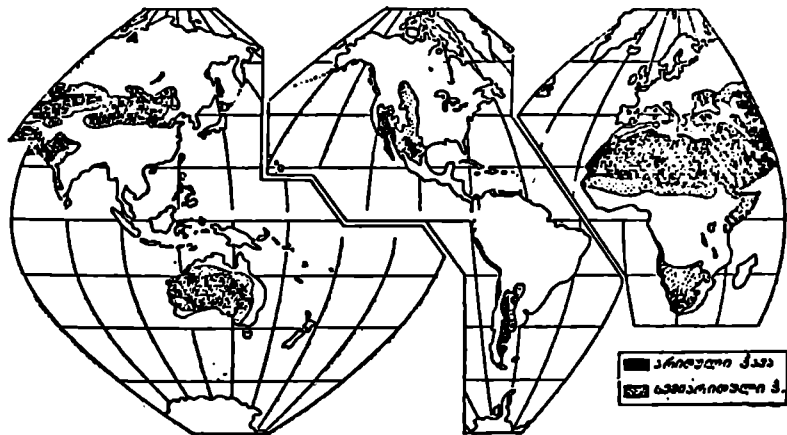
<sup>1</sup> Corrado, ლათ. — ვხბეკ, ვხოწავ.

<sup>2</sup> „ეოლოს“ — ქარის ღმერთი ძველ საბერძნეთში.

<sup>3</sup> Aridus, ლათ. — მშრალი, გამომშრალი.

დაც ქარის მოქმედება მთავარ როლს თამაშობს და განსაკუთრებით მკაფიოა.

**უდაბნოები.** უდაბნოს რომ ვიტყვი, ჩვენს კლიმატურ პირობებს შეჩვეულებს რადაც საიშვიათო და სიცოცხლეს მოკლებული მხარეების წარმოდგენა გვებადება. ნამდვილად კი უდაბნო არც სავსებით სიცოცხლემოკლებული არის და არც იშვიათი რამ: მიწის ზედაპირის საგრძნობ ნაწილს წარმოადგენს. საკმაოა ითქვას, რომ უდაბნოებს მთელი ჰმელეთის ფართობის ერთი მეოთხედი უჭირავს დაახლოებით და ამას შეიძლება მიემატოს ნახევრადუდაბნოები და



სურ. 180. არიდული (უდაბნოს) და სემიარიდული (სტეპების) ჰავის გავრცელება მიწაზე. მკაფიოდ ჩანს მშრალი ჰავის ორი სარტყელი: ერთი ჩრდილო ნახევარსფეროში (ჩრდილო ამერიკის დასავლური ნაწილი, ჩრდილო აფრიკა, არაბეთი, შუა აზია) და მეორე სამხრულ ნახევარსფეროში (ავსტრალიის უდიდესი ნაწილი, სამხრული ამერიკის დასავლური ზოლი, სამხრული აფრიკის დიდი ნაწილი).

სტეპები<sup>1</sup>. უდაბნოები გამოწვევის რასმე კი არ წარმოადგენენ, ეს არის კანონზომიერი კლიმატური მოვლენა, რომელსაც მთელი მიწის გარშემო ორი მკაფიოდ გამოხატული ფართო სარტყელი უჭირავს (სურ. 180).

<sup>1</sup> სტეპი ეწოდება რუსეთის უტყეო, ბალახით დაფარულ მშრალ ველებს. დღეს ამავე ტერმინით აღნიშნავენ სემიარიდულ (ნახევრად არიდულ) ველებს ყველა კონტინენტზე.

თუმცა უდაბნოს შესახებ ჩვენი წარმოდგენა მაღალ ტემპერატურასთან არის დაკავშირებული, ეკვატორულ ზოლში უდაბნოები არსად არის. ერთი უდაბური სარტყელი ჩრდილო ნახევარსფეროში მდებარეობს სუბტროპიკული და ზომიერი ჰავის ზოლში, მეორე—ასევე სამხრულ ნახევარსფეროში. პირველს ეკუთვნის ჩრდილო ამერიკის სამხრული ნაწილის, ჩრდილო აფრიკის (საჰარა), არაბეთის და აზიის შუა ნაწილის უდაბნოები, მეორეს—ჩილის და არგენტინის, სამხრული აფრიკის (კალაჰარი) და ცენტრული ავსტრალიის უდაბნოები. საბჭოთა კავშირში უდაბნოებს დიდი ფართობი უჭირავთ კასპიურ ზღვას გაღმა მხარეში (ყარაყუმი, ყიზილ-ყუმი. ვა სხ.).

უდაბნოს ძირითადი ნიშანი არის უწყლობა. ატმოსფერული ნალექი არ აღემატება 250—100 მილიმეტრს წელიწადში და მეტ შემთხვევაში ამაზედაც ნაკლები არის, 80—60 მილიმეტრი. უდაბნოში შესაძლებელია მთელი წლის განმავლობაში ერთი წვეთი წვიმაც არ მოვიდეს, ხოლო ჩილის უდაბნოში ყოფილა შემთხვევები, როდესაც წვიმა არ უხილავთ 10 წლის განმავლობაში ზედიზედ. მაშინაც, როდესაც უდაბნოში მცირეოდენი ნალექი მაინც არის, იგი ერთ ან ორ ძლიერ ხანმოკლე სეზონში იყრის თავს და დანარჩენ დროს სრული გვაღვავა. მდგომარეობას ძლიერ ამწვავებს ის გარემოებაც, რომ აორთქლების პოტენცია უდაბნოში მეტად მაღალია. წყალი რომ ყოფილიყო, 30-ჯერ მეტი აორთქლდებოდა წელიწადში, ვიდრე ილექება.

ტემპერატურის რეჟიმი უდაბნოში უკიდურესად კონტინენტური არის, ე. ი. დღისა და ღამის, თუ ზაფხულისა და ზამთრის ტემპერატურათა დიდი განსხვავებით ხასიათდება. მაქსიმალურა ტემპერატურა შუა აზიის ზოგ უდაბნოში 50°-მდე აღწევს, ჩრდილო ამერიკაში, „სიკვდილის ხეობაში“, 56,6°-მდე, ხოლო ლიბიასა და არაბეთში დადასტურებულია 58°-იც.

ამავე დროს ზომიერი სარტყლის უდაბნოების ჩრდილო უბნებში იანვრის ს ა შ უ ა ლ ო ტემპერატურა —10° არის და ჩინეთ-მონღოლეთში —20°-მდე ჩამოდის. აბსოლუტური მინიმუმი (და არა საშუალო) —40° არის. სამხრეთისაკენ ტემპერატურა, რა თქმა უნდა, უფრო მაღალია, მაგრამ იანვრის საშუალო 0°-მდე მაინც ეცემა.

ასევე მკვეთრია უდაბნოში ტემპერატურის დღელამური ცვალებაც, რასაც დიდი მნიშვნელობა აქვს მექანიკური ფიტვის თვალსაზრისით. დღის დიდი სიციხე და უეცარი აცივება მზის ჩასვლისას

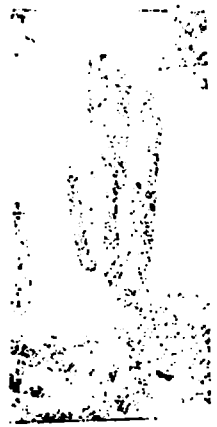
მიზეზებია იმისა, რომ არსად ქანების ტემპერატურული სკდომა და დაქუცმაცება ისე ძლიერი არ არის, როგორც უდაბნოში.

რაც შეეხება მ ც ე ნ ა რ ე უ ლ ო ბ ა ს, ტყეები უდაბნოში ხომ არ არის და ბალახი და ბუჩქებიც მხოლოდ ქვიშიან უდაბნოში თუ იქნება, ისიც აქა-იქ გაფანტული. ბალახის საფარი მხოლოდ უდაბნოს გარეთ, კატეპებისკენ გარდამავალ ზოლში ჩნდება.

უდაბნოს სპორადული მცენარეულობა არამარტო ღარიბია. — იგი ძლიერ თავისებურიც არის, რადგან ატმოსფერული ნალექები მხოლოდ მოკლე დროის მანძილზე არის და შემდეგ სასტიკი გვალვა იწყება, აქ დამკვიდრებულა მცენარეები, რომელნიც სწრაფად ვითარდებიან და უმაღლე ხმებიან. ეს არის ეგრეთ წოდებული ე ფ ე - მ ე რ ე ბ ი. არის ისეთი მრავალწლიანი მცენარეებიც, რომელნიც გვალვის პერიოდში „ძილის“ მდგომარეობაში გადადიან. ბუჩქები იმით ებრძვიან გვალვას, რომ გრძელი ფესვების საშუალებით

ღრმად ეძებენ წყალს. ეგრეთ წოდებული ხორცოვანი მცენარეები (კატუსები, ავაუები) კი, პირიქით, სინესტეს თავის სხეულში იმარაგებენ (სურ. 181). ყველა ეს მცენარეები გვალვას შეგუებულნი ანუ ქსეროფიტები<sup>1</sup> არიან. მეორე მხრით უდაბნოს მცენარეები უნდა შეეთვისონ მარილოვან ნიადაგსაც, — ეს იქნებიან ჰალოფიტები<sup>2</sup> (სურ. 181).

ასევე ღარიბია და თავისებური უდაბნოს ცხოველთა სამეფო. უდაბნოს ცხოველთა მუტი წილისათვის დამახასიათებელია მსუბუქი და ჩქარი მოძრაობა, რაც იმასთან არის დაკავშირებული, რომ წყალი შორსა აქვთ საჩებარი და არც მტრისაგან თავშესაფარი მოეპოვებათ (ჭივრანი და სხ.), ზოგჯერ სხეულში სინესტის დაგროვებაც ხდება (აქლეშის კუჭი). სპეციალურად აღსანიშნავი არიან ორ გვარად მსუნთქავი თევზები. ეს თევზები ღროებიტის წყლებში ცხოვრებას შეგუებნიან. სანამ წყალი, ვთქვათ ტბა, არ დამშრალა, თევზი ლაყურებით სუნთქავს წყალში, როგორც ყოველი სხვა თევზიც. მაგრამ როდესაც გვალვა იწყება, იგი ლაშში ჩაეთლვის და პაერით სუნთქავს. სუნთქვის ორგანო ამ შემთხვევაში თევზის სატივტივო ბუქტი არის. ასეთია



სურ. 181. უდაბნოს მცენარე Cereus.

<sup>1</sup> „ქსეროს“, ბერძ.—მშრალი, „ფიტონ“—მცენარე.  
<sup>2</sup> „ჰალს“, ბერძ.—მარილი და „ფიტონ“.

Neoceratodus ავსტრალიაში, Lepidosiren — ამერიკაში, Protopterus — აფრიკაში. დღეს ეს თევზები უდაბნოს გარეთ ცხოვრობენ, მაგრამ უდაბნოდან (ნაბევრად უდაბნოდან) უნდა იყვნენ განოსული. Neoceratodus-ის მონათესავე Ceratodus ძველი უდაბნოდან არის ცნობილი.

ქარის მოქმედება უდაბნოში. მთავარი მაინც ის არის, რომ უდაბნოში მიწის ზედაპირი შიშველი არის ან თითქმის შიშველი. ამის გამო ქარი იქ თავისუფლად დათარეშობს და მიწის ზედაპირთანაც ძალას ინარჩუნებს. მეორე მხრით, ტემპერატურის ხშირი და მკვეთრი ცვლა ინტენსიურ მექანიკურ ფიტვას იწვევს. უხვად წარმოიშობა ღორღი, მსხვილი და წმინდა, მტვერამდე. ქარი ადვილად ეპატრონება ამ ფიტვით ქერქის წვრილმარცვლოვან მასალას და მიაქვს ან მიწის ზედაპირზე სალტაციით, ან ჰაერში ზეატაცებულა მტერის სახით (სურ. 182). ეს არის დეფლაცია. ამგვარად დაძრუ-



სურ. 182. მტერის ბუქი უდაბნოში.

ლი მასალის რაოდენობა უდაბნოში სწორედ რომ უზარმაზარია. მოხდება ხოლმე, რომ მტერის ქარბუქი მზეს აბნელებს რამდენიმე ხნით. ასეთ ბუქს წმინდამარცვლოვან მასალასთან ერთად მიაქვს დიდძალი სილაც. რაც შეეხება გადატანის მანძილს, ცნობილია, რომ არც ისე იშვიათად საპარის მოწითლო მტვერი ქარს იტალია-

ში მოაქვს ხმელთაშუა ზღვის გადმოვლით და აქ წვიმას წითელ ფერს აძლევს. ამაზედ ამბობენ, სისხლის წვიმაო. კიდე უფრო შორს, 2500 კილომეტრის მანძილზე უდაბნოდან, აღნიშნავენ საპარის მტვერს ატლანტურ ოკეანეზე.

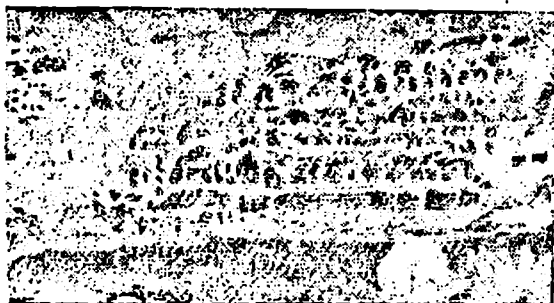
ზიდვის უნარი ქარს ძლიერ დიდი აქვს. გამოიანგარიშეს, რომ ქარი რომ სრული დატვირთვით მუშაობდეს, იგი მისისიპის აუზში, მრავალჯერ მეტ მიწას წაიტანდა, ვიდრე მდინარის მთელი ქსელი. ეს იმით აიხსნება, რომ ჰაერის ნაკადი შეუდარებლად უფრო ფართოა. ვიდრე მდინარეები შეიძლება იყვნენ.

გადატანის პროცესში ქარი მარცვლებს ერაზმანეთს ახლის და ამრგვალებს. ეს, რა თქმა უნდა, შეეხება სილას და წერილ ქვიშას და არა მტვერს, აღსანიშნავია. რომ ქარი სილის ისეთ პატარა მარცვლებსაც ამრგვალებს, რომელნიც წყალში კუთხელი დარჩებოდნენ. ეს იმით აიხსნება, რომ წყალში ასეთი მარცვლები სუსპენზიაში იმყოფებიან, ერთმანეთს ნაკლებ ეჭახებიან და ვერ დამრგვალდებიან. სწორედ ამით, დამრგვალებული მარცვლების მკირე ზომით, სარგებლობენ მდინარეული და ეოლური სილის გასარჩევად.

იმავე სილას და ქვიშას ქარი ქანების ზედაპირსაც აჯახებს და აწარმოებს კორაზიას. ამგვარად ქანების შიშველი ზედაპირის საერთო მოცვეთა ხდება, მაგრამ, თუ ქანი სხვადასხვა სიმკვრივის მქონე ნაწილებისგან შედგება, ნაკლებად მტკიცე უბნებზე უფრო მეტად მოცვდება და წარმოიშობა პატარა ღოსოები, რომლებიც ქანის ზედაპირს ფიჭისებურ ფორმას აძლევენ. ამას ეწოდება ფიჭისებური. ანუ სარაჯისებური გამოყიტვა (სურ. 183). ისევ ქანის შემადგენელი ნაწილების მეტ-ნაკლებ გამძლეობაზედ არის დამოკიდებული ფიტვის მიერ გამოკვეთილი უცნაური სოკოსებური მოწამეები (სურ. 184). კლდოვან უდაბნოში (პამადაში) დენუდაცია იძლევა დამახასიათებელ „მაგიდისებურ“ ფორმებს (სურ. 185).

მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ქარს მეტად თუ ნაკლებად გაბატონებული მიმართულება აქვს და ზედაპირის ქანი შედარებით რბილია. თიხიანი. ასეთ შემთხვევაში. შეიძლება საწყისი უსწორმასწორობის და ქანის არათანაბარი სიმკვრივის გავლენით ზედაპირი დაიდაროს კარსტული „კარების“ მსგავსად. ჩრდილო აფრიკაში ასეთ რელიეფს იარდანგებს უწოდებენ (სურ. 186).

კორაზიის შედეგად მოლიბდის განიცილის არამართო მკვიდრო  
ქანების შიშველი ზედაპირი, არამედ ზედ მღებარე ცალკე-



სურ. 183. ფიქსურული გამოფიტვა.



სურ. 184. სოკოსებური გამოფიტვა.

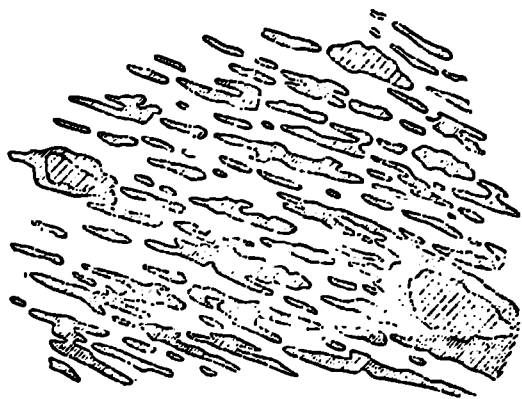


სურ. 185. მაგადისებური გამოფიტვა.

ული ქვებიც. ამგვარად წარმოდგება მოლიბდული წახნაგი, ხოლო  
თუ ქარის მიმართულება შეიცვალა ან რაიმე მიზეზით ქვა შებრუნ-

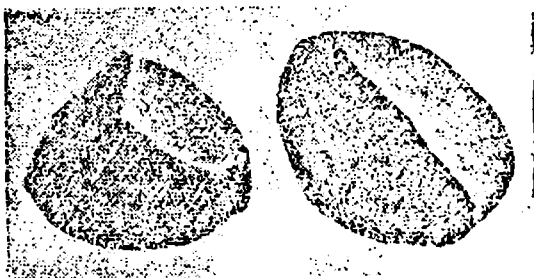


და, ჩნდება მეორე, ზოგჯერ მესამე წახნაგიც. წარმოიშობა წახნა-



სურ. 186. ზევით — იარღანგები კრილში.  
ქვევით — იარღანგები ზეკიდან.

გიანა ანუ, როგორც იტყვიან, ფაცეტებიანი<sup>1</sup> ქვეები (სურ. 187). გერმანელები ასეთ ქვეებს კანტიანსაც (ქიმიანს) უწოდებენ.



სურ. 187. ფაცეტებიანი ქვეები.

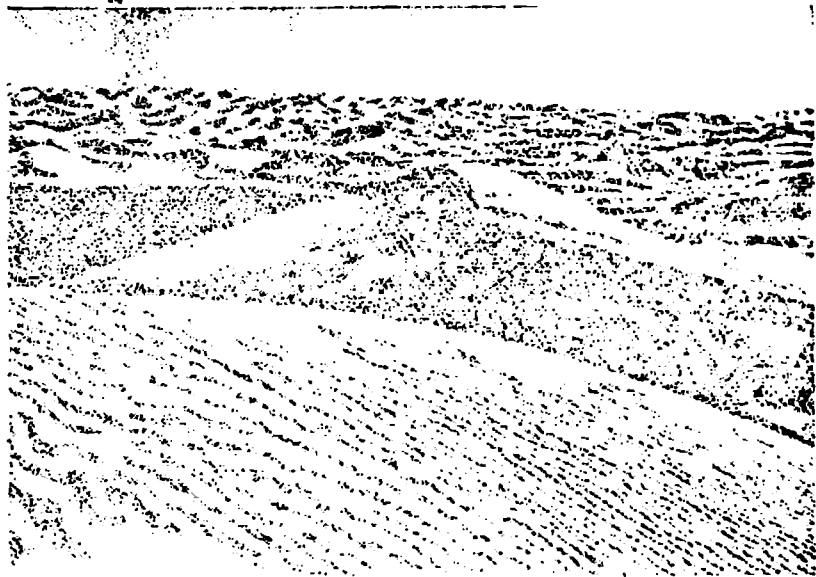
ფაცეტებიანი ქვეები ისევე, როგორც სილის დამრგვალებული წვრილი ბარცვლები, ქარის მოქმედების გამოსაცნობ ნიშნად იმჟარება.

<sup>1</sup> Facette, ფრანგ.—ზელაირის პატარა ბრტყელი უბანი.



სურ. 188. კ ა მ ა დ ა .

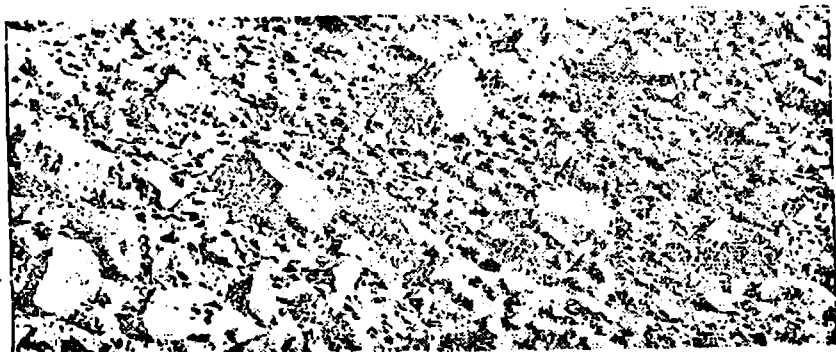
ჰამადა და ერგი. ქარი ფიტვის ხელშეწყობით და დეფლაციისა და კორაზიის გზით ქანების ნგრევას და რელიეფის დენუდაციას აწარმოებს. ამ პროცესში წარმოშობილი ფხვიერო მასალა ქარსვე გააქვს—ეს იქნება ეოლური ტრანსპორტი—და, დასასრულ, ამ მასალის თაბინაეება ანუ დალექქვა ხდება. ამ პროცესში უფრო მაღალ ადგილებში ზედაპირი შიშვლდება. ხოლო შედარებითი დაბლობები ქვიშა-სილით იფარება. ეს ქვიშა



სურ. 129. ერგი. კალუორნია.

შეიძლება დალექილად მივიჩნიოთ. რადგან მისი ქვევით ჩამოტანა ბევრად უფრო ადვილი არის, უკან ზევითკენ წაღება კი — გაძნელებული. ასე წარმოიშობა უდაბნოების ორი მთავარი სახეობა: შედარებით უფრო მაღალი კლდოვანი-ქვიშიანი უდაბნო. ანუ ჰამადა, და ქვიშიანი უდაბნო, რომელსაც ჩრდილო აფრიკაში ერგს, ხოლო კასპიურ ზღვას გაღმა ყუმს უწოდებენ. ორივე სახის უდაბნოები, როგორც ადვილი გასაგებია, ერთიმეორის გვერდით გვხვდებიან, მაგრამ ქვიშიანი უდაბნოების გავრცელება საგრძნობლად ნაკლები არის. აღნიშნავენ, რომ ყველაზე ქვიშიანი არაბეთის უდაბნო არის, მაგრამ იქაც ქვიშიანი

ფართობი ორჯერ ნაკლებია, ვიდრე კლდოვანი. ჰამადისათვის დამახასიათებელი არის შიშველი, ციცაბო კლდეები, საგრძნობლად უფრო ციცაბო, ვიდრე ნესტიან ჰავაში გვხვდება. ხშირია გოხნარი<sup>1</sup>, ე. ი. დიდი და პატარა ქვებით მოფენილი უბნები. დეფლაციის მეოხებით აქ წვრილი და წმინდა მასალა არ დარჩენილა — ქარს გაუტანია, რის დაძვრაც კი შეეძლო. ზოგჯერ ასეთ უბნებს ეოლურ ქვაფენილს უწოდებენ (სურ. 190).



სურ. 190. ეოლური ქვაფენილი. კალიფორნია.

სულ სხვაა ქვიშიანი უდაბნო, ანუ ერგი. ეს არის შეფარდებითი დებრესიები. მთლიანად ქვიშისა და სილის სქელი საფარიტ მოფენილი. ზოგჯერ გამოერევა თიხაც. დროებითი ტბების ადგილას. როგორც ვთქვით, ქვიშა აქ დალექილად შეიძლება ჩაითვალოს, მაგრამ მისი ზედა ფენა, რომელსაც მცენარეული საფარი არ იცავს და არც სინესტე აკავშირებს, ქარში ყოველთვის მოძრაობს. ამის თვალსაჩინო მოწამეა ხშირად რიპელმარკებით მოფენილი ზედაპირი. ეოლური რიპელმარკები წარმოიშობა ჰაერის მოძრაობის შედეგად ისევე, როგორც წყლის დინება წყალნალექი ქვიშის რიპელმარკებს აჩენს (სურ. 31).

ქვიშის უდაბნოს ზედაპირი უსწორმასწოროა, ბოცოვანი: ესეც ქარის საქმე არის. ამიტომ ხშირად ბორცვების ზედაპირიც მშვენიერად გამოსახული რიპელმარკებით არის აღივლივებული.

ძლიერ გავრცელებულია უდაბნოში თავისებური ფორმის პატარა ბორცვები, რომელთაც შუა აზიაში ბარქანებს უწოდებ-

<sup>1</sup> გოხი (კოხი) მაგარ ქვას ქჷთა. ამიტომ დაურქმევათ იმერეთში სერჟვისათვის კოხი.

ბენ (სურ. 191). ფორმით ბარქანი ახალ მთვარეს მოგვეგონებს. მისი გამოზნეკილი მხარე ქარაღმა იყურება და ქარისკენ არის დახრილი. შიზნეკილი მხარე ქარდაღმა არის დახრილი და თან უფ-



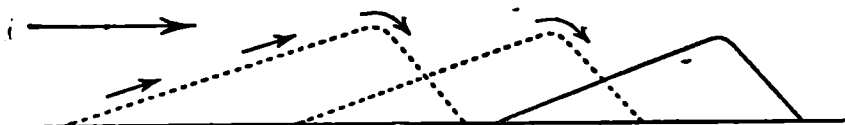
სურ. 191. ბ ა რ ქ ა ნ ი.



სურ. 192. ბ ა რ ქ ა ნ ე ბ ი ს ჯ გ უ ფ ი. შვედეთის NW აფრიკაში.

რო ციკლონა. დახრილობის კუთხე აქ მასალის (ქვიშის) ბუნებრივი ფერდის კუთხეს უდრის.

ბარქანის ქარალმა მხარეზე ქარს ქვიშა და სილა განუწყვეტლივ ზევით მიაქვს, ბარქანის მწვერვალისკენ. მწვერვალს გადასული მარცვლები ქარის ჩრდილში ექცევიან და სიმძიმის გავლენით ქვევით ცვივიან. ამიტომ არის ამ მხარის დაქანება ბუნებრივი და ფერდების კუთხის ტოლი. რადგან ბარქანის ქარალმა მხარეს ქარის საწინააღმდეგო დაქანება აქვს, ქარის მოქმედება აქ გაძლიერებულია და მეტი ქვიშა და სილა აიხვეტება, ვიდრე მოიტანება. ქარალმა მხარეს, პირიქით, ახალი მასალა მოსდის. ამის გამო პირველი თითქო ცვდება, მეორეს კი ახალ-ახალი ფენები ემატება. შედეგად ის არის, რომ ბარქანი განუწყვეტლივ წინ მიიწევს. რადგან ბარქანის ფორმა და სიდიდე დაახლოებით იგივე რჩება, შთაბეჭდილება ისეთია, თითქო მთლიანი ბორცვის გადაადგილება ხდებოდეს (სურ. 193). ნამდვილად კი ერთ მხარეზე ბორცვი იკვეცება; მეორეზე იზრდება და ასე მიიწევს წინ.



სურ. 193. ბარქანის მოძრაობა.

იმისათვის, რომ ბარქანი წარმოიშვას, საჭიროა, რომ ქვიშის მოძრაობა რაიმე დაბრკოლებას წააწყდეს, მცირე რამ ბუჩქს, ქვას ან სხვა მისთანას. მაგრამ რაკი პაწია ბარქანი ერთხელვე ჩაისახება, შემდეგ ამ დაბრკოლების როლს იგი თვითონვე ასრულებს და მისი ზრდა-განვითარება უზრუნველყოფილი არის. იქეთ-აქეთ ბარქანს რომ ორი წინწაწვდილი მხარი აქვს, ისინი გარეთევენ თანდათან ისოლებიან. სწორედ ამის გამო უფრო მოძრავი არიან და ოდნავ წინ უსწრებენ ბარქანის ცენტრულ ნაწილს.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ ყოველი დიუნის განვითარებაც ბარქანით იწყება. ამიტომ ბარქანად საერთოდ ახალგაზრდა და მაშასადამე, პატარა დიუნი იგულისხმებოდა. შემდეგ გამოირკვა, რომ ბარქანი პატარა და ახალგაზრდაც შეიძლება იყოს და დიდიც. ეს არის არა დიუნის საწყისი ფორმა, არამედ დიუნების გარკვეული სახეობა.

დიუნებს ყოველთვის ბარქანის წყაიერი ღუბა იოღა აქვს. ეს არის მოძრავი ქვიშის ბორცვები, რომელნიც ქვევლებრივად ქარის მიმართულების მართობულად არიან მეტ-ნაკლებად წაგრძელებული და რომელთა ქარალმა მხარე სუსტად ათის ქარისკენ დაქანებული, ხოლო ქარდალმა ფერდი ციცაბოა. დუნებს შორის არის ისეთებიც, რომელთა მხრები წინ კი არ არიან წაწედილი, როგორც ბარქანის შემთხვევაში. არამედ უკან. ქარისკენ არიან მიმართული (სურ 149). მათი წარმოშობის მექანიზმი კარგად გამოკვეული არ არის.



სურ. 194. ნალისებური ბარქანები. ჩრდილო ამერიკა.

დიუნის (ბარქანის) მოძრაობის აღწერისას აღვნიშნეთ, რომ ქარდალმა ფერდზე ფენა ფენას ემატება. ეს ფენები ერთიმეორის პარალელური ვერ იქნებიან, რადგან გაბატონებული ქარის მიმართულება რამოდენადმე ცვალებადი არის და თვით დიუნის ზრდა და გადაადგილება მისი შემადგენელი ნაწილების ორიენტაციას სცვლის (მაგალითად, აღრინდელი მხრები გაზრდილი დიუნის ცენტრულ ნაწილში მოექცევიან, და ჰხვან ამისთანა). ამის გამო დროგამოშვებით ფენების ჩამოხვეტა ხდება მეტნაკლებად ირიბულად და ზედ ახალი ფენები ილექებიან შეცვლილი განლაგებით და უთანხმოდ. წარმოიშობა ხლართული შრეებრივობა (სურ. 195), რომლის მსგავსი დეტალებში არის ცნობილი;

ეს სხვათა შორის ძველი ეოლური ნალექების გამოცნობის ერთ-ერთი საშუალებაც არის.

ბარქანები და დიუნები ქვიშიან უდაბნოში ზოგჯერ გაფახტული ახილებიან, უფრო ხშირად კი ისინი მეტნაკლებად მქილ-



სურ. 195. ხ ლ ა რ თ უ ლ ი შ რ ე ე ბ რ ი ე ო ბ ა .

როდ შეკგუფებული არიან. ყველაზედ მარტივი შემთხვევაა გაბატონებული ქარის მართობულად განლაგებული მწკრივები.

ლო ე ა ი. ქარისმიერი დეფლაცია და კორაზია ქანებს აშიშვლებს და სცვეთს. ეს არის ანალოგი იმ ეროზიისა და ნგრევისა, რომელსაც მდინარი წყალი აწარმოებს. ამ მოვლენას ხშირად დ ე ნ უ დ ა ც ი ა ს<sup>1</sup> უწოდებენ. ეოლური დენუდაციის შედეგად წარმოშობილი ფხვიერი მასალა ქარს მიმოაქვს და საბოლოო ანგარიშში დაბლობებში ჩააქვს, — ეს იქნება ეოლური ტ რ ა ნ ს კ ო რ ტ ი. დეპრესიებში (ქვიშიან უდაბნოებში) ჩატანილი ქვიშა და სილა იქიდან ძნელად თუ გაიტანება, — მასალა აქ, როგორც დავინახეთ, მოძრავია რამდენადმე, მაგრამ არსებითად დაბინავებული, დაღე-ქილი.

ამგვარად, ციკლი თითქო სრულია: ნგრევა, გადატანა, დაღე-ქვა. მაგრამ ასეთი დასკვნა სწორი არ იქნებოდა. გათვალისწინებული არ არის უდაბნოური მტკრის უზარმაზარი მასა. ეს უაღრე-

<sup>1</sup> Nudus, ლათ.—შიშველი. „დენუდაცია“—გაშიშვლება.

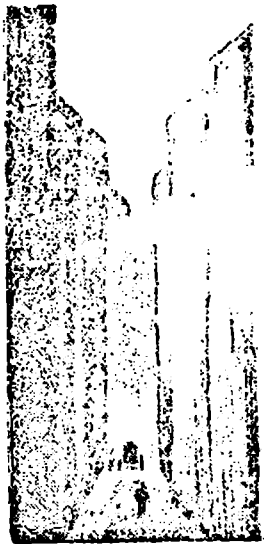


სად წმინდამარცლოვანი მასალა ქარს ატაცებელი მიმოაქვს სუს-პენზიის სახით და მის გადატანას დაახლოებით თანაბრად ადვილად აწარმოებს აღმა და დაღმა. ქარი რომ ჩადგება, მტვერი დაილე-ქება, მაგრამ შემდეგი ქარი მას ისევ იტაცებს და წაიღებს: უდაბ-ნოში მტვერის საბოლოო დალექვა შეუძლებელი არის, გარდა იმ პატარა უბნებისა, რომლებზედაც ქვემოთ გვექნება ლაპარაკი.

საკუთრივ უდაბნოში ხომ ქარს მტვერი განუწყვეტლივ მი-მოაქვს და, ბუნებრივია, მოხდება ისიც, რომ იგი (მტვერი) უდაბ-ნოს გარეთაც გაიტანება. კერძოდ სტეპებში. აქ ქარის ჩადგომისას მტვერი ბალახზე ილექება და ეს უკვე რამდენადმე იფარავს მას შემდგომი ქარისაგან, მაგრამ, თუ მცირე რამ წვიმაც მოვიდა, რაც სტეპებში სავსებით ბუნებრივია, მტვერს ბალახის ძირას ჩა-რეცხავს და კიდევ უკეთ დაიცავს. ეს უკვე ნამდვილი დალექვა იქნება.

ასეთ მტვერს ახალი და ახალი ემატება, ნალექი გროვდება და ზევითკენ იზრდება. თითქო მას ბალახიც უნდა დაეფარა, მაგრამ ბალახიც ხომ იზრდება: იგიც ზევით აიწევს. მხოლოდ ღრმად წასული ფესვები კვდებიან, იშლებიან და ნალექში წვრილს. თვალით ძნელად შესამჩნევ ნასვრეტებს სტოვებენ. ამ-გვარად უდაბნოს გარშემო ილექება თავისე-ბური ქანი, რომელიც ლოესის სახელით არის ცნობილი (გერმანული Loess).

ესარის სილანარევი კარბონატული თიხა, შრეებრივობას მოკლებული და ძლიერ პო-რიანი, წყალგამტარი. უკანასკნელი გარემოე-ბით აიხსნება, რომ ლოესი არაჩვეულებრი-ვად გამძლე ვერტიკალურ გაშიშვლებებს იძლევა (სურ. 196). ეს ქანი მეტად გავრცე-ლებული არის უდაბნოების გარშემო და გან-საკუთრებით კი ჩინეთში, შუა აზიის დიდი უდაბნოების აღმოსავლურ კიდეზე, სადაც მი-სი სისქე ზოგან ასეული მეტრებით იზომება.



სურ. 196. ლოესში  
გაჭრილი ქუჩა.  
ჩინეთი.

სწორედ ჩინეთის მიხედვით ჩამოაყალიბა რიხტჰოფენ-მა ლოესის ეოლური წარმოშობის თეორია. ამ შეხედულებას დღესაც იზიარებს უდაბნოების მკვლევართა დიდი უმეტესობა.

მაგრამ არიან მოწინააღმდეგენიც. საკითხს ძლიერ ართულებს ის გარემოება, რომ ლოესს ან ლოესისმაგვარს უწოდებენ ისეთ ნა-  
ლექებს, რომელთაც უდაბნოს ლოესთან საერთო არაფერი აქვს.  
მაგალითად, ლოესისმაგვარს უწოდებდნენ თბილისის მიდამოების  
ღვარნალექებს, მაღლობების კალთებს რომ ჰფარავენ და აგურის  
ქარხნებს ამარაგებდნენ ნელლეულით.

სხვაგვარია საკითხი რუსეთის ველის ლოესის შესახებ. უდა-  
ვოა, რომ მის პირველ მასალას ძირითადად მეოთხეული დროის  
მყინვარები იძლეოდნენ მორენული თიხის სახით და არა უდაბნო.  
მაგრამ ამ მასალის გადატანა-დალექვა ისევ ქარის საშუალებით  
უნდა მომხდარიყო. მაშასადამე, უდაბნოურის გვერდით არის არა-  
უდაბნოური ლოესიც, მაგრამ უდაბნოების გარშემო ლოესის წარ-  
მოშობის ზემოხსენებული მექანიზმი ისევ ძალაში რჩება, როგორც  
შუა აზიის უდაბნოების ავტორიტეტიანი მკვლევარი ვ. ო ბ რ უ-  
ჩ ე ვ ი ფიქრობდა.

წყალი უდაბნოში. უდაბნოს დამახასიათებელი მთავარი ნიშა-  
ნი უწყლობა არის, მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ უდაბნოში წყალი  
სრულიად არ იყოს. ზოგან ხომ ატმოსფერული ნალექების წლი-  
ური რაოდენობა 250 მილიმეტრამდეც აღწევს. ეს კია, რომ წვი-  
მიანი სეზონი ძლიერ ხანმოკლე არის და თან, როდესაც კი მოდის  
უდაბნოში წვიმა, ეს არის უეცარი თქეში, ჩვეულებრივ ელვა-ქე-  
ქის თანხლებით. ასეთი წვიმის წყალი მიწაში ჩაჟონვას ვერ ასწრებს  
და ღვარცოფების სახით დაედინება დაღმა. ქვიშიან უდაბნოში  
ასეთი ღვარი უამრავ ღორღს წარეცხავს და სწრაფად ტალახის  
ღვარად იქცევა (სურ. 197).

უდაბნოში ღვარები, ცხადია, მდინარეებს ვერ შეერთვიან,  
ისინი მიემართებიან გაუდინარი დეპრესიებისკენ, სადაც შეიძლება  
დროებითი ტბაც წარმოიშვას. ჩვეულებრივ ტბა მალევე აშრება  
და ფსკერზე თიხიან ნალექებს სტოვებს. ეს ნალექი მარილების  
ფიფქით არის ხოლმე შეფერილი. ზოგჯერ შეიძლება ასეთი ტბა  
უფრო ხანგრძლივი და მუდმივიც კი იყოს. ჩრდილო საჰარაში ასეთ  
დეპრესიებს შოტს უწოდებენ, ხოლო შუა აზიაში — ტ ა კ ი რ ს.  
წყლის ჩაჟონვა თიხიან გრუნტში გაძნელებულია, მაგრამ, რაც  
კი ჩაიჟონება, უმაღლე ზევითკენ წამოიძინება ინტენსიური აორ-  
თქლების გამო. წარმოებს მარილების აქტიური გამოტუტვა და  
გრუნტის წყალი, საცა კი არის, მარილიანია. სამაგიეროდ უფრო  
ღრმად არტეზიული წყალი ხშირად მტენარია.

ბევრად უფრო უხვად შესდის წყალი ზოგ უდაბნოს გარედან. პატარა მდინარეები უდაბნოს ქვიშებში იტოტებიან და აორთქლებული იკარგებიან. კასპიურ ზღვას გაღმა უდაბნოში ორი დიდი მდინარე შემოდის მთებიდან: სირ-დარია და ამუ-დარია. ორივე არალის ტბას (ე. წ. ზღვას) ერთვის. ტბა გაუდინარია და, მამასადაპე, აქაც მთელი წყალი აორთქლებაზე იხარჯება. დასასრულ, უფრო წყალუხვი ნილოსი გარდიგარდმო ჰკვეთს მთელს უდაბნოს და, თუმცა აორთქლების გამო შემცირებული, ზღვამდე აღწევს.

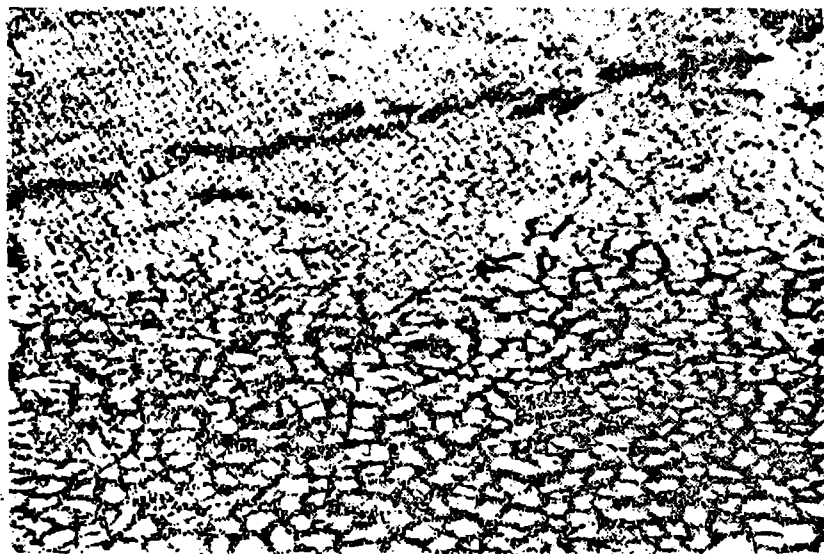


სურ. 197. ტ ა ლ ა ხ ის ღ ვ ა რ ი. ნევადა.

სადაც კი წყალი არის, უდაბნო ნაყოფიერ ოაზისად იქცევა. ეგვიპტე მთლიანად ერთ დიდ ოაზისს წარმოადგენს. მაგრამ ასე ხდება მხოლოდ ქვიშიან უდაბნოში. კლდოვანი უდაბნოს ბუნება ბევრად უფრო უნუგეშოა და ამიტომ მგზავრები და ქარავენები ყოველთვის ცდილობდნენ მათთვის გვერდი იევილოთ.

მდინარი წყალი უდაბნოშიც, რა თქმა უნდა, ეროზიას უნდა აწარმოებდეს. ასწერენ კიდევ საპარაში როფისებურ მშრალ ხეობებს, რომელნიც დროებითი ნაკადების მიერ გაჭრილად მიაჩნიათ

და რომელთაც ადგილობრივ უადის უწოდებენ. მაგრამ ზოგის აზრით. უადიები ძველი დროის გადმონაშთებს წარმოადგენენ, იმ დროისას, როდესაც აწინდელ უდაბნოში უფრო ნესტიანი ჰავა იყო და მუდმივი მდინარეებიც.



სურ. 198. ტ ა კ ი რ ი. შუა აზია.

ეოლური რელიეფის განვითარება. კლდოვან უდაბნოში არის შიშველი კლდეები, განცალკევებული გორები და მთელი ქედებიც. ყველას ციცაბო ფერდები ახასიათებს. ინტენსიური მექანიკური გამოფიტვის გამო ქანები იშლებიან და მსხვილი თუ წვრილი კუთხედი ლორღი (გოხი, როჭკი, ზვინჭა) ძირს ცვივა და მალღობების კალთებს ნაზუავით ჰფარავს. ამასთან ერთად მიმდინარეობს დეფლაცია და კორაზია როგორც მკვიდრი ქანების, ისე ლორღისა. ძლიერ ნელა, მაგრამ გეოლოგიური დროის მანძილზე შესამჩნევად კლდეები თანდათან ილევინ და საბოლოო ანგარიშში მათგან თითქმის აღარაფერი დარჩება. როგორც არაერთხელ უთქვამთ, „უდაბნოს გორები საკუთარ ნანგრევებს ქვეშ იმარხებიან“.

მეორე მხრით, თუმცა უფრო მსხვილი მასალა ადგილზევე რჩება, ქვიშა, სილა და მტვერი ქარს ერგებში გადააქვს, უკანას-

კნელთ მასალა განუწყვეტლივ ემატება. ამგვარად, კლდოვანი უდაბ-  
 ნო თანდათან დაბლდება, ქვიშიანი, პირიქით, ნელნელა მაღლდება,  
 გაუდინარი დეპრესიები ქვიშით ივსებიან და ბოლოს მთელი უდაბ-  
 ნო მეტნაკლებად უნდა მოსწორდეს. საერთოდ, იმის მსგავსი სუ-  
 რათი არის, რაც მდინარეების აუზების შემთხვევაში ვნახეთ.  
 ამიტომ ზოგჯერ ამბობენ კიდეც, ქარის მოქმედება „პენეპლენი-



სურ. 199. უ ა დ ი.

ზაციით“ თავდებაო. მსგავსება უეჭველად მცირეა, მაგრამ უდავო  
 და აიხსნება იმით, რომ ორივე შემთხვევაში პროცესის მიმდინა-  
 რეობას კონტროლს უწევს სიმძიმის ძალა: სანამ რელიეფი უს-  
 წორმასწორია, წყალსაც შეუძლია და ქარსაც, რომ მასალა ქვევით  
 ჩამოიტანოს. მოვაკებულ დაბლობებზე კი ვერც წყალი შესცვლის  
 რასმე და ვერც ქარი.

ქარის მოქმედება მიწის ზედაპირზე წარმოებს დღეს და, უეჭ-  
 ველია, წარმოებდა წარსულშიც. ამ მხრივ უადრესად საყურად-  
 ლებოა, რომ თანამედროვე უდაბნოების შესწავლა ძველი უდაბ-  
 ნოების გამოცნობასაც შესაძლებელს ხდის. ამისათვის შეიძლება

გამოყენებულ იქნას სილის მარცვლების დამრგვალებულობა, დიუნური ხლართული შრეებრივობა, ფაცეტებიანი ქვები, იშვიათი ნამარხების, ცხოველების თუ მცენარეების, ხასიათი და სხ. დღეს დადგენილია, რომ დევონურ პერიოდში დიდი უდაბნო იყო ჩრდილო ევროპაში, ასევე უდაბნო იყო შუა ევროპაში ტრიასულ პერიოდში.

მაშასადამე, ძველი და თანამედროვე უდაბნოები ერთსა და იმავე ადგილას არ მდებარეობენ. ძველი უდაბნოს ადგილას დღეს გერმანიაში ნესტიანი ჰავა არის. ასევე შესაძლებელია, რომ ის ადგილი, სადაც დღეს უდაბნო არის, წინათ ნესტიან ლანდშაფტს სჭეროდა. ამიტომ არის, რომ ზოგი მკვლევარის აზრით საპარის უადიები აწინდელი დროებითი ღვარების წარმონაქმნი კი არ არის, ძველი მდინარის ზეობის გადმონაშთია, იმ დროისა, როდესაც საპარაში ნესტიანი ჰავა იყო.

**უდაბნოების შესწავლა და მისი მნიშვნელობა.** ქარის მოქმედებას უდაბნოში და უდაბნოს გარეთ დიდი მნიშვნელობა აქვს. ეოლური მოვლენების შესწავლას გეოლოგი გვერდს ვერ აუვლის. მაგრამ ბოლო დრომდე უდაბნოები ძნელ მისადგომები იყვნენ და მათ კვლევას მხოლოდ ცალკეული გაბედული მოგზაურები ახერხებდნენ, როგორც რიხტპოფენი, სვენ პედინი, ვალტერი, ობრუჩევი და სხვები. დღეს მდგომარეობა რადიკალურად შეცვლილი არის. ავტოტრანსპორტმა და განსაკუთრებით საჰაერო ტრანსპორტმა უდაბნო ადამიანს დაუახლოვა. აეროფოტომ გამარტივა უდაბნოური მხარეების აგეგმვა და, რაც მთავარია, გაიზარდა უდაბნოებისადმი პრაქტიკული ინტერესი. მორწყვა შესაძლებელს ხდის დიდი ფართობების სამეურნეო ათვისებას, იყენებენ უდაბნოების ტრანზიტული მდინარეების ენერჯიას, ექებენ და პოულობენ ნავთობის და სხვა სასარგებლო ნამარხების საბადოებს.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის დეფლაცია? კორაზია? რა უპირატესობა აქვს ეოლური მოვლენების შესწავლისათვის უდაბნოებს?

რა არის უდაბნო? როგორი არის უდაბნოების გავრცელების კანონზომიერება? სტეპების?

როგორია ატმოსფერული ნალექების და ტემპერატურის რეჟიმი უდაბნოში?

როგორია უდაბნოს მცენარეულობის ხასიათი? ცხოველების?  
დეფლაცია-კორაზია უდაბნოში (ფიქსებული გამოფიტვა, წახნაგოვანი  
ქეები, იარდანგები)?

რა არის ჰამადა, ერგი?

რა არის დიუნები (ბარქანები)? როგორ მიმდინარეობს მათი მოძრაობა?

რა არის ლოესი და როგორ და სად ხდება მისი წარმოშობა?

დიუნის მოძრაობა და ხლართულა შრეებრიობა.

რა არის ეოლური ქვაფენილი, ტაკირი, ოაზისი, უადი?

## შობადინამიური მოვლენები

### ვულკანიზმი

ვულკანი და მისი მოქმედება. თუმცა მიწაზე არის თვალუწვდენელი სივრცეები, სადაც ღლეს არც ერთი ვულკანი არ მოიპოვება, მაგრამ ხმელთაშუა ზღვის რეგიონში არაერთი მოქმედი ვულკანი არის ამართული. ამიტომ აქაური ხალხები, კერძოდ ბერძნები და რომაელები, ვულკანიზმს უხსოვარი დროიდან იცნობდნენ. თვით ტერმინი „ვულკანი“ ქვესკნელის რომაული ღმერთის ვულკანის სახელიდან მომდინარეობს. აქაური ვულკანები არიან ეტნა სიცილიაში, სტრომბოლი იქვე ახლოს ლიპარის კუნძულებზე და სხ. ვეზუვს, რომელიც აპენინების ნახევარკუნძულზე ნეაპოლის ახლოს მდებარეობს, ამათ რიცხვში არავინ იხსენიებდა, რადგან არავის ახსოვდა და არც გაეგონა, რომ მას ვულკანურად ემოქმედოს. მხოლოდ ცნობილმა ბერძენმა მეცნიერმა სტრაბონმა გამოსთქვა ექვი, ეს გორა ვულკანი უნდა იყოსო.

ვეზუვი მწვერვალამდე ტყით იყო შემოსილი, ხოლო მის ნაყოფიერ ფერდობებზე და კალთებზე მთელი რიგი პატარა ქალაქები გაშენებულიყო. და აი სრულიად მოულოდნელად 79 წლის აგვისტოს 24-ს გორამ საშინელი ძალით იფეთქა: ეს შემზარავი მოვლენა ასწერა პლინიუს უმცროსმა, რომელიც მას 30-ოდე კილომეტრის მანძილიდან უმზერდა.

მიწა იძვრიდა და ზანზარებდა. მოისმოდა მიწისქვეშა გუგუნი. გორის წაწყვეტილი მწვერვალიდან ტყვიისებური სიჩქარით ამოჩქეფდა ორთქლისა და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა. ცხელი ორთქლი, უეცრად გაცივებული, მყისვე ღრუბლად იქცეოდა და ღრუბლის გრიგალის სახით იკრებოდა ჰაერში რამდენიმე კილომეტრის სიმაღლემდე. ამ სვეტის ზედა ნაწილი იტოტებოდა და იშლებოდა ბრტყელი ქოლგის მსგავსად (პინისი<sup>1</sup> მსგავსად). თან

<sup>1</sup> პინია ფიჭვის ერთი იტალიური სახეობა არის, რომელსაც მაღალი შიშველი ღერო და ზედ პორიფონტულად გაშლილი კრონა ახასიათებს.



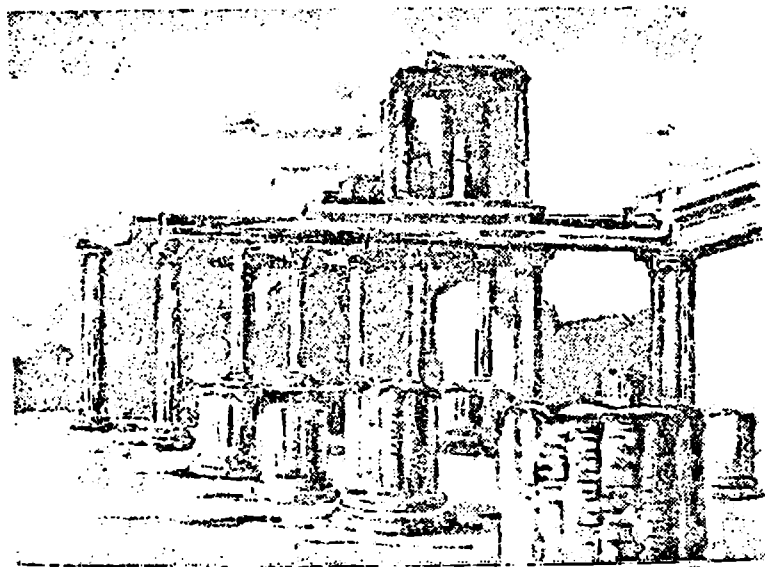
ღრუბელი დატვირთული იყო წვრილი და მსხვილი მსხვერეული მასალით. განუწყვეტლივ ელავდა და ჰქექდა საოცარი ძალით და მოდიოდა ამის შესაფერი თქეში. წვიმდა არა წყალს, არამედ ცხელ ტალახს. გორის ფერდებზე დაეშენენ ამ ტალახის ღვარები, რომელთაც მთლიანად დაჰფარეს და დამარხეს მათი მცხოვრებლები ანად სამი ქალაქი პომპეიი, ჰერკულანუმი და სტაბია. აქვე დაიღუპა, ალბათ როგორც ცხელი გაზების მსხვერპლი, ცნობილი რომაელი ბუნებისმეტყველი პლინიუს უფროსი, რომელიც ფლოტის უფროსი იყო და ვეზუვისკენ გაეშურა მცხოვრებლების დასახმარებლად. ბოლოს გორის მწვერვალზე გახსნილი ყელიდან წამოდინდა მდნარი ლავაც.

ხსენებული ქალაქები ისე საფუძვლიანად დაიმარხნენ ვულკანურ მასალას ქვეშ, რომ შემდეგში მათი მდებარეობაც აღარავინ იცოდა. მხოლოდ შემთხვევით, მიწის თხრის დროს თოთხმეტი საუკუნის შემდეგ წააწყდნენ პომპეიის ნაშთებს. 1748 წელს დაიწყეს გეგმიანი გათხრები და დღეს მთელი ქალაქი გაწმენდილია და თავისებურ მუზეუმს წარმოადგენს. მნახველები აქ ხედავენ ძველ რომაულ ქალაქს, მის ვიწრო ქუჩებს. სახლებს, ფორუმს, ქულბაქს (ბაზარს) და სხვა დაწესებულებებს (სურ 200). შენახულან მცხოვრებლებიც. თვითონ სხეულისა, რა თქმა უნდა, აღარაფერი ჩანს, მაგრამ მის ადგილას ქანში სიღრუე დარჩენილა, სხეულის გახრწნის შემდეგ ცარიელი, და, როდესაც ამ თავისებურ კალაპოტში თაბაშირს ასხამენ, ღებულობენ მოდელს, რომელიც საკვირველი სიზუსტით აღადგენს, ადამიანის ფორმას იმ მდებარეობით და განწყობით, როგორშიაც დაღუპვის მომენტში იყო.

ამ კატასტროფული ამოფრქვევის შემდეგ ვეზუვი მოქმედი ვულკანი არის, მაგრამ მოქმედებს დროგამოშვებით. 1631 წლის დიდი ამოფრქვევის შემდეგ ინტერვალი ამოფრქვევათა შუა რამდენადმე რეგულარულიც კი არის. უკანასკნელი დიდი ამოფრქვევები იყო 1872, 1906 და 1944 წელს.

ვეზუვის მაგალითიც კმარა, რათა დავასკვნათ: რომ ვულკანიზმი არის ნივთიერების ამოსროლა ან ამოღობა მიწის შიგნეთიდან ზედაპირზე. ეს ნივთიერება თხევად, მყარ ან გაზებრივ მდგომარეობაში არის. ზოგჯერ ვულკანებს ცეცხლისმფრქვევ მთებსაც უწოდებენ, მაგრამ ასეთი გამოთქმა აშკარად უმართებულოა. მართალია, ვულკანური მასალა მეტად თუ ნაკლებად ცხელია, გავარჯარებულიც, მაგრამ,

ჯერ ერთი, ცეცხლი წვის პროცესია და არა ნივთიერება და, მეორეც, წვა ვულკანური ამოფრქვევის დროს იშვიათია, მხოლოდ ვულკანური გაზები თუ აინთება და ააღდება აქა-იქ. ასეთ ალებს ვულკანის ამოფრქვევის დროს აღნიშნავენ კრატერიდან ამომავალსაც.



სურ. 200. პომპეი, დღეს მუზეუმად ქცეული.

ვულკანური პროდუქტები. ვულკანის პროდუქტებიდან მთავარი ლავა არის. თავისი შედგენილობით ლავა იგივეა, რაც ზემოთ აღწერილი ვულკანური ქანები, მაგრამ მალალი ტემპერატურის გამო, რომელიც შეიძლება 1200-1300 გრადუსამდეც კი აღწევდეს, მეტ შემთხვევაში გამდნარი არის ან ბლანტ-დენადი მაინც. ვულკანური ქანები ხომ ლავის გაცივებით არიან წარმომდგარი და ექსპერიმენტულადაც ადვილი არის ქანიდან მდნარი ლავის მიღება და პირიქით. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით არჩევენ ფუძე და მჟავე ლავას. ფუძე ლავა, ჩვეულებრივ ბაზალტური, ძლიერ დენადი არის. მცირე რაოდენობა კმარა, რომ მან საკმაოდ ჩქარი ნაკადი მოგვცეს და, სანამ გაცივდებოდეს, კილომეტრების არა-

ერთი ათეული გაიაროს. მევეე ლავა კი მეტად თუ ნაკლებად ბლანტია და ნაკადს ან არ იძლევა, ან ძლიერ მოკლეს.

ზევით ამოსული ლავის ნაკადი სწრაფად ცივდება ზედაპირიდან და ქვედაპირიდანაც (მიწიდან). ზედაპირზე მას მყარი ქერქი უჩნდება, ხოლო მთავარი მასა მოძრაობას განაგრძობს ქერქს ქვეშ. ასეთი მოძრაობისას მოხდება ხოლმე, რომ ქვეშ ალაგ-ალაგ



სურ. 201. დაბაწრული ლავა.

მოძრავი ლავა გადაადგილდა და ქერქი კი თავის ადგილას დარჩა— ლავის სხეულში დარჩები წარმოიშობა. ისიც მოხდება, რომ მოძრავმა ლავამ ქერქი დაამტერიოს და წაიტანოს, — მივიღებთ ლოდურ ლავას (აა ლავა). თუ დინების გავლენით თხელი, ჭერ კიდევ ბლანტი ქერქი ბაწარივით მიმოგრეხილა, დაბაწრული ლავა (პაპოპო ლავა) იქნება (სურ. 201). არის ასევე ბალიშა ლავა (სურ. 202) და სხვა.

გაცივებისას ლავა მყარდება კრისტალური, მიკროკრისტალური ან მინებრივი სახით. გამყარებისას გაზების გამოყოფა ხდება და რადგან გაცევებული ლავა გაზს ძნელად თუ გაატარებს ან

1 ეს სახელები — აა, პაპოპო — ჰავაის კუნძულებიდან არიან.

სრულიად ველარ, ჩნდება ქანში მომწყვდეული გაზის ბუშტები. ამგვარად წარმოიშობა პორიანი ფენა ლავის ზედაპირთან და ქვედაპირთან.

მეორე მხრივ გამყარება შეკუმშვასაც იწვევს. ქანში კუმშვის ბზარები ჩნდება, რომელთაც ბაზალტისთვის დამახასიათებე-



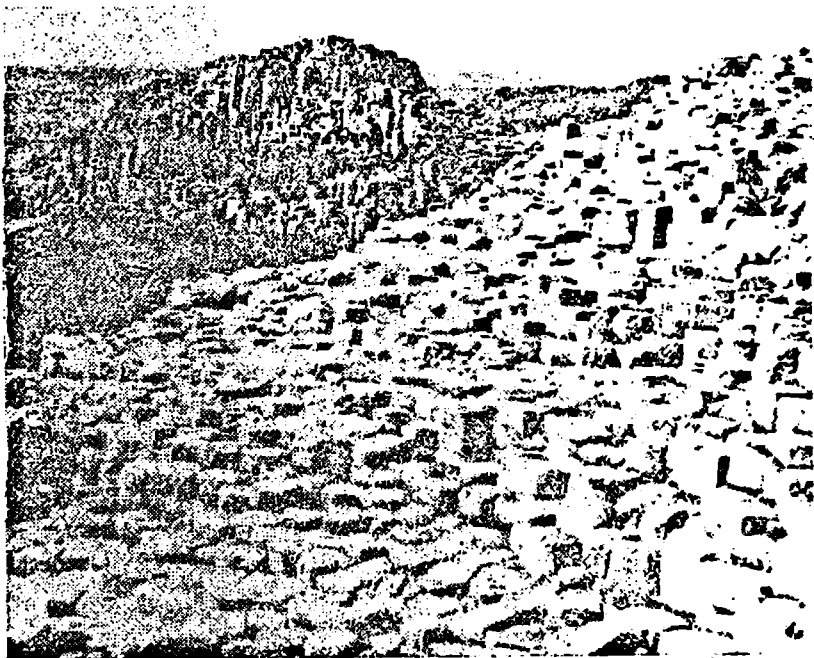
სურ. 202. ბ ა ლ ი შ ა ლ ა ვ ა .

ლი პრიზმული განწევრება (სურ. 203) მოპყვება. პრიზმების ღერძები გაცივების ზედაპირების მართობული იქნება, თუ ბზარების განლაგება დამხრობილია, გამოიყოფა მეტად თუ ნაკლებად იზოდიამეტრული ნაკვეთები, რომელთა გამოფიტვამ შეიძლება შემდეგში სფერული განწევრება მოგვცეს.

ვულკანის ამონასროლი მყარი მასალა ძლიერ განსხვავებული სიდიდის სხეულებისაგან შედგება. არის ვეებერთელა ლოდები და უწმინდესი მტვერიც. ყველა ძირითადად ლავის ნაწილაკებს წარმოადგენს, აფეთქების გამო მოწყვეტილს და ჰაერში გატყორცნილს, მაგრამ არის აფეთქების მიერ წამოტაცებული შემ-

ცველი ქანების, მათ შორის ადრინდელი ვულკანურისაც, ნამსხვრე-  
ვები, დიდი და პატარა.

არის რამდენიმე მეტრის სიგრძე დიამეტრის მქონე ბელ-  
ტები. უფრო პატარებში გამოარჩევენ ე. წ. ბომბებს. ეს არის  
ჰაერში გასროლისას ჯერ კიდევ მდნარი ან ბლანტი მზურვალე ლა-  
ვის ნაწვევები, რომელნიც ინტენსიური ბზილ-ტრიალის პრო-

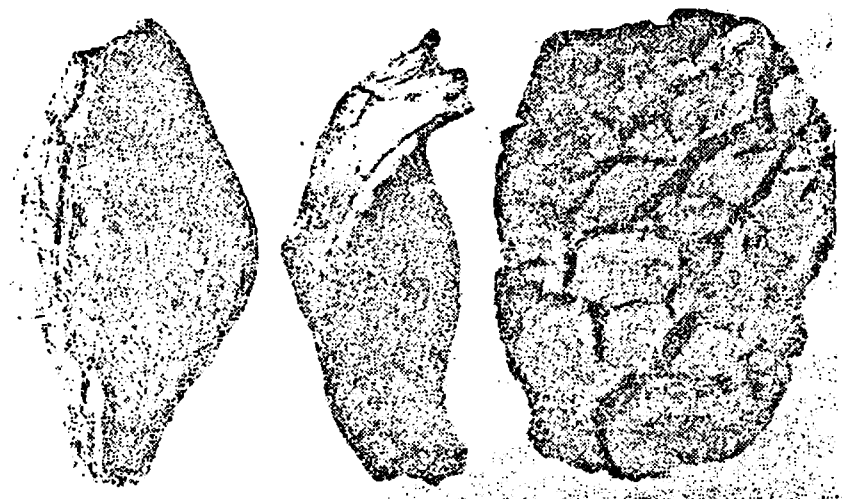


სურ. 203. ბ ა ზ ა ლ ტ უ რ ი ლ ა ვ ი ს პ რ ი ზ მ უ ლ ი გ ა ნ წ ე ე -  
რ ე ბ ა . ი რ ლ ა ნ დ ი .

ცესში ბრუნვითი სხეულის ფორმას ღებულობენ: ჩვეულებრივ  
მეტნაკლებად წაგრძელებული ელიპსოიდისას, რომლის ორივე ბო-  
ლო წაწვეტილი არის და მთელ სიგრძეზეც მოწყვეტის ნაწიბური  
მიუყვება. ხშირად ბომბის გულში მოქცეულია უცხო ქანის ნატე-  
ხი, რომელიც ლავის საბურველში გახვეულა (სურ. 204). არის  
მეტრის სიგრძე ბომბები და მეტიც, თუმცა იშვიათად. არის მუქის  
ოდენებიც.

1 სანტიმეტრის რიგის მარცვლები შეადგენენ ლაპილის<sup>1</sup>, 1 მილიმეტრის რიგისა — ვულკანურ ქვიშას და უფრო პატარები — ფერფლს და მტვერს.

ვულკანური გაზების რაოდენობა და წნევა უზარმაზარია. სწორედ ისინი იწვევენ აფეთქებას. ძირითადად ეს არის  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{H}_4\text{C}$ ,  $\text{B}$ , მაგრამ ყველას ჰარბობს, და თან



სურ. 204. ვულკანური ბომბები.

დიდად, წყლის ორთქლი. მისი რაოდენობა გაზების საერთო მასის 90%-მდე შეიძლება იყოს. გასაგებია, რომ წყლის ნაწილი შემცველი ქანებიდან უნდა იყოს მიტაცებული (გავარჯარებული ლავის შეხებისას შემცველი ქანების წყალი უცილობლად უნდა აორთქლდეს და ლავას გაჰყვეს) და ამიტომ იყო, რომ წინათ ფიქრობდნენ: ლავას ნაპრალების გზით ზღვის წყალი მისწვდომია, აორთქლებულა და აფეთქებაც ამის შედეგი არისო. დღეს ეს შეხედულება საბოლოოდ მიტოვებული არის — სხვა არა იყოს რა, ბევრი ვულკანი სრულიად მოწყვეტილია ზღვას, — მაგრამ ზოგჯერ კიდევ

<sup>1</sup> Lapilli, ლათ. — წვრილი კენკები.

გამოითქმის აზრი, რომ ვულკანური აფეთქების წყალი სხვადასხვა სახის მიწასქვეშა წყალი არის და თვით ლავა წყალს ან სრულიად არ შეიცავს ან უმნიშვნელო რაოდენობითო. სხვადასხვა ადგილას, კერძოდ ჰავაიის კუნძულებზე ჩატარებული ზუსტი გაზომვები თითქო ასეთ წარმოდგენას არ ადასტურებენ. როგორც ამოფრქვევისას ამოსროლილი კლასტიური მასალა, გარდა ვულკანურისა, შემცველი ქანებისაგან წამოტაცებულ ღორღსაც უხვად შეიცავს, ისევე ვულკანური ორთქლის ნაწილიც უეჭველად იმავე შემცველი ქანების წყალია აორთქლებული, მაგრამ ძნელია დაეკვება, რომ თვით ლავაც უხვად შეიცავს ორთქლს.

ვულკანური აპარატი. სპეციალისტები ვულკანს უწოდებენ იმ ადგილს, სადაც ლავა, ლავეული ღორღი და გაზები მიწიდან ამოდის. ჩვეულებრივ ამ ადგილას ამართულია მეტად თუ ნაკლებად მაღალი გორა, რომელიც, ისევე სპეციალისტების გამოთქმით, ვულკანური აპარატის ნაწილს წარმოადგენს. როგორც დავინახავთ, მსგავსი აპარატი ყველა ვულკანს როდი აქვს.

ჩვეულებრივ, ვულკანს რომ ვიტყვი, მეტად თუ ნაკლებად წესიერ კონუსებრივ გორას (სურ. 205) წარმოვიდგენთ. ზოგჯერ ასეთი გორის სიმაღლე ძლიერ დიდია. ეს კია, რომ, როდესაც ვულკანის სიმაღლეზე ვლაპარაკობთ. მკაფიოდ უნდა გავარჩიოთ ვულკანის აბსოლუტური და შედარებითი სიმაღლე. მაგალითად, მოქმედი ვულკანის კოტოპახის მწვერვალი სამხრულ ამერიკაში (ეკუადორი) 5896 მ აღწევს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ მისი ფუძე მაღლა მდებარეობს ანდების ზოლში და ამიტომ თვით ვულკანური გორის საკუთარი სიმაღლე საგრძნობლად ნაკლები არის. მეორე მხრით ვულკან მაუნა ლოას (ჰავაიის კუნძულები) სიმაღლე ზღვის დონიდან 4117 მეტრი არის, მაგრამ მისი ფუძე ოკეანის ფსკერზე არის დაყრდნობილი დაახლოებით 6100 მეტრის სიღრმეზე და გორის ნამდვილი სიმაღლე 10200 მეტრზე მეტი ხქნება.

ვულკანური კონუსის ღერძს მიჰყვება მეტ-ნაკლებად ცილინდრული ვერტიკალური მილი, რომელიც ლავით ან ბრეჭიით და ფერფლით ან ორივეთი არის გაჰედილი. ამ მილს ვულკანის ყელს უწოდებენ. მწვერვალზე ვულკანის ყელი ძაბრივით ფართოვდება, — ეს არის კრატერი<sup>1</sup>. ვულკანური მასალის ამოსროლა ან ამოღი-

1 „კრატეს“, ბერძნ. — დიდი თასი.

ნება აქედან ხდება. კრატერის კედლები მეტ-ნაკლებად ციცაბოდ არიან შიგნითკენ დაქანებული, ზედარებით დავაკებული ფსკერისკენ. როდესაც ვულკანი არ მოქმედებს, კრატერი ცარიელია და მის ფსკერზე მხოლოდ გაზები ამოდიან ნაპრალებიდან. არის შემთხვევები, როდესაც კრატერში ატმოსფერული წყალი ჩამდგარა. ეს იქნება კრატერის ტბა.

ხშირად ვულკანის ყელიდან გამოიყოფა უფრო წვრილი ტოტები, რომლებიც ზედაპირს ვულკანის ფერდზე აღწევენ. ასეთ ადგილებში მოქმედებს პატარა ვულკანები, რომელნიც პატარა კონუსებს აჩენენ, მთავარ კონუსზე დაშენებულს. მათ პარაზიტულ ვულკანებს უწოდებენ. პარაზიტული ვულკანების სიმრავლით ცნობილი არის ეტნა.



სურ. 205. ვულკანური კონუსი. ფილიპინების ერთერთი კუნძული. ვულკანის სიმაღლე ზღვის დონიდან 4000 მეტრზე მეტია.

უფრო საყურადღებო არის მეორე მოვლენა. ცნობილია და ექსპერიმენტულადაც დადასტურებული (Daubrée), რომ ვერტიკალური ყელი და კრატერი ორთქლის და გაზების აფეთქების შედეგი არის. ამიტომ ყოველ ახალ ამოფრქვევას მათი მცირედენი გადაადგილება ან გაფართოება შეიძლება მოჰყვეს. ზოგჯერ ცვლილება მეტია და გორის მწვერვალი კიდევ წაიგლიჯება. ამას ის იწვევს, რომ ამოფრქვევის შემდეგ ყელში გაცივებული ლავა



ამ მილს საცობივით ჰკეტავს ძლიერ მაგრად და შემდეგი ამოფრქვევისას საჭიროა გაზების უზარმაზარი წნევა, რათა აფეთქება მოხდეს და გზა გაათავისუფლოს. ასეთი აფეთქება ჰაერში გასტყორცნის საცობს და მიმდებარე შემცველ ქანებსაც, მეტი ან ნაკლები რაოდენობით.

და აი მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ძლიერი აფეთქება თითქმის მთელ ვულკანურ კონუსს იმსხვერპლებს. მისგან მხოლოდ ფერდები ან ცალი მხარის ფერდი დარჩება და დანარჩენი გორის ადგილას კი ახალი უზარმაზარი „კრატერი“-წარმოიშობა. ამ კრატერის ფსკერზე ვულკანის მოქმედება ახალ კონუსს ააგებს, რომელიც იწყებს თანდათან ზრდას ძველი ვულკანის ნანგრევის შიგნით.

სწორედ ასეთი ისტორია აქვს ვეზუვს. მისი ბევრად უფრო დიდი ძველი კონუსი საშინელ აფეთქებას მოუწყვეტია ისე, რომ მხოლოდ მისი აღმოსავლური ფერდის ძირი გადარჩენილა. ამ გადანაშთს ასიმეტრიული რკალური სერის სახე აქვს. შიგნიოკენ (ახლანდელი ვეზუვისკენ) ციცაბო ქარაფებია, გარეთკენ—მსუბუქი დაქანება (სურ. 206). ეს არის მონტე სომა. შიგ ძველის ადგილას ახალი ნაკლებ დიდი კონუსი აშენებულა და ეს არის თანამედროვე ვეზუვი. ამ ვეზუვის კრატერშიც არის ბევრად უფრო პატარა კონუსი, რომელიც თითქმის ყოველი დიდი ამოფრქვევის შემდეგ განახლებას და ზოგჯერ გაორებასაც კი განიცდის.

ასეთ დიდ ჩაღრმავებას (კრატერს), რომელიც ძველი კონუსის აფეთქების შედეგად წარმოიშობა, კალდერა<sup>1</sup> ჰქვია, ხეობისებურ რკალურ ჩაღრმავებას მონტე სომასა და ვეზუვს შუა იტალიელები ატრიო დელ კავალოს უწოდებენ. ამ ღრმობის ძირში ჰაერზე უფრო მძიმე CO<sub>2</sub> გროვდება და დაბალი ცხოველები, ძაღლები და მისთანანი, შიგ იგულებიან.

კალდერა გავრცელებული მოვლენა არის. მის წარმოშობას დიდი ხანია აფეთქებას მიაწერდნენ და უმეტესობა მიაწერს დღესაც. მაგრამ ზოგჯერ გამოსთქვამენ აზრს, რომ ეს არის არა აფეთქება, არამედ ჩაწოლა: ვულკანური მასალის ამოღინების გამო ქვევით სიცარიელები ჩნდება და ამას მოჰყვება სახურავის ჩაწოლაო. მაგრამ იმისათვის, რომ ასეთი მცირე უბანი ჩაიქცეს, სიცარიელე პატარა უნდა იყოს და ზედაპირის ახლოს, მაშასადამე, აფეთქებასთან და ყელთან დაკავშირებული და არა კერიდან ლა-

<sup>1</sup> სიტყვა ასორის კუნძულებიდან არის.

ვის ამოდინებით გამოწვეული. მეორე მხრით, კალდეირები მხოლოდ იქ არიან ცნობილი, სადაც დიდი აფეთქება მომხდარა: დაძირვა მხოლოდ აფეთქებასთან დაკავშირებული მეორადი მოვლენა შეიძლება იყოს.



სურ. 206. ვ ე ზ უ ვ ი. ჩანს ძველი ვულკანის ნაშთი, მონტე სომა, და ახალი კონუსი კალდეირაში. კალდეირიდან გამოდის მთელი რიგი ლავის ნაკადები. წინ ზღვაა (ნეაპოლის უბე).

როგორც აღვნიშნეთ, თვით ვულკანის ვერტიკალური ყელის წარმოშობა აფეთქებათა შედეგი არის. იგი კონუსის ქვევითაც გრძელდება, ხოლო ზევეითეც თანდათან წაზრდილა მრავალი ვულ-

კანური ამოფრქვევის პროცესში. მაგრამ შეიძლება ერთი აფეთქება მოხდეს და ვულკანის ისტორია ამით გათავდეს. ამ შემთხვევაში მკვიდრ ქანებში ვერტიკალურ მილი კი წარმოიშობა, მაგრამ ზედ დაშენებული კონუსისა კვალაც არ იქნება. ასეთ აფეთქებით მილებს ფრანგმა გეოლოგმა დობრემ დიატრემები<sup>1</sup> უწოდა. დიატრემები ცნობილი არიან სამხრულ აფრიკაში, სადაც ისინი ულტრაფუძე ქანის კიმბერლიტის<sup>2</sup> ბრექჩიით არიან გაყვდილი და სახელი გაითქვეს როგორც ალმასის საბადოებმა. მსგავსი საბადოები არის ციმბირშიც.

დიატრემებს დიდი ხანია ასწერენ რაინის მხარეშიც (გერმანია). აქ აფეთქებისას ვულკანური მილის პირის გარშემო ცოტაოდენი ღორღიც დაგროვილა და მცირეოდენად ამოდლებული წრიული დამსა წარმოუქმნია. ჩაღრმავებაში ტბა არის ხოლმე ხშირად ჩამდგარი და გერმანელები მას მაარს<sup>3</sup> უწოდებენ (სურ. 207)

ამგვარად, დიატრემების თავისებურობა იმით აიხსნება. რომ ერთი აფეთქება მომხდარა და შემდეგ აღარ გამოვრებულა. ამიტომ მათ ზოგჯერ მონოგენური ვულკანებისა ც უწოდებენ.

ვულკანის კონუსის ქრილნი გარკვეულად გარჩევა ცალკეული ფენები, რომელნიც მსხვილი და წვრილი კლასტური მასალისაგან შედგებიან ჩვეულებრივ. თუ ამას ლავის ნაკადებიც ემატება, ნარევი მასალააო, იტყვიან. ფენობრივ კონუსს კისტრატოვულკანი<sup>3</sup> ეწოდება. როგორც შემდეგ დავინახავთ, არის ვულკანები, სადაც ლავის გადმოდინება დამშვიდებით ხდება. აფეთქების გარეშე. ასეთ შემთხვევაში ვულკანური აპარატი ფართოდ გაშლილი და ცენტრში ოდნავ შემადლებელი ფარის სახესღებულობს, თუ ლავა ფუძე და, მაშასადამე, დენადი არის. თუ ლავა მკავე და ბლანტია, ბრჯგუ გუმბათის გამოწნევა მოხდება (სურ. 208).

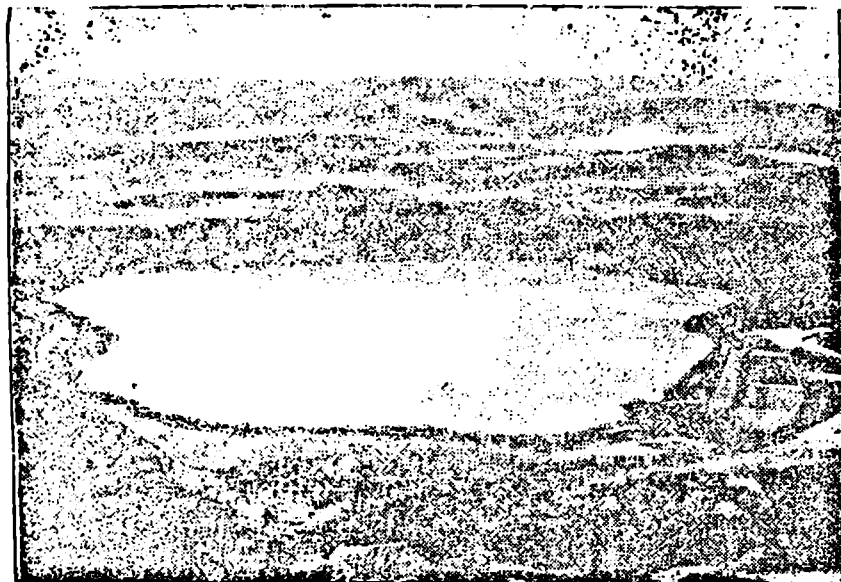
სტრატოვულკანის ფენები გარეთკენ, რადიალურად არიან დაქანებული, ე. ი. ცენტრში ამოწეული (სურ 209). ამიტომ გასული საუკუნის პირველ ნახევარში ფიქრობდნენ, რომ ვულკანური გორის წარმოშობა ამოზნექვის შედეგიაო, ვულკანური ძალებით გამოწვეული. ეს იყო ამოზნექვის თეორია (Erhebungstheorie). დღეს

<sup>1</sup> „დიატრემა“, ბერძნ.—ნასვრეტი.

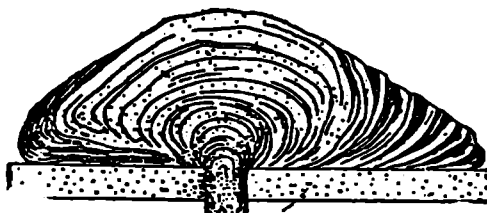
<sup>2</sup> კიმბერლი ქალაქი არის სამხრული აფრიკის რესპუბლიკაში.

<sup>3</sup> Maar ესპანური სიტყვაა.

საყოველთაოდ მიღებულია შეხედულება, რომ კონუსი ზევიდან იზრდება ყოველი ამოფრქვევის შედეგად ახალ-ახალი მასალის დამატებით: ვერტიკალურად მაღლა გასროლილი მასალა უპირა-



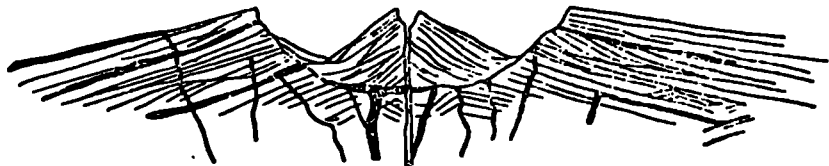
სურ. 207. მ ა ა რ ი. Laacher See დასავლურ გერმანიაში.



სურ. 208. ვულკანური გუმბათი (ექსტრუზია). ბლანტი ლავა, ნაწილობრივ გადარეცხილი.

ტესად ვულკანზედვე ცვივა და მას სიმაღლეს მატებს. ეს არის დაზვინვის თეორია, გეოლოგიის ერთ-ერთი ფუძემდებლის, ლაიელის მიერ ჩამოყალიბებული.

მაგრამ დღეს ეს მხოლოდ თეორია როდია. ადამიანს საშუალება მიეცა რამოდენიმეჯერ ვულკანის, ასე ვთქვათ, დაბადების უშუალო მოწამე გამხდარიყო. მაგალითია მექსიკის 500 მეტრის სიმაღლე ვულკანი ჟორულო, რომელიც 1759 წ. ერთ თვეში გაიზარდა აგეთი; მონტე ნუოვო (ახალი გორა), რომელიც XVI საუ-



სურ. 209. ს ტ რ ა ტ ო ვ უ ლ კ ა ნ ი. ჩანს კალდერა და შიგ ახალი კონუსი თავისი ყელით და კრატერით. კონუსი შედგება გარეთეხ დაქანებული ფენებისგან (ვულკანური ტუფები და მისთანანი). შავი — გამკვეთი ძარღვები და სილები.

კუნეში (1538) ერთ ღამეს წარმოიშვა ფლეგრეულ ველზე ნეაპოლს ახლო. განსაკუთრებით კარგად არის ცნობილი ახალი ვულკანის პარიკუტინის<sup>1</sup> განვითარება იმავე მექსიკაში. 1943 წლის თებერვალში მომავალი ვულკანის მხარეში ჯალაქ მეხიკოს დასაჯლეთიან ხშირი მიწისძვრის ბიძგები იგრძნობოდა, 300-მდე თებერვლის 19-ს. შემდეგ დღეს ერთი ფერმერი თავის ყანაში მუშაობდა, გაოცებული იყო ძლიერი ხმაურით დროდადრო, თითქო ქუჩილიაო. მაგრამ ცაზე ღრუბელი არსად ჩანდა. თან შეამჩნია, რომ მიწაში ნაპრალი გახსნილიყო და იქიდან „კვამლი“, ე. ი. ოქთქლი, გაზები და მტვერი ამოდიოდა. იდგა გოგირდის სუნი.

იმ ღამით უკვე ძლიერი აფეთქებები ისროდნენ ნაპრალიდან წვრილ და მოზრდილ ქვებს. მასალა მხურვალე იყო და ზოგი გავარვარებულიც. დილას ნაპრალის ადგილას უკვე თითქმის 10 მეტრის სიმაღლე ღორღის კონუსი აღმოჩნდა დაზვინული. მისი, კრატერი ქანების ნამტვრევებს ისროდა. ყოველ რამდენიმე სუკუნდში აფეთქება აფეთქებას მოსდევდა ისე, რომ ზევით გატყორცნილი და ძირს წამოსული მასალა ერთიმეორეში ირეოდა, ერთიმეორეს ეჯახებოდა და, რომ დაღამდა, წითლად მხურვალე ლოდები ცეცხლივით ანათებდნენ. მათი დიამეტრი 1-4 მეტრამდე აღწევდა. იშვიათ შემთხვევაში 10-15 მეტრიანი ბელტებიც იყო.

<sup>1</sup> პარიკუტინი ვულკანის მეზობელი პატარა სოფლის სახელია.

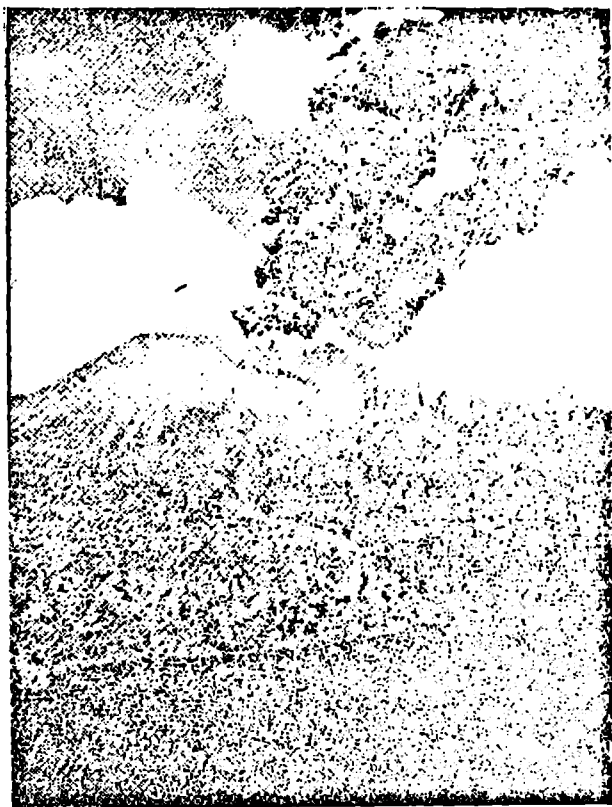
ლორდის კონუსი საკმაოდ გაზრდილი იყო, რომ კრატერიდან ლავაც წამოვიდა. წარმოიშობოდა ლავის ნაკადები, რომლებიც ადრინდელი ხევეების კვალს მიჰყვებოდნენ. უდიდესი მათგანის განი კილომეტრნახევრამდე არის და სიგრძე 10 კმ. ლავის ნელი მოძრაობის პროცესში ნაკადის ფრონტი ცივდებოდა და შეარდებოდა. უკანიდან მოწოლილი ჯერ კიდევ მდნარი ლავა ამ ახალგამტკიცე.



სურ. 210. ვულკანი პარიკუტინი 1943 წელს, სულ რამდენიმე თვის მოქმედების შემდეგ.

ბულ ქანს ამსხვრივდა და წინ მიეხვეტებოდა. წარმოიშობოდა ქაოსური ლორდის ბუნებრივი ჩებირი, რომლის უკან ზოგან დროებითი ლავის ტბა გუბდებოდა (სურ. 211). ერთი მეზობელი პატარა ქალაქი მთლიანად ლავამ დაჰფარა და დღეს იქ მხოლოდ სამრეკლოს კოშკი და სხვა ასეთები ჩანს ლავიდან და ლორდიდან ამოჩრილი. ლავის გადმოდინება დროგამოშვებით ხდებოდა, ხოლო გადმოდინებათა შუა კვირეები და თვეები გადიოდა, წინა ნაკადი ახალის წარმოშობის დროს უკვე გაცივებული იყო და ხშირად ნაკადი ნაკადზედ არის გაშლილი. ვულკანის მთელი გარემო ფერფლით და სხვა კლასტიური მასალით არის დაფარული. მარცვალი და ფენის სისქე მით უფრო დიდია, რაც უფრო ახლოა ვულკანთან.

პარიკუტინმა 9 წელიწადს ემოქმედა და დღეს ჩამქრალი არის. მთელი კუთხე მრავალი ასეთივე ჩამქრალი ვულკანით არის მოფენილი. ფიქრობენ, რომ გაივლის დრო, ეგებ საუკუნეები, და აქვე მეზობლად სადმე ახალი ვულკანი იჩენს თავს, როგორც ყოჩაღლოსა და პარიკუტინის შემთხვევაში.



სურ. 211. პარიკუტინი. — ლოდური ლავის ნაკადი, რომელმაც ერთი პატარა სოფელი მთლიანად დამარხა.

ვულკანის წარმოსახვის მესამე დღესვე პარიკუტინს სპეცი-  
ალისტები მოაწყდნენ. დაარსდა ვულკანური სადგური. წარმოებდა  
ინტენსიური კვლევა ყველა დღეს მისაწვდომი მეთოდით და მრავალი  
საკითხი ახლებურად გაშუქდა და ზოგჯერ გადაწყდა კიდევ.

ვულკანური აპარატის და ვულკანური მოქმედების ტიპები. ზემოთ აწერილი შემთხვევები ვულკანური აპარატის და ვულკანის მოქმედების კერძო მაგალითებს წარმოადგენენ მხოლოდ. სინამდვილეში ვულკანების სხვადასხვაობა ბევრად უფრო დიდი არის და ამის მიხედვით მთელ რიგ ტიპებს გამოჰყოფენ.

თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვეზუვის, პარიკუტინის და მისთანათა შემთხვევაში ვულკანური პროდუქტები გარკვეულ ცენტრში ამოდიან ზედაპირზე და აქედან ვრცელდებიან მეტად ან ნაკლებად შორს. გარდა ჩამოთვლილებისა, ასეთია დღეს კლიუჩევსკაია სოპკა კამჩატკაზე, ფუძიიამა იაპონიაში, კილიმანჯარო აფრიკაში, ჩიმბორაზო ამერიკაში და სხვა მრავალი. ასეთივეა ჩამქრალი ვულკანები: იალბუზი, მყინვარწვერი, არარატი. მათ ცენტრულ ვულკანებს უწოდებენ. ამათ გვერდით არის შემთხვევები, როდესაც ლავა მეტად თუ ნაკლებად გრძელ ნაპრალს მოჰყვება და ანოდის ზედაპირზე. ეს არის ნაპრალური ვულკანები. დღეს ასეთები ცნობილი არის ისლანდზე. ამომყვანი ნაპრალი ლავით არის ხოლმე გადაფარული. მაგრამ მის მდებარეობას ნათელჰყოფს ხაზობრივად განლაგებული ლავის კონუსებრივი ბორცვები (სურ. 212).

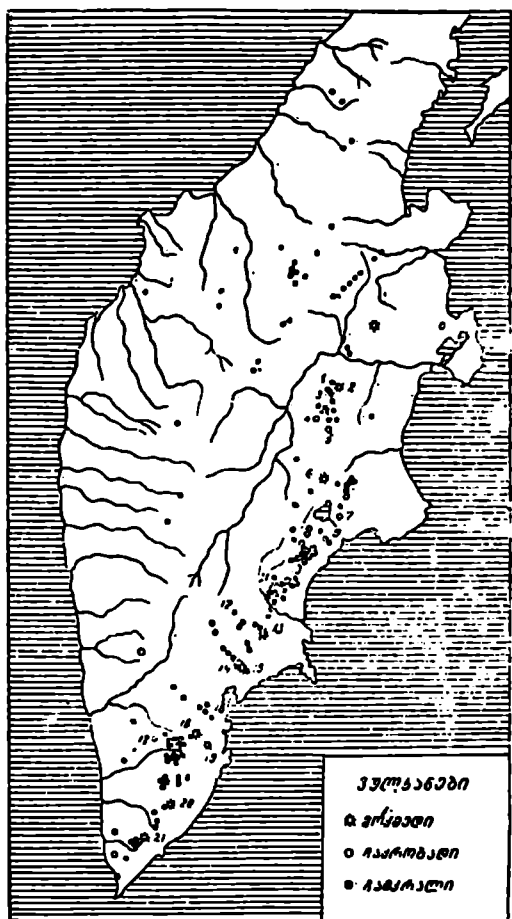


სურ. 212. ხაზობრივად განლაგებული ვულკანური ბორცვულები. ისლანდი. ბორცვულები ვულკანურ აქტივობასთან არიან დაკავშირებული და მათი განლაგება ლავას ქვეშ მდებარე ნაპრალს უნდა მიჰყვებოდეს.

ცენტრალური ვულკანების ჭკუფი ბევრად უფრო ნაირგვარია. ჰავაიურ ტიპს მიაკუთვნებენ ვულკანებს, როგორც მაუნალოაა. ეს ვულკანი ჰავაიის არქიპელაგის მთავარ კუნძულზე მდებარეობს (სურ. 214). მისთვის აფეთქება უცხოა. კრატერში მსხურვალე (1300°) ლავა დგას ტბისებურად, მშვიდად. ლავის დონე ხან აიწევს ნელნელ და ხან ძირს დაიწვევს ისე, რომ ზოგჯერ კრატერის ფსკერი გაშიშვლდება კიდევ. თუ, პირიქით, კრატერის პირამდე მიაღწია, გარეთ გადმოდინდება და ლავის ნაკადს წარმოშობს. ლავა ბაზალტურია და ძლიერ დენადი, მდინარესავით. ვულკანური აპარატი მთლიანად მყარი ლავისაგან შედგება და ფართოდ გაშლილ ვულ-



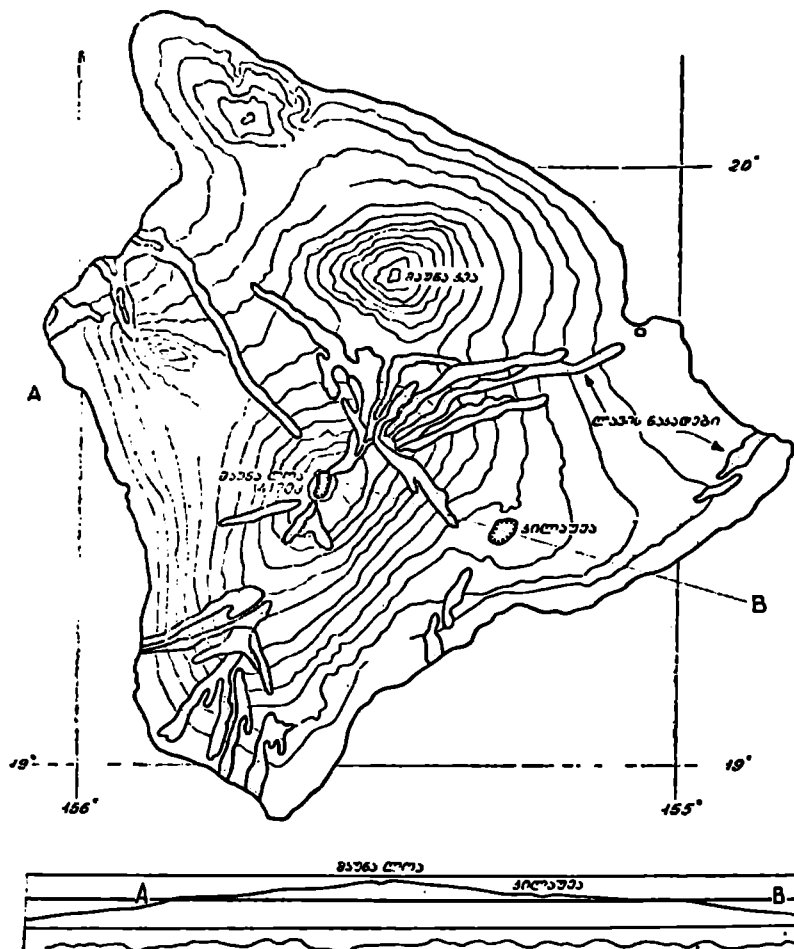
კანურ ფარს წარმოადგენს. მის სუსტად დაქანებულ ფერდზედ არის მოთავსებული პარაზიტული ვულკანი კილაუეა. არ არის არც ბომბები, არც ლაპილი და ფერფლი. გაზები ამ ლავაში შე-



სურ. 213. კამჩატკის ვულკანები.  
 ჩანს ცალკეული ჯგუფების ხაზობრივი განლაგება.

დარებით ცოტაა და აქ-იქ ლავის ტბის ზედაპირზე რამდენიმე ათეული მეტრის სიმაღლე შადრევნებს წარმოშობენ. არის ლავის შადრევნებიც. ხოლო როდესაც ლავის ნაკადი ვითარდება და

ბექობზე გადადის, ჩნდება ლავის ჩაჩქერი (სურ. 216). შადრენის მიერ გასროლილი ლავის შხეფები ზოგჯერ ძაფივით წაწვდილ მინად ცივდებიან. ამას უწოდეს პელეს თმები<sup>1</sup>.



სურ. 214. ეულკანები მაუნალოა, მაუნაქეა, კილაუა და სხ. პავაიის არქიპელაგი, კუნძული პავაიი. ქვევით მოცემული ჰიპსოგრაფიულ მრუდ AB-ს გასწვრივ ჩანს ეულკანის დიდი სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან.

<sup>1</sup> „პელე“ ბერძნული მითოლოგიის გმირია.

სტრომბოლიური ტიპის წარმომადგენელია ვულკანი სტრომბოლი ლიპარიულ კუნძულებზე სიცილიის ჩრდილოეთით (სურ. 217). სტრომბოლი მაღალი კონუსია, რომლის მწვერვალზე



სურ. 215. ლავის ტბა მუნა ლოს კრატერში.

მოთავსებული კრატერი თითქმის უწყვეტად, მაგრამ რიტმიულად ისერის მალლა ლავის ნაწყვეტებს და წინწყლებს, რომელნიც უკან ცვივიან ბომბებრსა და ლაპილის სახით. ლავა ფუძეა, მაგრამ რამდენადმე უფრო ბლანტი, ვიდრე მუნალოას. ამიტომ გაზები ისევე თავისუფლად ვერ გამოიყოფიან, მაგრამ ვერც იმდენი გროვდება. რომ დიდი აფეთქება გამოიწვიონ. ვულკანი სუსტად, მაგრამ გამუდმებით ფეთქავს.

ვეზუვის ტიპისთვის სწორედ უფრო ბლანტი მკავე ლავა არის დამახასიათებელი. ამოფრქვევის ბოლოს ლავა და ლავის ბრეჭჩია საცობივით ამოავსებს ვულკანის ყელს და ჰკეტავს მას. გაზები ზევით ველარ ამოდიან და სიღრმეში გროვდებიან თანდათან. ვითარდება უზარმაზარი წნევა. ბოლოს უკანასკნელი ისეთ ზომამდე მიაღწევს, რომ აფეთქებას იწვევს. ვულკანის ყელის სა-

ცობი ჰაერში გაიტყორცნება და ზოგჯერ კონუსის დიდი ნაწილიც — წარმოიშობა კალდერა. ვეზუვისებურ ვულკანებს ახასიათებს ძლიერი აფეთქებები და მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი წმვიდი ინტერვალები აფეთქებათა შუა, — მოქმედება ეპიზოდურია.

ვეზუვის ტიპის უციდურეს ჯგუფს ეკუთვნის ვულკანი ვულკანო ლიპარის კუნძულებზე. ლავა აქ კიდევ უფრო მეავე და ბლანტია და სიმშვიდის პერიოდები უფრო ხანგრძლივი. ლავის ნაკადებს ეს ვულკანი არ იძლევა, — მხოლოდ პიროკლასტურ მასალას.



სურ. 216. ლავის ჩაჩქერი.

კიდევ უფრო თავისებურია მონპელეს ტიპი, რომლის სახელი მომდინარეობს კუნძულ იამაიკის (მცირე ანტილები) ვულკანის მონ-პელესგან. ამ ვულკანის აფეთქება, 1902 წ. მომხდარი, რომელმაც 30 000 ადამიანი იშახვერპლა, ფართოდ არის ცნობილი. ნრავალი წლის მანძილზე სრული სიმშვიდის შემდეგ ვულკანმა უეცრად იფეთქა. გამოტყორცნილ იქნა ორთქლის და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა, თანაც ეს მასა ვერტიკალურად კი არ მოძრაობდა ზევითკენ, როგორც ჩვეულებრივ ხდება, არამედ გან-

ზე მიმართული იყო. ორთქლისა და გაზის ნაკადი დატვირთული იყო ფერფლით. მტკრით და სხვა ასეთი მასალით. ეს „მგზნებარე ბური“ (nuées ardentes), რომლის ტემპერატურა 800°-მდე იყო, გრიგალისებურ დაეშვა ვულკანის ფერდზე და ყველაფერს



სურ. 217. ვულკანი სტრომბოლი.

ანადგურებდა (სურ. 218). ძვრების ძალა ისეთი იყო, რომ რამდენიმე ტონის სიმძიმე საგნებს მიწასა სწყვეტდა და გადაისროდა, ხეებს ამტვრევდა და ცეცხლს უჩენდა, მზე საესეებით დააბნელა. მონ-პელეს წინ ზღვის პირას მდებარეობდა პატარა ქალაქი სან-პიერი. საშინელი ნაკადი სწორედ იქეთკენ მიჰქროდა საოცარი სიჩქარით. რანდენიმე წუთში ქალაქი ნანგრევებად იქცა. მცხოვრებთაგან ცოცხალი არავინ დარჩენილა.

მონ-პელეს ლავა არ წარმოუდინებია. მხოლოდ პაროქსიზმის ბოლოს მწვერვალი სადგისივით გაჰკვეთა უკვე გამყარებულმა ანდეზიტის სოლმა. ეს ქვის სამსკვალა ნელა და ნელა მიიწვედა ზევით და ბოლოს რამდენიმე ასი მეტრის სიმაღლეს მიაღწია (სურ. 219), თანაც ინგრეოდა და დღეს მისგან თითქმის არა დარჩენილა რა.

ძლიერ ჰგავს მონპელეს 1912 წლის დიდი აფეთქებით ცნობილი ვულკანი კატმაი, რომლის ფერფლია უზარმაზარი ფართობი დაჰყარა ალასკაში.

დასასრულ, ამავე ტიპს შეიძლება მიეკუთვნოს ზონდის სრუტის ვულკანი კ რ ა კ ა ტ ო ა. ეს ვულკანი ზღვაში მდებარეობს და



სურ. 218. მონპელეს ამოფრქვევა 1902 წელს. გაფარვარებული გაზების და ვულკანური მტერის ბუქი საშინელი სიჩქარით მიეჩანება ქალაქ სენ-პიერისა და ზღვისკენ.

ძველად ერთ ვულკანურ კუნძულს წარმოადგენდა. უკვე იმ დროს მომხდარიყო, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს, საოცარი აფეთქება, რომელსაც კუნძულის დიდი ნაწილი მოეგლიჯა და აღრინდელი ერთისაგან სამი ჰატარა ანდეზიტური კუნძული დარჩენი-

ლიყო. შემდეგ ანდეზიტური და ბაზალტური ლავების ამოფრქვევებს ერთი ამ კუნძულთაგანი საგრძნობლად გაეზარდათ ისევ. სიმაღლით 600 მეტრამდე.

ასეთი იყო მდგომარეობა, როდესაც ორასი წლის სიმშვიდის შემდეგ 1882 წელს კრაკატოამ საშინელი აფეთქება განიცადა. ადგილზე დამსწრე არავინ ყოფილა, მაგრამ ხმამ სინგაპურამდე და



სურ. 219. მონპელეს სოღა.

ავსტრალიამდე მიადწია. მთავარი კუნძულის უმეტესი ნაწილი, წყალზევითი და ნაწილობრივ წყალქვევითიც, ჰაერში იქნა გასროლილი და ეს ადგილი ზღვამ დაჰფარა, ზოგან 300 მეტრის სიღრმემ. კაცის თავის ოდენა ქვები 20 კმ-ზე იქნა გადასროლილი და მუქისოდენები — 40 კმ-ზე. ზევითკენ ატმოსფეროში წმინდა მტვერმა 70—80 კმ სიმაღლეს მიადწია. ეს მტვერი 4-ოდე წელიწადს შერჩა ჰაერში და ჰაერის დინებათა მეოხებით რამდენიმეჯერ შემოუარა მთელ მიწას. ამ დროის განმავლობაში აისის და დაისის

ცა ევროპასა და ამერიკაშიც თავისებურად იყო შეფერილი, როგორც მტკრიანმა ჰაერმა იცის. აფეთქებას მოჰყვა ზღვის დიდი ტალღა (ცუნამი) და 36.000 კაცის დაღუპვა მახლობელ კუნძულებზე.

კრაკატოას ამ ამოფრქვევას ლავა არ მოუცია. ეს იყო მხოლოდ ორთქლგაზის აფეთქება. ამოსროლილი მასალა მთლიანად ადრინდელი ქანების, ვულკანურისა და დანალექის, ნამსხვრევებს წარმოადგენდა და უზარმაზარ ფართობზე გაიშალა. მის მოცულობას 18 კუბურ კილომეტრს ანგარიშობენ.

ყველა აწერილ შემთხვევაში ვულკანის მოქმედება წყვეტილი, ეპიზოდური არის. თვით მათუნა ლოას კრატერიში ლავა, მართალია, თითქმის მუდამ დგას, მაგრამ მისი გადმოღინება მხოლოდ დროდადრო ხდება. სტრომბოლიც თითქმის უწყვეტლივ მოქმედებს, მაგრამ მოქმედების ინტენსივობა ცვალებადი არის. რაც შეეხება ვეზუვის ან მონ-პელეს ტიპის ვულკანებს, ისინი ამოფრქვევის შემდეგ წლობით, ათეულ წლობით და ხშირად საუკუნეების მანძილზე უმოქმედო არიან. ამაზედ იტყვიან, ვულკანი შესვენებული არისო, და იგი მოქმედად ითვლება.

მაგრამ მოხდება, რომ ვულკანი სრულიად და საბოლოოდ შესწყვეტს მოქმედებას. ეს იქნება ჩამქრალი ვულკანი. ვულკანების ჩაქრობა საეჭვო არ არის. გეოლოგები იცნობენ ვულკანებს, რომელთაც ასეული მილიონი წლის აქეთ აღარ უმოქმედნიათ, მაგრამ გეოლოგაურად ახალგაზრდა ვულკანის შემთხვევაში ძნელია ჩამქრალის და შესვენებულის გარჩევა, რადგან შესვენება შეიძლება ძლიერ ხანგრძლივიც იყოს და სხვა რამ ნიშანი, ჩაქრობის დამახასიათებელი, არ ვიცით. ვეზუვი ორი-სამი ათასი წლის მანძილზე მაინც უმოქმედო იყო და 79 წელს მოულოდნელად გაიღვიძა. მეორე მხრით, არის ვულკანები, რომელნიც ერთხელ იფეთქებენ და მყისვე ჩაქრებიან. ასეთებად სთვლიან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ღიატრემებს და მარებს.

პოსტვულკანური მოვლენები. ვულკანის მოქმედების შეჩერება, დროებითი თუ საბოლოო, უეცარი არ არის. გაივლის წლები, ზოგჯერ საუკუნეები, და მისი კრატერიდან, ფერდებიდან თუ კალთებიდან ვულკანური გაზების და ორთქლის გამოყოფა გრძელდება. ამ მოვლენებს პოსტვულკანურს<sup>1</sup> ანუ ვულკანურის მომყოფს უწოდებენ.

<sup>1</sup> Post, ლათ.—შემდეგ.



ორთქლ-გაზის ამოღინება ბზარებიდან და ნაპრალეებიდან ხდება, თითქოს მიწას ოზშივარი ასდისო. ზოგჯერ მოღინება წნევიანია და წარმოშობს გაზის შადრევანს, რომლის სიმაღლე ათეული მეტრები შეიძლება იყოს. ტემპერატურაც მეტ-ნაკლებად მაღალი არის. თუ ეს ტემპერატურა 180°-ს აღემატება, გაზის ნაკადს ფუ-მაროლს<sup>1</sup> უწოდებენ. 180°-დან 100°-მდე სოლფატარა<sup>2</sup> იქნება, ხოლო 100° ქვევით — მოფეტო<sup>3</sup>.

გაზების შედგენილობა ძლიერ განსხვავებულია სხვადასხვა ადგილებში. მთავარი ყველგან წყლის ორთქლი არის. კილაუეაზე ის შეადგენს 68,2%, ჰავაიის სხვა ვულკანებზე—80%-მდე, ხოლო ჩრდილო ამერიკაში არის ადგილი, სადაც 99%-მდეც აღწევს. წყლის გვერდით აღსანიშნავია ვოგირდი, ნატრიუმის, რკინის, სპილენძის, თუთიის ქლორიდები, რკინის და სპილენძის ქანგები, ბორის მჟავა, ვოგირდიანი დარიშხანი, კინოვარი (სინგური), ტუტე მეტალების და ამონიუმის მარილები და სხ. მიმდინარეობს ამ ნივთიერებათა სუბლიმაცია, ე. ი. გაზობრივი მდგომარეობიდან პირდაპირ მყარში გადასვლა გათხევადების გვერდის ავლით.

ბუნებრივია, რომ ვულკანის ამოფრქვევის შეწყვეტის შემდეგ პირველ ხანად ფუმაროლური აქტივობა ჰარბობს, შემდეგ—სოლფატარები და ბოლოს მოფეტები. ასე რომ მოფეტური სტადია პოსტვულკანური პროცესის ბოლოს მოასწავებს.

გაზებზე არანაკლებ დამახასიათებელია პოსტვულკანური დროისთვის ცხელი წყაროები ანუ თერმები, რომლებიც კიდევ უფრო გვიანამდე რჩებიან. თერმებში სხვადასხვა ნივთიერება არის გახსნილი და ილექება კიდევ ზედაპირზე ან მიწაშივე.

გაზები და წყალი ვულკანიდან მარტო ზედაპირზე როდი ამოდიან. ეს მხოლოდ უფრო თვალსაჩინო, მაგრამ მეორეხარისხოვანი მოვლენა არის. უფრო მნიშვნელოვანია გაზების და წყლის დიდი რაოდენობა, რომელიც ვულკანიდან შემცველ ქანებში გადადის და იქ ბზარებსა და პორებში მოძრაობს მეტნაკლებად შორამდე. ასეთ პირობებში ქანის ზოგი მინერალი იხსნება და გაიტანება ან მას რომელიმე შემადგენელი გამოეყოფა. წარმოიშობა ახალი ნაერთები და მინერალები, ქანი თანდათან იცვლის სახეს. პროცესი დამოკიდებულია არამარტო გაზების და წყლის (ხსნარის) შემადგენ-

<sup>1</sup> იტალიური fumarola, ლათინურიდან fumare — კვამლვა.

<sup>2</sup> Solfatara, იტალ. — ვოგირდიანი გაზების სასულე.

<sup>3</sup> Mofette ფრანგ. — საწყისი უცნობია.

ლობაზე არამედ ტემპერატურასა და წნევაზედაც და შეიძლება დიდ მანძილზე გავრცელდეს თუ გარდაქმნას გაზები აწარმოებენ, მას პ ნ ე უ მ ა ტ ო ლ ი ზ უ რ ი<sup>1</sup> ჰქვია, თუ ცხელი წყალი — ჰ ი დ რ ო თ ე რ მ უ ლ ი<sup>2</sup>.

თერმების თავისებურ საქესხვაობას წარმოადგენენ დენაპერიოდული ცხელა წყაროები ანუ გეიზერები.

გეიზერები პირველად ისლანდში შეიქმნენ ცნობილი და სიტყვა გეიზერიც იქაურია. შემდეგ ასეთი წყაროები დადასტურებულ იქნენ ახალ ზელანდში, ჩრდილო ამერიკის შეერთებულ შტატებში (იელოუსტონის ნაკრძალი) და სხვაგან. ორი-სამი ათეული ასეთი წყარო არის საბჭოთა კავშირშიც კამჩატკაზე. ყველგან გეიზერების გავრცელება ახალგაზრდა, მოქმედი ან ახლო წარსულში ჩამქრალი ვულკანიზმის მხარეებთან არის დაკავშირებული.

ეს არის ცხელი წყარო, რომლის სადინებელი მილი ზედაპირზე ჩვეულებრივ ჯამისებური ჩაღრმავებით თავდება. შიგ დგას წყალი, რომელიც მშვიდად გადმოიღინება და ზოგ გეიზერში შეიძლება უძრავიც იყოს. ეს სასულე და უშუალოდ მიმდებარე მიწის ზედაპირი ირგვლივ გადაფარულია სილიციუმორქანგის ტუფით (გეიზერით), რომელსაც გეიზერის წყალი ლექავს. წყლის ტემპერატურა აქ დაახლოებით 90—95° არის, ყოველ შემთხვევაში დუდილის წერტილზე დაბალი. ქვევით სიღრმეში წყალი უფრო და უფრო ცხელია, შეიძლება ტემპერატურამ 120° და მეტსაც მიაღწიოს, მაგრამ დუდილი არც იქ არის. რადგან თავზე მოქცეული წყლის სვეტის დაწოლის გამო დუდილის წერტილი იქ კიდევ უფრო მაღალია.

მაგრამ წყლის ტემპერატურა უცვლელი როდი არის. ქვევიდან მონადინები უფრო ცხელი წყლის გავლენით იგი თანდათან მატულობს და ბოლოს ამ მაღალ დუდილის წერტილსაც მიაღწევს. დაიწყება დუდილი და სასულედან ორთქლისა და წყლის შადრევანი იფეთქებს. შადრევანის სიმალლე შეიძლება სანტიმეტრებით იზომებოდეს, მაგრამ ხშირად ათეულ მეტრებს აღწევს. აღნიშნავენ 50—60 მეტრს და მეტსაც (სურ. 220). შადრევანი ერთხანს იმოქმედებს, მაგრამ ბოლოს შეწყდება და დაიწყება ისევ მშვიდი პერიოდი.

1 „პნეუმა“, ბერძნ. ამოსუნთქვა; „ლიზის“ — გახსნა, დაშლა.

2 „ჰიდრო“, ბერძნ. წყალი, „თერმე“—სითბო; თბილი წყაროები.

მოვლენათა ასეთი მორიგეობა საერთოდ საკმაოდ რეგულარული არის. მაგრამ სხვადასხვა გეიზერის უმთხიოაში სიმშვიდეს

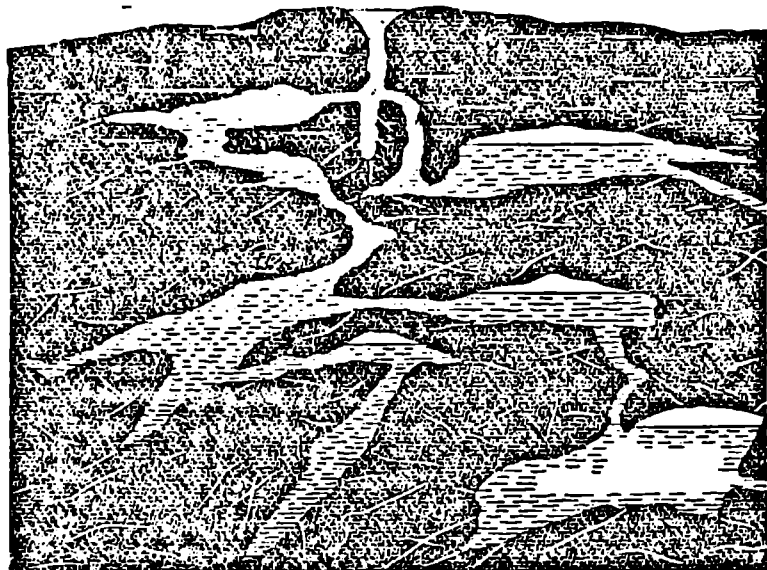


სურ. 220. გეიზერი მოქმედების დროს.  
ჩრდილო ამერიკა.

პერიოდი შეიძლება გრძელდებოდეს წუთები, საათები, დღეები და თვეებიც კი. ცვალებადია შადრეუნის ხანგრძლივობაც.

გეიზერების თავისებური ხასიათის ახსნამ გასაგები უნდა გახადოს: ა) შადრევნის შესაძლებლობა და მექანიზმი; ბ) მოვლენის პერიოდულობა; გ) საჭირო ენერგიის წყარო. დღეს პასუხს ამ კითხვებზე შემდეგნაირად წარმოგვიდგენენ:

იმისათვის რომ წყარომ შადრევანი მოგვეცეს, საჭიროა წყლის მოძრაობა, ბოლო ეტაპზე მაინც, ნაპრალები იყოს: პორებში მოძრავი წყალი შადრევნად ვერ იფეთქებს. ამავე დროს ნათელია,



სურ. 221. გეიზერის მოქმედების მექანიზმი (სქემა). მოცემულია ერთმანეთთან დაკავშირებული მიწასქვეშა ღრუები, რომლებშიც გროვდება წყალი, ხოლო წყალს ზევით მომწყვდუნულა ორთქლი.

რომ ნაპრალი ზედაპირთან ვერტიკალური მილით უნდა ბოლოვდებოდეს: სხვაგვარად ვერც შადრევანი იქნება ვერტიკალური.

იმისათვის, რომ წყაროს მშვიდი დინება შადრევანმა შესცვალოს, საჭიროა წყლის მარაგი. მაშასადამე, წყლის გზაზე უნდა იყოს თავისუფალი ღრუ ან ღრუები, რომლებშიც წყლის მარაგის დაგროვება არის შესაძლებელი (სურ. 221), როგორც ეს სურათზეა ნაჩვენები.

ასახსნელი რჩება გეიზერის ფეთქება და მისი პერიოდული ბუნება. ეს ახსნა მოცემულ იქნა გასულ საუკუნეში ფიზიკოსის ტინდალის მიერ. მის მიხედვით იმ ღრუში თუ ღრუებში, რომელნიც მიწასქვეშ ცხელი წყლის გზაზე უნდა იყვნენ, შადრევნის მოქმედების შეწყვეტის შემდეგ იწყება წყლის დაგროვება. ღრუშივე წყლის თავზე მომწყვდელი არის ორთქლი და გაზი. ერთიც და მეორეც შეკუმშული არის წყლის წნევის შესაბამისად. ეს წნევა უდრის წყლის სვეტის წონას წყლის ზედაპირიდან ღრუში წყლის ზედაპირამდე გადმოსადინებელ სასულეში.

წყლის ტემპერატურა ღრუში, როგორც ვთქვით, 100°-ზე მაღალია, თუმცა წყალი არ დუღს, რადგან წნევის შესაბამისად დუდილის წერტილი უფრო მაღალი არის. მაგრამ ქვევიდან უფრო მაღალი ტემპერატურის მქონე წყალი მოდის და ღრუშიც ტემპერატურა თანდათან ზევით იწევს. ბოლოს წყლის ტემპერატურა წნევის შესატყვის დუდილის წერტილს მიაღწევს. ახლა წყალი მშვიდ დუდილს იწყებს. გამოყოფილი ორთქლის წნევა მილში დინებას ააჩქარებს. ამის გამო ღრუში წნევა დაიკლებს, დაიკლებს შესაბამისად დუდილის ტემპერატურაც და წყლის ტემპერატურა ღრუში დუდილის წერტილს ზევით აღმოჩნდება. წყალი ზეგამთბარი გახდება. ასეთ პირობებში დუდილი უეცარმა ორთქლებამ უნდა შესცვალოს. მოხდება აფეთქება და წარმოიშობა ორთქლისა და წყლის შადრევანი.

აორთქლება, ნელი თუ ჩქარი, სითბოს მოითხოვს. ამ სითბოს მიწოდება წყლის ხარჯზე ხდება. წყალი ღრუში და მილში გრილდება. ამავე დროს ჰაერში მოძრაობისას გაცივებული შადრევნის წყალიც ნაწილობრივ უკანვე ეცემა სასულეში — ესეც მილში ტემპერატურის დაწევას იწვევს. მალე ტემპერატურა მილშიც და ღრუშიც დუდილის წერტილს ქვევით დაეცემა და შადრევანი შეწყდება. დაიწყება ისევ წყლის ნელ-ნელი დაგროვება ღრუში, თან მისი გათბობა და ა. შ.

როგორც ვხედავთ, გეიზერის მოქმედებისათვის საჭირო ენერგიის მიწოდება წყლის სითბოს სახით ხდება. წყალს კი ამ სითბოს ვულკანური კერის სიახლოე აძლევს. ეს აკავშირებს გეიზერებს ვულკანიზმთან.

გეიზერების წყალი სხვადასხვა ნივთიერებას შეიცავს. გახსნილს. ზედაპირზე ამოსვლისას გაზების დაკარგვის გამო წყლის გახსნილი უნარი მცირდება და ქიმიური დალექვა იწყება. ამგვარად

წარმოიშობა წყაროს ნაღინებზე თავისებური კაუოვანი მყარი  
ზრკე — გეიზერიტა.

პოსტულკანურ მოვლენებს მიეკუთვნება აგრეთვე ტალახის  
ვულკანების ანუ სალსების<sup>1</sup> დიდი ნაწილი. ეს  
არის ძირითადად მარილიანი წყლის და თიხის ტალახი, სუსტად  
გაზიანი, რომელიც ჩვეულებრივ მშვიდად გამოდის პატარა თიხის-  
საყე კონუსიდან. ზოგჯერ სუსტი აფეთქებაც ხდება.



სურ. 222. გეიზერიტის ნალექი გეიზერის წყლის ნაღინარზე.

ამ ტალახის ვულკანებში არ უნდა ავრიოთ კავკასიაში (აფ-  
შეკონის და ტამანის ნახევარკუნძულები, ბაქოს მიდამოები) და  
ყარიმში ფართოდ გავრცელებული და კარგად ცნობილი ტალახის  
ვულკანები. უკანასკნელებს ვულკანიზმთან საერთო არაფერი აქვთ  
და დაკავშირებული არიან ძირითადად ნავთობის საბადოებთან.  
უნდად არის თერმები, გეიზერები და სალსები კამჩატკაზე.

ზღვასქვეშა ვულკანიზმი. ვულკანებს გეოლოგი ხმელეთზე  
ვცნობა, — კონტინენტებზე ან კუნძულებზე. მაგრამ უეჭველად არის  
შემთხვევები, როდესაც ვულკანის მოქმედება წყალქვეშ, ზღვის  
ფსკერზე მიმდინარეობს. ასეთი ზღვასქვეშა ვულკანების არსებო-

<sup>1</sup> Salsus, ლათ. — მარილიანი.

ბას მოწმობს ვულკანური კუნძულები, რომელთა ზრდა ფსკერიდან, ხშირად დიდი სიღრმიდან უნდა დაწყებულიყო, როგორც, მაგალითად, ჰავაიის კუნძულების შემთხვევაში. მეორე საბუთს გეოლოგიური წარსულის დოკუმენტები იძლევიან: ხშირია შემთხვევები, როდესაც ლავის ნაკადები და ზეწრები ზღვიურ ნალექებთან შორიგეობენ და თან იმდროინდელი ნაპირისგან დაშორებით.

არის მაგალითები, თუმცა იშვიათი, როდესაც ადამიანი წყალქვეშა ამოფრქვევის უშუალო მოწამეც გამხდარა. კერძოდ, ასე იყო, როდესაც 1831 წ. ხმელთაშუა ზღვაში სიცილიასა და აფრიკას შუა პატარა ვულკანური კუნძული ამოიშრათა და 120 მ სიმაღლეს მიაღწია, მაგრამ მალევე აბრაზიის მსხვერპლი გახდა და წყლით დაიფარა. ინგლისელმა მეზღვაურებმა იქ თავისი დროშა ამართეს, დაეპატრონენ, როგორც აღმომჩენები, მაგრამ, შემდეგ რომ მოვიდნენ, კუნძული აღარსად იყო. ასეთი შემთხვევა რამდენიმე სხვაც არის ცნობილი წყნარ ოკეანეში, ბერინგის ზღვაში და სხვაგან.

ზღვასქვეშა ვულკანიზმის შემთხვევაში ლავის და კლასტიური მასალის გაცივება უფრო ჩქარია და ქანის განვითარებაც თავისებური გზით მიმდინარეობს. ზღვის მარილების გავლენით წარმოიშობა სპეციფიური მინერალები, რომელნიც ქანს დამახასიათებელ იერს აძლევენ. ამ რთულსა და მრავალი მხრით საყურადღებო მოვლენას ჰალმიროლიზს უწოდებენ. კერძოდ, ჰალმიროლიზი დიდ როლს ასრულებს ბენტონიტური თიხების განვითარებაში, როგორიც არის წყალტუბოს გუმბრინი, გურიის ასკანიტი და სხ.

ვულკანური აპარატის დენუდაცია მის ზრდასთან ერთად იწყება და ამ მუშაობას იმთავითვე თვით ვულკანიც აწარმოებს. თუ ამოფრქვევის დროს კლასტიური მასალა და ლავის ნაკადები ვულკანის კონუსს ზრდიან, მეორე მხრით, იგივე ძალები კონუსის ნგრევასაც იწვევენ და ზოგჯერ მთელ კონუსსაც გაისერიან ჰაერში. ამით აიხსნება, რომ კონუსის სიმაღლე მუდამ იცვლება, ხან მეტია, ხან ნაკლები. ვეზუვის სიმაღლე 1749 წელს იყო 1014 მ, 1822 წ.— 1242 მ, 1832 წ.— 1184 მ, 1845 წ.— 1202 მ, 1868 წ.— 1268 მ და 1900 წ.— 1350 მ.

ისევ ამოფრქვევებს მეორე მოვლენაც ახლავს: კონუსის ფერდებზე დაგროვილი პიროკლასტიური მასალა — ბომბები, ლაპილი, ქვიშა და ფერფლი — ხშირად არაწონასწორ მდგომარეობაში აღმოჩნდება ხოლმე და წარმოიშობა ზეავ-მეწყრები. ისინი ფერდო-

ბებს მიჰყვებიან რადიალურად ყველა მიმართულებით და ვულკანის ფხვიერ საფარში მეტნაკლებად ღრმა ხეობისებურ ხრამებს ჰკვეთენ. ამ ხეობებს თუ ხრამებს ბ ა რ ა ნ კ ო ს ე ბ ს<sup>1</sup> უწოდებენ. შემდეგ ამავე გაშვადებულ გზებს წყალი გაჰყვება და იწყება ეროზია. ამგვარად, წარმოიშობა თავისებური პიდროგრაფიული ქსელი, როდესაც ხევეები ერთი ცენტრიდან გამოდიან და სხვადასხვა მხარისაკენ მიემართებიან რადიალურად. სურათი განსაკუთრებით უცნაური ჩანს, როდესაც ვულკანი უკვე ჩამქრალია და ეროზიას პირვანდელი კონუსი ფუძემდე წაურეცხია. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ კანტალი ცენტრულ საფრანგეთში.



სურ. 223. ბ ა რ ა ნ კ ო ს ე ბ ი. არგად ჩანს მათი რადიალური განლაგება დაქანების მიხედვით.

რადგან ვულკანის სხეული ძლიერ განსხვავებული ქანებისაგან შედგება, ლავიდან დაწყებული ფერფლამდე, ეროზია ხშირად ძლიერ ქაოტურ კლდე-ღრეს წარმოქმნის. როდესაც კონუსი მთლიანად წარეცხილი არის, აღრინდელი ვულკანის არსებობას რელიეფში აღარაფერი გამოხატავს. მხოლოდ იქ, სადაც ვულკანის ყელი იყო, დარჩება შემცველ ქანებში, დანალექში თუ მაგმურში, შექრილი შევული ნეკი. ნაპრალები ვულკანის შემთხვევაში ამის ნაცვლად მივიღებთ მეტად თუ ნაკლებად გრძელ დაიკს. თუ შემცველი ქანი ნაკლებ გამძლეა ეროზიის მიმართ, ვიდრე დაიკის

<sup>1</sup> Barrancos, ესპან. — იგივე მნიშვნელობა.



ან ნეკის ქანი, უკანასკნელები ზედაპირზე ამოჩრილი დარჩებიან ერთხანს, პირველი კედლის სახით, მეორე — როგორც სვეტი.

საგულისხმოა ვულკანის დენუდაცია ზღვაში. ადრე უკვე ვნახეთ, როგორ წარმოიშობა აბრაზიის შედეგად თავკვეთილი გიოები. იმ შემთხვევაში კი, თუ აბრაზია და აფეთქებებთან დაკავშირებული ვულკანური დენუდაცია ერთად მიმდინარეობს, მოზრდილი ვულკანური კუნძულის ადგილას შეიძლება რამდენიმე პაწია კუნძული წარმოიშვას, სანამ ისინიც არ წაირეცხებიან. ამის ილუსტრაციას წარმოადგენს საბერძნეთის არქიპელაგში კუნძული სანტორინი.

ვულკანების გეოგრაფიული განაწილება. ალბათ არ არის მიწაზე, არც ხმელეთზე და ეგებ არც ზღვაში, ისეთი მხარე, რომ გეოლოგიურ წარსულში იქ ვულკანს არ ემოქმედოს. ხმელეთზე ამას მოწმობს ვულკანური წარმოშობის ქანების გავრცელება მიწის ქერქში. სად გნებავთ, რომ ისინი არ გვხვდებოდნენ რომელიმე დროს! მაგრამ გეოლოგიური დროის გარკვეულ მონაკვეთს თუ ავიღებთ, ვულკანიზმის გავრცელება კანონზომიერად ლოკალიზებული ჩანს. ასეთია, კერძოდ, მეოთხეულის და თანამედროვე ვულკანების ანუ ახალგაზრდა ვულკანების გავრცელება.

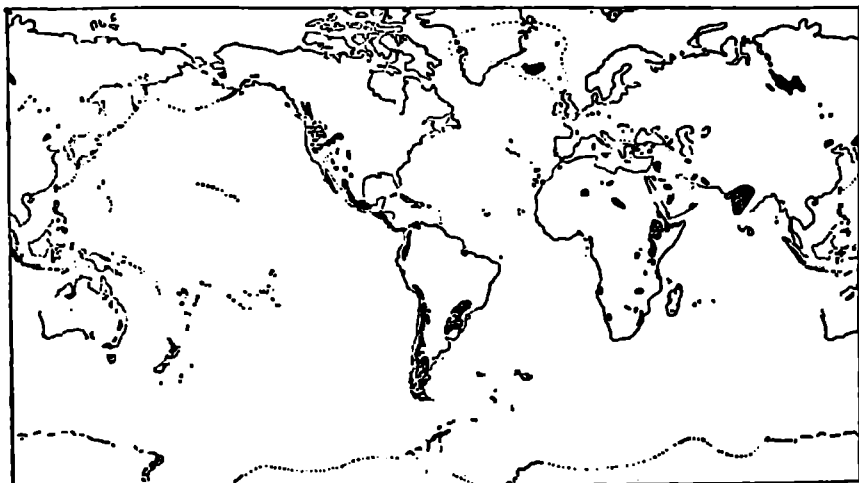
ახალგაზრდას რომ ვამბობთ, ეს ნიშნავს დღეს მოქმედ ვულკანებს და ისეთ ჩამქრალებსაც, რომელთა მოქმედება ახლო წარსულს (მეოთხეულს, პლიოცენს) ეკუთვნის, თუმცა ადამიანთა ხსოვნაში არ გამომჟღავნებულა. ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანებია: იალბუზი, მყინვარწყერი, არაგაცი სომხეთში, არარატი არაქსს გაღმა ოსნალეთში და სხვა. მშვენივრად დაცული ჩამქრალი კონუსების მწკრივი არის წალკა-ჯავახეთში აბული, სამსარი, თავკვეთილი და სხ.

მოქმედი ვულკანების რიცხვი მიწაზე არაერთხელ აღნუსხულა და დაახლოებით 500 არის, ამათგან 60—70 ზღვასქვეშა. ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანების რიცხვი რამდენიმეჯერ მეტია, ვიდრე მოქმედთა.

ამ ვულკანების განაწილება თანაბარი როდია და არც შემთხვევითი. უზარმაზარ ტერიტორიებზე, როგორიც არის ევროპული რუსეთი და მთელი ციმბირი კამჩატკის გამოკლებით, არც ერთი ვულკანი არ არის ცნობილი (სურ. 224). ასევეა ჩრდილო და სამ-

ზრული ამერიკის, აღმოსავლური და ჩრდილო აფრიკის მეტი წილი. ავსტრალია, ინდოეთი.

თითქმის ყველა ახალგაზრდა ვულკანები თავმოყრილი არიან ორ ვიწრო ზოლში. ერთი ზოლი გარს უვლის წყნარ ოკეანეს და ამის გამო მას წყნარი ოკეანის ცეცხლის რგოლს უწოდებენ; მეორე ხმელთაშუა ზღვის დასავლური კიდიდან იწყება, გადაივლის მცირე აზიასა და კავკასიაზე და ამ მიმართულებით მიაწყდება ბირმას და ინდოჩინეთს, საიდანაც უკავშირდება ხსენებულ



სურ. 224. ვულკანური გეოგრაფია. შავად აღნიშნულია მოქმედი და ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანები.

ცეცხლის რგოლს. ამ ორ ზოლს გარეშე ვულკანები იშვიათია. შეიძლება აღინიშნოს აღმოსავლური აფრიკის ვულკანები.

ცეცხლის რგოლის აზიური ნაწილი იწყება კამჩატკით, სადაც 80-მდე მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანი არის, რომელთაც ადგილობრივ სოპებს უწოდებენ. საყოველთაოდ ცნობილია კლიუჩევსკაია სოპკა. კამჩატკის ჯგუფს სამხრეთისკენ განაგრძობს კურილური კუნძულების, იაპონიის, ფილიპინების, ახალი გვინეის, სოლომონის კუნძულების, ახალი ჰებრიდების, ახალი ზელანდის ვულკანები. ოკეანის მეორე მხარეზე არიან ალუტური კუნძულების, სამხრული ალასკის, ჩრდილო ამერიკის კორდილიერების, ცენტრული ამერიკის, ანტილების და სამხრული ამერიკის ანდების მრავალრიცხოვანი ვულკანები. უკანასკნელების გაგრძელება წარმოდ-

გენილია სამხრული სანდვიჩების რკალით. ფიქრობენ, რომ ამ ორი ზოლის (ოკეანის აღმოსავლეთისა და დასავლეთის) შემაერთებელი და იმავე დროს რგოლის შემკვერელი ნაკვეთი ანტარქტისზე უნდა იყოს.

ცეცხლის რგოლში არის მოთავსებული ვულკანების დიდი უმრავლესობა (4/5-მდე), მაგრამ ვულკანების დიდი რიცხვი არის ხმელთაშუა ზღვის ზოლშიც. შეიქლება დავასახელოთ იტალიის (აპენინური ნახევარკუნძული, სიცილია, ლიპარული კუნძულები) და საბერძნეთის (იონიური და ეგეის ზღვების კუნძულები) ვულკანები, რომლებზედაც ზემოთ გვქონდა ლაპარაკი. მრავალია ჩამქრალი ვულკანი ცენტრულ საფრანგეთში, დასავლურ გერმანიაში, ჩეხეთში. კავკასიონზე უკვე აღენიშნეთ ჩამქრალი ვულკანები იალბუზი და მყინვარწვერი. ამათ გვერდით მთელი რიგი ჩამქრალი ვულკანი არის ამიერკავკასიაში. ოსმალეთში და ირანში ფართოდ არის ცნობილი აჩარატი, დემავენდი და სხვა. შემდეგ ერთ ხანს ხარვეზი არის, მაგრამ ზოლი ისევე გრძელდება ბირმაში და ინდოჩინეთში მიაწყდება ზონდის კუნძულების უაღრესად აქტიურ უბანს, სადაც წყნარი ოკეანის რგოლი და ხმელთაშუა ზღვის სარტყელი ერთმანეთს უკავშირდებიან.

თქმულიდან კარგად ჩანს ვულკანების გავრცელების მკაფიო ლოკალიზაცია, მაგრამ განსაკუთრებით საყურადღებო ის არის, რომ ეს გავრცელება ზუსტად ემთხვევა, როგორც შემდეგ დავინახავთ, ახალგაზრდა მთების გავრცელებას. მაშასადამე, სრული უფლება გვაქვს ვთქვათ, რომ ვულკანიზმი დაკავშირებულია მთების გავრცელებასთან.

მაგრამ ასე გამოთქმული ეს დებულება დაზუსტებას მოითხოვს. ურალის ქედზე ახალგაზრდა ვულკანები არსად არის. არც სკანდინავიის ქედზე. საქმე ის არის, რომ ეს არის ძველი ქედები, ჩამოთვლილი ვულკანები კი ახალგაზრდა ქედებთან არიან დაკავშირებული, ჯერ კიდევ განვითარების სტადიაში მყოფ ქედებთან. შემდეგ გადარეცხილან, თორემ შორეულ წარსულში ვულკანები მრავლად იყვნენ ურალზედაც და სხვა ძველ ქედებზეც. ვულკანიზმი დაკავშირებულია არა მთებთან თავისთავად, არამედ მთების წარმოშობასთან, ანუ ოროგენეზისთან. გეოლოგიური დაკვირვების ამ შედეგს დიდი მნიშვნელობა აქვს. იგი გვიჩვენებს, რომ მთების წარმოშობას და ვულკანიზმს საერთო მიზეზები უნდა იწვევდეს და ვულკანიზმის ბუნების კვლევისას ეს მხედველობაში უნდა გვქონდეს.

აღნიშნულ ზონებს გარეთ ახალგაზრდა ვულკანები იშვიათ მოვლენას წარმოადგენენ. საყურადღებოა ვულკანების ჯგუფი აღმოსავლურ აფრიკაში. გამოიკვეთილია, რომ ისინი აღმოსავლური აფრიკის გრანდიოზულ რღვევებთან (გრაბენებთან) არიან დაკავშირებული. მაშასადამე, აქაც ნათელია მკიდრო კავშირი ვულკანიზმსა და ტექტოგენეზს შუა.

ასეთი მოვლენა უფრო მკირე მაშტაბითაც ბევრგან შეიმჩნევა. ნაპრალონი ვულკანები ხომ ტექტონიკურ რღვევას მოჰყვებიან და ხშირად არანაკლებ ცხადია ცენტრული ვულკანების კავშირიც ტექტონიკურ წყვეტასთან. მაგალითად, ჯავახეთის ზემოხსენებული ვულკანები სწორხაზებრივად არიან გამწკრივებული. დაახლოებით მერიდიანული მიმართულებით. ეს განლაგება აშკარად მოწმობს, რომ იქ იმავე მიმართულებით წყვეტა უნდა მიდიოდეს. დასკვნა იმდენად ბუნებრივია, რომ ამ შემთხვევაში გეოლოგები ვულკანების განლაგებით ასაბუთებენ წყვეტას, რომლისაც არავითარი უშუალო ნიშანი ზედაპირზე არ ჩანს. კავშირი ვულკანებსა და ტექტონიკას შუა უეჭველი არის.

ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი. მაგმატიზმი. ის, რასაც ჩვენ აქ ვულკანიზმის სახელით გავეცანით, მთელი ვულკანიზმი არ არის. ზედაპირის ვულკანები ლავის და მისი პროდუქტების ამონთხევას ჰკულისხმობენ, ზოგჯერ ლავის მშვიდი ამოღინების (მაუნა ლაა), ზოგჯერ მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი აფეთქების სახით. ეს იქნება ეფუზიონიზმი. მაგრამ მიწის ქერქში აღმავალმა ლავამ შეიძლება ზედაპირამდე ვერ მოაღწიოს და წარმოშვას შტოკი, ძარღვი და მისთანები. ამას უწოდებენ ინტრუზიონიზმს. ნათელია, რომ ეს ორი მოძრაობა მკიდროდ არის ერთიმეორესთან დაკავშირებული, იმდენად მკიდროდ, რომ, თუ ვულკანი გადარეცხილი არის, ძნელი სათქმელია, დარჩენილი ნეკი ინტრუზიული ძარღვი არის, თუ ვულკანის ყელი. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ ნეკის ზედა ნაწილში აფეთქებითი ბრექჩია გადარჩენილა, შესაძლებელია უშუალო დასკვნა, რომ ვულკანის ყელთან გვაქვს საქმე. ინტრუზიულ სხეულებს — სხვადასხვა სახის ძარღვებს, შტოკებს, ლაკოლითებს — ზემოთ გავეცანით. მოაწივს, თუ არა, ინტრუზიონიზმი მიწის ზედაპირამდე (და მაშასადამე გადავა, თუ არა, ეფუზიონიზმი), ეს დამოკიდებულია ლავის ენერჯიაზე, სათანადო უბნის შედ-

<sup>1</sup> Effusio, ლათ. — გადმოღვრა.

<sup>2</sup> Intrudere, ლათ. — შეჩრა, შეჭრომა.

გენილობასა და აგებულებაზე და თვით ლავის მეტ-ნაკლებ მოძრაობაზე. შეიძლება ისიც მოხდეს, რომ ბლანტმა მყავე ლავამ ზედაპირს კი მოაღწიოს, მაგრამ იქ ეფუზია კი არ მოგვეცეს, ამოიბურცოს ზევით გუმბათის სახით (სურ. 208), ან მონა-ჰელეს ობელისკისებურად. ეს იქნება ექსტრუზია<sup>1</sup>.

ყველა შემთხვევაში, ეფუზიასთან გვექნება საქმე თუ ინტრუზიასთან, ეს არის მდნარი მასალის მოძრაობა. ამ მასალას მაგმას უწოდებენ. ლავა იგივე მაგმა არის, ოღონდ ზედაპირზე ამოსული და მეტ-ნაკლებად გაცივებული. მეორე მხრივ მაგმაში უხვადაა არის გახსნილი სხვადასხვა გაზები. გაცივება და (ან) წნევის შემცირება კი ამ გაზების გამოყოფას იწვევს. ამიტომ ლავა დედა-მაჯმასთან შედარებით ძლიერ გაღარიბებულია გაზებით.

ამგვარად, ინტრუზიული და ეფუზიური მოვლენები მაგმური ენერჯის გამოვლინებას წარმოადგენენ, ორივე მაგმატიზმის გამოხატულება არის. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფართოდ გავრცელებული ვულკანიზმიც ორივეს ჰგულისხმობს, ინტრუზიულ და ეფუზიურ მოქმედებას, თუმცა ხშირად, ვულკანიზმს რომ იტყვიან, მხოლოდ ეფუზიურ აქტივობას ჰგულისხმობენ.

სად არის მოთავსებული თვით მაგმა<sup>2</sup>, რომელიც ვულკანიზმს ასაზრდოებს? ამ კითხვაზე დაბეჯითებითი პასუხის გაცემა ჭერჯერობით მიუღწეველი რჩება. წინათ ფიქრობდნენ, რომ მაგმა ქერქს ქვეშ არის მოთავსებული უწყვეტ ფენად მთელი მიწის გარშემო. თან ჰგულისხმობდნენ, რომ ასეთი ფენა ორი არის, ერთი ფუძე, დაახლოებით ბაზალტური, და მეორე მყავე, დაახლოებით გრანიტული. შემდეგ ერთი ფუძე მაგმის წარმოდგენაზე შეჩერდნენ. ფიქრობდნენ, რომ მყავე მაგმას მისი განვითარება-დანაწილება, ანუ დიფერენციაცია უნდა იძლეოდესო.

ახლა ბევრი ვარაუდობს, რომ ერთიანი მაგმური ფენა საერთოდ არ არსებობს. მაგმის წარმოშობა, ე. ი. მყარი მასის გადნობა ხან სად მოხდება და ხან სად. ამგვარად, ჩნდება მაგმური, ანუ ვულკანური კერა და იწყება ვულკანური აქტივობა. კერა შეიძლება გაჩნდეს სხვადასხვა სიღრმეზე, როგორც ქერქს ქვეშ, ისე თვით ქერქში. მაშასადამე, არის ღრმად და მარჩხად მდებარე კერებაც, ზოგი დიდი და ზოგი პატარა. მაგმური კერების ჰიპოთეზის სასარ-

<sup>1</sup> Extrudere ლათ. — ამოძრომა.

<sup>2</sup> მაგმა. ბერძნ. — ბლანტი რამ მალამო.

გებლოდ სხვადასხვა მოსაზრებას ასახელებენ: 1. ვულკანური აქტივობა, სადაც კი ვიცნობთ მას, ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი დროის შემდეგ შენელებულა. ეს ისე უნდა გავიგოთ, რომ მაგმის მარაგი გამოილია, რაც შეუძლებელი იქნებოდა, მაგმის წყარო რომ ერთიანი, პლანეტური იყოს. 2. ხშირად მეზობელი ვულკანები და ერთი და იგივე ვულკანიც სხვადასხვა დროს სხვადასხვა შედგენილობის ლავას იძლევა. ასეთი სხვადასხვაობა სივრცეში და ასეთი ჩქარი ცვლა დროში ერთიანი მაგმური ფენის შემთხვევაში ძნელი დასაშვებიაო, და სხ. ეს კია, რომ მაგმური „ქერა“ უზარმაზარ ფართობზეც შეიძლება ვრცელდებოდეს. ამის სასარგებლოდ მეტყველებს დიდი რეგიონების მაგმის ზოგჯერ საერთო თავისებურებები და მისი განვითარება-დიფერენციაციის ერთობლივი ხასიათი მთელ ამ ტერიტორიაზე.

ვულკანიზმის გეოლოგიური მნიშვნელობა მრავალგვარია და ძლიერ დიდი. პირველ რიგში უნდა აღინიშნოს, რომ ვულკანური ქანები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მიწის ქერქის აგებულებაში. ეფუზიურ ტრაპებს<sup>1</sup> დეკანის პლატოზე ინდოეთში 750 000 კმ<sup>2</sup> ფართობი უჭირავს, ხოლო შუა ციმბირში — 1 500 000 კმ<sup>2</sup>. საქართველოში ლავებით არის დაფარული წალკა, ჯავახეთი, ყელის პლატო ჯვარის გადასავალთან და სხვა. საერთო ჯამში ნაკლები არ არის ინტრუზიული ვულკანური ქანების გავრცელება. ეს მიწის ზედაპირზე და ასევე მნიშვნელოვანია ვულკანური ქანების წილი ძველ გეოლოგიურ ფორმაციებში, რომელნიც დღეს დამარხული არიან უფრო ახალგაზრდა საფარს ქვეშ.

უპირველეს ყოვლისა უნდა მოვიხსენიოთ ლავური ზეწრები და ნაკადები. ესენი აგებული არიან გაცივებული ლავებით და ჩვეულებრივ ერთგვაროვანი ტექსტურა აქვთ. ზოგჯერ კი გამოირჩევა ლავური ბრეჩქია. ეს უკანასკნელი წარმოიშობა, როდესაც ლავის დინება წამოიტაცებს უკვე გაცივებული ლავის და შემცველი ქანების ნამსხვრევებს და გაცივდება როგორც ბრეჩქია. ასეთ ქანში ლავა ცემენტის როლს თამაშობს და ქანის წარმოშობისას ეს ცემენტი გამდნარი უნდა ყოფილიყო. როგორც დავინახეთ, ლავური ბრეჩქია შეიძლება წარმოიშვას მაშინაც, თუ ლავის მდინარე ნაკადს მყარი ქერქი გაუჩნდა და ლავის შემდეგმა დინებამ ეს ქერქი დაამტვრია და თან წაიტანა.

<sup>1</sup> Trapp, შვედური — ფუძე ერუპტიული ქანებია.

სხვა შემთხვევაში ისევ ლავისა და წატაცებული ქანების ბრეჩია შეიძლება გვქონდეს, მაგრამ ცემენტის როლს ლაპილი, ვულკანური ქვიშა და ფერფლი თამაშობდეს. ამაზედ იტყვიან ტუფ-ბრეჩიაო ან ვულკანური ბრეჩიაო.

ვულკანური ბრეჩია მსხვილი კლასტიური მასალისაგან (ბელტები, ბომბები და მისთანანი) შედგება და ვულკანის უშუალო სიახლოვეში წარმოიშობა. წერილი და წმინდა მასალა, კერძოდ, ფერფლი შეუდარებლად უფრო შორს ვრცელდება და ილექება



სურ. 225. ვულკანური ტუფი. აღსანიშნავია ვულკანის აქტივობის ცალკეული პაროქსიზმებით გამოწვეული მკაფიო შრეებრივობა. მექსიკა.

თხელი ან სქელი ფენის სახით იმის მიხედვით, თუ რამდენია ღისალა და რამდენად დაშორებულია დალექვის ადგილი ვულკანურ

ცენტრს. წყლისა და წნევის გავლენით (დიაგენეზი) ნალექი შემტყიდება და წარმოიშობა ქანი, რომელსაც ტუფს უწოდებენ. როდესაც დაგროვება ხმელეთზე ხდება, შეიძლება მასალა ნაწილობრივ ან მთლიანად გადაირეცხოს. გადაჩენილი ნალექი არაშრეებრივი იქნება. იმგვარივე მასალა შეიძლება ტბაში ან ზღვაში მოხვდეს. მაშინ წმინდაშრეებრივი ტუფი წარმოიშობა.

ტუფები, ცხადია, შედარებით მრავალგვარი არიან. იმის მიხედვით, თუ როგორია დედა-მაგმის შეღვენილობა, სხვადასხვაგვარი იქნება მარცვლის სიმსხოც, მაგრამ, გარდა ამისა, მასში ვულკანურის გვერდით ყოველთვის იქნება ნორმული ნალექების მინარევი. საკუთრივ ტუფში ასეთი მინარევი უმნიშვნელოა, ხოლო როდესაც მისი ოდენობა იმდენად გაიზრდება, რომ ათიოდე პროცენტს გადააჭარბებს, მაშინ ქანს უკვე ტუფიტს უწოდებენ. ტუფიტების მრავალგვარობა კიდევ უფრო დიდია, ვიდრე ტუფებისა.

დასასრულ, როდესაც მინარევი ნახევარზე მეტია, ქანს ტუფოგენურს ეტყვიან. არის ტუფოგენური კონგლომერატები, ქვიშაქვები, თიხები და ფიქლები. ასეთი ქანების განვითარება განსაკუთრებით მაშინ არის დიდი, თუ ვულკანური მასალის დაღეჭვა წყალქვეშ ხდება, ზღვაში ან ტბაში.

ლავეები. ტუფები, ტუფიტები ვულკანოგენური წარმონაქმნები არიან. როდესაც ტუფოგენური ნალექები ან ვულკანოგენური და ნორმული დანალექი ფენების მორიგეობა გვაქვს, ეს იქნება დანალექი-ვულკანოგენური წყებები, რომელნიც დიდ როლს თამაშობენ მიწის ქერქის აგებულებაში. საქართველოში იურული, ცარცული და მესამეული სისტემების მნიშვნელოვანი ნაწილი ასეთი წყებებისაგან შედგება.

ვულკანიზმის პრაქტიკული მნიშვნელობაც ადამიანისათვის ძლიერ დიდია. დავიწყოთ იმით, რომ, რაკი ვულკანიზმი ხშირად საზარელ კატასტროფებს იწვევს, შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ მოსახლეობა ვულკანურ მხარეებს უნდა გაუტბოვდეს. სინამდვილეში ვულკანების, მათ შორის მოქმედი ვულკანების მიდამოები განსაკუთრებით მჭიდროდ არის დასახლებული. ამის მიზეზი იმაში ჰდგომარეობს, რომ ლავეებზე და ტუფებზე ძლიერ ნაყოფიერი ნიადაგები ვითარდებიან და სათანადოდ იზიდავენ სოფლის მეურნეს.

შემდეგ უნდა აღინიშნოს, რომ ვულკანურ ქანებთან, განსაკუთრებით ინტრუზივებთან, დაკავშირებულია სხვადასხვა გამად-



ნება, რომელთა გამოყენება სამთო მრეწველობის საფუძველს წარმოადგენს.

დასასრულ, თვით ვულკანოგენური ქანები მრავალ შემთხვევაში ძვირფას საშენს და ტექნოლოგიურ მასალას იძლევიან.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

ასწერეთ ვეზუვის აფეთქება 79 წელს. რატომ იყო ეს აფეთქება მოულოდნელი? რა არის ვულკანიზმი? ჩამოსთვალეთ და დაახასიათეთ ვულკანიზმის პროდუქტები (მყარი, თხევადი, გაზებრივი). რის მიხედვით არჩევენ სხვადასხვა ლავას?

ასწერეთ ვულკანური აპარატი. რა არის კალდეირა? პარაზიტული ვულკანი, დიატრემა? რა არის ვულკანის ყელი, კრატერი? საიდან ჩანს, რომ ვულკანური აპარატი ზევიდან არის დაშენებული და არა ქვევიდან ამოზნექილი?

ასწერეთ პარიკუტინის განვითარება.

ასწერეთ ვულკანების ტიპები, პოსტვულკანური მოვლენები. რატომ არის აუცილებელი გეიზერის მოქმედებისათვის სადინებელი მილის გარდა მიწას ქვეშა ღრუები? რა არის გეიზერიტი?

რა არის სალსები? იგივეა თუ არა აზერბაიჯანის ტალახის ვულკანები?

რა არის ზღვასქვეშა ვულკანიზმი? ცუნამი?

ასწერეთ ვულკანის დენუდაცია ხმელეთზე, ზღვაში.

როგორი არის მოქმედი და ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანების გეოგრაფიული განაწილება? რა დასკვნა უნდა გამოვიტანოთ აქედან?

რა იწვევს ვულკანის აფეთქებას? რატომ არის ვულკანის მოქმედება წყვეტილი?

რით განსხვავდება ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი? დასახელებულთ შორის. ვულკანის კერა და მისი მდებარეობა.

განსაზღვრეთ მაგმატიზმი და ვულკანიზმი?

ასწერეთ ვულკანოგენური ნალექები.

### მიწისძვრები

მიწისძვრების ხასიათი და სხვადასხვაობა. შეჩვეული ვართ გრძნობას, რომ, თუ რაიმე არის ჩვენს გარშემო მკვიდრი, ურყევი და დასაბრუნებელი, ეს არის მიწა. და მოხდება ხოლმე, რომ სწორედ მიწა იძვრის. ეს ჩვენში ინსტინქტურ პანიკას იწვევს. ოღონდ ძლიერი მიწისძვრის დროს მძინარენი იღვიძებენ, ყველანი ანგარიშში უცემლად გარეთ გამორბიან. და მსგავსია ცხოველების ქვევაც: მოწმეების თქმით ძაღლები წუწკუნით ტახტებ ქვეშ ძვრებიან, ცხენები აიწყვეტენ და თავლიდან გარეთ გამოვარდებიან, ფრინველები აფორიაქდებიან...

მაგრამ მიწა ხომ წარა-მარა ზანზარობს. საკმაოა. ქუჩაში ტრამვაის ვაგონებმა გაიაროს, რათა ეს ვიგრძნოთ. იგივე მოხდება. თუ სროლის დროს საარტილერიო მოედანზე ვიმყოფებით. მაგრამ მიწის ასეთ მოძრაობას მიწისძვრას არ ვეტყვი.

ეგებ მოძრაობის სიძლიერეს ჰქონდეს გადაწყვეტი მნიშვნელობა? მაგრამ არც ეს არის. ცნობილია უდავო მიწისძვრები, რომელნიც იმდენად სუსტი არიან, რომ აღამიანი მათ ვერც კი ამჩნევს. მიწისძვრა მიწის ბუნებრივი ძალებით გამოწვეულ მოძრაობას ჰგულისხმობს.

მაგრამ წარმოვიდგინოთ, რომ მთაში ზვაგი მოწყდა და ქვევით ჩაენარცხა. ეს ბუნებრივი მოვლენა იმ მიდამოში მიწას შეარყევს და მაინც მიწისძვრას არც ამაზე იტყვიან. მიწისძვრის მიზეზი მიწას ქვეშ უნდა იყოს, უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელი. მაგალითად, იგივე ზვაგი თუ კლდის მოწყვეტა. მიწას-ქვეშ რომ მოხდეს რაიმე გამოქვაბულში, მიწის შერყევა, მის მიერ გამოწვეული, მიწისძვრა იქნება. მიზეზი მიწის შიგნით იკვეთისხმება.

თითქო ყველაფერი ნათელია და მაინც აქაც წინააღმდეგობას ვეჩახებით. ზუსტი გაზომვები გვეუბნება, რომ სკანდინავიანელ-ნელა ზევით იწევს: მიწის უეჭველი მოძრაობაა, შინაგანი ძალებით გამოწვეული, მაგრამ არავითარ შემთხვევაში მიწისძვრა. იგივე ითქმის კავკასიონზე და მიწის ზედაპირის სხვა ადგილებზე. მიწისძვრა ეთქმის არა მიწის მოძრაობას თავისთავად, არამედ მის უეცარ შეძვრას.

მიწისძვრა ეწოდება მიწის უეცარ შერყევას, რომლის მიზეზი ბუნებრივი და მიწას-ქვეშ მდებარეობს. ამის მიხედვით მყარი მიწის აწევდაწევა მთვარისა და მზის გავლენით, ე. ი. მყარი მიწის მიმოქცევა, მიწისძვრა არ არის. სამაგიეროდ, როდესაც მყარი მიწის უეცარი შეძვრა ზღვის წყალსაც გადაეცემა, ეს იგივე მიწისძვრა იქნება, ნხოლოდ მას ზღვისძვრას უწოდებენ.

მიწისძვრის აღსანიშნავად იხმარება აგრეთვე ბერძნული ტერმინი სეისმი<sup>1</sup>. მეცნიერული დისციპლინა, რომლის ამოცანა არის მიწისძვრების შესწავლა, იქნება სეისმოლოგია.

<sup>1</sup> „სეისმოს“, ბერძნ. — რყევა, მიწისძვრა.

რამდენიმე მაგალითი. მაინც მიწისძვრა ისეთი რამ არ არის, რომ მისი გამოცნობა კირდეს, არც იშვიათია ეს მოვლენა და თანაც ხშირად მას საზარელი შედეგები მოსდევს. ამიტომ ისეთი მიწისძვრებმა რიცხვი, რომელნიც დაწვრილებით არიან აწერილი, ძლიერ დიდი არის. დავასახელოთ ჰხოლოდ რამდენიმე მაგალითი უკეთ ცნობილთაგან.

1906 წლის აპრილის 18-ს დილის 5 საათზე ქალაქ სან-ფრანცისკოს (ჩრდილო ამერიკა) მცხოვრებნი საშინელმა ბიძგმა გამოაღვიძა. ზოგი პირდაპირ საწოლიდან ცაღმოაგდო. ზოგ სახლს ცალი კედელი ჩამოენგრა და ხალხი საცვლების ამარა გამოცვივდა გარეთ, სხვაგან კი შენობები მთლიანად დაინგრა და მცხოვრებნი ნანგრევებში დაიმარხნენ. ელექტროგაყვანილობა, გაზსადენი, წყალსადენის მაგისტრალები დაწყდა. გაჩნდა ხანძარი და უწყლობის პირობებში მის წინააღმდეგ ბრძოლა არსებითად შეუძლებელი იყო. ცეცხლი რამდენიმე დღეს ბობოქრობდა და ქალაქს უდიდესი ზიანი სწორედ მან მიაყენა და არა უშუალოდ მიწისძვრამ, რომელიც მხოლოდ რამდენიმე წუთს გრძელდებოდა. დახოცილთა რიცხვს რამდენიმე ასეულს ანგარიშობენ, ხოლო ნივთიერი ზარალი რამდენიმე ასეულ მილიონ დოლარს უდრიდა.

ორი წლის შემდეგ, 1908 წლის ბოლოს, მსგავსი კატასტროფა თავს დაატყდა ქალ. მესინას. ეს ქალაქი, სიცილიის აღმოსავლურ კიდებზე მდებარეობს მესინის სრუტის ნაპირზე. სრუტის მეორე ნაპირზე მოთავსებულია კალაბრიის ქალაქი რეგო. მიწისძვრამ ორივე ქალაქი გაანადგურა. ამ მიწისძვრის გამო ბევრი ლაპარაკი იყო ე. წ. სეისმური ტალღის შესახებ, რომელიც მიწისძვრის დამახასიათებელი არის ზღვისპირა ადგილებში: ჭერ ზღვაზე უკან დაიხია და ნაპირი გააშიშვლა, ხოლო შემდეგ მობრუნდა 12 მეტრის სიმაღლე უზარმაზარი ტალღის სახით და მუსრი ვაავლო, რასაც კი მისწვდა.

ასეთი ტალღა, რომელსაც იაპონელები ცუნამის უწოდებენ, აშკარად მიწის შერყევის შედეგი არის და განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს ლისაბონის ცნობილი მიწისძვრის შემდეგ. ეს მიწისძვრა 1755 წ. მოხდა. დასაწყისშივე ზღვა ოკეანისკენ მიიქცა და პორტი თითქმის გააშიშვლა. გემები ლუზას მოსწყვიტა და გაიტაცა. შემდეგ წყალი უკან შემობრუნდა 15--16 მეტრის სიმაღლე ტალღის სახით. ახლა ნაგები და გემები ხმელეთზე გა-

დაისროლა ნაფოტებივით. ქალაქიც ერთიანად წალეკა. როგორც გადმოგვცემენ, 60 000 ადამიანი დაიღუპა.

თუ ისევ მეოცე საუკუნეს დავუბრუნდებით, შეიძლება აღვნიშნოთ იაპონიის (ტოკიოს) 1923 წლის მიწისძვრა. ამ წლის სექტემბრის 1-ს ტოკიოში და უფრო კიდევ იოკოჰამაში ჯერ მიწისქვეშა ყრუ გუგუნე გაისმოდა, რომელიც უფრო და უფრო ძლიერდებოდა. შემდეგ ამას მოჰყვა ძლიერი ბიძგები. მიწის ზედაპირი ქანაობდა ჰორიზონტულად და ვერტიკალურად. ზღვაში თავი იჩინა სეისმურმა ტალღამაც. ამ საზარელმა მიწისძვრამ 140 000 ადამიანი იმსხვერპლა, ხოლო ნივთიერმა ზარალმა 3 მილიარდ დოლარამდე მიაღწია.

1950 წლის აგვისტოში დიდი მიწისძვრა მოხდა ასამში, ინდოეთის ჩრდილო-აღმოსავლეთით. ეგებ ეს იყოს უძლიერესი ყველა ცნობილ მიწისძვრათაგან. აქაც ჯერ მიწისქვეშა ყრუ გრგვინვა გაისმოდა. ამას მოჰყვა ძლიერი ბიძგები, რომელნიც 5—6 წუთს გაგრძელდნენ. შემდეგ მიწისძვრა შეწყდა, მაგრამ ორი კვირის მანძილზე რამოდენიმეჯერ გამეორდა. ამაზედ იტყვიან, მიწისძვრა გ უ ნ დ უ რ ი იყო. ასეთ შემთხვევებში ზოგჯერ მკაფიოდ გაირჩევა მთავარი ბიძგი ან ბიძგები, წინა ბიძგები და მიმყოლი ბიძგები.

1948 წლის ოქტომბრის 5-ს დიდი მიწისძვრა მოხდა აშხაბადში კოპეტ-დაღის კალთებზე. ქალაქში ნაგებობათა დიდი ნაწილი დაინგრა. წარმოიშვა ნაპრალები და წყვეტები მიწაში, რომელთა გასწვრივ ვერტიკალური გადაადგილება ზოგჯერ 1 მეტრამდე აღწევდა. ნაპრალებიდან ზოგან წყალი წამოვიდა, ზოგან წყლიანი ქვიშა-თიხის ამოწებრვა ხდებოდა. გაჩნდა პაწია ტალახის ვულკანები. მალლობებიდან მოწყდა ზეავ-მეწყარები. მომყოლი ბიძგები 6 წლის განმავლობაში მეორდებოდა.

გუნდური ხასიათი კიდევ უკეთ იყო გამოხატული ჩილის უკანასკნელ დიდ მიწისძვრაში, რომელიც 1960 წ. მაისის 21-ს დაიწყო. 11 დღის მანძილზე 40 ძლიერი მიწისძვრა მოჰყვა ერთმეორეს. 2000 კაცამდე დაიღუპა და ზარალმა ნახევარ მილიარდ დოლარამდე მიაღწია. დასაწყისშივე თავი იჩინა ძლიერმა ცუნამიმ. ხმელეთზე კი წარმოიშობოდა დიდი ნაპრალები, ხდებოდა უზარმაზარი ზეავების მოწყვეტა ანდებში.

ჩამოთვლილი მაგალითები ერთგვარ წარმოდგენას იძლევა კატასტროფული მიწისძვრების შესახებ. დაღუპულთა რაოდენობას

და ნივთიერი დაზარალების სიდიდეს სწორედ მიწისძვრის სიძლიერის დასასურათებლად აღნიშნავენ, მაგრამ ეს ნიშანი ზუსტი როლი არის. უაღრესად ძლიერი მიწისძვრა უდაბურ მხარეში შეიძლება ისე ჩატარდეს, რომ ერთი კაციც არსად დააზიანოს. ხოლო მკვიდროდ დასახლებულ ქვეყანაში ნაკლებად ძლიერ მიწისძვრასაც კი შეიძლება უზარმაზარი უბედურება მოჰყვეს, ასე იყო, რომ 1556 წელში ჩინეთში მომხდარმა მიწისძვრამ 830 000 ადამიანი იმსხვერპლა.

რა თქმა უნდა, მიწისძვრებს წმინდა გეოლოგიური შედეგებიც მოსდევს. მთიან მხარეებში ერთი ასეთი იქნება ზევეების და მეწყერების დაძვრა. გრანდიოზული მასების გადაადგილება შეიძლება მოხდეს. ზევე-მეწყერები წარმოიშობა წყალქვეშაც, ზღვაში, როგორც ეს ტოკიოს მიწისძვრის დროს დაადასტურეს არაერთ ადგილას.

წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად გამწე ნაპრალები, რომელთა გასწვრივ ხშირია გადაადგილებაც, ვერტიკალური ან ჰორიზონტული და ზოგჯერ ბრუნვითიც (სურ. 226). ასეთი გადაადგილება განსაკუთრებით მკვეთრად გამოჩანს, როდესაც იგი გზას ან მდინარის კალაპოტს ჰკვეთს (სურ. 227, 228). თუ მსგავს ნაპრალებს მივიღებთ მხედველობაში, გასაგები გახდება, რომ ზოგი წყარო შეიძლება ნაწილობრივ ან მთლიანად დაშრეს და ზოგი სხვა ახლად გაჩნდეს იქ, სადაც მანამდე არავითარი წყარო არ ყოფილა. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მოხდება ხოლმე ისიც, რომ წყლის ნაკვალად წყლიანი ლაფი ამოიწებროს და პაწია ტალახის ეულკანებზე წარმოიშვას (სურ. 229).

შესაძლებელია ტბის წარმოშობაც, მაგალითად, მეწყერული დაგუბების შედეგად. რაც შეეხება მიწისძვრების სიძლიერეს, იგი ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. დიდი უმეტესობა იმდენად სუსტია, რომ ადამიანი მათ ვერც კი ამჩნევს. მათი არსებობა მხოლოდ უაღრესად გრძნობიერი იარაღების საშუალებით არის დადგენილი. ასეთ ძვრებს მიკროსეისმებს უწოდებენ. ამათ გვერდით არის მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი მიწისძვრები, რომელთა ზოგი მაგალითი ზემოთ ავსწერეთ.

ადამიანი იმთავითვე ცდილობდა მიწისძვრის ძალა როგორმე გამოეხატა. მაგრამ ეს მეტად ძნელი საქმე იყო, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ უშუალო დამსწრეს უძლიერეს მიწისძვრად სწორედ მის მიერ ნახული მიაჩნია. მაინც ცდილობდნენ ისეთი



სურ. 226. ნ ა ს ხ ლ ე ტ ი, მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი.



სურ. 227. მიწისძვრის მერ დაგრეხილი რკინი-  
გზა. იაპონია, ტოკიოს მიდამო.



სურ. 228. მიწისძვრისას გაწყვეტილი მდინარე.  
სან-ანდრეას განსხლეთი კალიფორნიაში.



სურ. 229. ტალახის ვულკანები. მიწისძვრისას გამოწებრილი.

ობიექტური ნიშნები გამოენახათ, რომ საკითხის გარკვევა დამშვიდებით ყოფილიყო შესაძლებელი მიწისძვრის შემდეგაც. ამგვარად იქნა შემუშავებული თორმეტბალიანი სკალა<sup>1</sup>, რომელსაც იტალიელი სეისმოლოგის მერკალიის სახელით აღნიშნავენ. ეს სკალა მიწისძვრის ძალის მიახლოებული დახარისხების საშუალებას იძლევა მხოლოდ, მაგრამ მას მაინც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

### მიწისძვრის სიმლიერეთა სკალა

1. შეუძენველი, ანუ მიკროსეისმი. აღინიშნება მხოლოდ იარაღებით.

2. ძლიერ სუსტი. აღინიშნება იარაღებით. შეიმჩნევა უძრავად მყოფი ზოგი ადამიანის მიერ.

3. სუსტი. ამჩნევს მოსახლეობის მცირე ნაწილი.

4. ზომიერი. შინ მყოფი შეტი წილი ამჩნევს, ზოგი მძინარიც იღვიძებს; ფანჯრების მინები ზანზარობენ; დაკიდებული საგნები ქანაობას იწყებენ.

5. საკმაოდ ძლიერი. შინ მყოფი ყველა გრძნობს, გარეთ — ბევრი; ზოგი შინიდან გარეთ გამობის; დაკიდებული საგნები ქანაობენ, დარაბები იღებიან.

6. ძლიერი. გრძნობს ყველა, ბევრი ქუჩაში გარბის; თაროებიდან საგნები ცვივა, კედლების თუ ქერის ნალესში მცირე ბზარები ჩნდება, წყალი კურკლიდან გადმოშვება.

7. მეტად ძლიერი. ავეჯი დაიძვრის და კიდევ წაიქცევა; ტბებში, მდინარეებში წყალი იმღვრევა; ცუდად ნაგები შენობების ზოგი რამ, მაგ. საკვამლე მიღები, ინგრევა.

8. დამანგრეველი. კარგი ნაგები ქვის შენობებიც ზიანდებიან.

9. გამანადგურებელი. ქვის შენობები ინგრევიან ან სერიოზულად ზიანდებიან. კარგად ნაგები ხის შენობები მცირე ზიანს განიცდიან.

10. ამოახრებელი. ნაპრალები მიწაში. დაიძვრის ზვაეები, ქვის შენობები ინგრევა.

11. კატასტროფული. ნაპრალების და ზვაე-მეწყარების დიდი განვითარება. ქვის შენობების სრული განადგურება.

<sup>1</sup> Scala, ლათ.—კიბე.



12. დიდი კატასტროფა. ვერც ერთი ნაგებობა ვერ უძლებს.

მიწისძვრათა სიძლიერის ამ სკალის თვალის გადავლება წამსვე გვიჩვენებს, თუ რამდენად შორს არის იგი სიზუსტისაგან, მაგრამ მთავარი ეს არ არის. ძლიერი მიწისძვრების აწერიდან ჩვენ ვტყობილობთ, რომ ისინი მრავალი ასიათასი კვადრატული კილომეტრის ფართობზე ვრცელდებიან. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ერთი და იგივე მიწისძვრა მთელი მიწის ზედაპირზე აღინიშნება. ვთქვათ, ეს 10 ბალიანი მიწისძვრაა. როგორ უნდა გავიგოთ ეს? მთელ ამ ფართობზე მიწის შერყევის ძალა 10 ბალის შესატყვისი იქნება?

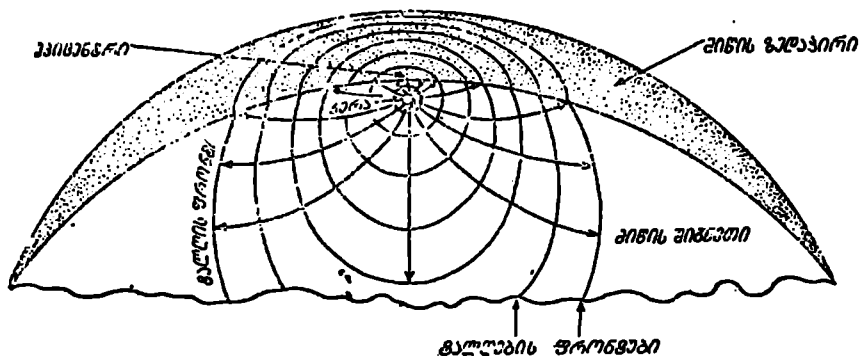
კარგად არის ცნობილი, რომ არა: სადღაც ერთ ადგილას მოძრაობა უძლიერესი არის, ამ შემთხვევაში სწორედ 10 ბალიანი. აქედან ყველა მიმართულებით ძალა კლებულობს. ამ ცენტრულ უბანს მიწის ზედაპირზე მიწისძვრის ეპიცენტრს უწოდებენ.

ბუნებრივია გვეფიქრა, რომ მიწისძვრა სწორედ იქ წარმოიშობა და იქედან ვრცელდება ყველა მიმართულებით. ასეთ შემთხვევაში მიწისძვრისათვის საჭირო ენერგიას ეპიცენტრი უნდა იძლეოდეს. იმავე დროს, რაც უფრო შორს ეპიცენტრიდან, მით უფრო დიდი იქნება მასა, რომელიც იძვრის, იმდენადვე ნაკლები ენერგია ხვდება მასის ერთეულს და იმდენადვე სუსტი იქნება მოძრაობა. მოძრაობის თანდათან შესუსტებას გამოიწვევს შინაგანი ხახუნიც.

ასეთ წარმოდგენას თითქო სავესებით ადასტურებს მეორე გარემოება: ზუსტი გაზომვების შედეგად დადგენილი არის, რომ მიწისძვრა ყველგან ერთდროული როდია: უპირველესად ყოვლისა იგი შეიმჩნევა ეპიცენტრში და შემდეგ მით უფრო გვიან, რაც უფრო შორს არის აღებულნი წერტილი ეპიცენტრიდან. მაშასადამე, მოძრაობა თითქო მართლაც ეპიცენტრიდან უნდა ვრცელდებოდეს.

მაგრამ გამოირკვა, რომ სინამდვილე მთლად ასეთი არ არის, თვით ეპიცენტრში მოძრაობა სიღრმიდან მოდის და. ცხადია, გარკვეული დაგვიანებით. გარკვეულ სიღრმეზე არის წერტილი ანუ, უკეთ, უბანი, სადაც მიწისძვრა იწყება და სადაც იგი უძლიერესია. ამ უბანს ეპიცენტრი (ქვედა ცენტრი) ჰქვია. ეს არის მიწისძვრის ნამდვილი კერა, ანუ ფოკუსი, მისი ნამდვილი საწყისი.

მიწისძვრის ლოკალიზაცია არსებითად კერის (ჰიპოცენტრის) მდებარეობის განსაზღვრას ნიშნავს, ხოლო, თუ ვიცით კერის მდებარეობა. ამით განსაზღვრულია ეპიცენტრის მდებარეობაც. მართლაც. ზედაპირს მიწისძვრა ყველაზე ადრე ეპიცენტრში აღწევს. ეს იმას ნიშნავს, რომ მანძილი კერიდან ზედაპირამდე უმოკლესი სწორედ ეპიცენტრში არის. სფეროს შიგნეთის რომელიმე წერტილიდან ზედაპირამდე უმოკლესი მანძილი კი იმ წერტილიდან ამართული შვეულისა და ზედაპირის გადაკვეთა იქნება (სურ. 230). ძვრის სისტიერეც მიწის ზედაპირზე უდიდესი ეპიცენტრში უნდა იყოს, რადგან ეს არის ჰიპოცენტრიდან უანლოესი წერტილი.



სურ. 230. სეისმური ტალღები და ეპიცენტრი. კერა (ნახაზე პატარა წრე) მიწის ზედაპირსკვეშ არის. დაისრული მრუდე ხაზები აღნიშნავენ ტალღების გავრცელების ტრაექტორიებს. ყველაზე მოკლე გზა ზედაპირამდე კერის თავზე არის, ვერტიკალზე. ეს იქნება ეპიცენტრი. შეკრული მრუდეები მის გარშემო წარმოადგენენ სეისმური ტალღების ფრონტებს.

რაც შეეხება მიწისძვრათა კერების მდებარეობის სიღრმეს, ამჟამად არსებული ცნობების მიხედვით კერათა საერთო რიცხვის ნახევარი 60 კმ-ზე ნაკლებ სიღრმეზე მდებარეობს. ეს არის მარჩხი მიწისძვრები. შემდეგი ჯგუფი (საშუალო სიღრმის კერები) იქნება 60—300 კმ-ს სიღრმეზე და, დასასრულ, მესამე ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრების ჯგუფი 300—700 კმ-ზე. ძირითადად წყნარი ოკეანის პერიფერიებზე.

რომელიმე მიწისძვრის დასახასიათებლად მართო ჰიპოცენტრის და ეპიცენტრის პოვნა არ კმარა. რყევის ძალა, როგორც

ცნობილია, ეპიცენტრიდან დაშორებისას კლებულობს. თუ ამ ძალას გავზომავთ მრავალ წერტილში და შევჯერებთ წერტილებს. სადაც ძალა თანასწორია, მივიღებთ თანასწორი ძალის ხაზებს, ანუ იზოოსტებს. ასევე, თუ შევჯერებთ წერტილებს, სადაც მიწისძვრა ერთდროულად მივიღა, მივიღებთ კომოსეისტებს.

ცხადია, რომ, თუმცა არც იზოსეისტები და არც კომოსეისტები წესიერი წრეები არ იქნებიან, ისინი კონცენტრიულად გამოიხატებიან ეპიცენტრის გარშემო<sup>1</sup>. ერთ შემთხვევაში მივიღებთ იზოსეისტების რუკას. მეორეში — კომოსეისტებისას. რუკის ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ მიებმის ეპიცენტრს და რომლიც ფართობი სხვადასხვა მიწისძვრის შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება, ბუნებრივად დაემთხვევა უძლიერესი რყევის უბანს. მას პლეისტოსტოსეისტურ უბანს უწოდებენ. ჩვეულებრივ პლეისტოსეისტურ ფართობს ავრცელებენ მანამდე, სანამ მოძრაობა შესამჩნევია ადამიანისათვის, ე. ი. სანამ მას მაკროსეისტური ხასიათი აქვს. მიკროსეისტური, ე. ი. მხოლოდ იარაღებისათვის (სეისმოგრაფებისათვის) შესამჩნევი მოძრაობა პლეისტოსეისტურ უბანზე გარეთ რჩება.

როდესაც მიწისძვრის ლოკალიზაცია (მდებარეობა) უნდათ აღნიშნონ, მის ეპიცენტრს ასახელებენ. მაგალითად, „აშხაბადის მიწისძვრა“ ნიშნავს მიწისძვრას. რომლის ეპიცენტრი აშხაბადში ან მის მიდამოში მდებარეობს. მაგრამ მიწისძვრა ხომ მარტო ეპიცენტრში არ იგრძნობა. შეიძლება ფართობი, რომელსაც მიწისძვრა ჰტარავს, მცირე იყოს და მის გარე არაღერი შეიმჩნეოდეს. ასეთ მიწისძვრას ადგილობრივს უწოდებენ. ადგილობრივი მიწისძვრა შეიძლება ძლიერიც იყოს, მაგრამ ეს გამოწვეული იქნება არა იმით, რომ ენერგია არის დიდი, არამედ — ფოკუსის მარჩნი მდებარეობით: მცირე მანძილზე. ჰიპოცენტრიდან ეპიცენტრამდე პირველადი ენერგია საგრძნობლად ვერ შემცირდება. ღრმა ფოკუსის შემთხვევაში კი მოძრაობის ენერგია ზედაპირამდე მიღწევამდე საგრძნობლად შემცირდება, მაგრამ მისი გავრცელების რადიუსი დიდი იქნება. ამგვარად, თუ ორი მიწისძვრის ძალა ეპიცენტრში თანასწორი არის, გავრცელება იმ მიწისძვრას მეტი ექნება, რომლის ჰიპოცენტრი უფრო ღრმად მდებარეობს.

<sup>1</sup> იზოსეისტები და კომოსეისტები წრეხაზები მაშინ იქნებოდნენ. მიწისძვრის შედეგნილობა ერთგვაროვანი რომ ყოფილიყო (და კერა — იზოდიამეტრული).

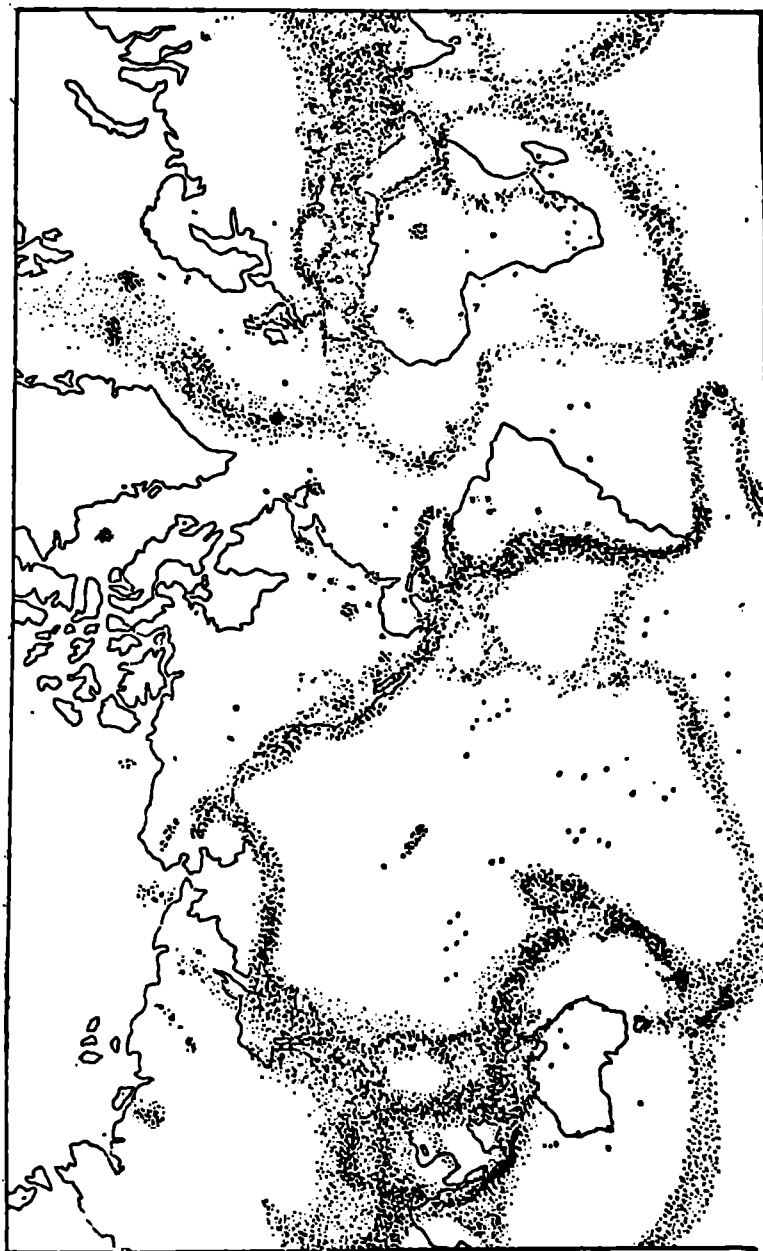
არის მიწისძვრები, რომლებიც ასიათასობით კვადრატულ კილომეტრს ჰფარავენ, — ეს იქნება შორსმწვდომი მიწისძვრები. დასასრულს, მსოფლიო მიწისძვრა მთელ მიწას შემოუვლის გარშემო (ეპიცენტრიდან ანტიეპიცენტრამდე<sup>1</sup> მისწვდება და შეიძლება მეორედაც შემოუაროს მიწას ზედაპირული ტალღების სახით).

მიწისძვრის სიძლიერე და მისი გამოვლინების ხასიათი დამოკიდებულია არა მარტო ჰიპოცენტრიდან მოსული ბიძგის ძალაზე, არამედ თითოეული უბნის ქანების რავეარობასა და აგებულებაზეც. ამ პირობების მიხედვით მიწისძვრის ხასიათი ძლიერ იცვლება. სულ სხვაა ერთი და იგივე მიწისძვრა მტკიცე მასივ ქანებში და რბილ და ფხვიერ ქანებში, მაგალითად, ალუვიონში ან ნაზეავში. ამას დიდ მნიშვნელობა აქვს საინჟინერო გეოლოგიისათვის.

მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება. საერთო შთაბეჭდილება ისეთი არის, თითქო მიწისძვრა იშვიათი მოვლენა იყოს. და მართლაც, ერთსა და იმავე ადგილას ძლიერი მიწისძვრა ხშირი არ არის. მაგრამ ღრეს მთელი მიწა მოფენილია სეისმური სადგურებით, რომლებიც გრძობიერი იარაღების საშუალებით აღნუსხავენ ყველა ძლიერსა და სუსტ მიწისძვრას. ამგვარად გამოიჩვენა, რომ წლის განმავლობაში მიწაზე საშუალოდ მილიონამდე მიწისძვრა ჯდება. რა თქმა უნდა, მარტო ძლიერი მიწისძვრების რიცხვი გაცილებით ნაკლები არის, გამანადგურებელი ეგებ წელიწადში 100-ზე მეტი არ იყოს, მაგრამ ეს დებულება კი ძალაში რჩება, რომ ერთი წუთი ისე არ გაივლის, რომ სადმე მიწაზე 1—2 მიწისძვრა არ მოხდეს. თუ მხედველობაში ვიჭონებთ, რომ თითოეული ასეთი მიწისძვრა დაახლოებით ერთ წუთს გრძელდება საშუალოდ, გასაგები იქნება სეისმოლოგების დასკვნა, რომ მიწა განუწყვეტლივ თრთისო.

მაინც მიწისძვრები თანაბრად როდი არიან განაწილებული. მიწის ზედაპირზე მიწისძვრათა ეპიცენტრების განლაგების შესწავლა სეისმური გეოგრაფიის ამოცანა არის. წარმოდგენილი რუკა გვიჩვენებს (სურ. 231), რომ კონტინენტებზეც და ოკეანეებზედაც არის უზარმაზარი ფართობები, სადაც მიწისძვრა, ძლიერიც და სუსტიც, პრაქტიკულად უცნობი არის. ამ მხარეებს

<sup>1</sup> ანტიეპიცენტრი ეპიცენტრის ანტიპოდს, ე. ი. ეპიცენტრიდან გატარებული დიამეტრის მეორე ბოლოს ჰქვია..



სურ. 231. შიწისკვების გეოგრაფიული გარემოები. წერტილები რუკაზე აღნიშნავენ შიწისკვების ცენტრებს, საუბრადღებია მიწისქვეშა მკვლარი დაჭრული გარემოები და უბარმზარი ფართობები, სადაც მიწისკვები არ არის ან თითქმის არ არის.

ასე ი ს მ უ რ ს უწოდებენ. ასეთი იქნება ევროპული რუსეთი.. თითქმის მთელი ციმბირი, ჩრდილო ამერიკის დიდი ნაწილი, ბრაზილიის პლატო, ავსტრალია, წყნარი ოკეანის შუა ნაწილი.

სამაგიეროდ უამრავი ეპიცენტრი იყრის თავს წყნარი ოკეანის გარშემო ახალგაზრდა მთების ზოლში და ასევე ახალგაზრდა მთებთან დაკავშირებით ზოლში ჰიბრალტარიდან ჰიმალაისამდე გავლით ზუნდის კუნძულებამდე. შეიძლება აღინიშნოს აგრეთვე ეპიცენტრების მცირეოდენი დაგროვება შუაატლანტიური წყალქვეშა ქედის გასწვრივ.

ეს არის ს ე ი ს მ უ რ ი მხარეები. ასეთი მხარეების რიცხვს ეკუთვნის კერძოდ კავკასია და საქართველო. საკმაოა მოვიგონოთ ისეთი ადგილები, როგორც გორი, ცხაკაია, ახალქალაქი და განსაკუთრებით შემახა აზერბაიჯანში..

მიწისძვრების მიზეზები. მიწისძვრათა ასეთი უთანაბრო გეოგრაფიული განაწილება ბუნებრივად აყენებს კითხვას, რა იწვევს მიწისძვრას, რა არის ამ მოვლენის მიზეზი? თუ მიწისძვრა ყველგან არ გვხვდება, მისი გამომწვევი მიზეზიც, ცხადია, ყველგან არ უნდა იყოს და, მეორე მხრით, უნდა იყოს სწორედ იქ, სადაც მიწისძვრებია.

მიწისძვრათა ბუნებრივ მიზეზს ადამიანი დიდი ხანია ეძებს. უკვე ძველი ბერძენი მეცნიერი არისტოტელი გამოსთქვამდა მოსაზრებას, რომ მიწაში არის დიდი ღრუები, გამოქვაბულები, რომლებშიაც მომწყვდეულია ქარი. ქარი ცდილობს გათავისუფლდეს და აწყდება სიღრუის კედლებს აქეთ თუ იქეთ. სწორედ ქარის ეს წყვეტება მიწასქვეშ იწვევს მიწისძვრას..

ასეთი ახსნა დღეს გულუბრყვილოდ შეიძლება გვეჩვენებოდეს, მაგრამ იმ დროისთვის (IV საუკუნე ჩვენს ერამდე) უეჭველად ღირსშესანიშნავი იყო იმით, რომ ავტორი მხოლოდ ბუნებრივ ახსნას ეძებდა. თანაც, როდესაც დღეს ზოგ მიწისძვრას ვულკანური აფეთქებით ხსნიან, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ ეს არსებითად იგივე მექანიზმია (ჰაერის გაფართოება-წყვეტება), რომელსაც არისტოტელი მიმართავდა.

ახლა მოვსინჯოთ უფრო თანამედროვე შეხედულებები. მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ვულკანებისას ემთხვევა ამჟამად. ამას საკმაოდ ნათელმყოფს სათანადო ორი რუკის (სურ. 224 და 231) შედარება. უნდა დაეუმატოთ ისიც, რომ ვულკანის ამოქმედებას ჩვეულებრივ წინ უძღვის და ყოველთვის თან ახლავს

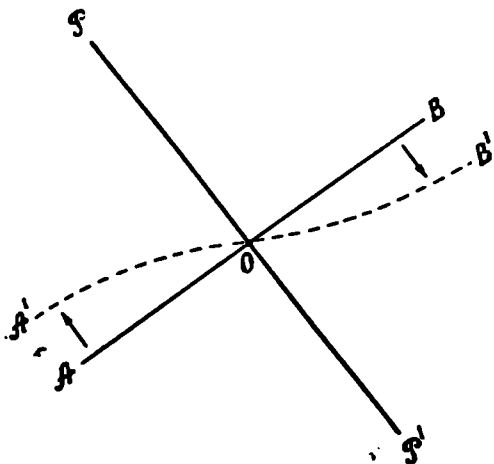
მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი მიწისძვრა. ორთქლისა და ვაზების უეცარმა გაფართოებამ (აუფეთქება) ან მავმის ძვრამ კერაში უნდა გამოიწვიოს მიწის შერყევა. ეს სრულიად საკმაოა, რათა დაეასკვნათ, რომ არის ვულკანური მიწისძვრები. მაგრამ სრულიადაც არ ნიშნავს, რომ ყველა მიწისძვრა ვულკანური იყოს.

ჯერ ერთი, აშკარად ვულკანიზმთან დაკავშირებული მიწისძვრები საკმაოდ სუსტი არიან და ადგილობრივი ხასიათისა. მეორე მხრით ბევრი მიწისძვრები, მათ შორის უძლიერესნი და შორს-მიმწვდომნიც, ისეთ ადგილებში გვხვდებიან, სადაც ვულკანიზმი უცნობი არის. ამიტომ ის გარემოება, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ვულკანებისას ემთხვევა, აუცილებლად ისე კი არ უნდა გავიგოთ, თითქოს ყველა მიწისძვრა ვულკანების მოქმედება იწვევდეს. არანაკლებ ბუნებრივი იქნება დასკვნა, რომ ვულკანიზმიც და მიწისძვრებიც ერთსა და იმავე მიზეზთან არის დაკავშირებული. ეს საერთო მიზეზი ახალგაზრდა მთების შეიძლება ვეძიოთ. მართლაც, ვულკანური აქტივობაც და სეისმური აქტივობაც ახალგაზრდა მთების გავრცელების ზოლთან არის ორივე დაკავშირებული და სწორედ ამიტომ ჩჩება ისეთი შთაბეჭდილება, თითქოს ისინი უშუალოდ უკავშირდებოდნენ ერთმანეთს. უნდა დავემატოთ და ამ საკითხს შემდეგაც დავუბრუნდებით, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ემთხვევა არა მთებისას საერთოდ, არამედ ახალგაზრდა მთებისას, რომელთა განვითარება დამთავრებული არ არის და სადაც ტექტონიკური მოძრაობა დღესაც გრძელდება.

ამგვარად, ვულკანური მიწისძვრების გვერდით არის გაცილებით უფრო მრავალრიცხოვანი და მნიშვნელოვანი ჯგუფი ტექტონიკური მიწისძვრებისა. ასეთ დასკვნას კარგად ადასტურებს ის გარემოება, რომ ბევრ შემთხვევაში კავშირი მიწისძვრასა და ტექტონიკურ მოძრაობას შუა უშუალოდ შეიძლება დადგენილ იქნას. ასეთია კავშირი სან-ფრანცისკოს მიწისძვრასა და იქვე კარგად ცნობილ ნაწევს შუა, კავშირი ცხაკაიას მიწისძვრასა და სათანადო წყვეტას შუა და სხვა მრავალი.

სწორედ სან-ანდრეას განსხვავების ზუსტმა გეოლოგიურმა აგებმამ მიწისძვრის წინ და მიწისძვრის შემდეგ შესაძლებელი გახადა ტექტონიკური მიწისძვრის მექანიზმის გარკვევაც (სურ. 232). დადგენილ იქნა, რომ მიწისძვრის წინ ნაწევის დასავლური ფრთა წინ, ჩრდილოეთისაკენ (NNW) იყო წაწეული, თანაც მით უფრო მე-

ტად, რაც უფრო დაშორებული იყო აღებული წერტილი ნაწევის ხაზისაგან. მიწისძვრის შემდეგ კი გამოირკვა, რომ გამრუდებული შრეები გამართულიყვნენ და ახლა სწორხაზუბრივად აწყდებოდ-



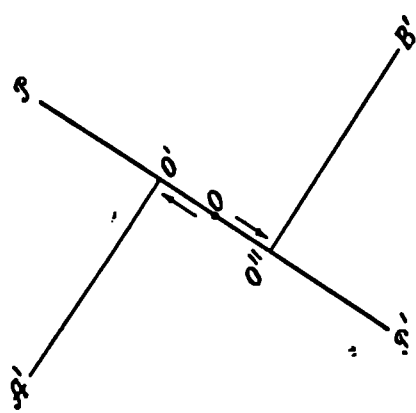
სურ. 232. სან ანდრეას განსხვავებული. PP'—განსხვავების ხაზი. AB — რელიეფის ხაზი წინა მიწისძვრების შემდეგ; A'B'—იგივე ხაზი 1906 წლის მიწისძვრის წინ; მარცხენა ბაგე მიიწევს NNW-კენ (ისარი), მარჯვენა—SSO-კენ (ისარი), მაგრამ სხვებზე არ არის, ხაზი A'B' გაღუნულია უწყვეტოდ. გადაადგილება მინიმალურია თვით რღვევის ზოლში და მატულობს იქეთ-აქეთ.

ნენ ნაწევის ხაზს (სურ. 233). ცხადი უნდა იყოს, რომ მიწისძვრამდე ნაწევის დასავლური ფრთა ჩრდილოეთისაკენ მიიწვევდა, მაგრამ ხახუნის ნაწევის სიბრტყის გასწვრივ გადაადგილებას შეუძლებელს ხდიდა. ამის გამო შრეები თანდათან ილუნებოდნენ და დაძაბულობა და დრეკადი ენერგია გროვდებოდა. ბოლოს დაძაბულობა იმდენად გაიზარდა, რომ ხახუნის წინააღმდეგობას გადააჭარბა. შრეები მოსხლტდნენ ნაწევის სიბრტყის გასწვრივ და წაიწიეს წინ. სწორედ ეს მოსხლტება მიწისძვრის უშუალო მიზეზი.

სან-ანდრეას წყვეტა უკვე არსებობდა ხსენებული მიწისძვრის წინ. ადვილად წარმოვიდგინო შემთხვევას, როდესაც მიწისძვრას თვით წყვეტის გაჩენა იწვევს (სურ. 234). დავუშვათ, რომ ერთი ბლოკი ზევითკენ მოძრაობს, როგორც ამას ნახაზე ისრები გვი-



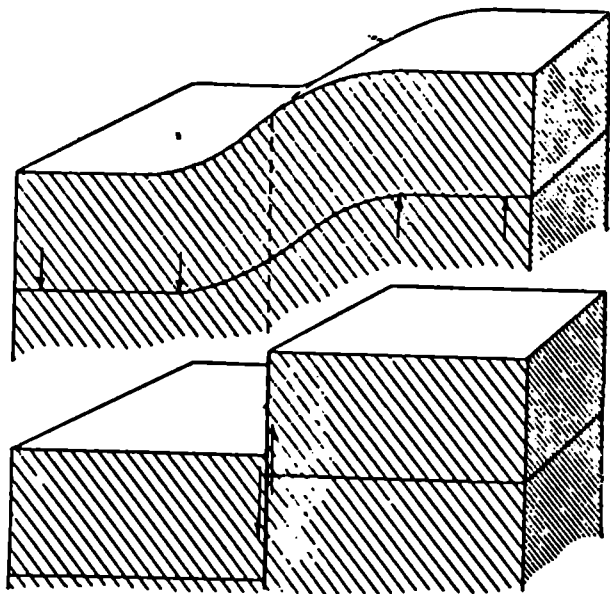
ჩვენებენ, ხოლო მეორე ბლოკი — ქვევითკენ. ამან ბლოკებს შუა შრეების გაღუნვა უნდა გამოიწვიოს. ქანის დრეკადობის პირობებში ეს წარმოშობს ძაბვას, რომელიც თანდათან უნდა იზარდოს, სანამ ბლოკის გადაადგილება გრძელდება. ბოლოს იმდენი ენერგია დაგროვდება, რომ საკმაო იქნება ქანის გასაწყვეტად. წარმოშობილი წყვეტის გასწვრივ ერთი ბლოკის მოხრილი თავი ზევით აიწევს, მეორისა ქვევით დაიწევს და წონასწორობა დამყარდება, სანამ ისევ ქანის დეფორმაცია არ დაიწყება.



სურ. 233. II. — მდგომარეობა 1906 წლის მიწისძვრის შემდეგ: მომხდარა სხლეტვა რღვევის ზოლის გასწვრივ; მარცხენა ბაგეში O გაღამბტარა O'-ში, მარჯვენაში — O'-ში. საერთო გადაადგილება დაახლოებით 6 მეტრია (მაშტაბი რღვევის ხაზის გასწვრივ გაზვიადებულია 15 000-კეცად).

ამგვარად, ქანების დრეკადმა დეფორმაციამ, როგორც წყვეტის უკვე არსებობის პირობებში, ისე მანამდე უწყვეტო შრეებშიც შეიძლება უეცარი ბიძგი და მიწისძვრა მოგვეცეს. საჭიროა მხოლოდ საკმაო ენერგია დაგროვდეს. მართალია, ისეთი ზუსტი დასაბუთება, როგორიც სან-ანდრეას ნაწივის შემთხვევაში გვაქვს, გამონაკლისი არის, მაგრამ ხშირია არაპირდაპირი დასაბუთება. მაგალითად, აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა გარკვეულად გვიჩვენებს, რომ იზოსეისტები NNW-კენ წაგრძელებულ

კონტურებს იძლევიან (სურ. 235). გეოლოგებმა იციან, რომ ეს არის დიდი რღვევის მიმართულება, რომელიც აქ კაპეტ-დალის კალთებს მიუყვება. მაშასადამე, ნათლად ჩანს, რომ იზოსეისტები!



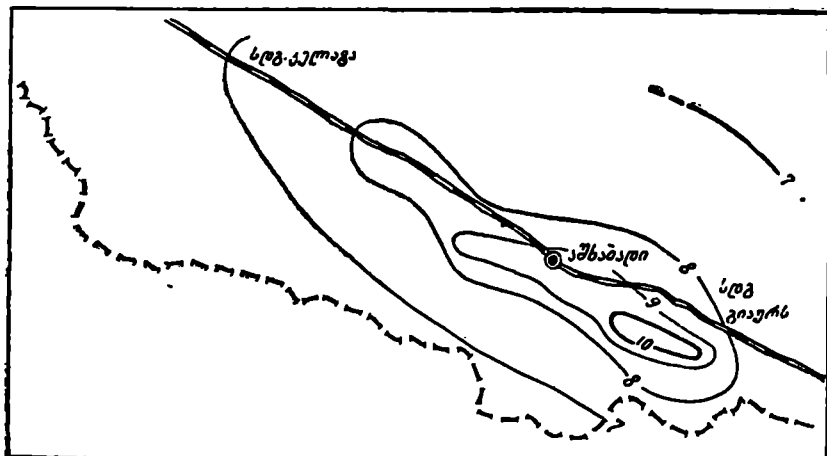
სურ. 234. დაშტრიხული შრე ზევით დასაწყისში სწორი იქნებოდა მაზედ ორი ძალა მოქმედებს, მარცხნივ—ქვევითკენ, მარჯვნივ—ზევითკენ მიმართული. შრე გაღუნულა უწყვეტოდ. ქვევით ძაბვას სიმტკიცისთვის გადაუქარბებია და შრე გაწყვეტილა. ამას მოჰყოლია სხლეტვა, მარცხნივ ქვევითკენ, მარჯვნივ — ზევითკენ. გაღუნვა აღარ არის და აღარც ძაბვა; ისრები სხლეტვის ზედაპირის იქეთ-აქეთ აღნიშნავენ მომხდარი გადაადგილების მიმართულებას.

მიმართულება ტექტონიკურ ხაზთან არის დაკავშირებული: მიწისძვრა ტექტონიკური იყო და მისი მექანიზმიც იმის მსგავსი, რაც სან-ანდრეას მიწისძვრის შეგმთხვევაში.

თუ ტექტონიკური მიწისძვრა ნაწევთან ან ნასხლეტთან და სხვა მისთანასთან არის დაკავშირებული, ეს იმას არ ნიშნავს, თითქო წყვეტა, რომლის გადაადგილება ასეული მეტრები და კილომეტრიც კი არის ხოლმე, ერთი მიწისძვრის შედეგი იყოს. ეს დის-

ლოკაციები უამრავი ბიძგის გზით ვითარდებიან და თითოეულის თანამგზავრი გადაადგილება მხოლოდ მეტრებით ან ათიოდ მეტრით იზომება.

მეორე მხრით, მიწისძვრებს ნაოქებრივი დისლოკაცია იწვევს, რადგან დანაოქებასაც ახლავს მცირე წყვეტები და ბიძგები.



სურ. 235. აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა. ციფრები იზოხაზებთან აღნიშნავენ მიწისძვრის ბალიანობას.

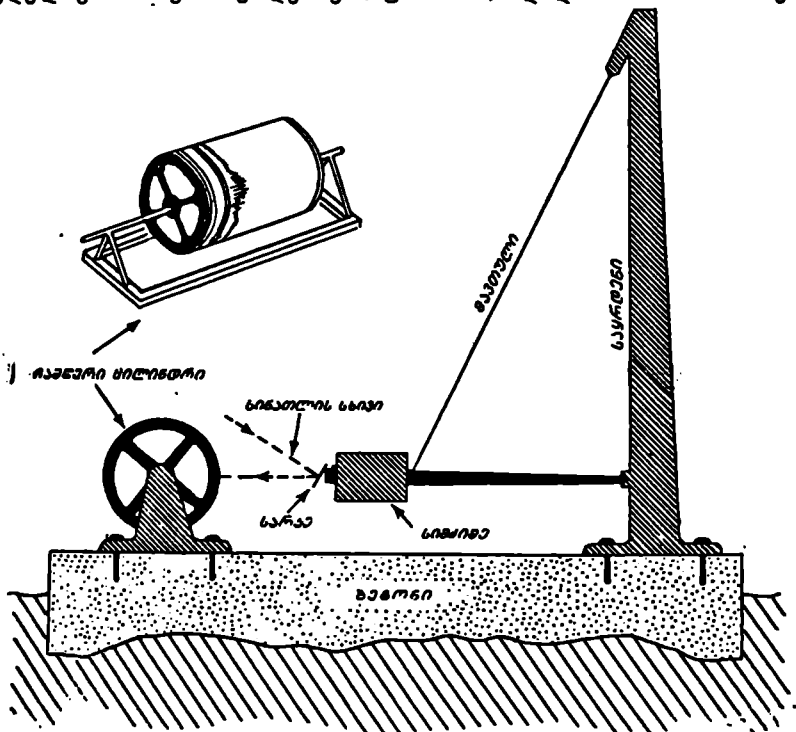
სეისმური მოძრაობის გავრცელება. როგორც ვხედავთ, ტექტონიკური იქნება მიწისძვრა თუ ვულკანური, მისი გამომწვევი უშუალო მიზეზი ნათელი არის. მაგრამ ბიძგი, რომელზედაც აქ კლასიფიკაცია, ხომ კერაში წარმოიშობა. გასაგებია, რომ იქ მიწისძვრა ხდებოდეს, მაგრამ ის როგორ-ღა არის, რომ აქ წარმოიშობილი ძვრა უზარმაზარ ტერიტორიას გადაეცემა და შეიძლება მთელ მხრასაც შემოუაროს? ისმის სეისმური მოძრაობის გავრცელების, გადაცემის საკითხი.

ასეთ კითხვაზე სეისმოლოგიას დღეს საშუალება აქვს სრულიად გარკვეული პასუხი გასცეს. დადგენილი არის, რომ კერიდან მიწისძვრა დრეკადი ტალღების სახით ვრცელდება ყველა მიმართულებით ისევე, როგორც, მაგალითად, ბგერის ტალღები.

მაგრამ ამ მოვლენის შესასწავლად უშუალო დაკვირვება არ კმარა. საჭიროა უაღრესად გრძნობიერი იარაღების გამოყენება. სიძნელე ის არის, რომ ეს იარაღი მიწისძვრის დროს უძ-

რავი უნდა დარჩეს. მართლაც, მოძრაობს მიწა, მოძრაობს შენობა, მისი კედლები, იატაკი, და, თუ იარაღიც ამ მოძრაობის მონაწილეა, იგი ვერაფერს აღნიშნავს: თუ მატარებელი მიქრის და ჩვენც ვაგონში ვზივართ, ამ მოძრაობის აღმნიშვნელად ვერ განვვლდებით.

...საკითხი გადაჭრილ იქნა მძიმე საქანის საშუალებით. მძიმე მასა, მაგალითად, ტყვიის კუბი, დამაგრებულია ძლიერ მოძრავად კედელზე ან სხვა საყრდენზე (სურ. 236). დიდი მასა იმისთვის

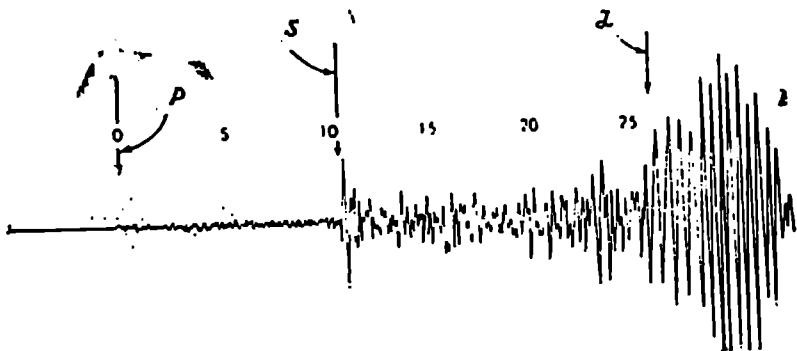


სურ. 236. ს ე ი ს შ თ გ რ ა ფ ი.

არის საჭირო, რომ ინერცია დიდი იყოს და საქანი არ დაიძრას, ხოლო კედელთან მოძრავი კავშირი იმას ნიშნავს, რომ კედლის ქანობა საქანს არ გადაეცემა. ამრიგად, როდესაც მიწისძვრის გამო კედელი ქანობას იწყებს, საქანი უძრავი დარჩება. რა თქმა უნდა. მაყურებელს ისე მოეჩვენება, თითქო ოთახი უძრავი იყოს და საქანი კი ქანობდეს.

იარაღის მოწყობილობა რომ ამით თავდებოდეს, მისი გამოყენება ძნელი იქნებოდა: დამკვირვებელი უნდა გვერდით უჯდეს და იცდიდეს დღე და ღამე, თუ როდის ამოძრავდება იგი. მაგრამ იარაღი ისეა აგებული, რომ თავის მოძრაობას თვითვე ჩასწერს, დამკვირვებლის საქმესაც თვითონ აკეთებს.

ამისათვის საქანზე მიმაგრებული არის საწერი წვეტი. წვეტი ეხება ქაღალდს, რომელიც ცილინდრზედ არის დახვეული. ცილინდრს საათის მექანიზმი აბრუნებს ღერძზე. ასეთი ბრუნვისას საწერი წვეტი ქაღალდზე სწორ ხაზს გაავლებდა და სრული შემობრუნების შედეგად ძველ ადგილას მივიდოდა. შემდეგი ხაზი ამავე ნახაზავზე გაივლებოდა. ეს რომ არ მოხდეს, ამისთვის ცილინდრი ღერძზე კი არ ბრუნავს მხოლოდ, იმავე დროს განზე მიიწევს ძლიერ ნელა, მარცხნივ. ამის გამო ქაღალდზე გამოიხაზება არა წრეხაზი, არამედ სპირალი, რომელიც თანდათან მარჯვნივ მიიწევს, სანამ მთელ ცილინდრს არ გაივლის.



სურ. 237. ს ე ი ს მ ო გ რ ა მ ა. P-გასწერივი, S-განივი, L-გრძელი ტალღების საწყისი.

ამ იარაღს და მის სხვადასხვა სახეებს ეწოდება ს ე ი ს მ ო გ რ ა ფ ი: სანამ მიწისძვრა არ არის, სეისმოგრაფი სწორ ხაზს (სპირალს) ავლებს ცილინდრზე, მაგრამ, თუ მიწისძვრა დაიწყო, კალამი ცილინდრის ღერძის გასწვრივ, ე. ი. იმ სწორი ხაზის პერპენდიკულარულად იწყებს ქანაობას, — მივიღებთ ჩანაწერს, რომელსაც ს ე ი ს მ ო გ რ ა მ ა<sup>2</sup> ჰქვია (სურ. 237). თანამედროვე

1 „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრაფო“ — ვწერ.

2 „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრამმა“ — ნაწერი.

სეისმოგრაფებში სეისმოგრამა საწერ ქაღალდზე როდი იხაზება. საწერ ცილინდრს ქაღალდის ნაცვლად ფოტოქაღალდი აქვს გადაკრული. ამ ქაღალდს საქანიდან არეკლილი სინათლის სხივი ეცემა და ჩაწერას ის აწარმოებს. დროც ავტომატურად აღინიშნება.

ადვილი დასანახავია, რომ თითოულ სეისმოგრაფს მოძრაობის მარტო ერთი მიმართულების ჩაწერა შეუძლია, სახელდობრ საწერი ცილინდრის ღერძის პარალელურის. ამიტომ ზუსტი ჩანაწერისთვის საჭიროა ერთ სადგურზე სამი სეისმოგრაფი მაინც იყოს: ორი ჰორიზონტული (ერთმანეთის მართობული) და ერთიც ვერტიკალურა. ამგვარად, მიიღება სამი შემადგენელი, რომლებიც პარალელოპიპედის წესით ნამდვილი მოძრაობის აღდგენის საშუალებას იძლევიან.

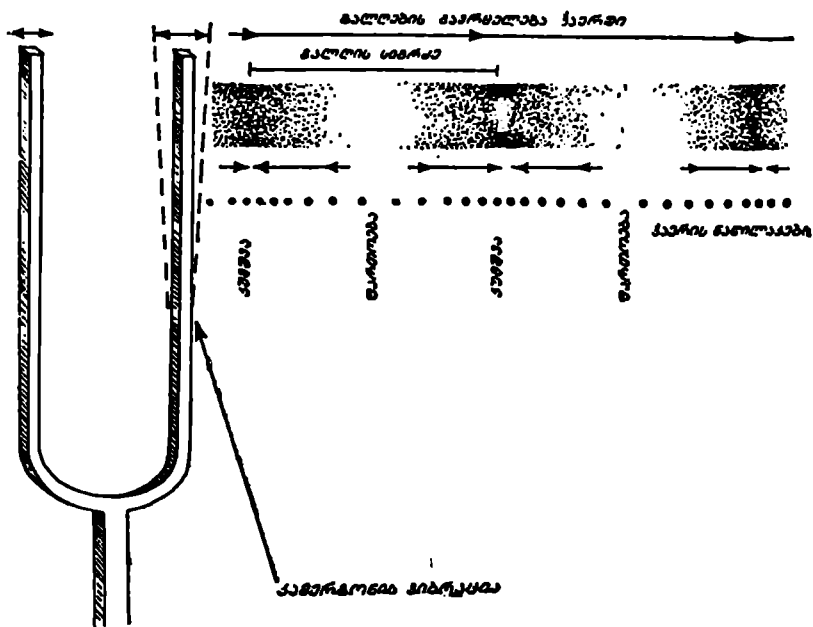
ლდეს ცნობილია, რომ მიწისძვრის კერაში ორგვარი ღრეკადი ტალღები წარმოიშობა: გასწვრივი და განივი. გასწვრივი ტალღების მოძრაობა ისეთივეა, როგორც ბგერითი ტალღებისა: ქანის ნაწილაკები ტალღის გავრცელების მიმართულებით მოძრაობენ და სწორედ ამიტომ ჰქვია ტალღებს გასწვრივი. აქაც ერთმეორეს მოსდევს შეკუმშული და გაშლილი უბნები. ერთი შეკუმშულისა და მომყოლი გაშლილი უბნის საერთო სისქე ტალღის სიგრძე იქნება. წერტილში ერთი ასეთი ტალღის გავლის დრო ქანაობის პერიოდი არის (სურ. 238).

განივ ტალღებში ნაწილაკები ტალღის გავრცელების გარდი-გარდმო ქანაობენ ისევე, როგორც სინათლის შემთხვევაში (სურ. 239).

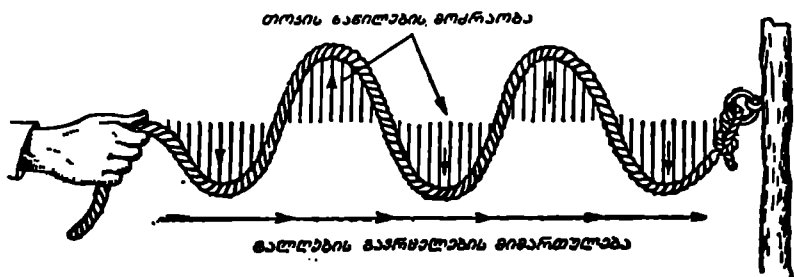
გასწვრივი ტალღების გავრცელების სიჩქარე საგრძნობლად მეტია, ვიდრე განივისა. ამიტომ. თუ ეპიცენტრი საკმაოდ დაშორებული არის სეისმოგრამის ჩაწერის ადგილიდან, ჯერ გასწვრივი ტალღა მოვა და ჩაიწერება და შემდეგ — განივი. ამის მიხედვით ერთს უწოდებენ პირველ ტალღას და აღნიშნავენ ლათინური ასოთი P, ხოლო შემდეგ იქნება მეორე ტალღა და მისი სიგნატურა S. ერთის და მეორის მიწის ზედაპირზე ამოსვლისას წარმოიშობა ტალღების მესამე სახე, რომელსაც გრძელ ან ზედაპირულ ტალღებს უწოდებენ L<sup>1</sup>. ისინი ისეთივე არიან, როგორც ზღვის ზედაპირის ტალღები.

<sup>1</sup> Undae primae, ლათ. — პირველი ტალღები, undae secundae — მეორე ტალღები და undae longae — გრძელი ტალღები. სიგნატურები P, S, L სათანადო დასახელების (prima, secunda, longa) პირველ ასოს წარმოადგენენ.

გრძელი ტალღების გავრცელება კიდევ უფრო ნელია, ვიდრე განივისა, სამაგიეროდ მათი ამპლიტუდი (ტალღების სიმაღლე) გაიღებოთ მეტია და ნგრევის გამომწვევი უპირატესად ისინი არიან.



სურ. 238. გრძელი ტალღების სქემა (გასწვრივი ტალღები).



სურ. 239. განივი ტალღების მიბაძვა.

სეისმოგრამები ძვირფას ინფორმაციას აწედიან მკვლევარს. ეს ითქმის განსაკუთრებით იმ შემთხვევაზე, როდესაც ერთი და

იგივე მიწისძვრა რამოდენიმე, ერთიმეორისაგან დაშორებულ სადგურზე იწერება. თანაც ადვილი დასანახავია, რომ, თუ მიწისძვრის ძალა საკმაოდ დიდი არის, სეისმოგრამა მით უფრო მკაფიო იქნება, რაც უფრო შორს არის სადგური ეპიცენტრიდან: ტალღები P, S და L უფრო მეტად ჩამორჩებიან ერთმანეთს.

მაინც სეისმოგრამის წაკითხვა ანუ გაშიფრვა ძლიერ რთული და პასუხსაგები საქმე არის. როდესაც ჰიპოცენტრში ბიძგი წარმოიშობა, ტალღები, როგორც გასწვრივი, ისე განივი, აქედან ყველა მიმართულებით წავლენ (სურ. 230). რადგან ტალღების სიჩქარე სიღრმეში თანდათან მატულობს, მათი გავრცელების ხაზი არის არა სწორი, არამედ მრუდე და თან ქვევითკენ ჩაზნექილი. თუ სიჩქარის ცვლა უეცარია, რაც იმის მაჩვენებელი იქნება, რომ მიწის შიგნეთის შედგენილობა ან ფიზიკური მდგომარეობა ნახტომისებურად შეიცვალა, იქ მოხდება ტალღის არეკლება ან გადატეხა. არეკლების ადგილას, გასწვრივი ტალღა იქნება ეს თუ განივი, ორივე სახის ახალი ტალღა წარმოიშობა, გასწვრივიც და განივიც. შესაძლებელია ისიც, რომ არეკლება გამეორდეს.

საცა ეს ტალღები ზედაპირზე ამოვლენ, იქ გრძელი ტალღები წარმოიშობიან. თუ ამას მივუმატებთ, რომ ჩამოთვლილთ გარდა არის კიდევ სხვა ტალღებიც, ადვილი დასანახავი იქნება, რამდენად რთული რამ არის სეისმოგრაფის ჩანაწერი. მიუხედავად ამისა, დღეს უპირავი სეისმური სადგური მუშაობს მიწის ყველა კუთხეში. გონებამახვილი სეისმოლოგები აწარმოებენ მიღებული დოკუმენტაციის დამუშავებას და ისეთი საკითხების გარკვევა, როგორიც არის ეპიცენტრების და ჰიპოცენტრების მდებარეობა, მიწისძვრის სიძლიერე და ენერჯია და სხვა, საკმაო მიახლოებით ხერხდება.

რომელიმე ერთი სეისმური სადგურის ჩანაწერი საშუალებას იძლევა ეპიცენტრის დაშორება გაიზომოს. ამის საზომია S-ტალღების ჩამორჩენა P-ტალღებთან შედარებით. იყოს ეს დაშორება I კმ. ეპიცენტრი მდებარეობს ასეთ მანძილზე, მაგრამ საითკენ — ეს უცნობი რჩება: მოთხოვნას აკმაყოფილებს I რადიუსით სადგურიდან შემოვლებული წრეხაზის ყოველი წერტილი. ეპიცენტრის უფრო ზუსტი ლოკალიზაცია არ ხერხდება.

მაგრამ ვთქვათ, ერთისა და იმავე მიწისძვრის ორი სადგურის ჩანაწერი გვაქვს. შემოვივლება ორი წრეხაზი. რადგან ეპიცენტრი ერთია და თან ორივე წრეხაზზე უნდა მდებარეობდეს, ეს იქნება ამ ხაზების შეხების ან გადაკვეთის წერტილები. შეხების შემთხვე-



ვაში წერტილი ერთი იქნება და ეპიცენტრი პოვნილია, ხოლო თუ წრეხაზები იკვეთებიან, გადაკვეთის წერტილი ორი იქნება და რჩება გასარკვევი, რომელი მათგანი წარმოადგენს ეპიცენტრს? საჭიროა მესამე სადგურის ჩანაწერი.

უფრო რთულია პიპოცენტრის მდებარეობის დადგენა.

აღსანიშნავია ცდები, რომ მიწისძვრის ენერგია ტალღების აპლიტუდის, ქანაობის პერიოდის და გავრცელების სიჩქარის მიხედვით განისაზღვროს. ირკვევა, რომ დიდი მიწისძვრების შემთხვევაში კერაში უზარმაზარი ენერგია თავისუფლდება. მაგრამ კერიდან დაშორებისას ენერგია მასის უზარმაზარ რაოდენობაზე ნაწილდება და მისი შეფარდებითი ოდენობა საოცარი სიჩქარით კლებულობს. მეორე მხრით პირვანდელი კინეტიკური ენერგია შინაგანი ხახუნის გამო თანდათან თბურში გადადის.

მაინც რამდენად ძლიერი შეიძლება იყოს მიწისძვრა? მიწისძვრათაგან, რომელნიც მეცნიერებისთვის ცნობილი არიან, ერთ-ერთ უძლიერესად ითვლება ასამის მიწისძვრა 1950 წელს. მაგრამ ეს ხომ საზღვარი არ არის. ხომ არ შეიძლება უფრო და უფრო ძლიერი მიწისძვრებიც, 13-ბალიანი, 14-ბალიანი და ასე შემდეგ?

მთელი რიგი მოსაზრება გვაფიქრებინებს, რომ არა. როგორც დავინახეთ, იმისათვის, რომ დიდი მიწისძვრა მომზადდეს, საჭიროა დიდი პოტენციალური ენერგია დაგროვდეს კერაში თანდათან. მაგრამ როგორც კი დაგროვილი ენერგია საკმაო აღმოჩნდება იმისთვის, რომ წყვეტა ან სხლეტვა გამოიწვიოს, მოხდება მიწისძვრა და დაგროვილი ენერგია დაიხარჯება. პროცესი თავიდან უნდა დაიწყოს.

ამ გვარად, მიწისძვრის გამომწვევი ენერგიის დაგროვებას გარკვეულ საზღვარს უდებს ქანების სიმტკიცე. თუ დაგროვილმა ენერგიამ მიაღწია იმ ოდენობას, რომელიც წყვეტის ან სხლეტვის გამოსაწვევად კმარა, ენერგია გათავისუფლდება და დაგროვება შეწყდება. უნდა ვიფიქროთ, რომ 12-ბალიანი მიწისძვრა მართლაც უძლიერესია იმათ შორის, რომელნიც ჩვენი მიწის პირობებში შესაძლებელი არიან.

მიწისძვრების მნიშვნელობა, როგორც მთების წარმოშობის თანამგზავრი მოვლენისა, უეჭველად დიდი არის. მაგრამ კიდევ უფრო დიდია მისი მნიშვნელობა ადამიანისათვის, მასი მეურნეობისთვის, ზემოთ დავინახეთ, თუ რაგვარი და რამდენად დიდი ზარალი შეიძლება მიაყენოს ადამიანს ამ სტიქიურმა მოვლენამ. გასაგებია

ამიტომ, რომ მიწისძვრებს დიდი ხანია ყურადღება მიექცა. უმარტივესი სეისმოლოგიური იარაღები (სეისმოსკოპები, სეისმოგრაფები) ჩინელებს უკვე ჩვენი ერის დასაწყისში ჰქონდათ.

ერთგვარ ინტერესს იწვევს ბოლო დროს მიწისძვრების წინასწართქმის ცდები, თუმცა ჭერჭერობით შედეგი გამამხნევებელი არ არის. პრაქტიკამ სულ სხვა მიმართულებით გაამახვილა ყურადღება. მართალია, ჩვენ არ ვიცით, როდის და სად მოხდება მიწისძვრა, მაგრამ სამაგიეროდ საკმაო მიახლოებით შეგვიძლია გამოვარკვიოთ, სად არის მოსალოდნელი მიწისძვრა და სად არაა, სად არის მოსალოდნელი ძლიერი მიწისძვრა და რამდენად ძლიერი. ამის შესაძლებლობას გვაძლევს მიწისძვრების სტატისტიკა და საკვლევი მჭარის გეოლოგიური აგებულების (რღვევები, შეცოცებები და სხ.) გათვალისწინება.

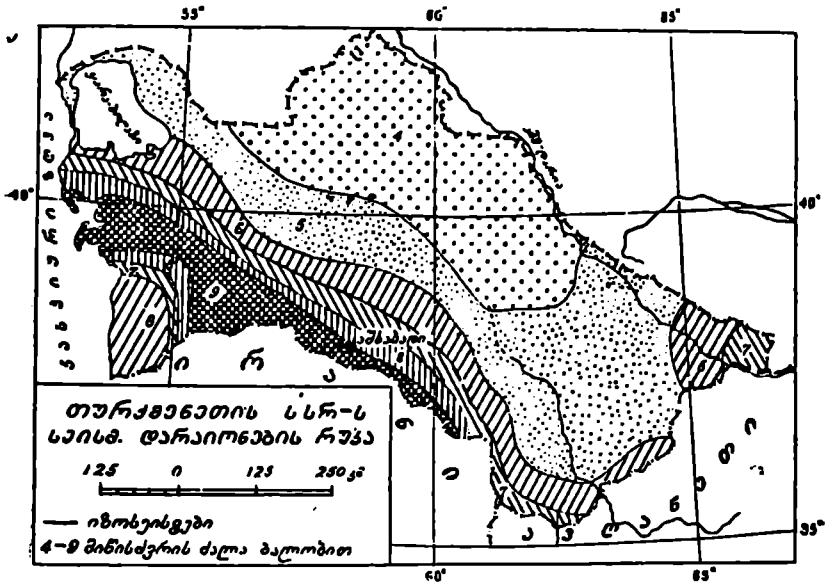
მეორე მხრით ცნობილია, რომ ძლიერი მიწისძვრის დროს ყველა შენობა კი არ ინგრევა, ინგრევა ის, რაც ასეთი შემთხვევის შესაფერად არ არის აგებული. გამორკვეულია, რომ, თუ მშენებლობის პროცესში საჭირო ღონისძიებები გამოეყენებიათ, შენობა არ დაინგრეოდა. თანაც ეს დამატებითი ღონისძიებები დამოკიდებული იქნებიან იმაზე, თუ რამდენად ძლიერ მიწისძვრას უნდა გაუძლოს ნაგებობამ. ეს არის მიწისძვრის გამძლე მშენებლობა. ასეთი მშენებლობა ჰგულისხმობს შესაფერ სამშენებლო ხერხებს, მაგრამ აგრეთვე იმის ცოდნასაც, თუ როგორი (რამდენ ბალიანი) რყევა არის მოსალოდნელი სამშენებლო მოედანზე. ეს ცნობა მშენებელს სეისმოლოგმა უნდა მიაწოდოს.

ამისათვის ადგენენ რუკებს, რომელთაც სეისმური დარაიონების რუკას უწოდებენ. ასეთ რუკაზე (სურ. 240) შემოფარგლულია ცალკეული უბნები იმის მიხედვით, თუ სად როგორი მიწისძვრების შესაძლებლობა არის ნაგულისხმევი.

სეისმური დარაიონების რუკას ძლიერ დიდი სახალხომეურნეობრივი მნიშვნელობა აქვს. ვთქვათ, რუკაზე გარკვეული ზოლი 7 ბალიანად არის აღნიშნული. ეს იმას ნიშნავს, რომ რაიმე კაპიტალური ნაგებობის (ქარხანა, კაშხალი, ხიდი...) შენებისას უნდა დაცულ იქნას 7-ბალიანი მიწისძვრისთვის გათვალისწინებული წესები. ეს მშენებლობას ძლიერ აძვირებს, მაგრამ, თუ შევცდით და უბანი 8-ბალიანია, ხარჯი ხარჯად წავა და შენობაც დაინგრევა.

მაშ თითქო საუკეთესო იქნება მაღალი ბალის აღება. თუ, ვთქვათ, 71-ის ნაცვლად 10 ავიღებთ, შენობები აღარ დაინგრევა.

მაგრამ მათი ღირებულება იმდენად გაიზარდა, რომ მშენებლობაზე თავიდანვე ხელს აიღებენ, სხვა უფრო სანდო ადგილს მოძებნიან.



სურ. 240. აშხაბადის მხარის სეისმური დარაიონების რუკა.

თავისთავად ცხადია, რომ გარდა სეისმური დარაიონების რუკისა, ყოველი მშენებლობა სეისმურ მხარეში ჰგულისხმობს აგრეთვე სამშენებლო მოედნის შესწავლას საინჟინერო გეოლოგიის თვალსაზრისით, რადგან სხვადასხვა ქანის და სტრუქტურის პირობებში მიწისძვრის გამოვლინებაც სხვადასხვაა, სად მეტად და სად ნაკლებად სახიფათო (სურ. 241).

სეისმური ძებნა-ძიება, სეისმოგრაფია და სეისმომეტრია მიწისძვრების შესასწავლად იქნა ჩამოყალიბებული, მაგრამ, როგორც ხშირად ხდება, ახალმა იარაღებმა და მათმა გამოყენებამ კვლევის ახალი მეთოდები და ახალი პრობლემები წარმოშვეს. აღმოჩნდა, რომ სეისმური ტალღები მიწისძვრას კი ახასიათებენ, მაგრამ იმავე დროს მათი ბუნება, სიჩქარე და სხვა თვისებები იმ გარემოზედ არიან დამოკიდებული, რომელშიც ტალღების წარმოშობა და გავრცელება მიმდინარეობს. იმის მიხედვით თუ როგორია ტალღა,

გასწვრივი თუ განივი, ან როგორია მისი სიჩქარე, შეგვიძლია დავასკვნათ, თუ როგორია ის გარემო, რომელიც ტალღას გაუვლია. ამგვარად, როგორც შემდეგ თავში დავინახავთ, შესაძლებელი შეიქმნა მიწის შიგნეთის სხვაგვარად მიუწვდომელი სიღრმეების კვლევა.



სურ. 241. სსრკ-ს სეისმური დარაიონების რუკა. როგორც იზოსეისტები გვიჩვენებენ, მიწისძვრები მხოლოდ სამხრულ ზოლში არის. დანარჩენი ტერიტორია ასეისმური არის.

მაგრამ იგივე მოსაზრება შეიძლება გავრცელდეს მიწის ქერქის მცირე სიღრმეებზედაც, რომელთაც უშუალოდ ვერა ვხედავთ და იმავე დროს შეგვიძლია შიგ აფეთქებით გამოწვეული ხელოვნური სეისმური ტალღები გავატაროთ. ამ ტალღების შესწავლასაშუალებას მოგვცემს გავარკვიოთ, თუ რა ქანები გაუვლია მათ და ამის მიხედვით დავადგინოთ შესწავლილი უბნის გეოლოგიურა აგებულების ხასიათი და ზოგ შემთხვევაში დავადასტუროთ (ან უარყვოთ) ამა თუ იმ საბადოს არსებობა. ამ პრინციპზე არის აგებული სეისმური ტენა-ძიების მეთოდები, რომელთაც უკანასკნელ

წელთათეულებში სულ უფრო და უფრო დიდი მნიშვნელობა ეძლევა, კერძოდ ნავთობის ძებნის საქმეში.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

როგორია მიწისძვრის ნიშნები? მოიგონეთ რამდენიმე მიწისძვრა.

რა არის გუნდური მიწისძვრა, მთავარი ბიძგი, წინაბიძგი, მომყოლი ბიძგი?

როგორია მიწისძვრის გეოლოგიური შედეგები? მოაგონეთ მიწისძვრის სიძლიერის თორმეტბალიანი სკალა.

რა არის მიწისძვრის ეპიცენტრი, ჰიპოცენტრი (კერა)? მარჩხი, საშუალო, ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები? სად გვხვდება ძირითადად ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები?

რა არის იზოსეისტების და ჰომოსეისტების რუკა? პლეისტოსეისტურა უბანი? ადგილობრივი, შორსმწვდომი და მსოფლიო მიწისძვრები?

როგორია მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება? რას გვეუბნება გეოგრაფიული გავრცელება მიწისძვრების მიზეზის შესახებ? როგორია ვულკანური და ტექტონიკური მიწისძვრების შეფარდებითი მნიშვნელობა?

რა არის და რა საფუძველზეა აგებული სეისმოგრაფი? რა არის სეისმოგრაფა? რა და რა გვარი ტალღები გაირჩევა სეისმოგრაფაზე? ასწერეთ ვასწერივი ტალღები, განივი ტალღები. როგორია მათი გავრცელების სიჩქარე?

როგორ განსაზღვრავენ ეპიცენტრის მდებარეობას? ჰიპოცენტრის მდებარეობას? რა არის სეისმური დარაიონების რუკა და რა მნიშვნელობა აქვს მას?

### მიწის ქერქის მოძრაობა. ეპიროგენეზი.

მიწის ქერქი. გეოლოგიური კვლევის უშუალო ობიექტი მიწის ქერქი არის. მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვებისათვის მხოლოდ ქერქის ზედა ფენები არის მისაწვდომი, ის, რაც ზედაპირზე შიშვლდება. მართალია, მდინარეთა მიერ გაჭრილი ხეობები, ტექტონიკური დისლოკაციები და სხვა ასეთი საშუალებას იძლევიან, უფრო ღრმადაც ჩავიხედოთ ზედაპირს ქვეშ და ამას ემატება ბურღილებიც, მაგრამ ჭერჭერობით ქერქის ქვედა ნაწილები და ძირი გეოლოგისთვის მაინც მიუწვდომელი რჩება. ბურღვა 7—8 კილომეტრის სიღრმემდე დღეს უკვე დაძლეული არის, მაგრამ ხმელეთიდან ქერქის ძირამდე ჩასაღწევად ეს კიდევ ცოტაა. ამჟამად საბჭოთა კავშირში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში განზრახულია 15 კილომეტრიანი ბურღილებიც, მაგრამ ამის განხორციელება დიდ ტექნიკურ სიძნელებთან არის დაკავშირებული და კონტინენტური ქერქის გასაღლეად საკმაოდ არ იქნება: მხოლოდ

ოკეანის ფსკერს თუ გაპკვეთს მანტიამდე. გასაგებია ამიტომ, რომ გეოლოგების წარმოდგენებს მიწის ქერქის ფუძის შესახებ მეტ-ნაკლებად ჰიპოთეზური ხასიათი აქვს.

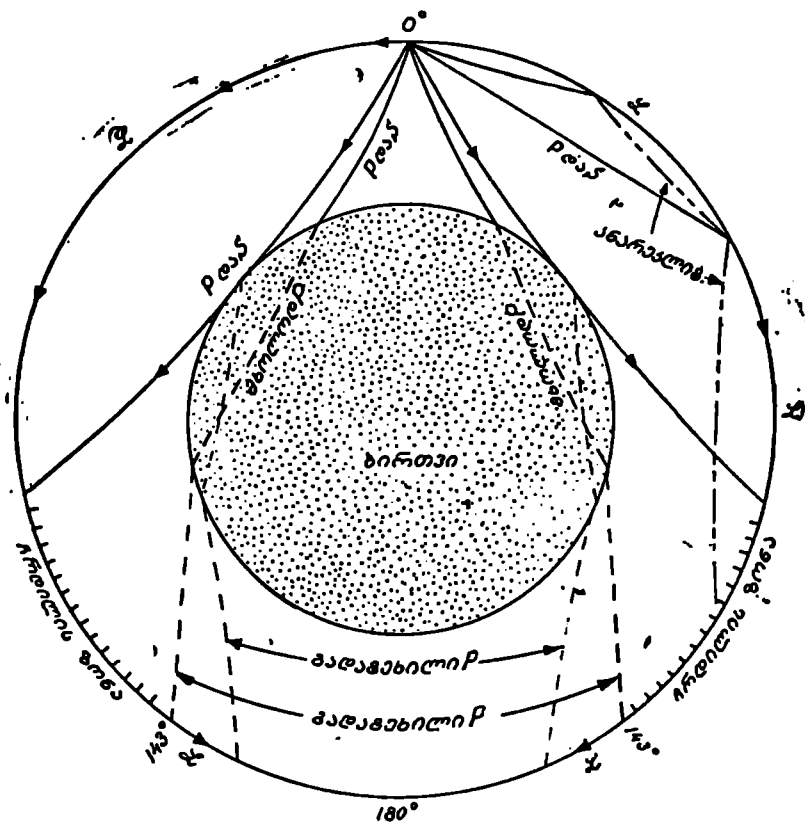
XIX საუკუნეში, როდესაც მზის სისტემის კანტ-ლაპლასისეული თეორია საყოველთაო ნდობით სარგებლობდა, ფიქრობდნენ, რომ დასაწყისში გავარვარებული მიწა მთლიანად მდნარი იყო, დიდძალ სითბოს ასხივებდა კოსმოსურ სივრცეში და ცივდებოდა. გაცივება, რა თქმა უნდა, გარედან ხდებოდა და მალე, როგორც კი ზედაპირის ტემპერატურამ აქ გავრცელებული მინერალების დნობის წერტილამდე დაიწია, მიწას მყარი ქერქი გადაეკრა. რაკი გაცივება შემდეგაც გრძელდება, იგულისხმებოდა, რომ ქერქი თანდათან სქელდება ქვევითკენ, როგორც ყინულის საფარი ტბაზე ან ზღვაზე ზამთარში. მის აწინდელ სისქეს 100 კილომეტრის რიგისად მიიჩნევდნენ.

ასეთი შეხედულება ლოგიკურად უეჭველად თანამიმდევრული არის და ქერქის ინდივიდუალობასაც მკაფიოდ განსაზღვრავს: გარეთ მყარი ქერქი, რომელსაც ლითოსფეროს უწოდებდნენ, მას ქვეშ მდნარი შიგნეთი ანუ პიროსფერო. რაც შეეხება ქიმიურ შემადგენლობას, ფიქრობდნენ, რომ იგი კონტინენტებში და ოკეანეს ქვეშ ერთნაირია, მხოლოდ სიღრმისკენ თანდათან ერთშიც და მეორეშიც უფრო ფუქე ხდება.

XX საუკუნეში ეს წარმოდგენები უკუგდებულ იქნენ. ჯერ ერთი იმის გამო, რომ, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოირკვა, რომ, მიუხედავად მრავალი უდავო ღირსებისა, კანტ-ლაპლასის თეორია მიუღებელი არის, და უმთავრესად კი სეისმოლოგიის განვითარების შედეგად. მართლაც, დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრა დრეკადი ტალღებით ვრცელდება, კერძოდ გასწვრივი P-ტალღებით და გარდიგარდმო S-ტალღებით. პირველნი ვრცელდებიან როგორც მყარ, ისე თხევად გარემოში, მეორენი — მხოლოდ მყარში, სითხეში მათი გავრცელება გამორიცხული არის. და აი გამოირკვა, რომ ქერქსქვეშ ვრცელდებიან არამარტო. გასწვრივი ტალღები, არამედ გარდიგარდმონიც (სურ. 242). მაშასადამე, ქერქს ქვეშ ნივთიერება მყარ მდგომარეობაში უნდა იყოს.

აქ ბუნებრივად ისმის კითხვა: თუ ნივთიერება ქერქ ქვეშაც მყარი არის, როგორ-და შეგვიძლია ქერქსქვეშეთზე ვილაპარაკოთ, რით გაირჩევა ქერქი ქვეშეთისაგან?

ამ კითხვაზედაც პასუხს იგივე სეისმოლოგია იძლევა. როგორც ვიცით, სეისმური ტალღების გავრცელების სიჩქარე, დამოკიდებულია გარემოზე, რომელშიც გავრცელება ხდება: სხვადასხვა ქანში სიჩქარე სხვადასხვა არის, ზოგში მეტი, ზოგში ნაკლები. მიწის



სურ. 242. სეისმური ტალღების გავრცელება მიწის შიგნით. მიწის ქერქი გარე წრეხაზით არის წარმოდგენილი. მას მოჰყვება მანტია. შემდეგი დაწერტილი წრე ბირთვია. კერიდან გამოშვებული ხაზები ტალღების მიმართულებას („სხივებს“) წარმოადგენენ. საყურადღებოა მათი გადატეხა ბირთვში შესვლისას და ბირთვიდან გამოსვლისას, რაც სიჩქარის სწრაფი ცვლით არის გამოწვეული. გადატეხა უნდა იყოს ქერქს ქვეშაეც, მაგრამ ამ მაშტაბით მისი გამოხატვა შეუძლებელია. მანტიაში არის როგორც S, ისე P-ტალღები; ბირთვში მხოლოდ P ტალღებია.

ქერქში საერთოდ სიჩქარე თანდათან მატულობს სიღრმესთან ეჭ-  
თად. ჯერ მატების ტემპი თანაბარია, მაგრამ გარკვეულ სიღრმეზე  
მკაფიო ნახტომს აქვს ადგილი.

P-ტალღებს და S-ტალღების სიჩქარე ხომ სხვადასხვაა, მაგ-  
რამ ერთიც და მეორეც უეცრად იზრდება. ზოგადად რომ ვთქვათ,  
P-ტალღებისთვის სიჩქარეს 6,2—7 კილომეტრი სეკუნდში სცვლის  
8,15 კილომეტრი სეკუნდში.

რით უნდა იყოს ეს გამოწვეული? ექსპერიმენტულად დადგ-  
ნილი არის, რომ სეისმური ტალღების სიჩქარის ცვლა შეიძლება  
დაკავშირებული იყოს ან გარემოს ნივთიერი შემადგენლობის, ან  
წნევის, ან ორისავე ცვლასთან. სანამ სიჩქარის ზრდა თანაბრად  
პიმდინარეობს, მისი გამოწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს წნევის  
(და, მაშასადამე, კუმშვა-სიმკვრივის) ზრდა, ან ნივთიერი შემად-  
გენლობის ცვლა, ან ორივე ერთად. მაგრამ სიჩქარის უეცარი შე-  
ცვლა მხოლოდ გარემოს ნივთიერი შემადგენლობის (ან მისი  
ფიზიკური მდგომარეობის) ასეთივე ნახტომისებური შეცვლით  
შეიძლება. სიმკვრივის უეცარი შეცვლა ამის გარეშე შეუძლებელი  
იქნებოდა. მაშასადამე, სეისმური ტალღების სიჩქარის ნახტომისე-  
ბური ცვლა მოწმობს, რომ მიწის შიგნეთის შემადგენლობა (ან  
მისი ფიზიკური მდგომარეობა) ასევე უეცრად გამოიცვალა.

ამგვარად, გარკვეულ დონეზე, რომელიც სხვადასხვა ადგილას  
რამდენადმე განსხვავებული არის და მთელ მიწას უვლის გარს  
უწყვეტი ზედაპირის სახით, ხდება მიწის ქიმიური შემადგენლო-  
ბის შეცვლა.

ამ დონეს, რომელიც XX საუკუნის დასაწყისში იუგოსლავი-  
ელმა გეოფიზიკოსმა მოჭოროვიჩმა აღმოაჩინა, მოჭორო-  
ვიჩიჩის ზედაპირს, ანუ შემოკლებულად მოჭოს უწოდებენ. ამის  
მიხედვით შეიძლება ვთქვათ, რომ მოჭოს დონეზე ადგილი აქვს  
სეისმური ტალღების სიჩქარის უეცარ ზრდას. აქედან დაასკვნიათ,  
რომ იცვლება მიწის ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობა.

სიჩქარეების ლაბორატორიული გაზომვის მიხედვით მოჭოს  
ზევით მიწის ნივთიერი შედგენილობა ზოგადად ისეთივე უნდა  
იყოს, როგორიც გრანიტის, ხოლო მას ქვევით ულტრაფუძე, პე-  
რიდოტიტის მაგვარი. მკვლევართა დიდი უმრავლესობა შეთან-  
ხმებულია, რომ მოჭო მიიჩნინონ, როგორც ქერქის და მანტი-  
ის საზღვარი.



რაც შეეხება თვით ქერქის შემადგენლობას, ისევ სეისმური ტალღების სიჩქარეთა მიხედვით მას ზემოთაღნიშნული გრანიტული ხასიათი მხოლოდ კონტინენტებში აქვს, ოკეანეების ფსკერში კი იგი ბაზალტური არის. ამას მოწმობს არა მარტო სეისმოლოგია, არამედ უშუალო დაკვირვებაც: ნალექების თხელ საფარს ქვეშ იქ ყველგან ბაზალტურ ქანებს პოულობენ.

მაშასადამე, თანამედროვე წარმოდგენით ქერქი არის მიწის გარე ფენა, რომლის შედგენილობა კონტინენტებში გრანიტული არის და ოკეანეების ფსკერქვეშ — ბაზალტური.

მხოლოდ. ეს შეხედულება ერთგვარ შესწორებას მოითხოვს: ბოლო დროს აღნიშნავენ, რომ ბაზალტური ფენა კონტინენტებს ქვეშაც გრძელდება. გარკვეულ ადგილებში და, კერძოდ, კონტინენტების კიდეზე ეს დადასტურებულადაც შეიძლება ჩაითვალოს, მაგრამ ამ ფენის უწყვეტობა კონტინენტებს ქვეშ ჯერ კიდევ სადავო არის (სურ. 243).

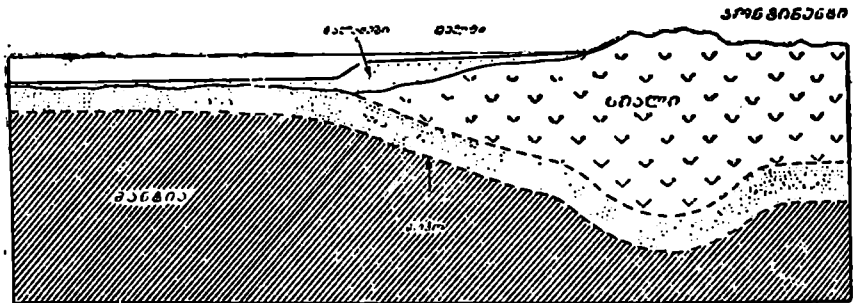
რაც შეეხება მიწის ქერქის სისქეს, ე. ი. მოჰოს მდებარეობის სიღრმეს, იგი ოკეანეებს ქვეშ საკმაოდ ერთგვაროვანი არის და უდრის მხოლოდ 5—6 კილომეტრს. კონტინენტებს ქვეშ ბევრად უფრო დიდია და ვაკე უბნებს ქვეშ 20 კილომეტრამდე აღწევს, ხოლო ახალგაზრდა მთებს ქვეშ, როგორც ალპები, კავკასიონი და სხვა არის, 40 კილომეტრს და მეტსაც აღნიშნავენ.

ამას ერთგვარი განმარტება სჭირდება: ეს მთები ხომ მხოლოდ ექვსიოდე კილომეტრით არიან ზღვის დონეს ზევით აზიდულნი: როგორ-ღა ხდება, რომ ქერქის სისქე შესაბამის ზოლში ამდენად გაზრდილა? ეს, ცხადია, ისე უნდა გავიგოთ, რომ მთების გასწვრივ ქერქი ქვევითკენაც გასქელებულა, ქვევითკენ ჩაზრდილა და თან კიდევ მეტად, ვიდრე ზევითკენ არის ამობურცული. მთებსქვეშ მანტიაში თითქოს დაყირავებული მთებია ჩაფლობილი (სურ. 243). როგორც ტბაში გამოჩნდება ხოლმე ნაპირის გორები გადაბრუნებული. ამაზედ ამბობენ, მთების ფესვებია.

აქ თითქო აშკარა წინააღმდეგობა არის: იმისათვის, რომ მთების ფესვები მანტიაში ჩაფლობილი იყვნენ, მანტია ქერქს ქვეშ პლასტიური და დენადიცი კი უნდა ყოფილიყო. იმავე დროს სეისმური მონაცემების მიხედვით მანტია მყარი არის და მტკიცე.

როგორ არის ეს შესაძლებელი?

ამასთან დაკავშირებით საჭიროა აღინიშნოს, რომ მყარი ტანის სიმტკიცე, ე. ი. ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობა, სხვადასხვაგვარად მეღვანდება ძალის უეცარი თუ ხანგრძლივი მოქმედების შემთხვევაში. ცნობილია, რომ მინის მილს რომ რამე დავარტყათ, დაიმსხვრევა; მისი მოხრა რომ მოვისურვოთ, გატყდება, მაგრამ იგივე მილი რომ მაგიდიდან მაგიდაზე გავდოთ და დავტოვოთ კვირების განმავლობაში, იგი ჩაიღუნება საკუთარი წონის გავლენით: პატარა ძალაა, მაგრამ ხანგრძლივად მოქ-



სურ. 243, მიწის ქერქი. თანამედროვე წარმოდგენა სეისმოგრაფიის მიხედვით. საყურადღებოა „გრანიტული“ (კონტინენტები) და „ბაზალტური“ (ოკეანის ფსკერი და კონტინენტების ძირი) ფენების გავრცელება. ასევე ქერქის გასქელება მთებს ქვეშ („მთების ფესვები“).

მედებდა და მინის სიმტკიცე დასძლია. ასევეა მანტიაც: მიწისძვრის ტალღებისათვის იგი მტკიცეა, ხოლო ხანგრძლივ ზემოქმედებას უპასუხებს, როგორც პლასტიური მასა. კიდევ მეტი, გეოფიზიკოსებს საუკეოდ არ მიაჩნიათ, რომ მანტიაში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს კონვექციური დინებები, ტემპერატურათა სხვაობით გამოწვეული, რასაც ხელს უწყობს მაღალი ტემპერატურაც, რომელიც გაბატონებული არის ქერქს ქვეშ.

როდესაც მანტიის დინებას ამბობენ, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ იგულისხმება ძლიერ ნელი მოძრაობა, რაღაც 1 სანტიმეტრის და ნაკლების რიგისა წელიწადში. ასეთი რამ თითქო ანგარიშში ჩასადგებიც არ არის, მაგრამ სხვა იქნება გეოლოგიური თვალსაზრისით: ამგვარი მოძრაობა მილიონი წლის მანძილზე 10 კილომეტრის გადაადგილებას მოგვცემს. არც გასაკვირვალა რამე არის ამ მოვლენაში: დინების მოვლენები კარგად არის ცნობილი თვით

ქერქშიც. ამის მაგალითია კლივადის განვითარება დანაოქების პროცესში და სხვა მისთანა.

ქერქსა და მანტიას შუა მეტად თუ ნაკლებად მკვეთრი საზღვარი ივულისხმება. ეს ადვილი გასაგები იყო, როდესაც ქერქსქვეშეთი მდნარი წარმოედგინათ: განსხვავება და საზღვარი შეეხებოდა არა ქიმიურ-მინერალოგიურ შემადგენლობას, არამედ ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობას ანუ ფაზას (მყარი/მდნარი). ახლა კი ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობის უეცარ შეცვლაზედ არის ლაპარაკი და ეს გაუგებარი რჩება. ამიტომ ბევრი მკვლევარი მოპოს დონეზე რაღაც ფიზიკური ფაზის ცვლას თუ ცვლასაც ჰგულისხმობს, რომელიც ჩაეყვ, როგორც საზღვარი მყარი/მდნარი, ტემპერატურის და წნევის პირობებზე იქნება დამოკიდებული. ზოგი ფიქრობს, რომ ეს შეიძლება იყოს ფაზური ცვლა კრისტალური/მინებრივი: ზედა მანტია მინებრივი არის, ხოლო ქერქი კრისტალურიო. ადვილი დასაანახავია, რამდენად ემსგავსება ასეთი შეხედულება ძველ წარმოდგენას მყარი/მდნარი. სამწუხაროდ მისი რეალობის უშუალო მაჩვენებელი ჯერ არაფერი ჩანს. მიუხედავად გეოფიზიკის მიღწევებისა ეს და სხვა მსგავსი საკითხები ჯერჯერობით გაურკვეველი რჩებიან.

მიწის ქერქის მოძრაობა. მცირეოდენი დაკვირვება საკმაო არის, რათა დავრწმუნდეთ, რომ მიწის ქერქში სხვადასხვა მოძრაობას ჰქონია ადგილი და მოძრაობა მიმდინარეობს დღესაც. ამის მაჩვენებელია პირველ რიგში ზღვიური და კონტინენტური ნალექების მორიგეობა ამა თუ იმ მხარეში.

როგორც ვიცით, თელეთის ქედზე .თბილისთან გაშიშვლებულია ქვიშაქვები, რომლებშიც ნუმულიტებს ჰპოულობენ. ეს ქვიშაქვები ზღვას ქვეშ არიან დალექილი და დღეს კი 1000 და მეტა მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობენ .ზღვის დონიდან. მაშასადამე ქერქს აქ აწევება განუცდია.

ოკრიბაში ზღვიურ იურულ ნალექებზე მდებარე კონტინენტური ნახშირიანი ქვიშაქვები ცარცული ზღვიური კირქვებით არიან გადაფარული: ჯერ ნახშირიანის ქვეშ მდებარე ზღვიური ნალექების აწევება მომხდარა, დალექილა კონტინენტური ნახშირიანი წყება და ამას დაძირვა მოჰყოლია; საქმე ამითაც არ გათავებულა: ზღვიური ცარცული კირქვები დღეს ნაქერალის ქედში კილომეტრზე მეტ სიმაღლეზე არიან აზიდული ზღვის დონიდან, — დაძირვა ისევ აწევებას შეუცვლია. ასეა ყველგან ხმელეთზე. არსად კონტი-

ნენტებზე ისეთი ადგილი არ არის ცნობილი, რომ ერთ დროს ზღვით არ ყოფილიყოს დაფარული.

თბილისშიც და ოკრიბაშიც ნალექები დანაოჭებული არიან. აზვეება-დაძირვა აქ, როგორც სხვა მთიან მხარეებში, დაწინააღმდეგებას უკავშირდება. რუსეთის ველზე მსგავსი მოძრაობა ჰორიზონტულ შრეებს განუცდიათ — მოძრაობას სადა ვერტიკალური ხასიათი აქვს.

ხმელეთის აწევ-დაწევას, ცხადია, სანაპირო ზონის წინსვლა-უკუქცევას, ე. ი. ზღვის ტრანსგრესიისა და რეგრესიისა უნდა მოჰყვეს. იტალიის ქალაქი რავენა წარსულში საზღვაო პორტს წარმოადგენდა, დღეს კი 6—7 კილომეტრით არის ზღვას დაცილებული, — წარმოებს ხმელეთის აზვეება და ზღვის რეგრესიისა. გეოლოგიურ წარსულში ასეთი მოვლენები შეუდარებლად უფრო დიდი მასშტაბით არიან ცნობილი.

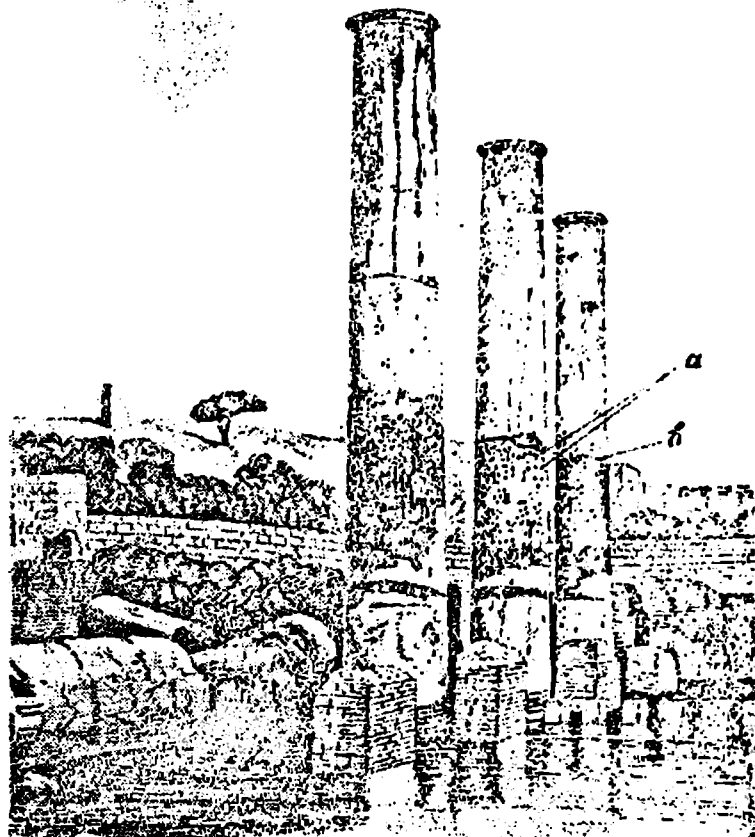
ზღვის უკან დახვევის კარგი მაჩვენებელი არიან ზღვიური ტერასები (სურ. 171), რომელნიც ზღვის დონიდან მეტად თუ ნაკლებად მაღლა მდებარეობენ და ზღვიური ნამარხების შემცველი ნალექით არიან დაფარული. ასეთი ტერასი არაერთია კასპიური და შავი ზღვის სანაპიროზე. ისინი ზღვასქვეშ განვითარებულან აბრაზიის შედეგად, შემდეგ კი აზვეება განუცდიათ და ხმელეთზე მოქცეულან.

ქერქის ასეთი მოძრაობები მომხდარა მრავალი მილიონი წლის წინათ, როგორც, მაგალითად, ოკრიბაში, და ხდება ადამიანის თვალწინაც, როგორც რავენაში. ამ მხრივ საყოველთაოდ ცნობილი არის პოტუოლის მაგალითი (სურ. 244). ეს არის პატარა რომაული ქალაქის ნანგრევი იტალიაში, ნეაპოლთან. ლაიელმა ყურადღება მიაქცია მაღალ სვეტებს, რომელნიც სერაპისის ტაძრის ნაშთად ითვლებოდნენ<sup>1</sup> და რომელნიც, როგორც დღეს ირკვევა, ქულბაქს უნდა ეკუთვნოდნენ. 6 მეტრის სიმაღლემდე ეს სვეტები ფოსოებით არიან დასერტილი. ფოსოები მღრღნელ ზღვიურ მოლუსკებს ამოუჭრიათ, Pholas-ებს, რაც ეჭვს გარეშე მტკიცდება იმ გარემოებით, რომ ზოგ ფოსოში ამ მოლუსკის ჩიუარაც შენახულია. დასკვნა ცხადია: ქულბაქი, რა თქმა უნდა, ზმელეთზე გაშენდ-

<sup>1</sup> სერაპისი ეგვიპტელების ღმერთი იყო. რომაელებს ჩვეულება ჰქონდათ, დაპყრობილი ხალხის ღმერთებისთვის ტაძარი აეგოთ და ამგვარად მოემადლიერებიათ.

ბოდა; შეძლებ ადგილი დაძირულა და სვეტები 6 მეტრამდე წყალში მოქცეულან და დღეს კი ისევ ხმელეთზედ არიან.

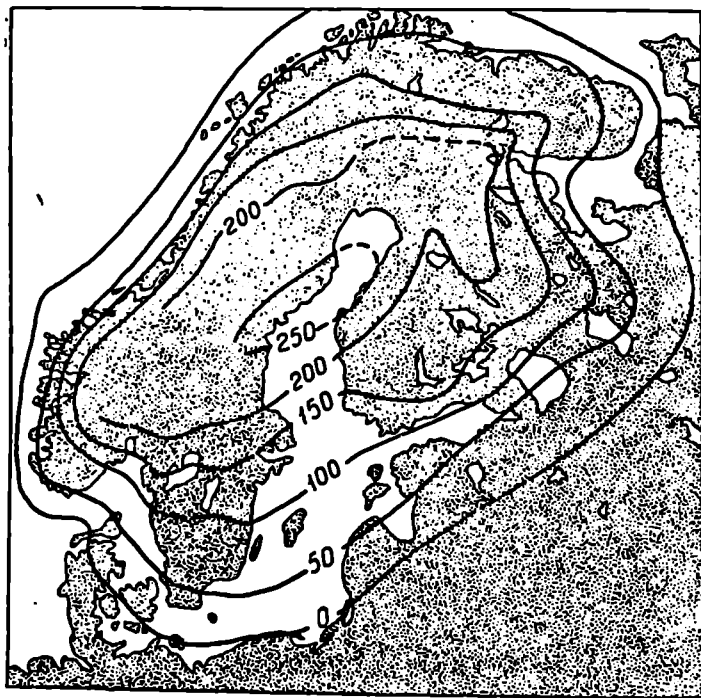
როდესაც ქერქის ამგვარ მოძრაობაზედ არის ლაპარაკი. არ იქნება, რომ პალტიკა და სკანდინავია არ მოიხსენიონ.



სურ. 244. პოცუოლი. ლოკოინების ფოსოები სვეტებზე (რამდენიმე მითითებულია ისრებით).

უკვე საუკუნე-ნახევარზე მეტია, რაც შეამჩნიეს, რომ ეს მხარე თანდათან ზევით იწევს. ამას მოწმობს სხვადასხვა სიმალის

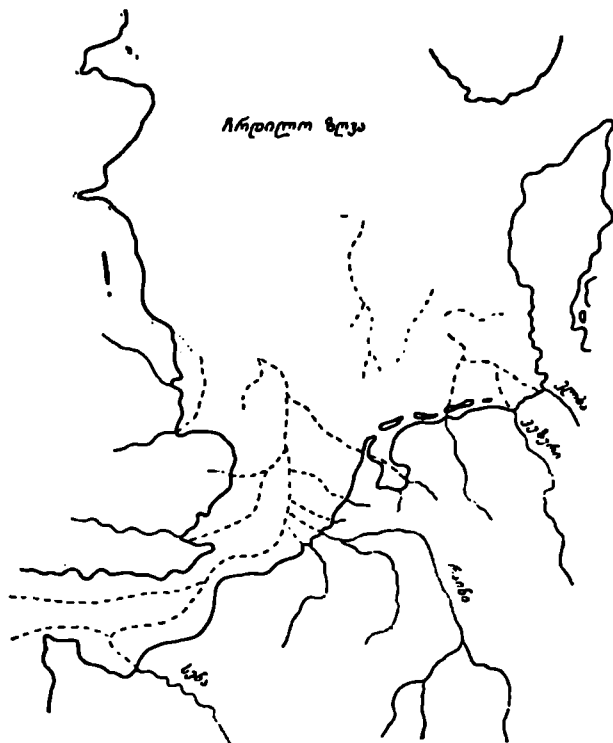
ზღვიური ტერასები და უშუალო დაკვირვებები ზღვის პირას, რომელთაც მას შემდეგ აწარმოებენ. მოვლენა შესწავლილია ოდენობითადაც. აზვევა მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის ჩრდილო დაბოლოების უბანზე და აქედან ყველა მიმართულებით კლებულობს ნულამდე, როგორც ეს სურათზე არის გამოხატული იზონაზებით (სურ. 245). აღსანიშნავია, რომ პოლანდისკენაც აზვევების



სურ. 245. სკანდინავიის იზონაზები. ციფრებით აღნიშნულია აზვევების სიდიდე, რომელიც მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის შუა ნაწილში.

სიდიდე ნულამდე ჩამოდის, მაგრამ საჭმე ამით არ თავდება. თვით პოლანდში (სურათზე მოცემული ფართობის გარეთ) მოძრაობის ნიშანი შებრუნებულია და დაძირვა მიმდინარეობს. აქ ჩრდილო ზღვის ძველი ნაპირები ზღვის დონის ქვეშ არიან მოქცეული და დამბები გამხდარა საჭირო, რათა დასახლებული ადგილები წყალმა არ გადაჰფაროს. ეს, ასე ვთქვათ, დღევანდელი ამბავი არის, ხოლო

ჩრდილო ზღვის ფსკერის რელიეფის დეტალური შესწავლა მოწმობს, რომ ამ ზღვაში შემაველი მდინარეების ხეობები შორს გრძელდებიან წყალქვეშ ჩრდილოეთისკენ (სურ. 246). აშკარა არის, რომ ეს გეოლოგიურად ახლო წარსულში დაძირული ზმელეთი არის.



სურ. 246. ჩ რ დ ი ლ ო ზ ღ ვ ი ს ფ ს კ ე რ ი. ჩანს, როგორ გრძელდება ზღვას ქვეშ რაინისა და სხვა მდინარეების ხეობები. ლამანშ-პადეკალესაც დაძირულ ხეობად სთვლიან.

დასასრულ, ისეთი ახალგაზრდა რელიეფის არსებობა, როგორსაც კავკასიაში, ალპებში და სხვაგან ვხედავთ, აგრეთვე ახლო წარსულში მომხდარი აზევების მაჩვენებელი არის, თორემ ისინი ეროზიას უნდა მოესწორებია, პენეპლენებად უნდა ექცია.

ეპიროგენეტური მოძრაობები. მიწის ქერქის მოძრაობის ზემოთ ჩამოთვლილი მაგალითები შეიძლება ორ ჯგუფად გაიყოს: 1. მოძრაობები, რომელთა პროცესში ზევით ან ქვევით გადაადგილება ხდება მხოლოდ და ტექტონიკური აგებულება არსებითად უცვლელი რჩება. ასეთ მოძრაობებს ეპიროგენეტურს<sup>1</sup> უწოდებენ. 2. მოძრაობები, რომელნიც, როგორც ოკრიბაში და თბილისში, ნაოქების და სხლეტყების განვითარებას იწვევენ, ესე იგი სტრუქტურას სცვლიან. ესენი მთების წარმოშობასთან არიან დაკავშირებული და ამიტომ მათ ოროგენეტური<sup>2</sup> დაარქვენ.

ეპიროგენეტური აზევეების თუ დაძირვის სიდიდე ზღვის დონიდან იზომება. ზღვის დონე არის სიმაღლეთა რეპერი<sup>3</sup>. მაგრამ ზღვის დონეც ხომ შეიძლება აიწიოს ან დაიწიოს! შედეგი ისეთივე იქნება, თითქო ხმელეთს დაეწიოს ან აეწიოს. რადგან სიმაღლეს სხვას ველარაფერს შევადარებთ, ამ ორ შესაძლებლობას შორის არჩევანი შეუძლებელი ჩანს. გასაგებია ამიტომ, რომ შეიძლება გვეფიქრა, თითქო ეპიროგენეზისი წარმოადგენს არა მიწის ქერქის მოძრაობას, არამედ ზღვის დონის აწევ-დაწევას: დაიწია ზღვის დონემ — ეს მოგვცემს თითქო ხმელეთის აზევებას და სანაპირო ხაზი ზღვისკენ დაიხვეს; აიწია ზღვის დონემ — სურათი ისეთი იქნება, თითქო ხმელეთი დაძირულიყოს.

მანც ასეთი წარმოდგენა აშკარად მიუღებელი არის. ზღვები და ოკეანეები ყველანი შეერთებული არიან ერთმანეთთან და მათი დონე პრაქტიკულად ერთია,—ეს არის გეოიდის ზედაპირი. ოუ იგი შეიცვალა წყლის რაოდენობის ან ოკეანეთა ტევადობის შეცვლის გამო, შეიცვლება ყველგან, თუმცა არათანასწორად. ამიტომ ეპიროგენეტური მოძრაობა რომ ზღვის დონის ცვალებით იყოს გამოწვეული, მას პლანეტური ხასიათი ექნებოდა: თუ ეპიროგენეტული აზევებაა (ე. ი. ზღვის დონის დაწევა), ასე იქნება ყველგან, მთელ მიწაზე ერთდროულად. შეუძლებელი იქნებოდა სკანდინავიის აზევებისა და ჰოლანდის დაძირვის თანადროულობა.

<sup>1</sup> „ეპიროგენეტიკა“, ბერძნ. — ხმელეთი, „გენეზის“ — წარმოშობა; ხმელეთის წარმოშობი. მრავალჯერ აღუნიშნავთ, რომ ტერმინი უხერხულია: ეპიროგენეზისს შეუძლია წარმოშვას როგორც ხმელეთი, ისე ზღვაც (დაძირვის შემთხვევაში).

<sup>2</sup> „ოროს“, ბერძნ. — გორა, გენეზის — წარმოშობა. — მთების წარმოშობა.

<sup>3</sup> Repère, ფრანგ. — საყრდენი, სახელმძღვანელო ნიშანი.



მაგრამ ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო ზღვის დონის მოძრაობა საერთოდ ანგარიშში ჩასაგდება არ იყოს. მაგალითად, როდესაც მეოთხეულ დროში ჩრდილო ნახევარსფეროში დიდი მომყინვარება მოხდა, 2—3 ათასი მეტრის სისქე მყინვარმა უზარმაზარი ფართობი დაჰფარა. წყლის სათანადო რაოდენობა ოკეანეს უნდა მოჰკლებოდა და ზღვის დონე შესატყვისად უნდა დაწეულიყო მთელს მიწაზე, დაახლოებით 100 მეტრით. ზღვა უკან დაიხევდა.

შემდეგ ათბა და მყინვარების უდიდესი ნაწილი გადნა. წყალი ზღვას დაუბრუნდა, ზღვის დონემ ზევით აიწია და სანაპირო ხაზმა ხმელეთისკენ გადაინაცვლა, ისევ მთელს მიწაზე. ზღვის დონის ასეთი მოძრაობები არის, რომ ე ვ ს ტ ა ტ ი უ რ ს<sup>1</sup> უწოდებენ.

ახლა დავუბრუნდეთ სკანდინავიას. აზვეება იქ რეგიონული არის. მაშასადამე, ეს არის მყარი ქერქის მოძრაობა და არა წყლის დონისა. მეორე მხრით, ნახაზი გვიჩვენებს (სურ. 245), რომ რეგიონის შუა ნაწილი მეტად არის აწეული, კიდევები კი ნაკლებად და ბოლოს სულ არა. ცხადია, რომ საქმე გვაქვს ქერქის ამოზნექვასთან და არა უბრალო აწევასთან. სხვაგვარად არც შეიძლებოდა მომხდარიყო: თუ ამოზნექვა არ იქნებოდა, ქერქი უნდა გაწყვეტილიყო და ჰორსტიესებური სტრუქტურა მიგველო.

ამგვარად, ეპიროგენეზის ქერქის სტრუქტურას არ სცვლის, მაგრამ ქერქის დეფორმაციას კი იწვევს. ეს დეფორმაცია შეეხება ქერქის მთელ სისქეს და არა ცალკეულ შრეებს და წყებებს, წარმოიშობა დიდრადიუსიანი ზნექვები და არა ხაზებრივი ნაოჭები, როგორც მთებშია.

დასასრულ, განსაკუთრებით საყურადღებოა, რომ ეპიროგენეტური დეფორმაცია შებრუნებადი არის: იქ, სადაც ამოზნექვა ხდება, შეიძლება ამას შემდეგ ჩაზნექვა მოჰყვეს იმავე ადგილას. ამ მხრივაც სულ სხვაა დანაოჭება: იგი შეუბრუნებადი (ირრევერსიბლი<sup>2</sup>) არის და ერთხელვე დანაოჭებული შრეები კედარ გაიმართებიან.

რაც შეეხება ეპიროგენეტური მოძრაობის მსვლელობას, იმთავითვე აღნიშნავდნენ, რომ იგი უალრესად ნელა მიმდინარეობს, ადამიანური თვალსაზრისით, რა თქმა უნდა, და რადგან ფიქრობ-

<sup>1</sup> „ეუსტატეს“, ბერძნ.—მკვიდრი, წყნარი.

<sup>2</sup> Reversible, ფრანგ.—შებრუნებადი, ir (იგივე in) უარყოფის ნიშანი;—არშებრუნებადი.

დნენ, მთების წარმოშობა, პირიქით, უეცარი მოვლენა არისო, ეპი-  
როგენეტურ მოძრაობას, სანამ ამ ტერმინს შემოიღებდნენ, საუ-  
კუნებრივს უწოდებდნენ.

საუკუნეებრივი მოძრაობა უწყვეტი და თანაბარი როდი არის.  
ამათუიმ ადგილას ხან უფრო აჩქარებულად მიმდინარე-  
ობს, ხან უფრო ნელა და ხან სრულიად შეწყდება მეტად თუ  
ნაკლებად ხანგრძლივი დროის მანძილზე და შეიძლება ნიშანიც  
შეიცვალოს, ე. ი. აზვებების შემდეგ დაძირვა დაიწყოს ან პირიქით.  
ამ მოვლენების დადგენა ზოგან უკვე დიდი სიზუსტით არის შესა-  
ძლებელი: თუ მიწის ზედაპირის რომელიმე უბანი წინათ, ვთქვათ,  
ნახევარი საუკუნის ან ერთი საუკუნის წინ, გეოდეზიურად არის  
აგეგმილი და დღეს აგეგმვას იმეორებენ, ამ შუალედში მომხდარი  
ყველა ცვლილება ნათლად გამოვლინდება (სურ. 247).

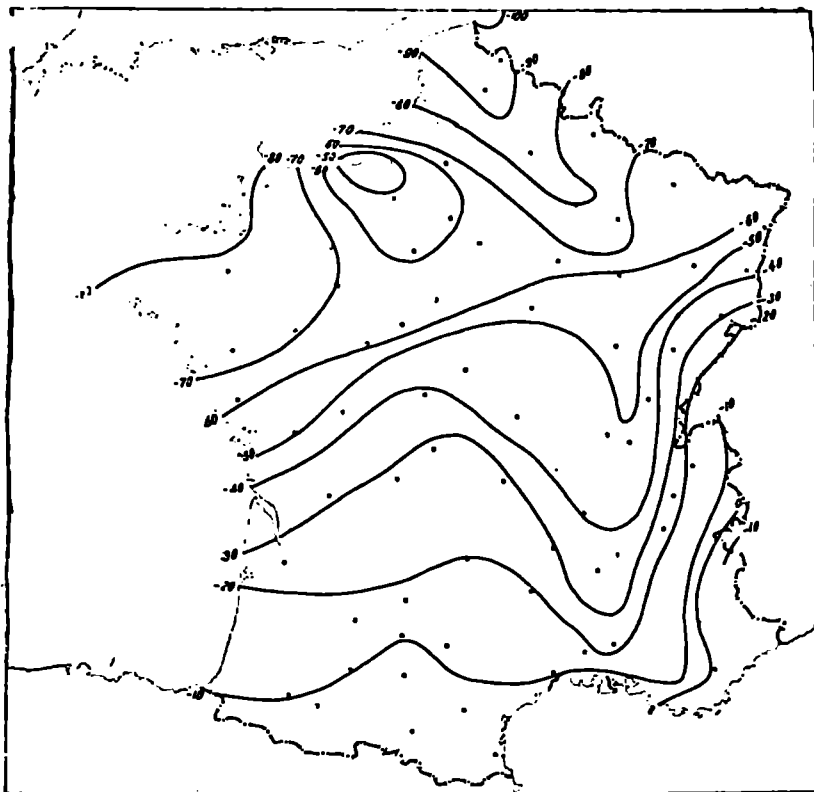
ეპიროგენეზის სახეობები. თუ ეპიროგენეტურ მოძრაობათა  
კონსტატაცია შედარებით ადვილი არის და დამაჯერებლად შეი-  
ძლება მიღწეულ იქნას, გაცილებით უფრო რთულია მათი მექა-  
ნიზმის გარკვევა. ამისათვის საჭირო არის პირველ რიგში მიწის  
ქერქის და ქერქსქვეშეთის ურთიერთობის სა-  
კითხის გაშუქება.

უადგილო არ იქნება აქ შედარებას მივმართოთ. ქერქი მთელ  
მიწას გადაკვერია როგორც ერთიანი გარსი. ასეთივე გარსი აქვს  
კვერცხსაც ნაჭუქის სახით. ნაჭუქი რომ გავხვიტოთ და ცილა და  
გული ერთიანად ამოვწუწნოთ, როგორც ამას ზოგჯერ შვრებიან,  
ნაჭუქს არაფერი შეეტყობა, მისი ფორმა იგივე დარჩება. ეს იმას  
ნიშნავს, რომ ნაჭუქი იმდენად მტკიცეა, რომ შეუძლია თავისი  
წონა თვითონვე ზიდოს. ნაჭუქი ცილას კი არ ეყრდნო-  
ბა, ეხება მხოლოდ.

სულ სხვაა ტომრის შემთხვევაში: ხორბლით საესეს მას ცი-  
ლინდრული ფორმა აქვს, მაგრამ ხორბალი რომ გადმოვჰყაროთ,  
ჩაიკეცება, იმ ფორმას დაჰკარგავს: ტომარას ისეთი სიმტკიცე არა  
აქვს, რომ თავისი წონა თვითვე ზიდოს; იგი ხორბალს, კი  
არ ეხება მხოლოდ, აწვეება მთელი თავისი სიმ-  
ძიმით.

როგორია ამ მხრივ მიწის ქერქის მდგომარეობა? ქერქის სის-  
ქე და შემადგენლობა საკმაოდ ცნობილი არის და მისი მიახლოე-  
ბული წონის გამოანგარიშება ძნელი არ არის. ცნობილია მიწის  
ქერქის შემადგენელი ქანების სიმტკიცეც, მშენებლების მიერ მრე-

ვალგზის გაზომილი. და აი ირკვევა, რომ, თუ ქერქს საყრდენი გამოსცლოდა ქვეშ, იგი მთლიანად დაიმსხვრეოდა და ჩაიქცეოდა. თუ ასე არ მომხდარა მხოლოდ იმიტომ, რომ ქერქი თითქმის მთელი თავისი სიმძიმით ქვეშეთს ეყრდნობა.



სურ. 247. გამეორებული ნიველების შედეგები საფრანგეთში. იზობაზები გვიჩვენებენ სიმაღლეთა ცვლას ორი ნიველების ინტერვალში. საგულისხმოა რომის ხეობის ჩაზნექვა.

ქვეშეთი მყარი არის, მაგრამ ბლანტი. ამიტომ ქერქი ჩაფლობილი არის ზედა მანტიაში, როგორც ყინული წყალში. ქერქი რომ უფრო მკვრივი იყოს, ვიდრე მანტია, იგი მანტიაში ჩაიძირებოდა, როგორც ქვა წყალში. ნელა, მაგრამ ჩაიძირებოდა. სინამდვილეში ქერქი ნაკლებად მკვრივია, ვიდრე მანტია. ამიტომ იგი მხოლოდ ჩაფლობილია და ტივტივობს.

თუ რამდენად დიდია ქერქის ჩაფლობილი ნაწილი, ამის გამოკვლევის საშუალებას პრინციპულად არქიმედის კანონი იძლევა: ქერქის გარკვეული ნაკვეთის წონა მისი ჩაფლობილი ნაწილის მიერ გადაადგილებული მანტიის მასის წონას უნდა უდრიდეს. ვთქვათ, ქერქის საშუალო სიმკვრივე, როგორც ჩვეულებრივ ჰგულისხმობენ, 2,7 არის. იყოს ქერქის აღებული ნაწილის სისქე 30 კილომეტრი. თუ დავუშვებთ, რომ ქერქსქვეშეთის, ე. ი. მანტიის ზედა ფენის სიმკვრივე 3,3 არის, მივიღებთ, რომ წონასწორობისათვის საჭიროა, რომ ქერქი 24,5 კილომეტრის სიღრმემდე ჩაფლობილი იყოს და 4,5 კმ (დაახლოებით) მანტიის ვირტუალურ ზედაპირს ზევით დარჩეს. ვირტუალური იმიტომ უნდა ვთქვათ, რომ მანტია არსად გაშიშვლებული არ არის და მისი ზედაპირის მდებარეობა წარმოდგენითი არის. მდგომარეობა ისეთია, ოკეანეს რომ მთლიანად ყინულის საფარი გადაკვროდეს და წყალი აღარსად ჩანდეს.

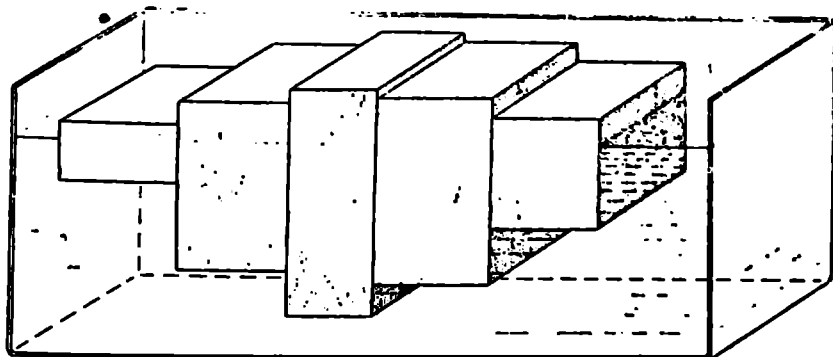
თუ ქერქის რომელიმე ნაწილს სიმძიმე მოემატა (მაგალითად, ნალექების სახით), იგი უფრო ღრმად ჩაეფლვის (დაიძირება), თუ სიმძიმე მოაკლდა (ვთქვათ, დენუდაციის გამო) — ზევით ამოიწევს. ორივე შემთხვევაში დამყარდება წონასწორობა, რომელსაც უკვე კარგა ხანია იზოსტაზია უწოდეს.

თუ ქერქის უბანი იმდენად არის ქვეშეთში ჩამჭდარი, რამდენიც ქერქისა და ქვეშეთის სიმკვრივეთა შეფარდებას შეეფერება, იზოსტაზიური წონასწორობა გვექნება — ქერქი უძრავია. თუ ამაზე ნაკლებადაა ჩაფლობილი, წონასწორობა დარღვეულია და დაძირვა დაიწყება და გაგრძელდება, სანამ წონასწორობა არ დამყარდება. კარბი ჩაფლობის შემთხვევაში პირიქით აზევება მოხდება. მაგალითად, ზემოთმოტანილ მაგალითში ქერქის ჩაფლობილი ნაწილის სისქე რომ 20 კმ ყოფილიყო 24,5 კმ-ს ნაცვლად, წონასწორობა დარღვეული იქნებოდა და მის აღსადგენად ჩაიძირვა დაიწყებოდა.

ამ მოვლენას სურ. 248-ზე მოცემული ნახაზით ან სხვა მისმაგვარით განმარტავენ ჩვეულებრივ. აქ კარგად ჩანს, რომ, რაც უფრო სქელია ბელტი, მით უფრო მაღლაა იგი აზიდული ზედაპირზე და უფრო ღრმად არის ჩაფლობილი ქვევით. მთების ფესვების განვითარების მექანიზმი ნათელი ხდება, მაგრამ აქვე მოულოდნელი საკითხი იბადება: სურათზე მოცემული ბელტები ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი არიან, თავისუფალი მოძრაობა შეუ-

ძლიათ და ადვილად დააკმაყოფილებენ იზოსტაზიის პირობებს. მაგრამ მიწის ქერქი ხომ უწყვეტია, მის ნაწილებს ხომ დამოუკიდებელი მოძრაობის საშუალება არა აქვთ. როგორ-ღა უნდა დამყარდეს იზოსტაზიური წონასწორობა, მაგალითად, იმავე მთების წოლში?

ასეთ კითხვაზე პასუხი შემდეგია. მართლაც, ქერქი უწყვეტია და მის პატარა ნაკვეთებს, მაგალითად ცალკეულ გორებს, დამოუკიდებელი იზოსტაზიური წონასწორობის მიღწევა არ შეუძლიათ. მაგრამ სულ სხვაა მეტნაკლებად დიდი ნაკვეთის შემთხვევაში. ა



სურ. 248. წყალში მოტივტივე ხის პრიზმები. რაც უფრო მაღალია (მარჯვნივ „სქელი“) პრიზმა, მით უფრო ღრმად არის იგი ჩაფლობილი წყალში.

იზოსტაზიური ძაბვა შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ გადააქარბოს ქერქის სიმტკიცეს და დასძლიოს მისი წინააღმდეგობა. ქერქი გაიღუნება და შესატყვისი უბანი ქვევით დაიწევს ან ზევით აიწევს იზოსტაზიის შესაბამისად. მხოლოდ, ამისათვის საჭირო არის საკმარისი მოზრდილი უბანი. მაინც რამდენად? ამ ოდენობით კითხვაზე პასუხის გაცემა ჭერჯერობით ძნელი არის, მაგრამ საეჭვო არაა, რომ ისეთი ერთეულებისთვის, როგორც სკანდინავია, კავკასიონი და სხვა იზოსტაზია რეალური ფაქტია.

ახლა შეიძლება ეპიროგენეტიკური მოძრაობათა გენეტიკური სხვადასხვაობას შევხვით.

ა) პირველ რიგში აღსანიშნავია იზოსტაზიური ბუნების მოძრაობები. საეჭვო არ არის, რომ სკანდინავიის დატვირთვა მყინვართა მეოთხეულ დროში ამ მხარის იზოსტაზიურ დაძირვას გამოიწვევდა ჩაზნექვის სახით. როდესაც 10 000-ლდე წლის წინათ ეს მყინვარი

დიდ ნაწილად გადნა, ამას მოჰყვა ასეთივე იზოსტაზიური აზვევება, რომელიც დღესაც არ დამთავრებულა.

ასევე საკმაოდ სქელი ნალექების დაგროვებას ზღვის ფსკერზე თუ ხმელეთზე დაძირვა მოჰყვება, ხოლო დენუდაციას — აზვევება. აქ აღსანიშნავია შემდეგი: როგორც ზემოთ დავინახეთ, ნალექებით დატვირთვა ქერქის დაძირვას გამოიწვევს, მაგრამ დაძირვის სიღრმე ნალექების სისქეს კი არ უღრის, ნაკლებია იმდენად, რამდენადაც ნალექების სიმკვრივე ნაკლები არის ქერქსქვეშეთის სიმკვრივეზე.

იგივე ითქმის მთების დენუდაციის შესახებაც: გადარეცხვის გამო მთების წონა იკლებს და იწყება მათი იზოსტაზიური აზვევება. მაგრამ აზვევება ნაკლებია, ვიდრე გადარეცხვა. ამიტომ მთა მაღლა იწევს და სიმაღლე კი აკლდება (თუ ოროგენეტური აზვევება არ დაემთხვა ეპიროგენეტურს).

ბ) ეპიროგენეტური დაძირვა შეიძლება ვულკანური ეფუზიის და ვულკანური გორის წარმოშობამაც გამოიწვიოს, მხოლოდ ზოგის აზრით აქ დაძირვას ისიც უწყობს ხელს, რომ ზევით ამოსულმა ლავამ ქვევით ადგილი გაათავისუფლა. ადგილობრივი ეპიროგენეტური აზვევება შეიძლება გამოიწვიოს მეტ-ნაკლებად დიდმა ინტრუზიამაც. საერთოდ ეს იქნება ვულკანოგენური მოძრაობები.

გ) ექვს გარეშეა, რომ უნდა იყოს ან შეიძლება იყოს ისეთი ეპიროგენეტური მოძრაობებიც, რომელთაც მანტიის ზედაპირის მოძრაობა, მისი აწევა ან დაწევა იწვევს. ასეთი მანტიისმიერი მოქრაობა ალბათ სხვაზე დიდიც კი იქნება. სამწუხაროდ რაიმე დავირვებითი ცნობები მათ შესახებ გეოლოგიას არა აქვს.

დ) დასასრულ, თუმცა ჩვენ ეპიროგენეტური და ოროგენეტური მოძრაობები თავიდანვე გავმიჯნეთ, საზღვარი მოვლენათა ამ ორ ჯგუფს შუა მკაფიო როდია. ხშირია გარდამავალი ბუნების მოძრაობები, ფორმით ეპიროგენეტური და მიზეზობრივად კი ყველა ნიშნის მიხედვით ოროგენეტური. ზოგი იმასაც კი ამბობს, რომ მთების წარმოშობის ბოლო სტადია საერთოდ „ეპიროგენეტური“ არის, რადგან დიდრადიუსიანი ამოწეკვით გამოიხატება.

განსაკუთრებით საგულისხმოა შემთხვევები, როდესაც ეპიროგენეტური მოძრაობა პერიოდულობას იჩენს და ეს პერიოდულობა ოროგენეზისას ემთხვევა. ამ საკითხს ისევ დავუბრუნდებით, როდესაც მთების წარმოშობაზე გვექნება ლაპარაკი. ამას უნდა დავუმატოთ, რომ არის მოძრაობები, რომელთაც ეპიროგენეტურად მიიჩ-

ნევან და რომელთაც წყვეტები, ე. ი. სტრუქტურული დისლოკაციები ახლავს.

ამრიგად, ეპიროგენეტურ მოძრაობათა კატეგორიები საკმაოდ რთული და თან პეტეროგენური არიან. ამას დიდა მნიშვნელობა აქვს თეორიული გეოლოგიისათვის. ტერმინი „ეპიროგენეტური“. როგორც არაერთი სხვა გეოლოგიაში, ხშირად ზუსტად არ განისაზღვრება და ეს მრავალი გაუგებრობის მიზეზი გამხდარა და ხდება.

### ზომი შიპითხვა და რჩევა

როგორ წარმოიშვა თავდაპირველად მიწის ქერქის ცნება? რჩება თუ არა ძალაში ის წარმოდგენა დღეს? როგორია ამ ცნების თანამედროვე გაგება? რა არის მოპო? როგორი ძალების მიმართ არის ქერქსქვეშეთი მყარი (მტკიცე)? რა შემთხვევაში იჩენს იგი დენადობას? როგორია ქერქის და ქვეშეთის დამოკიდებულება? ასწერეთ იზოსტაზიური წონასწორობა. როგორია კონტინენტური და ოკეანური ქერქის სისქე და შედგენილობა?

რა დაკვირვებები მოწმობენ, რომ მიწის ქერქს აწვე-დაწვევა განუძღვრა წარსულში? დაასახელეთ მაგალითები. რა მოწმობს, რომ ასეთი მოძრაობები დღესაც მიმდინარეობს? ასწერეთ პოცულოს და სკანდინავიის მაგალითები. როგორია ამ მოძრაობათა სიჩქარე? რით განასხვავებენ ეპიროგენეტურ და ოროგენეტურ მოძრაობებს?

შეიძლება, თუ არა, ეპეროგენეტური მოძრაობა ზღვის დონის ქანაობი, ე. ი. ევსტატიური მოძრაობით აიხსნას? რა ეწინააღმდეგება ამას? ხდება, თუ არა, ეპიროგენეზის დროს ქერქის დეფორმაცია და რა სახის (განიხილეთ სკანდინავიის შემთხვევა)?

ჩამოთვალეთ და ასწერეთ ეპიროგენეზის სახეები.

### მიწის ქერქის მოძრაობა. ოროგენეზი

მთები და მათი აგებულება. მიწის ქერქის ოროგენეტურ მოძრაობებს ეს სახელი იმიტომ უწოდეს, რომ ისინი მთების წარმოშობას იწვევენ. მთა ფართო გაგებით ჰქვია მიწის ზედაპირის ამალღებულ რელიეფს. მაგრამ მთის დასადგენად მარტო სიმაღლე არ კმარა. მაღალ მხარეს, თუ იგი ვაკეა, ზეგანი ანუ პლატო ჰქვია და არა მთა. ტიბეტი მაღალი არის, მაგრამ მთა არ იქნება, მის გვერდით მდებარე ჰიმალაია კი მთა არის. მთა ჰგულისხმობს მაღალსა და უსწორმასწორო რელიეფს, დაბალი და ვაკე გარემოსადმი დაპირისპირებულს.

მეტად თუ ნაკლებად იზოდიამეტრულ მთას ხშირად გორას უწოდებენ. ტიპურია ამ მხრივ ვულკანური გორები, თუმცა მრავალია დანალექი ქანებისაგან შემდგარი გორებიც. მაგალითია გორა, რომლის გარშემო გაშენებულია ქალაქი გორი. პატარა გორა ბორცვი იქნება.

ხაზობრივად წაგრძელებულ მთას ქედს ეტყვიან. ქედი იქნება აგრეთვე გორების ჯგუფი, ხაზობრივად წაგრძელებულსა და ამალელებულ ფუძეზე განლაგებული. ცალკეულ გორებს ამ შემთხვევაში მწვერვალებს უწოდებენ. პატარა ქედი არის კვერნაქი მცხეთასთან, უფრო დიდია კახეთის ქედი და ქედი იქნება კავკასიონი მთლიანად აღებული.

ძლიერ მნიშვნელოვანია გარემოება, რომ ქედებიც კანონზომიერად არიან დაჯგუფებული და ისევ ხაზობრივად. კავკასიონი მიეკუთვნება ქედების დიდ ჯგუფს, რომელსაც მთელი მცირე აზია დაუფარავს ეგეის ზღვამდე. დასავლეთისკენ ამ ქედებს განაგრძობს ბალკანეთის მთები, კარპატები, ალპები, აპენინები, ატლასის მთები. მათვე უკავშირებენ პირენეებს. აღმოსავლეთისკენ ამავე ზოლს განაგრძობს ირანის მთები, ჰიმალაია, ინდოჩინეთის და ინდონეზიის მთები.

კიდევ უფრო გრანდიოზული არის ქედების რგოლი, რომელიც გარშემო უვლის მთელ წყნარ ოკეანეს (სურ. 249). ეს ორი დაჯგუფება ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული (ერთმანეთს ებმიან ინდონეზიაში) და შეადგენენ ერთ მთების სისტემას, რომელსაც სხვა მთათა სისტემებისგან გასარჩევად ალპურს უწოდებენ.

მთათა სისტემა თავისი გავრცელებისა და მოხაზულობის მიხედვით პლანეტური მოვლენა არის. თითოეული სისტემა მთელ მიწას ახასიათებს და არა რომელიმე მხარეს ან კონტინენტს, თანაც მთავარი ის არის, რომ მთათა სისტემა წარმოადგენს არა მორფოლოგიურ ერთეულს მხოლოდ, არამედ ასევე სტრუქტურულს და გენეტიურს.

მთების აგებულება. გეოლოგიური. მეცნიერების ჩასახვისთანავე გამოირკვა, რომ მთებისთვის ძირითადი არის არა რელიეფი, არამედ შინაგანი აგებულება, სტრუქტურა. არსად არ არის ცნობილი ჰორიზონტული ნალექებისგან შემდგარი მთები. მთებში შრენარები ყოველთვის აშლილი არიან. ასე რომ, მთების წარმოშობა არსებითად დისლოკაციას ნიშნავს, დისლოკაციას მე-



ტად თუ ნაკლებად რთულს და თან კანონზომიერად წარმართულს. ასე ფართოდ გაგებულ დისლოკაციას ჩვეულებრივ დიასტროფიზმს<sup>1</sup> უწოდებენ.



სურ. 249. ალპური სისტემა.

მთავარი დისლოკაცია არის დანაოქება, მაგრამ მთებს (ქედებს) შეიადგენს არა ცალკეული ნაოქი, არამედ ნაოქთა ჯგუფი. ჩვეულებრივ ეს იქნება მეტნაკლებად პარალელური ნაოქები, რომელთაც შეიძლება ნაოქთა კონები ვუწოდოთ.



სურ. 250. კრილი თაშავა-ლაჯანური, რაკა-ლეჩხუმში წინა-მთებისთვის დამახასიათებელი სუსტი დანაოქება (გაშლილი ნაოქები) და პატარა შესხლეტები.

როდესაც შენაოქება შედარებით სუსტია, ნაოქები გაშლილი არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ნაოქებია თბილისის მიდამოში (თელეთის ანტიკლინი, კრწანისის სინკლინი, მამადავითის ან-

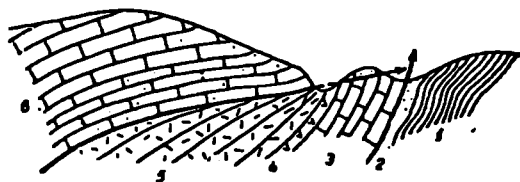
<sup>1</sup> „დიასტროფი“, ბერძნ.—აშლა, არევა.

ტიკლინი, საბურთალოს სინკლინი, ლისის ანტიკლინი, ქვემო ავკალის სინკლინი, მცხეთის ანტიკლინი ნაწილობრივ). ასეთივე გაწოლილი ნაოჭებია რიონის ხეობის შუა წელში (სურ. 250).

ინტენსიური დანაოჭების შემთხვევაში, როგორც კავკასიონშია, იზოკლინური ნაოჭები ვითარდებიან.

ნაოჭთა კონა იმას არ ნიშნავს, რომ პარალელური ნაოჭები ყველა ერთად იწყებოდეს და ერთადვე თავდებოდეს ქედის მეორე ბოლოში. ნაოჭების სიგრძე სხვადასხვაა და თანაც ბევრად ნაკლები, ვიდრე ქედისა; ისინი ერთი მეორეს ენაცვლებიან და მათი რიცხვიც უცვლელი როდია.

ხშირად მოხდება, რომ ქედი ცალი მხრისაკენ არის გადაწოლილი და ნაოჭები ასიმეტრიული არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ჩრდილო პერიფერიაზე. მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ქედი ორივე მხარისკენ არის გადაწოლილი, როგორც კავკასიონი. ეს იქნება მარაოსებური სტრუქტურა.

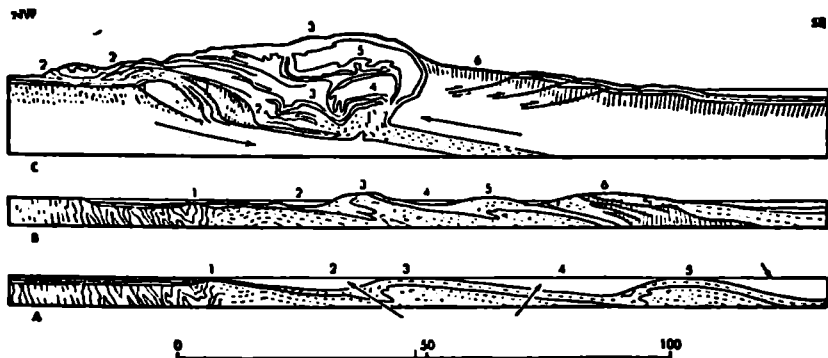


სურ. 251. სამხრული ოკრიბის შეცოცება. ისრებით აღნიშნულია შეცოცების ორი სიბრტყე.

ნაოჭების გვერდით ვითარდება წყვეტები და შესხლეტები, რომელთა მიმართება დანაოჭების გეგმას ექვემდებარება. შესხლეტები ზოგჯერ იმდენად დამრეცი არიან, რომ შეცოცებაში გადადიან. პატარა, მაგრამ მკაფიო შეცოცება ცნობილი არის ოკრიბის სამხრულ პერიფერიაზე (სურ. 251). გრანდიოზული შეცოცებები ანუ შარიაეხები<sup>1</sup> დადასტურებული არიან დეტალური გამოკვლევების შედეგად ალპებში (სურ. 252). ჰორიზონტული გადაადგილების ამპლიტუდი იქ ფანტასტიურ ზომას აღწევს: ნაღვეები იტალიიდან შვეიცარიაში არიან გადმოფენილი.

<sup>1</sup> Charriage, ფრანგულად ნიშნავს გადატანას (ურბით).

მთების აგებულებას ხომ ამ ზომამდე აპრობებს დანაოქება და ამას ისიც ემატება, რომ იგი მთების აზევებასაც მარტივად ხსნის. მართლაც, შრეების დანაოქება მათ სისქეს ზრდის, მით მეტად, რაც უფრო ინტენსიურია დანაოქება, და ამის ბუნებრივი შედეგი არის დანაოქებული კომპლექსის ზედაპირის შესაბამისი ამალღება. ეს კარგად ჩანს უკვე ისეთი მთების შემთხვევაში, როგორც არის იურული მთები საფრან-



სურ. 252. ალპური მთები ე. არგანის მიხედვით. მერიდიანული კრილი იტალიიდან (მარჯვნივ) შვეიცარიამდე. ყურადღებას იპყრობს გრანდიოზული დანაოქებები და წაცოცებები (შარიაქები). მოცემული ქედის განვითარების საში ეტაპის აღდგენის ცდა.

გეთ-შვეიცარიაში. იქ დანაოქება მთების ფუძეს არ შეჰხებია, დანაოქებული არის მხოლოდ საფარი, იმ ფუძეზე წახვეტილი (სურ. 253), მაგრამ აზევება მაინც საკმაოდ დიდია და აშკარად დანაო-



სურ. 253. იურული მთების კრილი. დამახასიათებელია მკიდრიდ შეკეცილი და ზოგჯერ გაწყვეტილი ანტიკლინები და ფართოდ გაშლილი სინკლინები.

ქების შედეგი. ასეთ მთებს ზეწრულს უწოდებენ და ამავე ჯგუფის არიან შიგა საბეგრელოს და გარე კახეთის მთები ჩვენში.

კიდევ უფრო დიდია გასქელება და აზეგება გეოსინკლინურ მთებში (იხ. ქვემოთ), სადაც დანაოქება მთელ ქერქზე ვრცელდება (იხ. სურ. 252). აქ შემშუშენილი არის ქერქის არამარტო საფარი, არამედ ფუძეც, და გასქელება ისეთია, რომ აზეგებასაც იწვევს და ქვევითკენ ფესვების განვითარებასაც.

ქერქის ასეთი გასქელება ბუნებრივად აყენებს კითხვას: ქერქი თუ გასქელდა, მას ამ ნაკვეთში მასა უნდა მოჰმატებოდა; მერე საიდან? პასუხი მარტივი არის: დანაოქებულ ზოლის ფართობი, მისი განი შემცირდა. დანაოქებისთვის ეს სრულიად ცხადია და მცირე დაკვირვება დაგვანახებს, რომ იგივე ხდება შესხლეტების შემთხვევაში.

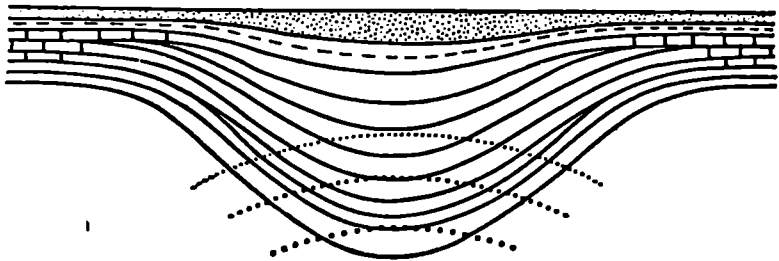
გეოსინკლინები. მთების ასეთი სტრუქტურა იმასაც გვიჩვენებს, რომ მთები ჩაისახებიან და თანდათან იზრდებიან იქ, სადაც მანამდე არ ყოფილან. მეორე მხრით, მთები ინგრევიან კიდევ განუწყვეტლივ ეროზიისა და მსგავსი პროცესების შედეგად. ამის კარგ მაგალითს იძლევიან ძველი მთები, როგორც, მაგალითად, ურალი: ურალი თავის დროზე ისეთივე მაღალი იქნებოდა, როგორც ახალგაზრდა კავკასიონია, მაგრამ დღეისთვის ამის მხოლოდ მცირე რამ გადარჩენილა. მაშასადამე, მთებს თავისი ცხოვრება, თავისი ზრდის და დაკნინების ისტორია აქვთ და ამ პროცესის შესწავლა გეოლოგიის ერთი უმნიშვნელოვანეს ამოცანათაგანი არის.

ამ თვალსაზრისით განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს გეოსინკლინების კონცეპციას. გასული საუკუნის მეორე ნახევარში აპალაჩების კვლევისას ამერიკელმა გეოლოგმა ჰოლმა (Hall) ყურადღება მიაქცია, რომ ამ მთებში ნალექებს მოულოდნელად დიდი სისქე აქვს, 15 კილომეტრამდე. ნალექები ზღვიურია. მერე როგორ და რა ზღვაში უნდა დაგროვილიყო ამდენი მასალა? 15 კილომეტრის სიღრმე ზღვა დღეს არსად არის და ყველა ნიშნის მიხედვით არც წინათ ყოფილა. მთავარი ის არის, რომ ნალექების ხასიათი უდავოდ მოწმობს, რომ აუზი მარჩხი იყო, ასეველი მეტრების სიღრმე. ახსნა მხოლოდ ერთია შესაძლებელი: ნალექების დაგროვების კვალობაზე ზღვის ძველი ფსკერი იძირებოდა (სურ. 254).

შემდეგმა გამოკვლევებმა დაამტკიცა, რომ ეს მოვლენა უცილობელი წესი არის ყველა დიდი ნაოჭა მთებისათვის. მომავალი

მთების ადგილას ვითარდება შედარებითად ვიწრო და ხაზობრივად წაგრძელებული ზღვიური ზოლი, რომლის ფსკერი ნელ-ნელა იძირება და რომელშიც დიდძალი ნალექი გროვდება. ამ ნალექების დანაოქება წარმოშობს მთებს.

ასეთ აუზებს მეორე ამერიკელმა გეოლოგმა დენამ (Dana) გეოსინკლინი უწოდა, ხოლო ფრანგმა გეოლოგმა ოგმა (Haug), უკვე XX საუკუნის დასაწყისში თავის „გეოლოგიის ტრაქტატში“ მიწის მთელი წარსულისათვის გეოსინკლინების განვითარების მწყობრი სურათი მოხაზა.



სურ. 254. გეოსინკლინის სქემა. უხვი ნალექების დაგროვებასთან ახლავს ფსკერის დაძირვა. პუნქტირით აღნიშნულია მეტამორფიზმის განვითარება ქვევიდან ზევით.

გეოსინკლინი, როგორც არაერთხელ უთქვამთ, მთების აკვანი არის. გეოსინკლინებში გროვდება მომავალი მთების მასალა და იქვე ხდება მისი დანაოქება. გეოსინკლინის მოხაზულობა განსაზღვრავს მომავალი მთების გავრცელებასაც. გეოსინკლინში განვითარდა, ძირითადად მეზოზოური და კაინოზოური ერების მანძილზე, ალპური სისტემაც. ამ დიდი გეოსინკლინის ნაწილი არის გეოსინკლინური როფი, რომელშიც კავკასიონი წარმოიშვა. ალპური გეოსინკლინის მარტო ევრაზიული ნაკვეთის (ეს არის ძველი ხმელთაშუა ზღვის გეოსინკლინი) სიგრძე იქნება გიბრალტარიდან ინდონეზიამდე, ხოლო განი სხვადასხვაა. კავკასიონის მერიდიანზე ეს იქნება მანძილი ჩრდილო კავკასიის ვაკის სამხრული საზღვრიდან სირიის ჩრდილოეთამდე. შენაოქებამდე ეს განი, რა თქმა უნდა, გაცილებით მეტი იქნებოდა.

გეოსინკლინისთვის მარტო ინტენსიური სედიმენტაცია როდია დამახასიათებელი. ახალი და ახალი ნალექების დაგროვების შე-

დევად მათ ქვეშ მოქცეული უფრო ძველი ნალექები მაღალი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში მოხვდებიან. ამას ემატება ქვევიდან მოსული ცხელი მინერალური ხსნარების და გაზების მოქმედებაც და იწყება ძლიერი რეგიონული მეტამორფიზმი. წარმოიშობა ფილიტები, კრისტალური ფიქლები, გნეისები, გრანიტები. ამას დანაოქების დროს ემატება დინამომეტამორფიზმი. ამიტომ არის, რომ გეოსინკლინური მთების გული ყოველთვის მეტამორფული ფორმაციებისგან შედგება, როგორც ამას გვიჩვენებს, კერძოდ, კავკასიონის გეოლოგიური რუკა.

გეოსინკლინებისთვის დამახასიათებელია დაძირვა და ნალექების დაგროვება, მაგრამ, როგორც აღვნიშნეთ, გეოსინკლინშივე ხდება დანაოქება და აზევება. როგორ უნდა შევათანხმოთ ეს ორი ერთიმეორის საწინააღმდეგო მოძრაობა ერთსა და იმავე ადგილას? პასუხი ის არის, რომ ერთი დამეორე მოძრაობა სხვადასხვა დროს მიმდინარეობს: ჯერ დაძირვა და სელიმენტაცია, შემ-

ცხრილი 9

კავკასიონის განვითარების ფაზიები

შუა და ზედა ნეოგენი	დანაოქება სელიმენტაცია
ქვედა ნეოგენი—ოლიგოცენი	დანაოქება სელიმენტაცია
ეოცენ-პალეოცენი	დანაოქება სელიმენტაცია
ზედა ცარცული	დანაოქება სელიმენტაცია
	დანაოქება სელიმენტაცია
ქვედა ცარცული	დანაოქება სელიმენტაცია
ზედა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია
შუა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია
ქვედა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია

დღე დანაოჭება და აზეცება. ერთი მეორეს სცვლის, რეგულარული მორიგეობა არის.

აქ უნდა აღინიშნოს, რომ გეოსინკლინის განვითარების მანძილზე ასეთი მორიგეობა მრავალგზის მეორდება. მაგალითად, კავკასიონის გეოსინკლინში მარტო ქვედა იურულიდან დაწყებული ცხრა ასეთი მორიგეობა გვაქვს (იხ. ცხრილი 9).

ცხრილიდან კარგად ჩანს ისიც, თუ რამდენად ხანგრძლივია მთების განვითარების პროცესი: კავკასიონის ისტორია მარტო ქვედა იურულიდან დაწყებული 200-ოდე მილიონ წელიწადს შეიცავს და ამ ქედის განვითარება კი გაცილებით უფრო ადრე იწყება, ბევრის აზრით უკვე ქვედა პალეოზოურიდან მაინც. ასეთ პირობებში გასაგებია და აუცილებელიც ნაოჭების მორფოლოგიის თანდათანა განვითარება-გართულება (სურ. 255).

დანაოჭების დათარიღება. აქ ბუნებრივად ისმის ოროგენეტურ მოძრაობათა დათარიღების საკითხი, კერძოდ, დანაოჭების დათარიღების საკითხი. უკვე საუკუნეზე მეტია ნაოჭების დასათარიღებლად ფრანგმა გეოლოგმა ე. დე ბომონმა (E. de Beaumont) გამოიყენა კუთხური უთანხმოებების მეთოდი. მსჯელობა შემდეგია:

ვთქვათ, გვაქვს დანაოჭებული შრეების კომპლექსი, გადარეცხილი, და ზედ უთანხმოდ განლაგებული მეორე კომპლექსი, პორიზონტული ან სხვაგვარად დანაოჭებული (სურ. 63). ქვედა შრენარში ყველა შრე დანაოჭებული არის, — მაშასადამე, დანაოჭება მომხდარა, როდესაც ქვედა კომპლექსის ყველა ეს შრე დაკერძოდ, უახალგაზრდესი მათ შორის უკვე დაღეჭილი იყო: დანაოჭება უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა (ყველაზე ზედა) დანაოჭებულ შრეთა შორის.

მეორე მხრით, ზედა კომპლექსის შრეებს ამ დანაოჭებაში მონაწილეობა არ მიუღიათ. მაშასადამე, როდესაც ისინი ილექებოდნენ, კერძოდ, როდესაც ილექებოდა ყველაზე ძველი მათ შორის, დანაოჭება უკვე დამთავრებული უნდა ყოფილიყო. ამგვარად, უთანხმოება დათარიღებული არის, თუმცა არა უშუალოდ: დადგენილია არა თვით თარიღი, არამედ მისი ქვედა და ზედა საზღვრები. განსაზღვრა მით უფრო ზუსტი იქნება, რაც უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან ეს ორი საზღვარი, და პირიქით.

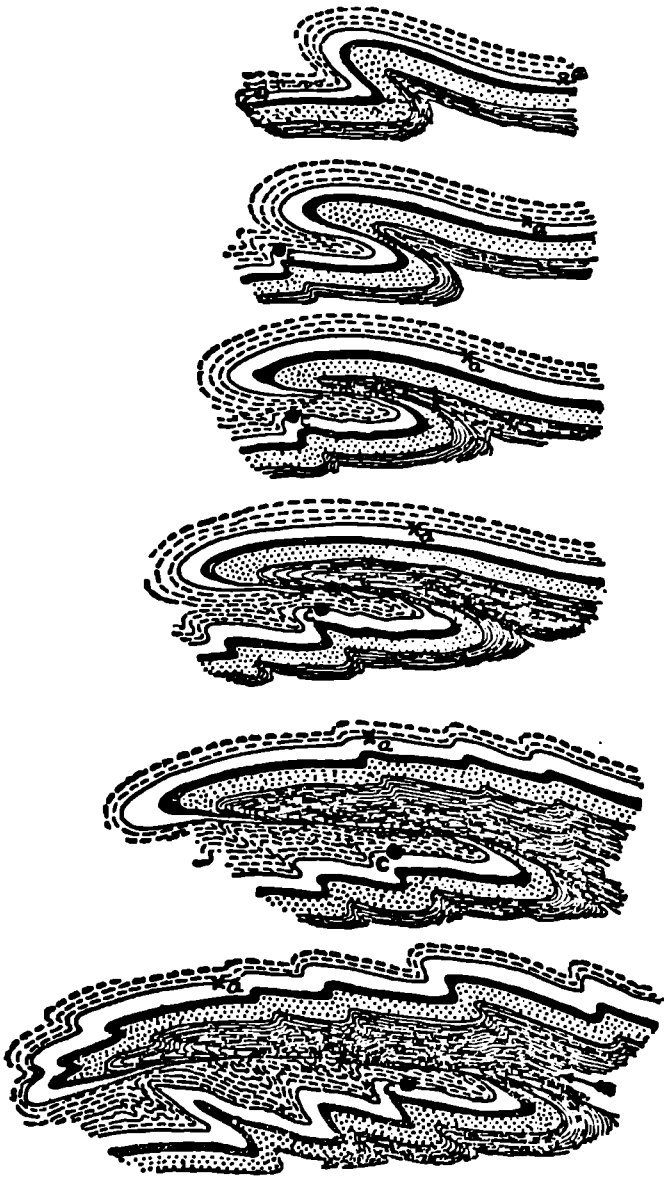
შეიძლება ქვედა კომპლექსის უახალგაზრდესი შრეები გადა-  
რეცხილი იყვნენ. დებულება, რომ დანაოქება უფრო ახალგაზრდაა,  
ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა დანაოქებულ შრეთა შორის, ძალაში  
დარჩება, მაგრამ გადარჩენილი ზედა შრე დანაოქებულ შრეთა შო-  
რის ყველაზე ახალგაზრდა აღარ იქნება. ასევე დაუნაოქებელ შრე-  
თა დალექვა შეიძლება დაგვიანებით დაწყებულიყო და უძველესი  
მათ შორის დანაოქების უშუალოდ მომყოლი არ იქნება. ასეთ  
ჭრილში შრეებით წარმოდგენილ ქვედა და ზედა საზღვარს შუა  
დიდი ინტერვალი დარჩება, რომელშიც უთანხმოების ზუსტი ადგი-  
ლი დამატებით გასარკვევი იქნება.

მაგალითად, დასავლურ საქართველოში კარგად არის ცნობილი  
კალოვიური სართულის კუთხური უთანხმოება ბათურ სართულზე,  
რაც კალოვიურისწინა დანაოქების გამომხატველი არის. მაგრამ  
არის ადგილები, სადაც ბაიოსურს უთანხმოდ ადევს ზედა იურის  
ზედა ნაწილი. ესეც შეიძლება იმავე დანაოქებას გამოხატავდეს,  
მაგრამ ნაკლებად ზუსტად. მარტო მის მიხედვით ვერ ვიტყვით,  
რომ კოლოვიურისწინა დანაოქებასთან გვაქვს საქმე.

უთანხმოების მეთოდი დღესაც საყოველთაოდ მიღებული არის  
და მას უექველად მრავალი ღირსება აქვს, მაგრამ მასთანავე  
ზშირად დიდი გაუგებრობაც არის დაკავშირებული. ხაზგასმით უნ-  
და აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდი ათარიღებს უკვე მომხდა-  
რი დანაოქების ფაქტს და სრულიად არაფერს გვეუბ-  
ნება დანაოქების პროცესის შესახებ, მისი მიმდინა-  
რეობის დროის შესახებ. სწორედ ამ ნიადაგზე არის წარმოშობილი  
შემდეგი გაუგებრობა: დანაოქებული შრეები პრაქტიკულად პა-  
რალელური არიან ერთმანეთთან. აქედან დაასკვნიან, რომ დანაო-  
ქებისას ისინი ყველა უკვე დალექილი უნდა ყოფილიყვნენ თავ-  
შივე, თორემ უფრო ზედანი დანაოქების დაწყების შემდეგ რომ  
დალექილიყვნენ, ისინი ნაკლებად დანაოქდებოდნენ, ვიდრე  
ქვედა შრეები, და მათი პარალელური ვერ იქნებოდნენ. და-  
ნაოქება ქვედა კომპლექსის ყველა შრეების დალექვის შემ-  
დეგ არის მომხდარიო.

რადგან ამავე დროს დანაოქება უთანხმოებას ზევით მდებარე  
შრეების დალექვამდე უნდა იყოს მომხდარი, გამოდის, რომ დანა-  
ოქება მთლიანად თავსდება იმ ინტერვალში, რომელიც უთანხმო-  
ების ქვედა და ზედა კომპლექსს შუა რჩება. ეს ინტერვალი კი, თუ  
უთანხმოების ასაკს კარგად დავაზუსტებთ, სრულიად უმნიშვნელო





სურ. 255. ნაოკის განვითარება დელის მიხედვით: ზევით მარტივი წახრილი ნაოკი; შემდეგ—დაწოლილი ნაოკი, მებრუნებული ფრთის გაწყვეტა, შეცოცების განვითარება, მფორალი ნაოკები, იგივე გაძლიერებული (კერძო შემთხვევა და არა ტიპური). - 425

არის. მაგალითად, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, ჩვენში ცნობილი არის ქვედა კალოვიურის კუთხური უთანხმოება ზედა ბათურზე. გამოდის, რომ დანაოქება სადღაც ზედა ბათურის მიწურულში უნდა მომხდარიყო!

ამგვარად წარმოიშვა წარმოდგენა, რომ დანაოქება უეცარი მოვლენა არის. XIX საუკუნეში ამბობდნენ კ ა ტ ა ს ტ რ ო ფ უ ლ ი ო.

დღეს ყველა შეთანხმებულია, რომ ასეთი დასკვნა აშკარა გაუგებრობა არის. დანაოქება უაღრესად ნელი პროცესი უნდა იყოს, თორემ ისეთი ქანები, როგორც კირქვა და მისთანები არიან, კი არ გაიღუნებოდნენ და შენაოქდებოდნენ, მთლიანად უნდა დამსხვრეულიყვნენ. როგორც არაერთგზის აღვნიშნეთ, დრო უმნიშვნელოვანესი გეოლოგიური ფაქტორი არის. უზარმაზარი დრო რომ არა, საერთოდ გეოლოგიური მოვლენების ხასიათი სულ სხვა იქნებოდა.

მაგრამ თუ დანაოქება ხანგრძლივი პროცესი არის, ცხადია, რომ ამ დროის მანძილზე ახალი შრეებიც უნდა ილექებოდეს; უნდა იყოს არამარტო დანაოქებისადრინდელი და დანაოქებისშემდეგი ნალექები, არამედ დანაოქების თ ა ნ ა დ რ ო უ ლ ი ც ე. შეიძლება თუ არა მათი გამოცნობა?

უკვე ო გ ი აღნიშნავდა, რომ გეოსინკლინის განვითარების პროცესში შეიძლება გავარჩიოთ ინტერვალები, როდესაც ფსკერის დაძირვა ხდება და აუზი ღრმავდება ან ღრმა რჩება მიუხედავად ნალექების დაგროვებისა, და ინტერვალები, როდესაც დანაოქება მიმდინარეობს და აუზის ფსკერი აზევებას განიცდის. პირველი იყო მისი ტრანსგრესია, ხოლო მეორე — რეგრესია. ამის მიხედვით ბუნებრივი არის დასკვნა, რომ რ ე გ რ ე ს ი უ ლ ი ნ ა ლ ე ქ ე ბ ი დ ა ნ ა ო ქ ე ბ ი ს თ ა ნ ა მ გ ზ ა ვ რ ი ა რ ი ა ნ და, თუ მათი დალექვის დროს გავარკვევთ, გვეცოდინება დანაოქების დრო და ხანგრძლივობაც: ე ს ი ქ ნ ე ბ ა უ კ ვ ე ა რ ა თ ა რ ი დ ი ს ქ ვ ე დ ა და ზ ე დ ა ს ა ზ დ ვ რ ი ს კ ვ ლ ი ვ ა, ა რ ა მ ე დ უ შ უ ა ლ ო და თ ა რ ი ლ ე ბ ა.

ამ გარემოებას სათანადო ყურადღება მიექცა ჩვენში. გამოირკვა, რომ ყოველ დანაოქებას თან ახლავს რეგრესია და, რაც მთავარია, მზარდი რეგრესია, ხოლო დანაოქების ხანგრძლივობა 7-ოდე მილიონი წლის რივისა არის, არანაკლები. მაგალითად, ბაი-

ოსურ დროს გეოსინკლინური დაძირვა მიმდინარეობს, ბაიოსურის ბოლოდან დაწყებული ბათურის ბოლომდე რეგრესია გვაქვს და დანაოჭება.

მერე როგორღაა, რომ შრეები, რომელთაგან ზოგი დანაოჭების დაწყებისას უკვე დალექილი იყო (დაძირვის ინტერვალში) ან ამ დროს ილექებოდა, და შრეები, რომელნიც დანაოჭების ბოლოს დაილექნენ, ერთნაირად არიან დანაოჭებული, ერთმანეთის პარალელურად გამოიყურებიან? პასუხი ერთი ჩანს ყურადსაღები: თვითონ დანაოჭება იწვევს შრეების ერთმანეთზე მორგებას, ანუ როგორც ფრანგები ამბობენ, *აკორდანსს*<sup>1</sup>. ნაოჭის ხასიათის შესაბამისად. ერთი და იგივე შრეც ზომ სხვადასხვაგვარადაა დისლოკებული ნაოჭის თაღსა და ფრთებში. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ მხრივ *კომპეტენტურს*<sup>2</sup>, ე. ი. სქელსა და მტკიცე შრეებს, რომელნიც უფრო სუსტ შრეებს თავის დეფორმაციას კანონად უხდინან. ეს ხდება მომყოლი ფაზისების პროცესში.

მთების ლოკალიზაცია სივრცეში. მათი კონსოლიდაცია. მთები მთელს მიწაზედ არიან მოფენილი, მაგრამ ერთი რომელიმე სისტემის მთები, მაგალითად ალპური სისტემის მთები, უწესრიგოდ გაფანტული კი არ არიან, მკაფიოდ უკავშირდებიან გარკვეულ ზოლებს (იხ. სურ. 252). მხოლოდ ამ ზოლებში მიმდინარეობდა სათანადო გეოსინკლინის განვითარება და მთების წარმოშობა. როგორ უნდა გავიგოთ ოროგენეზის ასეთი *ლოკალიზაცია*?

ერთი შესაძლებლობა იქნება ვიგულისხმოთ, რომ მთების წარმომშობი ძალები მოქმედებდნენ მარტო იქ, სადაც ოროგენეზის მიმდინარეობს, და სხვაგან კი არა: თუ გარკვეულ დროს მთები წარმოიშვა კავკასიაში და რუსეთში კი არაფერი ამის მსგავსი იმ დროს არ მომხდარა, ეს მხოლოდ იმიტომ, რომ კავკასიაში მთების წარმომშობი ძალები მოქმედებდნენ და რუსეთში კი არა. ასევე იქნებოდა სხვაგანაც, სადაც მთები არის ან არ არის.

ადვილი დასანახავია, რომ ასეთი პასუხი საკითხის რეალურ გადაჭრას არ იძლევა. კითხვა იცვლება მხოლოდ: რა ძალებია ეს, რომ მარტო გარკვეულ ადგილას მოქმედებენ, და რის მიხედვით არის გამორჩეული ეს ადგილები? პასუხი ამგვარად დასმულ კითხვებზე ღლემაზე ვერავის გაუცია. არის შემთხვევები, როდესაც

<sup>1</sup> Accordance, ფრანგ.—მორგება, შეგუება.

<sup>2</sup> Competentia, ლათ.—უფლებამოსილება, აქ იგულისხმება შემძლეობა.

გეოლოგი ამტკიცებს, მთების წარმოშობა იქვე მოქმედი ვერტიკალური ძალების შედეგიაო, ხოლო ამ ძალებს რადიოაქტიური სითბო იძლევაო, მაგრამ ძალების გენეზისი კიდევაც რომ ასეთი იყოს, მათი ლოკალიზაცია (რატომ არა ყველგან და რატომ სწორედ ამ ადგილას) სრულიად აუხსნელი რჩება.

მეორე შესაძლებლობა არის დაეუშვათ, რომ მთების წარმოშობი ძალები ყველგან მოქმედებენ მიწის ქერქში, მაგრამ დანაოკება მხოლოდ იქ ხდება, მთები მხოლოდ იქ წარმოიშობა, სადაც ქერქის თვისებები ამისათვის შესაფერი არის, სახელობრ, სადაც ქერქი სუსტია და მთების წარმოშობ ძალებს ნაკლებ წინააღმდეგობას გაუწევს. ასეთი ადგილია სწორედ გეოსინკლინური ზოლები. რადგან ოროგენეტური მოძრაობები (სედიმენტაცია და დაძირვა, დანაოკება და აზევება) სწორედ ამ ზოლებთან არის დაკავშირებული, მათ (ამ ზოლებს) ჩვეულებრივ მოძრავ სარტყლებს უწოდებენ და კონტინენტურ ბელტებს უპირისპირებენ. რუსეთის ვილი მეზოზოურსა და კაინოზოურ დროში კონტინენტურ ბელტებს წარმოადგენდა ისევე, როგორც დღეს. მისი დაძირვა-აზევება თუ ხდებოდა, მხოლოდ მცირე, ეპიროგენეტური ხასიათის. და დანაოკება კი ამ დროს არსად ჩანს. იმავე დროის მანძილზე კავკასიონში, რომელიც მოძრავი სარტყლის ფარგლებში იყო მოქცეული, დიდძალი ნალექები გროვდებოდა, ხდებოდა აუზის ფსკერის დაძირვა და ნალექების მეტამორფიზაცია. განმეორებითი დანაოკებების შედეგად ბოლოს მალალი მთები წარმოიშვა.

მოძრავი სარტყლის ასეთი ქცევა იმით აიხსნება, რომ იქ მიწის ქერქის სიმტკიცე მცირეა, ზოლი ლაბილური<sup>1</sup>, მაშინ როდესაც კონტინენტური ბელტი მტკიცეა და სტაბილური<sup>2</sup>.

რაც შეეხება გეოსინკლინის (მოძრავი სარტყლის) მდებარეობას, იგი, ცხადია, ზღვაში უნდა იყოს მოთავსებული, მაგრამ შუა ოკეანეში იგი ვერ განვითარდება, რადგან გეოსინკლინში დიდძალი ნალექი უნდა დაგროვდეს და ეს მასალა მას ძირითადად კონტინენტებიდან მისდის. მაშასადამე, გეოსინკლინი კონტინენტის კიდეზე უნდა განვითარდეს და ზოგჯერ კონტინენტებს შუა, როგორც ხმელთაშუა ზღვის გეოსინკლინი. გეოლოგიური ისტორია ადასტურებს, რომ სწორედ ასეც ხდება.

<sup>1</sup> Labilis, ლათ.—უარდნალი, მერყევი.

<sup>2</sup> Stabilis, ლათ.—მეღვგი.

მოდრავი სარტყელი ლაბილური კი არის, მაგრამ ეს მისი უცვლელი თვისება როდია. კარგად არის ცნობილი, რომ დანაოქება მას სიმტკიცეს ჰმატებს. რაც უფრო ძლიერაა შრენარი დანაოქებული, მით უფრო ძნელია მისი შემდგომი დისლოკაცია. ამიტომ თითოეული დანაოქება გეოსინკლინის ლაბილობას ამცირებს და ზრდის სიმტკიცეს. მიმდინარეობს მისი თანდათან კონსოლიდაცია<sup>1</sup>. ბოლოს სიმტკიცე იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ შემდეგი დანაოქება შეუძლებელი გახდება, — გეოსინკლინის ისტორია დამთავრებული არის. ამგვარად, მთების წარმოშობის პროცესს ბუნებრივი ბოლო აქვს.

გეოსინკლინის კონსოლიდაცია ძლიერ თანდათან და უაღრესად ხანგრძლივი მოვლენა არის. რაც უფრო შორსწასულია კონსოლიდაცია, მით უფრო გაძნელებულია ახალი დისლოკაცია და იცვლება დისლოკაციის ხასიათიც. სანამ ლაბილობა დიდი არის, დანაოქება თავისუფლად მიმდინარეობს, წყვეტები იშვიათია. შემდეგ დანაოქება ძნელდება და წყვეტები ხშირია. დასასრულ, მეტი დანაოქება შეუძლებელი ხდება და, თუ მთების წარმოშობი ძაბვა ძლიერია, ვითარდება ღრმა წყვეტები და დიდი ბელტების ერთმანეთზე შესხლეტები. პირველ შემთხვევაში ნაოქამთები გვექნება, როგორც ალპებია, მხოლოდ, ალპებში შემნაოქებელი ძალები განსაკუთრებით დიდია და ნაოქების გვერდით შარიაეები განვითარებულან. მეორე შემთხვევაში წყვეტილ-ნაოქამთებზე ლაპარაკობენ. მაგალითია გერმანიის მთები და რამდენადმე კავკასიონიც. მესამე შემთხვევაში ბელტური მთებს მივიღებთ, როგორც ყაზახეთში არის წარმოდგენილი.

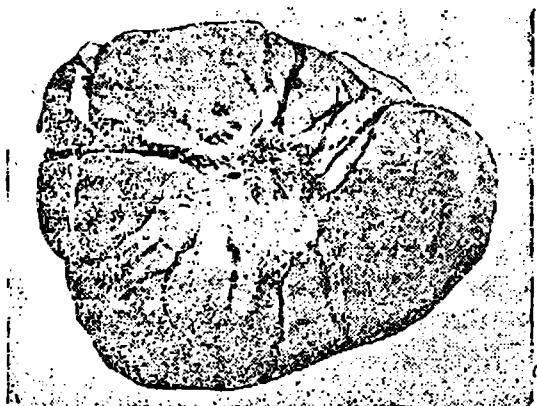
ამრიგად, მთების წარმოშობაში არჩევენ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ ორ მოვლენას—დანაოქებას და კონსოლიდაციას. მთების განვითარება შეიძლება დამთავრებულად ჩაითვალოს, როდესაც კონსოლიდაცია იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ მიწიერ პირობებში შემდეგი დანაოქება შეუძლებელი ხდება. ბელტური მთები არსებითად ოროგენეზის მომყოლ მოვლენად შეიძლება ჩაითვალოს: ყაზახეთის მთები პალეოზოურში არიან წარმოშობილი, როგორც ნაოქამთები, ხოლო ბელტური ტექტონიკა იქ შემდეგ ალპური სისტემის დანაოქების გავლენით მოხდა.

---

<sup>1</sup> Consolidatio, ლათ.—გამყარება, გამტკიცება.

დანაოჭების მექანიზმი. გეოსინკლინის დანაოჭება ძლიერ რთული მოვლენა არის. მისი მსვლელობისა და შედეგისათვის გადაწყვეტი მნიშვნელობა აქვს დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას, დანაოჭებული მასალის მეტნაკლებ ლაბილობას, მის ერთგვარონობას თუ სხვადასხვაობას, გავრცელებას, აღრინდელ დანაოჭებას და სხ. იმის მიხედვით, თუ როგორი არის ეს პირობები, სხვადასხვა იქნება ნაოჭების განვითარება და მათი სახე.

დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. თუმცა სხვა აზრიც გამოთქმულა, გეოლოგები შეთანხმებული არიან, რომ დანაოჭებას ჰორიზონტული, ანუ, სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ტანგენსურული ძალები იწვევენ. საი-



სურ. 256. გაჭყლეტილი ქვარგვალი.

ლუსტრაციოდ შემდეგ შედარებას მიმართავენ: მაგიდაზე რომ ნოხი გავშალოთ და მას (ნოხს) ერთი მხრიდან მივაწვეთ, ნოხი შეიკეცება და ნაოჭებს მოგვცემს. ასევე წახვეტით არის წარმომდგარი იურული და სხვა ზეწრული მთები (იხ. სურ. 253). გეოსინკლინური მთების შემთხვევა უფრო რთულია (იხ. სურ. 255), მაგრამ არსებითად მსგავსი. დამნაოჭებელი ძალების რეალურობას და ინტენსიურობას მოწმობს ისეთი მოვლენები, როგორც გაჭყლეტილი ქვარგვალები (სურ. 256) და წნევითი ნაწიბურები (სურ. 257) და სხვა, ხოლო ამ ძალების ტანგენსურობის სასარგებლოდ მეტყველებს შემდეგი დაკვირვებები და მოსაზრებები:

1. ნაოჭის თაღში შრეები მეტად თუ ნაკლებად გასქელებული არიან, რაც განსაკუთრებით მკაფიოდ ჩანს ასიმეტრიულა

ნაოქების შემთხვევაში (იხ. სურ. 40). ასეთი თავისებურება შეკუმშვას მოასწავებს და საცხებით ბუნებრივია ტანგენსური ძალის შემთხვევაში. ანტიკლინი რომ ვერტიკალურ ძალას ამოეზნიქა, თალში გაჭიმვა და გათხელება მოხდებოდა.

2. ტანგენსური ძალის მოქმედების გამომხატველია წახრილი და დაწოლილი ნაოქები (იხ. სურ. 40).

3. მხოლოდ ტანგენსურ ძალებს შეუძლიათ იზოკლინური ნაოქები მოგვცენ.



სურ. 257. წნეებითი ნაწიბურები.

4. ტანგენსური ძალების შემთხვევაში ადვილი გასაგებია მთების ფესვების წარმოშობა (იხ. სურ. 243). ძალები რომ ვერტიკალური ყოფილიყო, ქერქის ძირი, პირიქით, ამოზნექილი იქნებოდა.

5. ყოველი ქედი მრავალი ნაოქისაგან შედგება. მათი წარმოშობა რომ ვერტიკალურ ძალებს გამოეწვიათ, იმდენი დისკრეტული ძალა იქნებოდა საჭირო, რამდენიც ანტიკლინია, და თითოეული სწორედ სათანადო ანტიკლინზე მორგებული. ასეთი წარმოდგენა იმდენად ხელოვნური არის, რომ მაზედ მსჯელობა ზედმეტი იქნებოდა.

მეორე და უფრო რთული საკითხია: ეს კუმშვითი ტანგენსური ძალა მარტო მოქმედებს გეოსინკლინის განვითარებაში, თუ არის სხვა ძალაც? დანაოქებას შეკუმშვა იწვევს და ამას გეოსინკლინის განის შემცირება მოსდევს, მაგრამ ამის შემდეგ დაძირვა ხდება. ამასაც იგივე ძალა ხომ ვერ გამოიწვევს? ჩვეულებრივი პასუხი

შემდეგია: კუმშვა დანაოქებას და აზევებას იწვევს, მაგრამ ერთი ხნის შემდეგ ეს ძალა მოეშეება და მაშინ დაძირვა დაიწყება.

ეს აშკარა გაუგებრობა არის: კუმშვის ძალა თუ მოეშვა, დანაოქება უნდა შეწყდეს და ყველაფერი ისე დარჩეს როგორც ამ მომენტში იყო. რომ ძალის მოშვებამ საწინააღმდეგო მოძრაობა გამოიწვიოს, დეფორმაცია ელასტური უნდა იყოს და ქერქი დრეკადი. რესორზე რომ რაიმე მასა დავჰკიდოთ, რესორი დაგრძელდება, რომ მოვხსნათ,—დამოკლდება. ქერქიც რომ ასე მოიქცეს, იგი ხ ა ნ ი ე რ ი ძ ა ლ ე ბ ი ს მ ი მ ა რ თ დრეკადი უნდა იყოს. მაგრამ მიწის ქერქი პლასტიური არის და მისი შეკუმშვა—შეუბრუნებადი. ქერქის დაძირვისათვის შესატყვისი ძალა არის აუცილებელი.

შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ გეოსინკლინის დაძირვას იზოსტაზია იწვევს: ნალექები გროვდება,—ქერქი უნდა მანტიაში ჩაეფლოს. მაგრამ იზოსტაზია, მართალია, ქერქის ძირის ჩაფლობას იწვევს, მაგრამ იმავე დროს ქერქის ზედაპირმა ზევით უნდა აიწიოს. ვთქვათ, გეოსინკლინში 9000 მეტრი ნალექი დაგროვდა. იყოს ამ ნალექების სიმკვრივე 2 და ზედა მანტიისა მხოლოდ 3. ქერქი ჩაეფლობა 6000 მეტრით და მისი ზედაპირი კი ზევით აიწივს 3000 მეტრით. ნალექების დაგროვება, მიუხედავად იზოსტაზიისა, აუზის სისტემატურ გამარჩხებას ნიშნავს.

ამავე დროს ცნობილია, რომ გეოსინკლინი კი არ მარჩხდება დაძირვის პერიოდში, ხშირად ღრმავდება კიდევ. ამას უწოდებდა ო გ ი ტრანსგრესიას გეოსინკლინში. მაშასადამე, გეოსინკლინის დაძირვა იზოსტაზიის ჩათვლით იგულისხმება, დამატებითი არის. იგი სხვა ახსნას მოითხოვს. თანაც მიზეზი ისეთი უნდა იყოს, რომ გეოსინკლინის განვითარების კანონზომიერებას ითვალისწინებდეს: დაძირვა შეკუმშვა-აზევებასთან უნდა მორიგეობდეს.

ასე დასმულ კითხვაზე პასუხი დღემდე ერთია ცნობილი და ისიც ჰიპოთეზური. თუ დანაოქების დროს ქერქი იკუმშება, შემდეგ მისი გაჭიმვა უნდა ხდებოდეს, ვთქვათ, მანტიის გაფართოების გამო. გაჭიმვა გამოიწვევს გეოსინკლინის ლაბილური ძირის გათხლებლას, რაც გამოიხატება აუზის ფსკერის დაძირვაში. ამ საკითხს შემდეგ დაუბრუნდებით; ახლა კი საჭიროა უფრო ახლოს გავეცნოთ ოროგენეზის ლოკალიზაციას დროში.

დანაოქების ციკლები. — გასული საუკუნის მეორე ნახევარში ფრანგმა გეოლოგმა მ. ბერტრანმა (M. Bertrand) აღნიშნა, რომ ევროპაში მკაფიოდ გაირჩევა მთების სამი ჯგუფი. პირველს



ეკუთენის სკანდინავიის და შოტლანდის მთები, რომელიც წარმოშობილი არიან ქვედა პალეოზოურში, მეორეს — კორნუელსი ინგლისში, ბრეტანი, ცენტრული პლატო, არდენები საფრანგეთსა და ბელგიაში, ვოგეზები, შვარცვალდი, ჰარცი და სხ. საფრანგეთ-გერმანიაში, ურალი რუსეთში. ესენი ზედა პალეოზოურში არიან წარმოშობილი. მესამეს შეადგენენ პირენეები, აპენინები, ალპები, კარპატები, ბალკანები და სხ., ყველა მესამეულში წარმოშობილი. პირველი ჯგუფის მთებს მან უწოდა კალედონიური<sup>1</sup>, მეორეს ჰერცინული<sup>2</sup> და მესამეს ალპური სისტემა.

ამგვარად, მთების სისტემის ცნებას გენეტიური ხასიათი მიეცა. ერთი სისტემის მთები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან არამარტო გეოგრაფიულად და სტრუქტურულად, არამედ წარმოშობითაც. თანაც ტერმინების — კალედონიური, ჰერცინული და ალპური სისტემები — გვერდით მალე დამკვიდრდა გამოთქმები: კალედონიდები, ჰერცინიდები და ალპიდები. იგულისხმებოდა, რომ ეს სისტემები მთელს მიწაზედ არიან გავრცელებული და ყველგან იმავე დროს წარმოშობილი. თითოულ ასეთ პროცესს ოროგენეტიური ციკლი უწოდეს. ითვლებოდა, რომ კამბრიულს აქეთ სამი ოროგენეტიური ციკლი გვაქვს და რამდენიმე სხვა კამბრიულის წინ.

შემდეგმა გამოკვლევებმა ნათელჰყო, რომ ეს სურათი, რომელიც ევროპაში იქნა დადგენილი, ყველგან არ დასტურდება. კერძოდ წყნარი ოკეანის ირგვლივ და ზოგან სხვაგანაც ზემოთ ჩამოთვლილთ გარდა არის იურიული და ცარცული ოროგენეზიც. გარდა ამისა, თვით ევროპაშიც ერთისა და იმავე სისტემის მთები მთლად ერთდროული როდი არიან. ალპური სისტემა რომ ავიღოთ, პირენეების კონსოლიდაცია რამდენადმე უფრო ადრე არის მომხდარი. ვიდრე ალპების, ალპებისა უფრო ადრე, ვიდრე კავკასიონის. ასევე ჰერცინიდებში ურალი უფრო ახალგაზრდა არის, ვიდრე იმავე სისტემის მთები შუა და დასავლურ ევროპაში.

ეს მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ერთისა და იმავე სისტემის ასაკი სხვადასხვა მხარეში თვით ევროპაშიც კი ზუსტად ერთი არ არის, შესამჩნევი გადა-

<sup>1</sup> კალედონია, შოტლანდიის ძველი სახელი.

<sup>2</sup> ჰარცის მასივის მიხედვით.

ნ ა ც ვ ლ ე ბ ა ხ დ ე ბ ა . კიდევ უფრო საყურადღებო არის, რომ კალედონიური დროის ოროგენეტური მოძრაობების გავრცელება თვით ევროპაში მარტო კალედონიდებით კი არ არის შემოფარგლული, — ეს მოძრაობები შუა ევროპაშიც, ე. ი. ჰერცინიდების ზოლშიც, მკაფიოდ არის გამოხატული, მხოლოდ ბევრად უფრო სუსტია. ასევე შესამჩნევია ჰერცინული მოძრაობები და უფრო ადრინდელიც ალპურ ზოლში. კავკასიონი ხომ ალპურ სისტემას მიეკუთვნება, მაგრამ ოროგენეზი აქ ძლიერი არის ჰერცინული ციკლის პროცესშიც და ყველა ნიშნის მიხედვით კალედონიურ დროშიც. დღეს გამორკვეულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მთათა სისტემის წარმოშობა ერთი ოროგენეტური ციკლის ფარგლებში არ თავსდება. ეს უადრესად ხანიერი პროცესი რამდენიმე „ციკლს“ მოიცავს. ის, რასაც ოროგენეტური ციკლი უწოდეს, ოროგენეზის დასკვნითი ეტაპი არის მხოლოდ და აქაც კონსოლიდაციის დამთავრება ერთი სისტემის ფარგლებშიაც კი ზუსტად ერთდროული არ არის.

მით უფრო საგულისხმოა, რომ მრავალი ნიშნის მიხედვით ის დაძირვა-სედიმენტაციის და დანაოჭება-აწევენების მოვლენები, რომელნიც გეოსინკლიონის ისტორიის მთელ მანძილზე მორიგეობენ, ვირტუალურად მთელ მიწაზე ვრცელდებიან და, სადაც კი შეიმჩნევიან, ერთდროული არიან.

ამ კანონზომიერების დადგენაში დიდი დამსახურება მიუძღვის გერმანელ გეოლოგს შტილეს (H. Stille). დიდძალი მასალის შედარებითმა შესწავლამ ის მიიყვანა დასკვნამდე, რომ გეოსინკლინების დაძირვას და შემდეგ იქ დაგროვილი ნალექების დანაოჭებას პლანეტური ხასიათი აქვს. დაძირვა, სადაც კი მოხდება, ერთდროულია, სუსტი იქნება თუ ძლიერი, და ასევე პლანეტურად ერთდროულია დანაოჭებაც, თუმცა ერთდროულობა არ ნიშნავს, რომ იგი ყველგან უნდა მოხდეს. დანაოჭების პროცესს შტილე დანაოჭების ფაზისს უწოდებს. დანაოჭების ფაზისების მსვლელობა და ინტენსიუობა სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა არის გეოლოგიური პირობების მიხედვით და ამიტომ გეოსინკლიონის კონსოლიდაციაც, ე. ი. ოროგენეტური ციკლის დაბოლოება, ზოგან უფრო ადრე ხდება და ზოგან დაგვიანებით.

შტილეს შეხედულებებმა დიდი გამოძახილი ჰპოვეს და მწვავე კრიტიკაც გამოიწვიეს. ის იძულებული შეიქნა თავისი პო-

ზიციები თანდათან დაეთმო. ამის მიზეზი ის იყო, რომ დანაოქების ფაზისების დასადგენად შტილემ მხოლოდ და მხოლოდ კუთხურ უთანხმოებებს ემყარებოდა. უთანხმოება კი, როგორც დავინახეთ (იხ. სურ. 63, 64), შეიძლება ორსა და მეტს დანაოქების ფაზისს შეესაბამებოდეს და ერთი ფაზისიც შეიძლება რამდენიმე უთანხმოებით იყოს წარმოდგენილი. მაგალითად, დასავლურ საქართველოში ხშირია, რომ ქვედა ცარცული კუთხური უთანხმოებით ედოს ბაიოსურ ნალექებს, მაგრამ ეს დიდი ხარვეზი გამოჰხატავს არა ერთს, არამედ ორ ფაზისს. იმავე რეგიონში სხვა ქრილების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ კალოვიური სათუელი უთანხმოდ ადევს ბათურს, — ეს არის კალოვიურისწინა ფაზისი. სხვაგან კიდევ (ზემო რაჭაში, აფხაზეთში) ტიტონურ-ქვედა ცარცული არის უთანხმოდ განლაგებული კიმერიჯულზე — ეს ტიტონურისწინა ფაზისი იქნება. ასეთივე ფაზისები იქნებოდა იქაც, სადაც ქვედა ცარცული უშუალოდ ბაიოსურს მოჰყვება, მაგრამ ნალექები გადაარეცხილი არის და ნამდვილი ვითარება აღარ ჩანს. მაინც სხვა ქრილების შედარებითი კვლევა საშუალებას იძლევა პირველადი ურთიერთდამოკიდებულება აღვადგინოთ.

უფრო რთულია მდგომარეობა, როდესაც ერთი ფაზისი რამდენიმე უთანხმოებით არის წარმოდგენილი. ასეთია, კერძოდ, უახლოესი ოროგენეტური ფაზისის სურათი, რომელიც დაკვირვებისათვის უკეთ მისაწვდომი არის და ამიტომ გაცილებით უკეთ შესწავლილიც. ჩვენში ზედა სარმატულიდან დაწყებული ხუთამდე კუთხურ უთანხმოებას აღნიშნავენ და სხვაგან კიდევ მეტს. ეს უკვე პრინციპული საკითხი არის: ეს უთანხმოებები გამოხატავენ არა დანაოქების ფაზისებს, არამედ მოძრაობის არათანაბარ მსვლელობას ერთისა და იმავე ფაზისის ფარგლებში; მოძრაობა ხან აჩქარებულია, ხან შენელებული და შეჩერებულიც კი და მარჩხ აუზებში ეს წარმოშობს ადგილობრივი ხასიათის უთანხმოებებს.

ამ რთულ ვითარებაში გარკვევის საშუალებას იძლევა უთანხმოებასთან ერთად რეგრესიების და ტრანსგრესიების გათვალისწინება. დანაოქება რეგრესიას იწვევს. მას მოჰყვება დაძირვა და ტრანსგრესია. სწორედ ეს ცვლა არის ოროგენეტური მოძრაობის მიმართულების შეცვლის მომასწავებელი. ამიტომ დანაოქების ფაზისის დასადგენად საჭირო არის კუთხური უთანხმოება და რეგრესია უთანხმოების წინ. ოკრიბაში ბაიოსურის ბოლოში იწყება რეგრესია, რომელიც მთელი ბათური

დროის განმავლობაში გრძელდება. ზღვიური ნალექები იცვლება ჭერ ლაგუნურით და შემდეგ კონტინენტურით. ამას მოჰყვება კუთხური უთანხმოებით განლაგებული ზღვიური კალოვიურის ტრანსგრესია. ეს არის დანაოქების კალოვიურისწინა ფაზისი, რომელსაც ახლა შეიძლება ბათური ვუწოდოთ, რადგან ვიცით, რომ მოძრაობა მთელი ბათურის განმავლობაში გრძელდებოდა.

ამგვარი მეთოდით დანაოქების პროცესების შესწავლამ ჩვენში გამოარკვია, რომ აქ შემდეგი დაძირვა-სედიმენტაციის (ტრანსგრესია) და დანაოქება-აზევეების (რეგრესია) ფაზისები გვაქვს:

ცხრილი 10

ოროგენეტური მოძრაობები საქართველოში

სტრატეგრაფიული ნაკვეთი	რეგრესია ტრანსგრესია	ფაზისი	ციკლი	განლაგება
მეოთხეული შუა ნეოგენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ნეოგენური	უთანხმოება
ქვედა ნეოგენი ოლიგოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ქვ. ნეოგენური ოლიგოცენური	
ეოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ეოცენური	უთანხმოება
ზედა ცარცული II	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ზედა ცარც. II	უთანხმოება
ზედა ცარცული I	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ზედა ცარც. I	უთანხმოება
ქვედა ცარცული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ქვ. ცარცული	უთანხმოება
ზედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ზედა იურული	უთანხმოება
შუა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	შუა იურული	უთანხმოება
ქვედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სედიმენტაციის	ქვ. იურული	უთანხმოება

როგორც ვხედავთ, დანაოქების ფაზისები რეგულარულად სცვლიან დაძირვის ფაზისებს. ბუნებრივი იქნება, რომ ამ წყვილს დანაოქების ციკლი ვუწოდოთ (ოროგენეტური ციკლისგან გასარჩევად). ქვედა იურულიდან დაწყებული ჩვენში ცხრა ასეთი ციკლი არის: ქვედა იურული, შუა იურული, ზედა იურული,

ქვედა ცარცული, ზედაცარცული I, ზედაცარცული II, ეოცენური, ოლიგოცენურ-ქვედა ნეოგენური. შუანეოგენურ-პლეისტოცენური. აღსანიშნავია, რომ ამ ციკლების აბსოლუტური ხანგრძლივობა ერთი რიგისა არის (20—25.10<sup>6</sup> წელიწადი), ხოლო მათი საზღვრები კარგად ემთხვევა სტრატиграფიული ერთეულებისას. ეს გვაფიქრებინებს, რომ დანაოქების ციკლებს პლანეტური ხასიათი აქვს და ასეთ დასკვნას საკმაოდ ადასტურებს ის გარემოებაც, რომ წარმოდგენილი სქემა კარგად ეთანხმება შტრილეს მიერ თავდაპირველად მოცემული ოროგენეტური ფაზისების ნუსხას. უკანასკნელი ხომ სწორედ მთელი მიწის მასალების შედარებითი ანალიზის შედეგი იყო.

მომავალი გამოკვლევების მოლოდინში დღეს უკვე შეიძლება ითქვას, რომ დანაოქების ციკლები მთელ მიწაზე, როგორც ჩანს, ერთდროულად მიმდინარეობენ და მათი სვლა არასოდეს არ წყდება. ოროგენეზის მიწაზე უწყვეტი მოვლენა არის. რაც შეეხება ოროგენეტურ ციკლებს, რომლებზედაც ზემოთ გვექონდა ლაპარაკი და რომლებისთვის შეიძლება კონსოლიდაციის ციკლები გვეწოდებია, ისინი დანაოქების ციკლების სქემაზე მორგებული არიან, მაგრამ მიწის ზედაპირის სხვადასხვა ნაწილზე მათი მსვლელობა სხვადასხვა არის. მაინც ევროპისათვის გამოთქმები კალედონიდები, ჰერცინიდები, ალპიდები სავსებით გამართლებული რჩება.

**მთების ზრდა და დენუდაცია.** დანაოქება მთების აზევებას იწვევს. რამდენად ჩქარია ეს მოძრაობა?

როგორც დავინახეთ, არც ისე შორეულ წარსულში ეგონათ, რომ მთების წარმოშობა უეცარი, კატასტროფული მოვლენა არის. ამ მხრივ მას უპირისპირებდნენ ეპიროგენეტურ მოძრაობებს, როგორც ნელს, და ამიტომ უკანასკნელთ საუკუნებრივს უწოდებდნენ.

მაშინ ეს გასაგებიც იყო, რადგან მიწის წარსული ძლიერ ხანმოკლედ წარმოედგინათ. დღეს კი ცნობილია, რომ მიწის ასაკი 4-5 მილიარდი წლის რიგისა არის, ხოლო მთების დანაოქების ციკლი 20-ოდე მილიონ წელიწადს გრძელდება და საკუთრივ დანაოქების ფაზისი (რეგრესია გეოსინკლინში) ამის ნახევარზე ბევრად ნაკლები არ იქნება. საჭიროა აქედან სათანადო დასკვნა გამოვიტანოთ.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სკანდინავიის აზვეება წელიწადში 1 სანტიმეტრამდე აღწევს. თითქო ძალიან წელი მოძრაობა არის, მაგრამ იგი რომ მხოლოდ ერთ მილიონ წელიწადს გაგრძელებულყო, 10 კილომეტრის სიმაღლეს მოგვცემდა. ცხადია, ასეთი სიჩქარეც გადაჭარბებული იქნებოდა. მთების ზრდა ადამიანური ჯაგებით უკიდურესად წელა უნდა მიმდინარეობდეს და ამ მხრივ ეპიროგენეტურსა და ოროგენეტურ მოძრაობათა შორის განსხვავება არ არის. კიდევ მეტი: დანაოქების თითოული ფაზისი ზომ არაერთმილიონ წელიწადს გრძელდება და მთების წარმოშობაში კი მრავალი ფაზისი მონაწილეობს, — მთების მოსალოდნელი სიმაღლე მაინც შეუსაბამოდ დიდი გამოდის. ამიტომ აღვნიშნავდით ზემოთ, რომ დანაოქების პროცესის სიჩქარე არ შეიძლება მთელი ფაზისის სიგრძეზე ერთგვარი იყოს: იგი ხან მეტია, ხან ნულამდე ჩამოდის. სხვათა შორის სწორედ ამით აიხსნება ის დამატებითი კუთხური უთანხმოებები, რომელთაც შტილეს ხელი ააღებინეს ფაზისების მის პირვანდელ სქემაზე. მოძრაობის ასეთი უთანაბრობა გასაგები იქნება, თუ მხედველობაში მივიღებთ, რომ თვით დანაოქება სცვლის დანაოქებულ კომპლექსის სიმტკიცეს, და მეორე მხრივერთი უბნის დანაოქების მიმდინარეობა გავლენას ახდენს მეზობელ უბანზე და შეიძლება მისი მეტად თუნაკლება და ძირვაც კი გამოიწვიოს, როგორც მთისწინა დაბლობში ხდება. ეს ითქმის ნაოქების ჯგუფებზე და ცალკეულ ნაოქებზეც.

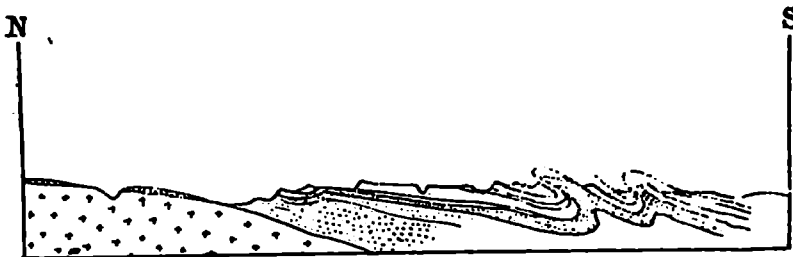
მაგრამ მთების სიმაღლე მათი აზვეების საზომად მაინც ვერ გამოდგება. საქმე ის არის, რომ მთების აზვეებასთან ერთად მიმდინარეობს მათი დენუდაცია. როგორც კი ნაოქები ზღვის დონეს ასცილდებიან, ისინი ეროზიის და აბრაზიის მსხვერპლი ხდებიან. ასე რომ, ერთდროულად მიმდინარეობს მათი ამაღლება და დადაბლება. მთების რეალური სიმაღლე ამა თუ იმ დროს ამ ორი პროცესის სხვაობას წარმოადგენს.

მოვლენის სირთულე ამითაც არ თავდება. მთების ნგრევა იწვევს მათი მასის შემცირებას და იზოსტაზიური წონასწორობის დარღვევას. იწყება მთების ზეაწევა, ისევე როგორც გემი იწევს ზევით განტვირთვისას. მართალია, იზოსტაზიური აზვეება ნაკლე-

ბია, ვიდრე მისი გამომწვევი დენუდაცია, მაგრამ ეს მოძრაობაც უეჭველად ანგარიშგასაწევი არის.

ამგვარად, მთების ზრდა და მათი ნგრევა ერთდროულად მიმდინარეობს. თანაც, რაც უფრო ამაღლებულია მთები, მით უფრო ინტენსიურია ნგრევა. უპირატესობა ბოლოს ამ უკანასკნელს რჩება. მართლაც, მზარდი კონსოლიდაცია დანაოქება-აზევებას თანდათან აძნელებს და ბოლოს იგი სავსებით უნდა შეწყდეს. ეროზიაკი გაგრძელდება, სანამ მთების მოვაკება არ მოხდება პენეპლენამდე. ასეა მოვაკებული პროტეროზოული და არქეული მთები ფინეთ-სკანდინავიაში, კანადაში და სხვაგან.

არავითარ შემთხვევაში ეს ოროგენეზის კვალის წაშლას არ ნიშნავს. მაღალი მთები გადარეცხილან, მაგრამ ქერქის სათანადო ზოლი გასქელებული და კონსოლიდებული რჩება. ამიერიდან იგი სტაბილური იქნება.



სურ. 258. ს უ ბ ს ტ რ ა ტ ი და ს ა ფ ა რ ი. ჭრებით აღნიშნულია სუბსტრატი, რომელიც მარჯვნივ საფარს ქვეშაც გრძელდება, მაგრამ ნახაზზე არ ჩანს.

ამ ძველსა და მტკიცე ფუძეს ს უ ბ ს ტ რ ა ტ ს უწოდებენ, ზეუგაშლილ ნალექებს — ს ა ფ ა რ ს. საფარის შრეები პორიზონტული იმიტომ რჩებიან, რომ მათ ტანგენსური ძალების ზემოქმედებისგან მტკიცე სუბსტრატი იცავს (სურ. 63). საფარის მცირე უბანზე შეიძლება ნალექების წახვეტა და დანაოქებაც მოხდეს. ეს იქნება ზ ე წ რ უ ლ ი და ნ ა ო კ ე ბ ა (სურ. 258).

კონტინენტების ზრდა. უკვე XIX საუკუნის ბოლოში ე. ზ უ ს მ ა შეამჩნია, რომ ფინეთ-სკანდინავიაში ახალგაზრდა მთები არ არის, თუ კიდურ კალედონიდებს არ მივიღებთ მხედველობაში, მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ წინათ იქ მთები არ ყოფი-

ლიყოს. პირიქით, ყველაფერი მოწმობს, რომ ეს მხარე მთლიანად პალეოზოოურისადრინდელი მთებით იყო დაფარული. მრავალი ასეული მილიონი წლების მანძილზე ეს მთები გადაარეცხილან და მათი ფუძე-ლა დაარჩენილა, ინტენსიურად მეტამორფიზებული ქანებისაგან შემდგარი. უეჭველია, თანამედროვე ე. წ. ახალგაზრდა მთები (გეოსინკლინური) რომ ამ ზომამდე გადაირეცხონ, მათ ადგილასაც ასეთსავე სურათს მივიღებდით. ხერხდება ისიც, რომ ფინეთშიც და სკანდინავიაშიც იმ ძველი მთათა სისტემების მდებარეობა გააკვლიონ. აქ ყოფილა ძველი გეოსინკლინები, მომხდარა მათი დანაოჭება და კონსოლიდაცია, გადაარეცხილა ამგვარად აზევებული მთები და წარმოშობილა კონტინენტის ნაოქა ბირთვი. ასეთ კამბრიულისწინა ბირთვებს ზ უ ს მ ა კ ო ნ ტ ი ნ ე ნ ტ უ რ ი ფ ა რ ე ბ ი უ წ ო დ ა. ფინეთ-სკანდინავია ეგრეთ წოდებულ ბ ა ლ ტ ი უ რ ფ ა რ ს წ ა რ მ ო ა დ გ ე ნ ს.

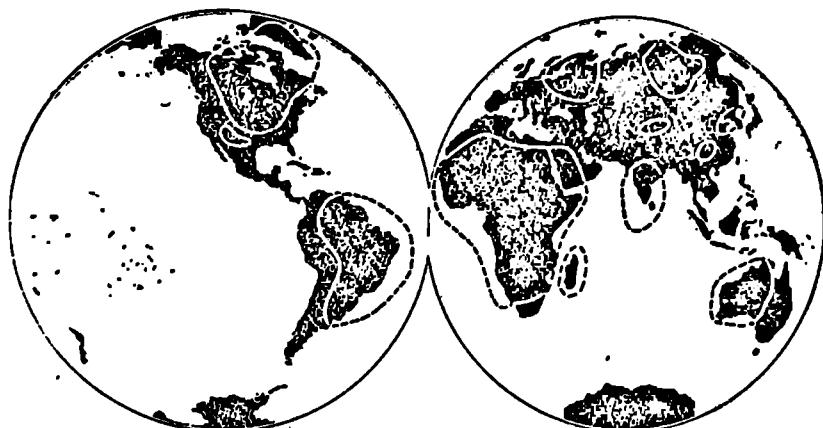
მაგრამ ეს არ არის მთელი ბირთვი. ჩრდილო-დასავლეთისკენ მას კალედონიდები საზღვრავს, მაგრამ სამხრეთისაკენ და აღმოსავლეთისაკენ იგი დანაოჭებულ პალეოზოურ ნალექებს ქვეშ იფარება. საზღვარი არ ჩანს, მხოლოდ ეს კი არის, რომ მთელ რუსეთის ველზე, დონეცის აუზის გამოკლებით, პალეოზოური და უფრო ახალგაზრდა ნალექები ჰორიზონტული დაარჩენილან. ამის მიხედვით ისინი უდრეკ სუბსტრატზე უნდა იყვნენ განლაგებული, თორემ უცილობლად დანაოჭდებოდნენ პალეოზოური და შემდგომი ოროგენეზის პროცესებში. აქედან დაასკენიდნენ, რომ ბალტიკური კონტინენტი აქეთაც გრძელდება. დღეს ეს ბურღვითაც არის დადასტურებული.

როგორც ვხედავთ, ამ ძველი, კამბრიულისწინა კონტინენტის ერთი ნაწილი, სახელდობრ ფინეთ-სკანდინავიის მხარე, შედარებით მაღალი არის და ზღვით აღარ დაფარულა ან ძლიერ იშვიათად, ისე რომ სათანადო ნალექები მთლიანად გადაარეცხილა. მეორე ნაწილი, ე. ი. რუსეთის ვაკე, უფრო დაბალია, უფრო მოძრავი და ხშირად ზღვის დონეს ქვეშ იძირებოდა. ამიტომ არის იგი ახალგაზრდა ნალექებით დაფარული. პირველი ნაწილი საკუთრივ ფარი იქნება, ხოლო მეორეს, დაბალს და ჰორიზონტული ნალექებით დაფარულს, ბ ა ქ ა ნ ი ე წ ო დ ე ბ ა. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ბალტიური ფარის კამბრიულისწინა ბაქანი ურალამდე და კავკასიონამდე გრძელდებოდა, დღეს ცნობილია, რომ აღმოსავლეთისკენ და სამხრეთისკენ, ზოგან მაინც, კამბრიულისწინა ბირთვის კალე-



დონიური და პერცინული არშია განაგრძობს. მაშასადამე, რუსეთის ბაქანი მთლიანად კამბრიულისწინა არ არის. გაირჩევა შემდეგ მინაზარდი ზოლები.

ბალტიური ფარის გვერდით შეიძლება დავასახელოთ მთელი რიგი სხვა: კანადის ფარი ჩრდილო ამერიკაში, ანგარის ფარი შუა ციმბირში, ჩინეთის ფარი აღმოსავლურ აზიაში, ბრაზილიის—სამხრულ ამერიკაში და ა. შ. (სურ. 259). ამ კონტინენტური ბირთვე-



სურ. 259. ქველი კონტინენტური ფარები: ბალტიური, ციმბირის (ანგარის), კანადის, ბრაზილიის უა სხვ.

ბის, მათი განვითარების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს თანამედროვე კონტინენტების თავისებურებათა გასარკვევად. ამ მხრივ ჭერ კიდევ ბევრი რამ არის გასაკეთებელი, მაგრამ ზოგ რამეში გეოლოგები მაინც შეთანხმებული არიან.

დადგენილია, რომ ბალტიური ფარის გარშემო უწყვეტი ოროგენეტური განვითარება მიმდინარეობს. ქვედა პალეოზოურში კონტინენტს შეეზარდა სკანდინავიის, შოტლანდის და ჩრდილო ირლანდის კალედონიდები. აქ გეოსინკლინმა კონსოლიდაციას მიღწია, მაგრამ ოროგენეტური მოძრაობა მართა ამ უბანზე როდი მიმდინარეობდა: იმავე დროის დანაოჭების ციკლები დადასტურებულია არდენებში და შუა ევროპაში პოლონეთამდე. ცნობილია ბალკანეთსა და კავკასიაში, აღმოსავლეთით კი — ურალზე. არხანგელსკი ურალის დასავლეთით კალედონიურ ბაქანსაც ვარაუდობდა ურალის გასწვრივ. კონსოლიდაცია მოხდა და კონტი-

ნენტს მთები შეეზარდა ჩრდილო-დასავლეთისაკენ, მაგრამ გეოსინკლინი მას ირგვლივ ერთკუდა ოროგენეტული მოძრაობა ყველგან შეიმჩნევა.

ჰერცინული მთები აიმართნენ სამხრულ ირლანდში და ინგლისში, საფრანგეთში და ბელგიაში, შუა ევროპაში, დობრუჯში, კავკასიაში, ურალში. ურალიდან ზოლი ფრანც იოსების კუნძულებისკენ მიდის. აქაც კონტინენტის კანონზომიერ ზრდასთან გვაქვს საქმე, მაგრამ ამას ახალიც ემატება: თუ აქამდე კონტინენტების ზრდა მიმდინარეობდა მხოლოდ, ერთი მხრივ ბალტიური ბირთვის, მეორე მხრივ ანგარულის, ახლა ურალის კონსოლიდაციის შედეგად მოხდა ამ ორი კონტინენტის შეზრდა და ევროპისა და აზიის კონტინენტების ნაცვლად წარმოიშვა ერთი კონტინენტი—ევრაზია. მაშასადამე, ოროგენეზის პროცესში ხდება არა კონტინენტების ზრდა მხოლოდ, არამედ ზოგჯერ მათი შეზრდაც. ასევე ალპური სარტყლის კონსოლიდაციის პროცესში წარმოებს ევრაზიისა და აფრიკის შეზრდა.

რაც შეეხება კონტინენტების გეოგრაფიულ განაწილებას და მათ მოხაზულობას, ამ მხრივ მეცნიერება დგას უალრესად მნიშვნელოვან კანონზომიერებათა წინაშე, რომელთა ახსნა მთლიანად მომავლის ამოცანა არის.

ჯერ უნდა აღინიშნოს, რომ კონტინენტების და ოკეანეების განაწილება მიწაზე თანაბარი არ არის. უკვე დიდი ხანია შენიშნულ იქნა, რომ კონტინენტები შესამჩნევად თავმოყრილი არიან ერთად. ამის მიხედვით არჩევენ ხმელეთის ნახევარსფეროს, რომელშიც ხმელეთის დიდი ნაწილი არის დაჯგუფებული და რომლის ცენტრი ბრეტანის (საფრანგეთი) ნახევარკუნძულთან მდებარეობს, და ოკეანურ ნახევარსფეროს, სადაც ზედაპირი ძირითადად წყალს უჭირავს.

კიდევ უფრო თავისებურია ცალკეული კონტინენტების განლაგება და მოხაზულობა. ადვილად შეიძლება გავარჩიოთ სამი კომპლექსი: 1. ჩრდილო და სამხრული ამერიკა, 2. ევროპა და აფრიკა და 3. აზია, ინდონეზია და ავსტრალია. სამივე შემთხვევაში ჩრდილო პოლუსისკენ კონტინენტური კომპლექსები ფართოვდებიან, ხოლო სამხრეთისაკენ მეტად თუ ნაკლებად ვიწროდ წაწვეტილი არიან. თანაც კონტინენტების მდებარეობა ისეთი არის, რომ

მათ ანტიპოდებს! ოკეანეები წარმოადგენენ, ე. ი. კონტინენტის პირდაპირ მიწის საწინააღმდეგო მხარეზე ოკეანე იქნება. კერძოდ, სამხრულ პოლუსზე კონტინენტი არის და ჩრდილო პოლუსზე მის პირდაპირ — ოკეანე.

ამ ფაქტებს კარგად ასახავს წარმოდგენა, რომლის მიხედვით მყარ მიწას სუსტად გამოსახული ტეტრაედრული ფორმა აქვს. ტეტრაედრის წახნაგებზე მოთავსებულია ოთხი ოკეანე: ჩრდილო ყინულოვანი, წყნარი, ინდოეთის და ატლანტური. კონტინენტები მიჰყვებიან წიბოებს ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ და ჩრდილო ოკეანის გარშემო.

ასეთი წარმოდგენა უეჭველად მოხდენილია და საკმაოდ მიახლოებულად გამოჰხატავს რეალურ ფაქტებს, მაგრამ ზოგნი ამით არ კმაყოფილდებიან და ცდილობენ ასეთი დამთხვევის (თუ იგი შემთხვევითი არ არის) მიზეზი იპოვონ. გამოსთქვავენ მოსაზრებას, რომ გაცივებისა და კუმშვის პროცესში მიწას ტეტრაედრული ფორმა უნდა მიეღო, რადგან ტეტრაედრი არის წესიერი ფიგურა. რომლის ზედაპირის ფართობს უმცირესი მოცულობა შეესაბამება. ეს არის ტეტრაედრული ჰიპოთეზი.

არანაკლებ საგულისხმოა მეორე გარემოება. დიდი ხანია აღნიშნავენ, რომ წყნარი და ატლანტური ოკეანის სანაპიროები არსებითად განსხვავებული არიან. წყნარ ოკეანეს ირგვლივ ახალგაზრდა მთების რგოლი მიუყვება, ატლანტურის გარშემო კი ასეთი არაფერი ჩანს. განსაკუთრებით მკვეთრად გამოიშჩირება ეს აფრიკის და სამხრული ამერიკის შემთხვევაში.

მერე რა არის მიზეზი? კონტინენტის განვითარების ზემოთ მოხაზული სქემის მიხედვით ხომ კონტინენტი მთებით უნდა ყოფილიყო გარენოცულისი ამას ემატება ისიც, რომ გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით ზედა პალეოზოურში სამხრულ აფრიკაში, სამხრულ ბრაზილიაში, ინდოეთში და ავსტრალიაში დიდი მომყინვარება მოხდა. თანაც ამავე ქვეყნებში იმავე დროს ერთგვარ ხმელეთის ფაუნას და ფლორას ჰპოულობენ. ეს თითქო იმას უნდა ნიშნავდეს, რომ ეს კონტინენტები და ინდოეთის ნახევარკუნძული. ეგებ ანტარქტიდისიც, იმ დროს დაკავშირებული უნდა ყოფილიყვნენ და თან ისე, რომ საერთო მომყინვარება შესაძლებელი გამხდარიყო. უკვე XIX საუკუნეში გამოითქვა ჰიპოთეზი. რომ ზედა პალე-

1 პანტი<sup>ა</sup>, ბერძნ.—წინააღმდეგ, პირისპირ; „პუს“—ფეხი. ანტიპოდი—პირის ზედაპირის რომელიმე უბნის დაპირეტრულად საწინააღმდეგო უბანი.

ოზოურში აფრიკა, ბრაზილია, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია წარმოადგენდნენ ერთ კონტინენტს, რომელსაც გონდვანისი<sup>1</sup> უწოდეს. შემდეგში მათი შემაერთებელი ხმელეთი ჩაიძირაო, ფიქრობდნენ. XX საუკუნეში ეს წარმოდგენა არსებითად შეიცვალა: იმისათვის, რომ ყველა ამ მხარეში ერთდროული მომყინვარება მომხდარიყო, ისინი დაკავშირებული კი არა, ერთად თავმოყრილი უნდა ყოფილიყვნენო, ამბობენ. ასე რომ, ეს მხარეები უშუალოდ ეკვროდნენ ერთმანეთს. შემდეგ მათ შუა ნაპრალები გაჩნდა და გათვისებულმა ნაწილებმა სხვადასხვა მხარეს გაცურეს

როგორც უნდა იყოს ამ ჰიპოთეზების საბუთიანობა, ეს კაუდავოა, რომ მათი გამომწვევი ფაქტები რეალური არიან და „გონდვანისის პრობლემა“ პასუხს მოითხოვს.

XX საუკუნეში. ამას მიემატა არანაკლებ მნიშვნელოვანი და ასევე რთული სხვა პრობლემაც. მანამდე საეკვოდ არ მიაჩნდათ, რომ მიწას ერთიანი სიალური ქერქი აქვს გადაკრული. კონტინენტებში ეს ქერქი დანაოკებული და გასქელებული, მაგრამ შედგენილობით ისეთივე წარმოედგინათ, როგორც ოკეანეებს ქვეშ. დღეს გამორკვეულია (იხ. ზემოთ), რომ კონტინენტური ქერქი არსებითად განსხვავდება ოკეანის თხელი ქერქისაგან თავისი შემადგენლობითაც. პირველი გრანიტისგან და გრანიტული დანალექი და მეტამორფული ქანებისგან შედგება, მეორე — ბაზალტისგან. როგორ მოხდა ეს? რაკი კონტინენტები თანდათან განვითარების შედეგი არიან, გარდუვალია კითხვა, როგორ წარმოიშვა კონტინენტების გრანიტი? და ამავე კითხვის მეორე მხარე იქნება: რატომ არ არის გრანიტი ოკეანურ ქერქში? ბოლო ანგარიშში ასეთი არის დღეს გრანიტის პრობლემის მთავარი სახე.

როგორც დავინახეთ, კონტინენტი, მისი პირველი ბირთვიდანვე დაწყებული, ოროგენეზის შედეგი არის. კონტინენტში ისეთი უბანი არ მოიპოვება, რომ მას დანაოკება არ შეჰხებოდეს. თუ სადმე ჰორიზონტული შრეები არის (ბაქნებზე), მათ ქვეშ დანაოკებული და შემდეგ გადარეცხილ-მოვაკებული სუბსტრატი უდევს. მართალია, ქედებს ოკეანის ფსკერზეც აღნიშნავენ, მაგრამ ეს მთების განვითარების კონტინენტურისწინა სტადია უნდა იყოს. ამიტომ ბუნებრივია, გრანიტის წარმოშობა ოროგენეზის დაუკავ-

<sup>1</sup> გონდვანა მხარეა ცენტრულ ინდოეთში.

შიროთ. ასეც მოაქცა ამერიკელი პეტროგრაფი ბოუენი: მისი აზრით გრანიტული მასალა ფუძე მაგმის დიფერენციაციის შედეგი არის. დიფერენციაციის ოროგენეტური მოძრაობა იწვევს, მაგრამ პროცესი უკიდურესად ნელი და ამიტომ ხანგრძლივი არის. ნორმული გრანიტი რომ მივიღოთ, საჭიროა ოროგენეტური მოძრაობა მრავალჯერ გამეორდეს.

ეს შეხედულება ჯერჯერობით ჰიპოთეზი არის მხოლოდ, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საბჭოეთის და უცხოელი სპეციალისტების გამოკვლევები თითქო გვიჩვენებენ, რომ ძველ კონტინენტურ ფარებში უძველესი გრანიტები, რომელთაც კონსოლიდაციის შემდეგ მოძრაობა აღარ განუცდიათ, უფრო ფუძე არიან, ვიდრე ახალგაზრდა გრანიტები, რომელნიც ნაწილობრივ იმ ძველი გრანიტების ახლად გადამუშავების შედეგი არიან.

### ზოგი შეკითხვა და რაება

რა არის გორა, ქედი, მთების სისტემა? რა არის მათთვის არსებითი, რელიეფი, თუ აგებულია? რა კავშირია მთებსა და ნაოქებს შორის?

რა არის ზეწრული მთები? ასწერეთ მაგალითები. აქვს, თუ არა, მათ ფესვები? რა არის გეოსინკლინური მთები?

რა არის გეოსინკლინი? რა კავშირი აქვს მთების წარმოშობასთან? როგორ მიმდინარეობს სელიმენტაციის და დანაოქების მორიგეობა გეოსინკლინში? რა კავშირი აქვს მათ რეგრესია-ტრანსგრესიასთან? რატომ უკავშირდება დანაოქება რეგრესიას?

როგორ ათარიღებენ დანაოქებას კუთხური უთანხმოებით? რა შედეგს იძლევა ამ მეთოდის მართოდ გამოყენება? შეიძლება, თუ არა, დანაოქების დათარიღება რეგრესიით? სად უნდა იყოს და როგორ უნდა იყოს ეს რეგრესია? რა შედეგს იძლევა ეს მეთოდი? დამოუკიდებლად გამოიყენება იგი, თუ კუთხურ უთანხმოებასთან ერთად? რა არის დანაოქების ციკლი?

რას ჰქვია გეოსინკლინის (მთების) კონსოლიდაცია? როგორ მთავრდება ოროგენეზი? რა არის ოროგენეტური ციკლი (ალპური, პერციანული და სხვა)? ასწერეთ მთების ზრდის და ნგრევის ერთდროული მიმდინარეობა.

რა არის კონტინენტური ფარები? დაასახელეთ ზოგი. რა არის ბაქანი?

როგორ მიმდინარეობს კონტინენტების ზრდა? მათი შეზრდა? ევრაზიის მაგალითი.

### ოროგენეზური თეორიები

ოროგენეზი გეოლოგიური ისტორიის ძირითადი მოვლენა არის და გასაგებია, რომ მის ახსნას არაერთი თეორია და ჰიპოთეზი მიეძღვნა. ზოგი მათგანი უქველად გონებამახვილიც არის, მაგრამ საკითხი არსებითად დღემდე გადაუჭრელი რჩება. ამის

მიზეზია მოვლენის სირთულე და განსაკუთრებით კი ის, რომ იგი უშუალო დაკვირვებისთვის მიუწვდომელი არის. გასარკვევია არა მიზეზი თუ მიზეზები მხოლოდ, არამედ თვით მოვლენის ხასიათიც. ყოველ შემთხვევაში თეორიები ვითარდებოდნენ იმის კვალად, თუ როგორ მიდიოდა წინ თვით პროცესის გაცნობა.

საშუალო საუკუნეებში, როდესაც მთები, როგორც რელიეფის ამალღებული ზოლები, მიწის თანდაყოლილ თვისებად შიანდათ, ასახსნელი ჩანდა მხოლოდ მთების მეორადი რელიეფის განვითარება, ხეობების და სერების წარმოშობა. ეს ახსნა ბუნებრივად მდინარი წყლის მოქმედებაში დაინახეს. ამგვარად გამოიხსნა ოროგენეზის ე რ ო ზ ი უ ლ ი თ ე ო რ ი ა, რომელსაც დღეს მხოლოდ ისტორიული მნიშვნელობა აქვს.

გეოლოგიური მეცნიერების ჩასახვისთანავე XVIII და XIX საუკუნეთა მიჯნაზე გამოიკვია, რომ მთები მიწის თანდაყოლილ თვისება კი არ არიან, მიწის ისტორიის მანძილზე წარმოიშობიან. ვულკანების შესწავლა თითქო ნათელყოფდა, რომ მთების ადგილას მიწის ქერქის შემადგენელი შრეები ამოზნექილი არიან. მიზეზი მაგმის მოწოლა უნდა ყოფილიყო. ამგვარად ჩამოყალიბდა მთების წარმოშობის ვ უ ლ კ ა ნ უ რ ი თ ე ო რ ი ა, რომელიც, შეიძლება ითქვას, ერთადერთი იყო გასული საუკუნის მთელ პირველ ნახევარში.

ამასობაში ტექტონიკური ცოდნა წინ მიდიოდა. აღმოჩნდა, რომ მთები ამობურცული კი არა, დანაოჭებული არიან და სწორედ ეს სტრუქტურა არის მათთვის დამახასიათებელი, ხოლო თვით ვულკანური კონუსები არა ამოზნექილი, არამედ ზევიდან დაზვინული არიან. ასეთ ვითარებაში ვულკანური თეორია აღარაფრის მაქნისი იყო და საჭირო შეიქნა სხვა რამ ახალი. ფრანგმა გეოლოგმა დ ე ბ ო მ ო ნ მ ა, ამერიკელმა დ ე ნ ა მ და სხვებმა ააგეს ახალი თეორია, რომელსაც კ ო ნ ტ რ ა ქ ც ი უ ლ ი ე წ ო ლ და რომელიც XX საუკუნემდე უცილობლად გაბატონებული იყო. შემდეგ მდგომარეობა არსებითად შეიცვალა, ამ თეორიას თითქო საყრდენი გამოეცალა, მაგრამ მისი გაცნობა მაინც გამართლებული იქნება და საერთოდ საკითხის ანალიზსაც გაგვიადვილებს.

კონტრაქციული თეორია. ეს თეორია ეყრდნობა წარმოდგენას, რომ მთების წარმოშობას დანაოჭება იწვევს, ხოლო დანაოჭებისთვის ტანგენსური ძალები არის აუცილებელი. ამიტომ სწორედ ეს ტანგენსური ძალები, თუ ძალა, არის საძებარი.

იმ დროს საყოველთაოდ მიღებული იყო მზის სისტემის წარმოშობის კანტ-ლაპლასის თეორია. როგორც ვიცით, ამ თეორიის მიხედვით მზესმოწყვეტილი მიწა ერთ ხანს მთლიანად მდნარი უნდა ყოფილიყო. გავარჯარებული პლანეტი ღიღად სითბოს ასხივებდა საპლანეტთაშორისო სივრცეში და ცივდებოდა: ასეთ პირობებში მას მალე მყარი ქერქი გადაეკრა. ამით დაიწყო მიწის გეოლოგიური ისტორია.

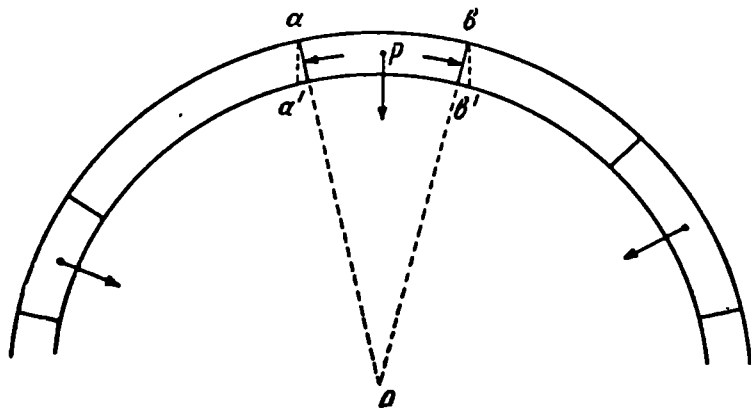
გაცივება ისევ გრძელდებოდა, რადგან მიწა ღღესაც ბევრად უფრო თბილია, ვიდრე გარემო. ცივდება ქერქიც და შიგნითიც. გაცივება იწვევს კუმშვას (კონტრაქციას). იკუმშება ისევ ქერქიც და შიგნითიც, მაგრამ შიგნითი მეტად, რადგან სითბების თერმიული კუმშვა-გაფართოების კოეფიციენტი დაახლოებით 10-ჯერ მეტია, ვიდრე მყარი ტანის.

ამის გამო შიგნითი ქერქთან შედარებით მეტად პატარავდება. მისი ვირტუალური ზედაპირი, ე. ი. ზედაპირი, რომელიც მას ექნებოდა, გაშიშვლებული რომ ყოფილიყო, უფრო მეტად დაიწვევს ქვევით, ვიდრე ქერქის ძირი და ქერქი მანტიაში საკმაოდ ჩაფლობილი აღარ იქნება — იზოსტაზიური წონასწორობა დაიბრუნდება. წონასწორობის აღსადგენად ქერქი უნდა დაიძიროს და უნდა დაიძიროს ქერქი მთლიანად, რადგან შეკუმშვა მთელ მიწას ეხება. მთლიანად ქერქის დაძირვა კი მის უფრო პატარა სფეროზე გადასვლას და, მაშასადამე, ქერქის ზედაპირის შემცირებას ნიშნავს. ქერქის ზედაპირი უნდა შემცირდეს, რის საშუალებასაც მას დანაოკება მისცემს. დანაოკებული ქერქი ისევ მოერგება შიგნეთს და საკმაოდ ჩაფლობა-მანტიაში.

სხვაგვარად იგივე მოვლენა შეიძლება ასე ავსწეროთ: შიგნეთის შეკუმშვის გამო ზედ მოტივტივე ქერქს თანდათან საყრდენი ეცლება; ასეთ პირობებში ქერქის ყოველ ნაკვეთს სიმძიმის ძალა ქვევით ეწვევა ვერტიკალურად, მაგრამ ქვევით დაწვევა სფერული ზედაპირისთვის უფრო პატარა ფართობზე მოთავსებას ნიშნავს. ქერქის ვერც ერთი ნაკვეთი ქვევით ვერ დაიწვევს ისე, თუ მეზობელი ნაკვეთი არ მისწია განზე, თითოეული ნაკვეთი მეზობელს მიაწვება და სიმძიმის ვერტიკალური ძალა დაიშლება ტანგენსურ შემადგენლებად, რომელნიც მოსაზღვრე ნაკვეთებისკენ იქნებიან მიმართული ყველა მხრისკენ; ასეთსავე მდგომარეობაში იქნებიან თვით ეს მეზობელი ნაკვეთები, ასე რომ, მთელ ქერქში განვითარდება ყოველმხრივი ტანგენსური ძალები იმის მსგავსად, როგორც

შენობის კამარაში ხდება, — წარმოიშობა კამარული წნევა (სურ. 260).

ეს წნევა ქერქის გაცივება-კუმშვის შესაბამისად იზრდება ნულიდან (წონასწორობისას) და შეიძლება ქერქის მთლიანი წონის ოდენობამდე მიეღწია, თუ ქერქი ჩაფლობილი სრულიად აღარ იქნებოდა, მაგრამ ეს არასოდეს არ ხდება, რადგან მანამდე ქერქის ლაბილური ზოლების დანაოქება დაიწყება. დანაოქება მოხდება ყველგან, სადაც ასეთი ზოლი არის, რადგან ტანგენსური ძალები (კამარული წნევის ძალები) მოქმედებენ ყველგან ქერქ-



სურ. 260. კამარული წნევა.

ში და ყველა მიმართულებით. ძაბვა მიმართულია ყოველმხრივად, ხოლო მოძრაობა იწარმოებს იქეთ, საითაც წინააღმდეგობა ნაკლებია. შენაოქება შემცირებული ქერქის ჩაფლობას იწვევს, ძაბვა მცირდება და მოძრაობა შეწყდება, როგორც კი ძაბვა ქერქის სიმტკიცეზე ნაკლები გახდება.

ამგვარად, გასაგები ხდება არამართო თვით დანაოქება, არამედ ოროგენეზის გავრცელებაც მთელ მიწაზე, მისი ერთდროულობა, მისი ლოკალიზაცია მოძრავ სარტყელში, დანაოქება კონტინენტური ბირთვების გარშემო და სხ.

მაგრამ კონტრაქციული თეორიის კრიტიკოსები შენიშნავენ, რომ იმდენი შეკუმშვა, რამდენიც მიწაზე ოროგენეზი არის ცნობილი, მიწის რადიუსის დაუჯერებლად დიდ დამოკლებას გამოიწვევდა, მიწა მეტისმეტად უნდა დაპატარავებულიყო. მეორე მხრივ გაუგებარი რჩება, როგორ-ღა ხდება გეოსინკლინის დანაოქების-



შემდეგი დაძირვა, რა იწვევს აზვებებისა და დაძირვის მორიგეობას? კონტრაქციული თეორიის მიმდევრები ჩვეულებრივად ამბობდნენ, დანაოქების შემდეგ ხდება ძაბვის მოშვება (relaxation) და იწყება დაძირვაო. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ასეთი მოსაზრება აშკარად მცდარია. თუ კი გაცივება და კუმშვა უწყვეტი პროცესი არის, უწყვეტი უნდა იყოს სათანადო ძაბვაც. დანაოქება ძაბვას შეამცირებს კრიტიკულ დონემდე, მაგრამ როდი გააბათილებს მას.

ამ მხრივ კონტრაქციული თეორია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა ინგლისელმა მეცნიერმა ჯოლიმ (Joly). მან გაითვალისწინა რადიოაქტიური სითბო, რომელიც კონტრაქციული თეორიის ფუძემდებლებისათვის უცნობი იყო, და აღნიშნა, რომ, თუმცა რადიოაქტიური ელემენტების ხარჯვის გამო მიწა თანდათან ცივდება უაღრესად ნელა. ამ ფონზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობს გაცივებისა და გათბობის მორიგეობა.

დავიწყეთ მდგომარეობით, როდესაც მიწის ქერქის ტემპერატურა უდაბლესია. სითბოს ხარჯვა ამ დროს მინიმალური არის. შიგნეთში და ქერქში წარმოშობილი რადიოაქტიური სითბო ხარჯზე მეტი იქნება და მიწაში სითბოს დაგროვება იწარმოებს. სუსტი სითბოგამტარობის გამო შიგნეთის ტემპერატურა საგრძნობლად მოიმატებს, ქერქისა კი მცირედ. შიგნეთი გაფართოვდება და ქერქი კი — არა ან თითქმის არა. ქერქის ტვეადობა გაფართოებული შიგნეთის მოცულობისათვის აღარ იკმარებს და დაიწყება ქერქის გაკუმშვა, გეოსინკლინების ფსკერის გათხელება და შესაბამისი დაძირვა.

ბოლოს შიგნეთის ტემპერატურა იმდენად აიწივს, რომ ტურბულენტური კონვექცია დაიწყება ქერქისკენ. ახლა უკვე ქერქის გათბობა იწარმოებს, რასაც ხელს შეუწყობს კიმვის დროს წარმოშობილ ნაპრალებში ვულკანიზმის გაცხოველება და მხურვალე მაგმის ზედაპირზე ამოსვლა. ამ პირობებში მიწის ზედაპირზე სითბოს ხარჯვა მეტი იქნება, ვიდრე რადიოაქტიური სითბო. დაიწყება გაცივება და შეკუმშვა ყველა იმ შედეგებით, რასაც კონტრაქციული თეორია ჰგულისხმობს. ამ შეკუმშვას ისევ გათბობა-გაფართოება მოჰყვება და ა. შ.

ამგვარად, დანაოქების და დაძირვის მორიგეობა თითქო ახსნილია. მოხსნილია შენიშვნაც, მიწის რადიუსი მეტისმეტად უნდა დამოკლებულიყო, რადგან რადიუსის ყოველ დამოკლებას

დაგრძელება მოსდევს და, თუ რადიუსი მოკლდება საბოლოოდ, მხოლოდ მიწის ჯამური გაცივების შესაბამისად.

რჩება გონდვანისის პრობლემა. იმ თავისებურებებს, რომელნიც სამხრული ნახევარსფეროს კონტინენტებს ახასიათებენ, კონტრაქციული თეორია ვერ ხსნის.

დღეს კონტრაქციული თეორია უარყოფილად ითვლება, მაგრამ ამის საბუთად ასახელებენ არა მის გეოლოგიურ მხარეს, არამედ კოსმოგონიურს და გეოფიზიკურს: ა) კანტ-ლაპლასის თეორია, რომელსაც კონტრაქციული თეორია ეყრდნობოდა, გაუმართლებელი აღმოჩნდა, მაგრამ არ ჩანს, რომ კ ა ნ ტ ი ს ა და ლ ა პ ლ ა ს ი ს ჰიპოთეზი კონტრაქციული თეორიის აუცილებელი საფუძველი იყოს. ბ) მეორე მხრით, მართალია, რადიოაქტიური სითბო აპირობებს მიწის გაცივების უაღრესად ნელ მიმდინარეობას, მაგრამ იგი სრულიადაც არ უარყოფს თვით გაცივების პროცესის რეალობას: რადიოაქტიური ენერგია იხარჯება და მცირდება ისევე, როგორც ყველა სხვა ენერგია.

ოსცილაციური თეორია. კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ დიდი ვაკუუმში დასტოვა გეოლოგიაში. შეუძლებელი იყო ისეთი მოვლენის მექანიზმის შესახებ, როგორიც მთების წარმოშობა არის, მეცნიერებაში რაიმე წარმოდგენა, თუნდაც ნაკლოვანი, არ ყოფილიყო. დაიწყო ახალი თეორიების აგება. არსებითად ეს არის დამანაოჭებელი ტანგენსური ძალების ძებნა კონტრაქციის გარეშე.

ერთი ასეთი არის გერმანელი მეცნიერის ჰაარმანის (Harmann) ოსცილაციური<sup>1</sup> თეორია. ჰაარმანის მიხედვით მთების წარმოშობას იწვევს არა იმ ნაოჭების განვითარება, რომელთაც ტექტონისტები ასწერენ, არამედ მიწის ქერქის დიდრადიუსიანი ამოზნექვები და ჩაზნექვები, რომელთაც ის უ ნ დ ა ც ი ე ბ ს<sup>2</sup> უწოდებს. ეს არის ფართო ტალღისებური ამოზნექვა (დადებითი უნდაცია) ან ჩაზნექვა (უარყოფითი უნდაცია). თანაც საკმაო დროის მანძილზე ერთსა და იმავე ადგილას დადებითს მოძრაობას უარყოფითი სცვლის და პირაქით. სწორედ ამიტომ დაერქვა თეორიას ოსცილაციური (ქანაობითი).

ორივე შემთხვევაში უნდაციის ფრთები დაქანებული იქნება მეტნაკლებად და ეს, ჰაარმანის აზრით, სრულიად საკმაო

<sup>1</sup> Oscillation, ფრანგ.—ქანაობა.

<sup>2</sup> Unda, ლათ.—ტალღა. უნდაცია—ტალღებრივობა.

არის, რათა ზედ გახლაგებულ ნალექების მეწყარულისებრი დაცოცება და დანაოქება გამოიწვიოს. ასე წარმოიშობა ნაოქა მთები: პირველადი და მთავარი არის უნდაცია, ხოლო დანაოქება — მეორადი.

არაერთხელ აღნიშნულა, რომ, კიდევ რომ სხვას ყველაფერს დავეთანხმეთ, ანგარიში უნდა გავუწიოთ, რომ დაქანება უნდაცოცების ცვლის პროცესში ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებას მიიღებს: ერთი იქნება ამოზნექვის დროს და მეორე ჩაზნექვისას. მეწყარული დანაოქებაც სხვადასხვა მიმართულებით იწარმოებს და, რადგან ოროგენეზის პროცესში ამოზნექვა-ჩაზნექვა მრავალჯერ უნდა გამეორდეს, დანაოქების ქაოტური ხასიათი უნდა ჰქონდეს, რაც სრულიად არ შეეფერება სინამდვილეს. და საერთოდ მთების აგებულება, დღეს საკმაოდ კარგად ცნობილი, არავითარ შემთხვევაში მეწყარულად არ ჩაითვლება. ისეთი მთები რომ წარმოიშვას, როგორც მარაოსებური კავკასიონი არის, საჭირო იქნებოდა არა ნალექების დაცოცება უნდაციის ფრთებზე, არამედ მთელი რუსეთის ბაქნის ცოცვა სამხრეთისკენ.

მეორე მხრით, თვით უნდაციების ქანაობა მთლიანად ნებისმიერი პოსტულატი<sup>1</sup> არის, დასაბუთებას მოკლებული.

მოზილისტური თეორია. სწორედ მთელი კონტინენტების ცოცვა ანუ, უკეთ, ცურვა არის გათვალისწინებული გერმანელი გეოფიზიკოსის ვეგენერის (Wegener) თეორიაში, რომელიც მან სრული სახით პირველი მსოფლიო ომის მომყოლ წლებში გამოაქვეყნა. ვეგენერმა ყურადღება მიაქცია ატლანტური ოკეანის აღმოსავლური და დასავლური ნაპირების კონტურების დამთხვევადობას და დაასკვნა, რომ გაღმა-გამოდმა კონტინენტები ერთ დროს შეერთებული უნდა ყოფილიყვნენ: მხოლოდ შემდეგ განვითარებულა ნაპრალი სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ და ორივე ამერიკას, აფრიკას და ევროპას მოწყვეტილს, დასავლეთისკენ გაუცურაეს, — გამჩდარა ატლანტური ოკეანე. დასავლეთისკენ მოძრავ სამხრულ და ჩრდილო ამერიკას მათ წინ გაშლილი ნალექები წაუხვეტია და ამგვარად შენაოქებულა ამერიკის კორდილიერები და ანდები.

თუმცა შემდეგ არგანმა (Argand), შტაუბმა (Staub) და სხვებმა ვეგენერის შეხედულება ევრაზიის და ალპებ-ჰიმალაისის ზოლის მიმართაც გამოიყენეს, თვით ვეგენერი ძირითადად

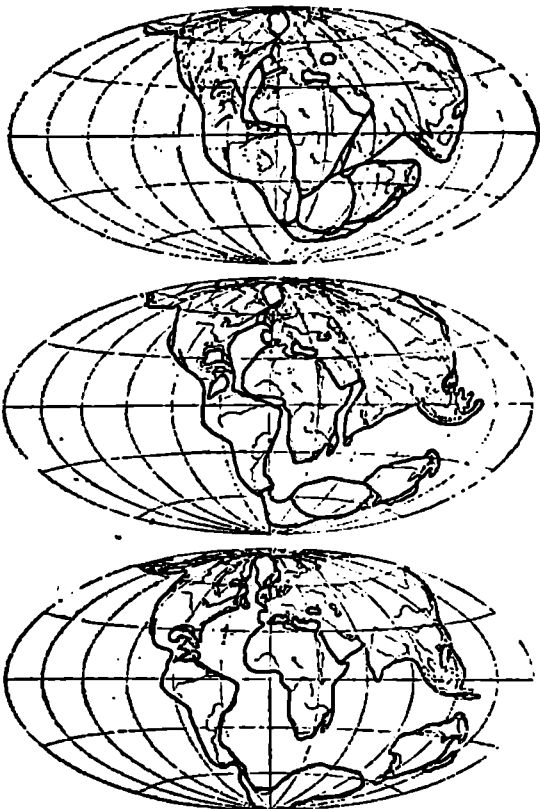
<sup>1</sup> Postulatum, ლათ.—მოთხოვნა, აუცილებელი დაშვება.

დიდი გონდვანისის ნაწილებზე მსჯელობს. ის ეყრდნობა გეოლოგების აზრს, რომ პალეოზოოურის ბოლოში აფრიკა, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია, ანტარქტიკისი და ბრაზილია დაკავშირებული უნდა ყოფილიყვნენ, მაგრამ მათ შუა შემდეგ დაძირული შემაერთებელი კონტინენტური ფარების წარმოდგენა, რომელიც მაშინ ძლიერ გავრცელებული იყო, მიუღებლად მიაჩნია. სიალური კონტინენტი მსუბუქია და ამიტომ ტივტივობს ზედაპირზე, ამბობს ვეგენერი, და სწორედ ამიტომვე იგი ვერ დაიძირებოდა. გარდა ამისა ოკეანის ფსკერი შედგენილობითაც სხვა არის (სიმა); ვიდრე კონტინენტი (სიალი), და ამ მხრივაც დაძირული კონტინენტების კვალი არაფერი ჩანს.

ვეგენერის აზრით, ზემოთ ჩამოთვლილი კონტინენტური ნაკვეთები ზედა პალეოზოოურში ერთად იყვნენ თავმოყრილი, ერთ კონტინენტს წარმოადგენდნენ და მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებული ევრაზიასა და ჩრდილო ამერიკასთანაც. ასე რომ, მიწაზე ერთი კონტინენტი-ლა იყო, რომელსაც ეს მეცნიერი პანგეას, „საყოველთაო ხმელეთს“ უწოდებდა. შემდეგ მოხდა ამ უზარმაზარი კონტინენტის დაწყვეტა და ნაწილების სხვადასხვა მხარეს გაცურვა, რამაც ახალგაზრდა მთების დანაოჭება გამოიწვია (სურ 261).

ვეგენერის უქველად გონებამახვილმა და ამდენადვე გაბედულმა თეორიამ პირველხანად დიდი ყურადღება მიიპყრო. შემდეგ თანდათან უფრო თვალსაჩინო შეიქნა მრავალრიცხოვანი ფაქტიური წინააღმდეგობანი, რომელთაც თეორია შეიცავს. ამ წინააღმდეგობათა განხილვა აქ ძნელი იქნებოდა, რადგან ეს ისტორიული და რეგიონული გეოლოგიის მონაცემების საფუძვლიან ანალიზს მოითხოვს და ხშირად თვით ეს მონაცემებიც ერთაზროვნად დადგენილი არ არის. ამიტომ აქ რამდენიმე ზოგადი ხასიათის მოსაზრებით შეიძლება დავკმაყოფილდეთ: 1. კონტინენტები სითხეში როდი არიან ჩაფლობილი. თუ გაცურავენ, მათ სიალზედ უფრო მტკიცე ოკეანური ბაზალტური ქერქი უნდა გაჰკვეთონ; 2. კონტინენტების მოძრაობის შემთხვევაში ოკეანის ფსკერი მათ წინ უნდა დანაოჭებულიყო; 3. კონტინენტის გაცურვა გასაგებს ხდის მის ცალ მხარეზე მთების დანაოჭებას, მაგრამ სრულიად გაუგებარი რჩება კონტინენტისირგვლივი დანაოჭება, როგორც, ვთქვათ, ჰერცინულ ევროპაში; 4. კონტინენტის გადაადგილების შემთხვევაში დანაოჭების მიმართულება ერთმხრივი უნდა ყოფილიყო და არა გეოსინკლინის კონტურების მართობული; 5. შუა

ოკეანური ქედი ატლანტურ ოკეანეში (იხ. სურ. 158) კონტინენტების დაახლოებას მოწმობს და არა დაშორებას და ნ. განსაკუთრებით საბედისწეროა თეორიისთვის, რომ არ ჩანს რაიმე ისეთი ძალა, რომ კონტინენტების აპგვარი გადაადგილება შეეძლოს.



სურ. 261. ვეგენერის პიპოთეზი. ზევით — მდგომარეობა კარბონული დროის მიწურულში: ყველა კონტინენტი ერთად არიან თავმოყრილი და შეადგენენ ერთ კონტინენტს — პანგეას. დაწვრილი ეპიკონტინენტური ზღვები არის. შუაში — ეოცენი; ამერიკა, ანტარქტიის და ავსტრალია მოწყვეტიან ძველ ქვეყანას (ევრაზიას და აფრიკას) და შუაში ოკეანე შეჭრილა. ქვევით — ქვედა მეოთხეული; კონტინენტების განლაგება თანამედროვეს უახლოვდება.

დღეს ვეგენერის თეორიას მისი პირვანდელი სახით იშვიათად თუ ვინმე იზიარებს, მაგრამ კონტინენტების მოძრაობის

იდეა ანუ მობილიზმი თეორიული გეოლოგიის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემად იქცა. ბოლო დროს ამ პრობლემას ერთგვარი სიახლე მისცა პალეომაგნიტურმა გამოკვლევებმა. ირკვევა, რომ მაგნიტური მერიდიანის მიმართულება ამა თუ იმ კონტინენტზე გეოლოგიური წარსულის სხვადასხვა დროს სხვადასხვა არის. ამის მიხედვით უნდა დაგვესკვნა, რომ იცვლებოდა მაგნიტური პოლუსის მდებარეობა. მაგრამ ყველა ნიშნის მიხედვით მაგნიტური პოლუსის მდებარეობა დაკავშირებული არის მიწის ბრუნვის ღერძთან, რომლის მდებარეობა ინერციის გამო უცვლელი უნდა იყოს, მაშასადამე, მაგნიტური პოლუსის და მაგნიტური მერიდიანების მდებარეობაც, უცვლელი არის. იცვლება არა მაგნიტური მერიდიანების მდებარეობა, არამედ კონტინენტების მდებარეობა მათ მიმართ: გამოდის, რომ კონტინენტები მიწის ზედაპირზე მოძრავი არიან!

ეს გამოკვლევები ჯერ კიდევ საწყის სტადიაში იმყოფებიან.

**კონვექციური თეორია.** როგორც აღვნიშნეთ, დიდი სიძნელე, რომელსაც კონტინენტების მოძრაობის წარმოდგენა აწყდება, არის მამოძრავებელი ძალის თუ ძალების საკითხი. ზოგის აზრით ასეთი ძალა არსად არის. სხვები გატაცებით ეძებენ მას. ერთს თითქოს მიაკვლიეს კიდევ — ეს არის კონვექციური დინებები.

რადიოაქტიური ნივთიერების განაწილება მიწაში უცნობი არის, მაგრამ მეცნიერებს ბუნებრივად მიაჩნიათ დაშვება, რომ ეს განაწილება არათანაბარი არის. და თუ მიწაში არის უბნები, სადაც ამ ნივთიერების ჭარბი რაოდენობა იყრის თავს, ცხადია, რომ ამავე უბნებში სითბოს ჭარბი რაოდენობა უნდა გამოიყოფოდეს. ქანების დაბალი სითბოგამტარობის გამო მოხდება სითბოს თანდათან დაგროვება და ტემპერატურის ამაღლება. ასეთ პირობებში უნდა გაიზარდოს გეოთერმიული გრადიენტი. როდესაც გრადიენტი კრიტიკული სიღიღეს მიაღწევს, დაიწყება კონვექცია. ცნობილი პოლანდელი გეოფიზიკოსი ვენინგ ვენინგსი (Vening Meinesz) და ბევრი სხვა ფიქრობენ, რომ ამ კონვექციას მოწესრიგებული ზასიათი ექნება, დინების სახეს მიიღებს. ინდონეზიაში ჩატარებული წყალქვეშა გრავიმეტრიული დაკვირვებების საფუძველზე ვენინგსი ვენინგსი მივიდა დასკვნამდე, რომ კონტინენტებს ქვეშ აღმავალი დინება არის მანტიაში. ქერქსქვეშამდე რომ მიაღწევს, იგი ჰორიზონტულ მიმართულებას იღებს და კონტინენტის კიდეკენ წაიმართება. კონტი-

ნენტის და ოკეანის საზღვარზე მას ოკეანიდან მომდინარი ასეთივე დინება შეხვდება და ორივე ქვევით დაუხვევს ერთად, როგორც დაღმავალი დინება.

ქერქსქვეშა დინებას ატივტივებული კონტინენტები მიაქვს და იქ, საცა საწინააღმდეგო დინებას შეხვდება, კონტინენტის კილის ვასწვრივ ორმხრივად შეკუმშული ზოლი ქვევით ჩაიზინქება დინების შესაბამისად. ამავე დროს დაიწყება დანაოჭება.

ამგვარად, თითქო ყველაფერი რიგზეა: გასაგები ხდება გეოსინკლინის მდებარეობა კონტინენტის კიდეზე, გეოსინკლინის პირველადი დაძირვა, დანაოჭება მოწინააღმდეგე ტანგენსური ძალების მოქმედებით, მთების ფესვების წარმოშობა და სხ. მაგრამ არის სიძნელეებიც. მაგალითად, ის დებულება, რომ ჰორიზონტული დინების საწყისი კონტინენტის შუა უბანში უნდა იყოს და აქედან ვრცელდებოდეს ყველა მიმართულებით, მთლიანი კონტინენტის გადაადგილებას შეუძლებელს ხდის. ამის ნაცვლად კონტინენტის ცენტრში ქერქის გაჭიმვა უნდა მოხდეს და თან ისეთი მაშტაბით; რომ კონტინენტის კიდეზე მიმდინარე შეკუმშვა-დანაოჭება შესაძლებელი გახდეს. ასეთი წარმოდგენის დამადასტურებელი ცნობილი არაფერი არ არის. შეიძლება ვთქვათ, კიმვის გამო კონტინენტი დაწყდებაო, და ეს თითქო კარგად ასურათებს გონდვანისის შემთხვევას, მაგრამ კონტინენტის დაწყვეტამ და ერთმანეთს დაშორებამ ხომ დინებათა მთელი სქემა უნდა დაარღვიოს.

გარდა ამისა ძალაში რჩება მეტი წილი შენიშვნები ვე გ ე ნ ე რ ი ს თეორიის გამო გამოთქმული.

ახლა თვით კონვექციის შესახებ. კონვექცია მიწის შიგნეთში უეჭველად შესაძლებელი არის. ზემოთ ჩვენ იგი გამოვიყენეთ ჯ ო ლ ი ს ე ბ უ რ ა დ მიწის გაცივება-გათბობის მორიგეობის ასახსნელად. მაგრამ ეს იყო ტ უ რ ბ უ ლ ე ნ ტ უ რ ი კონვექცია. აქ კი იგულისხმება წესიერი, ლ ა მ ი ნ ა რ უ ლ ი კონვექცია. თეორიას არაერთი კრიტიკოსი აღნიშნავს, რომ ასეთი კონვექცია მხოლოდ ქიმიურად ერთგვაროვან გარემოში არის შესაძლებელი. თუ ასე არ არის, სხვადასხვა ქიმიური შემადგენლობის მასები ერთმანეთს შეხვდებიან, დაიწყება ქიმიური რეაქციები, ზოგი ენდოთერმული, ზოგი ეგზოთერმული, და ყველაფერი აირევა.

მეორე მხრივ, კონვექციის ისეთი სურათი, როგორსაც კონვექციონისტები გვიხატავენ და რომელსაც ფიზიკის კარგად ცნობილი ცდის მიხედვით წარმოგვიდგენენ, ჰულისხმობს არამარტო ლოკა-

ლოზებულ გათბობას, არამედ ლოკალიზებულ გაცივებასაც. ეს არის ე. წ. ცივი კედლის პრინციპი. აქ ასეთი რამე არავის აღუნიშნავს და გაუგებარია, რამ უნდა გამოიწვიოს კონვექციური მოზრუნალი. საჭიროა დამატებითი ანალიზი.

დასკვნა. ასეთი არის ამჟამად უფრო გავრცელებული ოროგენეტიკური თეორიები. არც ერთი მათგანი დღეს საყოველთაოდ მიღებული არ არის და მეტი წილი ჯეროვან საფუძველს თითქო აშკარად მოკლებული ჩანს. განსაკუთრებულად ნაჩქარევი ჰიპოთეზები გამოიწვია კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ.

ეს უკანასკნელი თეორია მაინც ყველაზე უფრო თანამიმდევრულად არის დამუშავებული. მისი ხანგრძლივი არსებობის მანქილზე გეოლოგიური თვალსაზრისით მისი საწინააღმდეგო თითქმის არაფერი თქმულა. თეორიის უარყოფა გამოიწვია მისი კოსმოგონიური (კანტისა და ლაპლასის თეორია) და გეოფიზიკური (მდნარი შიგნეთი) საფუძვლის შერყევამ, მაგრამ არსიდან ჩანს, რომ კონტრაქციის ახლური დასაბუთება შეუძლებელი იყოს.

მეორე მხრით, ვერც კონტრაქციული თეორია ხსნის ტექტოგენეზისის<sup>1</sup> ყველა მოვლენას. (მაგ. გონდვანისის პრობლემას). და აქ ეგებ გამართლებული იქნებოდა საკითხის ახლურად დასმა: ჩვეულებრივ ოროგენეტიკური თეორია მიზნად ისახავს (ან მოითხოვენ მისგან) ყველაფრის ახსნას, უნივერსალობის პრეტენზიას იჩენს. ეგებ უფრო სწორი იქნებოდა დიფერენციალური მიდგომა? ხომ არ არის ტექტოგენეზი სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შედეგი? რთული საკითხია, რომელზედაც აქ შეჩერება უადგილო იქნებოდა.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის ტანგენსური ძალები? არის თუ არა საკმაო საფუძველი, რათა ვამტკიცოთ, რომ დანაოქება-ოროგენეზისთვის ტანგენსური ძალები აუცილებელი არიან? სად ხედავს ასეთ ძალებს კონტრაქციული თეორია, ოსცილაციური თეორია, მობილიზმი, კონვექციური დინებების თეორია? აღნიშნეთ ამ თეორიების სუსტი მხარეები.

<sup>1</sup> ტერმინი ნიშნავს ტექტონიკის, სტრუქტურის წარმოშობას.



## გეოლოგიური მაცნობარება

იმისათვის, რომ მეცნიერების რომელიმე დარგის არსებობა, როგორც დამოუკიდებელი დისციპლინის, გამართლებული იყოს, საჭიროა, რომ მას ჰქონდეს საკუთარი ობიექტი, მეთოდი და თვალსაზრისი ანუ მიზანდასახულება.

გეოლოგია, როგორც მისი სახელიც გვიჩვენებს, არის მეცნიერება მიწის შესახებ - მიწა იქნება მისი ობიექტი. მაგრამ მიწის მეცნიერება სხვაც არაერთი არის: მიწას, როგორც პლანეტს, შეისწავლის ასტრონომია, მყარი მიწის ზედაპირის ფორმას იკვლევს გეოდეზია, მიწაში მიმდინარე ფიზიკურ მოვლენებს - გეოფიზიკა, ქიმიურ მოვლენებს - გეოქიმია, ატმოსფერულ მოვლენებს აეროლოგია და კლიმატოლოგია, ოკეანეებს - ოკეანოლოგია, სხვადასხვა მოვლენათა და პროცესების განლაგებას მიწის ზედაპირზე - გეოგრაფია და ა. შ. მათგან განსხვავებით გეოლოგიის საგანი არის მყარი მიწა და უფრო ზუსტად მყარი მიწის ზედაფენა, რომელსაც მიწის ქერქი ეწოდება.

გეოლოგიური კვლევის შედეგადი ძირითადად უშუალო დაკვირვება არის და მიწის ზედაპირით ისაზღვრება. მიწის ქერქის უფრო ღრმა უბნებში ჩახედვის საშუალებას გეოლოგს ეროზიის მიერ ღრმად გაჭრილი ხეობები, დენუდაციური ზედაპირები და ტექტონიკური დისლოკაციები აძლევენ. ამას ერთვის ხელოვნური ნაჩენები: შურფები, ბურღილები და სხვა მისთანა. ქანების რაგვარობის შესწავლის გზით ირკვევა მათი წარმოშობის აირობები, ხოლო შრეების განლაგებისა და შიგ დაცული ნამარხების შესწავლა შესაძლებელს ხდის მოვლენათა დათარიღებას. უკანასკნელი მეთოდი წმინდა გეოლოგიური არის და მას არც ერთი სხვა მეცნიერება არ იყენებს.

მეორე მხრით, ქერქის შესწავლა გრავიმეტრიული, სეისმო-მეტრიული და სხვა იარაღებითაც შეიძლება, მაგრამ ეს გეოლოგია არ იქნება - მეთოდი გეოლოგიური არ არის. ასევე ქანების ასაკის დადგენა რადიოაქტიური მოვლენებითაც შეიძლება, მაგრამ ეს იქნება ფიზიკა და არა გეოლოგია.

გეოლოგია დაკვირვებითი მეცნიერება არის, მაგრამ ეს იმას არ ნიშნავს, რომ ექსპერიმენტი გეოლოგიისთვის საერთოდ უცხო იყოს. მინერალოგიაზე რომ არაფერი ვთქვათ, ექსპერიმენტს იმთავითვე ფართოდ იყენებენ პეტროლოგიაში. მიმართავენ ექსპერიმენტს ტექტონიკაშიც. მაგრამ აქ ექსპერიმენტის როლი ჩვეულებრივ მოვლენის ილუსტრაციით ისაზღვრება. ნამდვილი რეპროდუქცია შეუძლებელი არის, რადგან ტექტონიკური მოვლენების ხანგრძლიობა წელთა მილიონებით გამოიხატება. სამაგიეროდ ექსპერიმენტული კვლევა თანდათან მეტ ადგილს იკავებს პრაქტიკულ გეოლოგიაში, კერძოდ საინჟინერო გეოლოგიაში. გრანდიოზულმა ჰიდროტექნიკურმა და სპემელიორაციო მშენებლობამ აუცილებელი და იმავე დროს შესაძლებელი გახადა დინამიური გეოლოგიის სათანადო პროცესების კვლევა ექსპერიმენტული მეთოდებით.

რაც შეეხება თვალსაზრისს, გეოლოგია მოვლენებს განიხილავს არამარტო მიზეზობრივობის მხრით, არამედ აგრეთვე და განსაკუთრებით მათი თანამიმდევრობის ასპექტში. მდინარეთა მოქმედებას, მყინვარების მოქმედებას, ვულკანიზმს, მთების წარმოშობას და სხვას გეოლოგია შეისწავლის არა მხოლოდ თავისთავად, არამედ მიწის წარსულში მათი მსვლელობის მიხედვით, — გეოლოგიის ისტორიული მეცნიერება არის. მაგრამ ისტორია თანამედროვე გაგებით მოვლენათა უბრალო ქრონოგრაფია აღარ არის. იგი კანონზომიერ განვითარებას ითვალისწინებს. ევოლუციური მეცნიერება არის; განსაკუთრებით კარგად ჩანს ეს ცოცხალი ბუნების შემთხვევაში, მაგრამ მსგავსივე სურათია სხვა უბნებშიც.

ყოველი მეცნიერება დაკავშირებული არის სხვა მეცნიერებებთან და სარგებლობს მათი მიღწევებით, მაგრამ გეოლოგიის მდგომარეობა ამ მხრივ მაინც განსაკუთრებული არის: გეოლოგიური კვლევა შეუძლებელი არის მათემატიკის, ფიზიკის, ქიმიის, ზოოლოგიის, ბოტანიკის, გეოგრაფიის ფართოდ გამოყენების გარეშე — გეოლოგიის კომპლექსური მეცნიერება არის. ეს გარემოება გასაგებს ხდის იმ დიდ გავლენას, რომელსაც ახდენს ამ მეცნიერებაზე ყოველი არსებითი წინსვლა მეზობელ მეცნიერებათა სფეროში. მაგალითისთვის შეიძლება დავასახელოთ XX საუკუნის ფიზიკა.

გეოლოგიის ჩამოყალიბება და განვითარება მარტო მეცნიერული ცნობისმოყვარეობის საქმე როდია. მას უზარმაზარი მნიშვნელობა აქვს სახალხო მეურნეობისთვის. კერძოდ სამთო მრეწველობისთვის. საინჟინერო გეოლოგია დიდ როლს თამაშობს აგრეთვე ჰიდროტექნიკურ, სამელიორაციო და საერთოდ კაპიტალურ მშენებლობაში. მეცნიერების საერთო წინსვლამ და სახალხო მეურნეობის დიდმა მოთხოვნილებმა გამოიწვიეს გეოლოგიის აჩქარებული ზრდა და მის ფარგლებში თუ მის გვერდით მთელი რიგი ახალი მეცნიერების ჩასახვა და განვითარება. ასეთებია გეოლოგიის ფარგლებში პეტროლოგია. პალეონტოლოგია, სასარგებლო ნამარხების ჰეცნიერება. საინჟინერო გეოლოგია (მინერალოგია გეოლოგიაზედ ადრე არის წარმოშობილი და თანაც მას ხშირად ქიმიურ მეცნიერებათა ჯგუფს მიაკუთვნებენ). გეოლოგიის გვერდით და გეოლოგიის გავლენას ქვეშ განვითარდნენ გეოფიზიკა, გეოქიმია და სხვა. თითოეული ეს მეცნიერება კიდევ ცალკე დისციპლინებად იყოფა, რაც გასაგები არის პრაქტიკასთან მჭიდრო კავშირის და მზარდი სპეციალიზაციის პირობებში.

გეოლოგია ახალგაზრდა მეცნიერება არის. ბერძნულ-რომაულ სამყაროში მისი რაიმე ნიშანიც არაფერი იყო. მართალია, უკვე V საუკუნეში ჩვენს ერამდე და მომყოლ საუკუნეებში დადგენილ იქნა, რომ მიწა სფერული არის და მისი რადიუსიც კი გაიზომება, მაგრამ ეს ხომ ასტრონომია არის და გეოდეზია და არა საკუთრივ გეოლოგია. თუმცა ზოგი მადნეულისა და სხვა სასარგებლო ნამარხის მოპოვება იმ დროსაც წარმოებდა. მაგრამ ამას წმინდა ემპირიული ხასიათი ჰქონდა. იმავე დროში კპოულობდნენ ორგანიზმების ნამარხებსაც. მაგრამ მათი მნიშვნელობა გაუგებელი რჩებოდა.

გეოლოგიის ჩასახვა, როგორც დამოუკიდებელი მეცნიერებისა, XVIII და XIX საუკუნეების მიჯნაზე მოხდა. ეს გამოიწვია ერთი მხრით მეცნიერების ახალმა მიღწევებმა და მეორე მხრით სამთო მრეწველობის დიდმა განვითარებამ.

სწორედ ამ დროს ღრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (Cuvier) დაამტკიცა, რომ უკვე დიდი ხნის ცნობილი ნამარხები, რომელთა ბუნება ათასგვარ მოსაზრებებს იწვევდა, ხშირად მთლიანად ფანტასტიურს. გადაშენებული ორგანიზმების ცხოველებისა

და მცენარეების ნაშთებს წარმოადგენენ. მათ შესასწავლად ახალი მეცნიერება, პალეონტოლოგია შექმნა.

იმავე დროს დიდი სამრეწველო რევოლუცია მიმდინარეობდა. საორთქლე ქვებმა სახე გამოუცვალა სახალხო მეურნეობას. ქვანახშირის მოპოვებას გადაწყვეტი მნიშვნელობა მიეცა და სწორედ ამან შექმნა პირობები, რომლებშიც ინგლისელმა ინჟინერმა სმიტმა (Smith) ნამარხების საშუალებით შრეების იდენტიფიკაცია<sup>1</sup> და მათი დათარიღება მოახერხა. საფუძველი ჩაეყარა სტრატოგრაფიას და მასთან ერთად გეოლოგიასაც.

დაიწყო ახლად დაარსებული მეცნიერების სწრაფი განვითარება ევროპის მოწინავე ქვეყნებში და მალე ჩრდილო ამერიკაშიც. გეოლოგიის პიონერები დაუღალავად მუშაობდნენ პეტროგრაფიაში, პალეონტოლოგიაში, სტრატოგრაფიაში, ტექტონიკაში (ვერნერი, ჰეტონი, ბუხი). უკვე 1833 წ. გამოქვეყნდა შოტლანდელი გეოლოგის ლაიელის (Lyell) „გეოლოგიის საფუძვლები“, სადაც მოცემული არის ახალი მეცნიერების მთლიანი სტრუქტურა. ეს არის გეოლოგიის განვითარების პირველი ეტაპის, ამ მეცნიერების დაფუძნების ეტაპის დასასრული.

მალე გეოლოგიამ სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა მოიპოვა. მისი როლი სამთო მრეწველობაში, საინჟინერო საქმეში და თავდაცვის უზრუნველყოფაში ისეთი აღმოჩნდა, რომ ყველა მოწინავე ქვეყანაში დაარსდა გეოლოგიური რუკის სამსახური. უმაღლეს სკოლაში გეოლოგიას შესაფერი ადგილი დაეთმო. როგორც მეცნიერებაშიც საერთოდ. დაარსდა ცალკეულ სახელმწიფოებში გეოლოგიური საზოგადოებები. მალე ამას საერთაშორისო გეოლოგიური კონგრესის დაარსებაც მოჰყვა. უკანასკნელს აქვს მუდმივი ორგანოები და გარდა ამისა ოთხ წელიწადში ერთხელ იგი იკრიბება სხვადასხვა ქვეყანაში, რათა აქტუალური საკითხების დისკუსია უზრუნველჰყოს. საშუალება მისცეს გეოლოგებს მასპინძელი ქვეყნის გეოლოგია უშუალოდ გაიცნონ, რისთვისაც შესაფერი ექსკურსიები ეწყობა, და ზოგიერთ საერთო ხასიათის საკითხზე პრაქტიკულ შეთანხმებას მიაღწიონ.

<sup>1</sup> Identificare, სქოლასტ. ლათ.—იგივეობის დადგენა. გამოცნობა. აქედან იდენტიფიკაცია.

XIX საუკუნის მეორე ნახევარში გეოლოგიამ დაახლოებით თანამედროვე სახე მიიღო. უზარმაზარი შრომა იქნა გაწეული სხვადასხვა ქვეყნის და კონტინენტის გეოლოგიური აგებულების გასარკვევად, თუმცა ეს მუშაობა გასაგები მიზეზის გამო თანაბარი არ არის: ზოგი მხარე დიდი სიზუსტით არის შესწავლილი, ხოლო სხვები ჯერ კიდევ ნაკლებად ცნობილი რჩებიან.

XX საუკუნეში საერთოდ მეცნიერების ძლიერმა განვითარებამ და კერძოდ ახალმა ფიზიკამ გეოლოგიურ მეცნიერებაზედაც დიდი გავლენა მოახდინა, რაც განსაკუთრებით გეოფიზიკაში, გეოქიმიკაში და ოკეანოლოგიაში არის საგრძნობი. კიდევ უფრო დიდი არის ახალი სამრეწველო რევოლუციის გავლენა. მანამდე არნახული მასშტაბით გაიშალა სასარგებლო ნამარხების ძებნა-ძიება. განსაკუთრებული გაქანება მიეცა ნავთობის გეოლოგიას. თითქმის მთელი მიწის ზედაპირი დღეს დასვერტილი არის ბურღილებით, რომელთა სიღრმემ ბევრ შემთხვევაში უკვე გადააჭარბა 7 კილომეტრს და ამჟამად არის 15 კილომეტრის გაბურღვის განზრახვაც, სწორედ ნავთობის გეოლოგიამ გამოიწვია და შეუწყო ხელი ისეთი დისციპლინების ორგანიზაციას და განვითარებას, როგორც არიან დანალექი ქანების პეტროლოგია და მიკროპალეონტოლოგია.

ამავე დროს იცვლება გეოლოგიური კვლევის ხასიათიც, თუ მანამდე გეოლოგი ამბობდა, ჩემი შეიარაღება არის სამთო კომპასი, ჩაქური, მარილმკვავა და უბის წიგნაკიო, რასაც უნდა მიეუმტოთ რულეტი, შესაფერი რუკა და ფოტოაპარატი, დღეს ის ფიზიკურ, ქიმიურ, პეტროლოგიურ, პალეონტოლოგიურ და სხვა ლაბორატორიებს გვერდს ვეღარ აუვლის და ზოგჯერ გეოლოგიური ავეგმეაც კი აეროფოტომეთოდით წარმოებს.

რუსეთის იმპერიაში, რომლის ტერიტორია უზარმაზარი სივრცით და გეოლოგიური გარემოს მრავალგვარობით ხასიათდება, გეოლოგია იმთავითვე განვითარდა, მაგრამ განსაკუთრებულ გაქანებას მიაღწია ამ მეცნიერებამ ისევე, როგორც სხვა მეცნიერებებმა, დიდი ოქტომბრის შემდეგ. სოციალისტური სახალხო მეურნეობის მშენებლობამ სრულიად აუცილებელი და ამავე დროს შესაძლებელი გახადა გეოლოგიურ მეცნიერებათა მანამდე არნახული განვითარება. დღეს გეოლოგთა ასიათასები იკვლევენ საბჭოთა კავშირის თვალუწვდენელ ტერიტორიას და ეძებენ მის წიაღში დაფარულ სასარგებლო ნედლეულს.

საქართველოში გეოლოგია გასული საუკუნის 30-იანი წლების ბოლოში შემოიჭრა. ამ საქმის პიონერი იყო ფრანგი მეცნიერი და მოგზაური დიუბუა დე-მონპერე (Dubois de Montpéreux). შემდეგ კავკასიის და საქართველოს გეოლოგიის კვლევას რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე განაგრძობდა დორპატის (ტარტუ) უნივერსიტეტის პროფესორი ჰერმან აბიხი (H. Abich). ამ უკანასკნელის ღვაწლი კავკასიის გეოლოგიურად შესწავლაში იმდენად დიდი იყო, რომ მას კავკასიის გეოლოგიის მამის სახელი მიეკუთვნა.

1868 წლიდან კავკასიის სამთო სამმართველოში თბილისში დაარსდა გეოლოგიური განყოფილება, რომელსაც ამ მხარის სისტემატური გეოლოგიური აგეგმვის წარმოება დაევალა. ამ განყოფილებაში ორი ქართველიც იყო: ბუნებისმეტყველ-გეოლოგი ს. სიმონოვიჩი და სამთო ინჟინერი გ. წულუკიძე. ესენი არიან პირველი ქართველი გეოლოგები.

გეოლოგიურმა განყოფილებამ, რომლის არსებობა ოქტომბრის რევოლუციამდე გაგრძელდა, უეჭველად ნაყოფიერი მუშაობა ჩაატარა. განსაკუთრებით დიდი იყო საქართველოს გეოლოგიის შესწავლაში სიმონოვიჩის დამსახურება.

ოქტომბრის შემდეგ თბილისში დაარსდა ქართული უნივერსიტეტი. აქ ჩამოყალიბდა მინერალოგია-პეტროგრაფიის და გეოლოგია-პალეონტოლოგიის კათედრები. უნივერსიტეტი ამზადებდა ბუნებისმეტყველ-გეოლოგებს და ინჟინერ-გეოლოგებს. ეს იყო ქართული გეოლოგიის პირველი კერა.

დღეს საქართველოში გეოლოგია უნივერსიტეტს გარდა მთელი რიგ უმაღლეს სასწავლებლებში ისწავლება, კერძოდ პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში. არის საკვლევო ინსტიტუტები (მეცნიერებათა აკადემიის გეოლოგიური, პალეობიოლოგიური და სამთო საქმის ინსტიტუტები, კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტი და სხ.), გეოლოგიური სამმართველო, ნავთობის ტრუსტი და სხვა საძებნადიებო ორგანიზაციები. საქართველოს გეოლოგიური საზოგადოება მარტო თბილისში 400-ზე მეტ წევრს აერთიანებს, მაგრამ ქართველი გეოლოგების რიცხვი ბევრად მეტი არის.

## შ ი ნ ა ა რ ს ი

წინასიტყვა	3
შესავალი	5
ეარსკვლავთ სამყარო	5
მზე და მზის სისტემა	10
მიწა როგორც პლანეტი	19
მიწის საერთო რაგვარობა	23
მიწის ფორმა და სიდიდე	23
გრავიტაცია	31
გეოთერმია	37
მიწის მაგნეტიზმი	42
გეოსფეროები	46
ატმოსფერო	48
მიწის ქერქის საერთო რაგვარობა	54
მიწის ქერქის რელიეფი	54
მიწის ქერქის ნივთიერი შემადგენლობა	56
მინერალები	59
ქანები	66
მაგმეული ქანები	67
დანალექი ქანები	71
მეტამორფული ქანები	75
დანალექი ქანების წოლის ფორმა	80
შრეების დისლოკაცია	90
მაგმეული ქანების წოლის ფორმები	105
გეოლოგიური წარსული	111
გეოლოგიური ქრონოლოგია	120
გეოლოგიური რუკა	131
გარედინამიური მოვლენები	135
ფიტვა და გრავიტაციული დენუდაცია	136
მიწასქვეშა წყალი	158
მდინარი წყლის მოქმედება	179
ფართობული ეროზია	182
ხაზობრივი ეროზია	183
ხეობის განვითარება	195
ეროზიის ციკლები	209
მდინარე წყლის მოქმედების გეოლოგიური მნიშვნელობა	213
	463

მყინვარების მოქმედება	. 215
წყლის ცირკულაცია და მყარი წყალი	. 215
მარადი თოვლი	. 215
მყინვარები	. 217
მყინვარების სახეობები	. 222
მყინვარის გეოლოგიური მოქმედება	. 227
მეოთხეულის მომყინვარება	. 233
ძველი მომყინვარებები	. 239
მუდმივი მზრალობა	. 240
მყინვარების მნიშვნელობა	. 243
<b>ზღვის მოქმედება</b>	. 244
მსოფლიო ოკეანე და მისი შესწავლა	. 244
მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფი	. 248
ზღვის წყალი	. 256
მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურის რეჟიმი	. 257
წყლის მოძრაობა ოკეანეში	. 258
სიცოცხლე ზღვაში	. 269
ზღვის გეოლოგიური მოქმედება	. 271
ზღვის გეოლოგიური მნიშვნელობა	. 288
<b>ტბები და კაობები</b>	. 291
ტბები	. 291
ტბების კლასიფიკაცია	. 294
ტბების გეოლოგიური მნიშვნელობა	. 296
კაობები	. 301
ტბების, ლაგუნების და კაობების მნიშვნელობა	. 304
<b>ქარის მოქმედება</b>	. 304
ქარი და მისი მოქმედება	. 304
უდაბნოები	. 307
ქარის მოქმედება უდაბნოში	. 310
წყალი უდაბნოში	. 322
ეოლური რელიეფის განვითარება	. 324
უდაბნოების შესწავლა და მისი მნიშვნელობა	. 326
<b>შიგადინამიური მოვლენები</b>	. 328
<b>ვულკანიზმი</b>	. 328
ვულკანი და მისი მოქმედება	. 328
ვულკანური პროდუქტები	. 330
ვულკანური აპარატი	. 335
ვულკანური აპარატის და ვულკანური მოქმედების ტიპები	. 344
პოსტვულკანური მოვლენები	. 352
ზღვასქვეშა ვულკანიზმი	. 358
ვულკანური აპარატის დენუდაცია	. 359
ვულკანების გეოგრაფიული განაწილება	. 361
ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი. მაგმატიზმი	. 364
ვულკანიზმის გეოლოგიური მნიშვნელობა	. 366



ეულკანიზმის პრაქტიკული მნიშვნელობა	. 368
მიწისძვრები	. 369
მიწისძვრების ხასიათი და სხვადასხვაობა	. 369
მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება	. 380
მიწისძვრების მიზეზები	. 382
სეისმური მოძრაობის გავრცელება	. 387
მიწისძვრების მნიშვნელობა	. 393
სეისმური ძებნა-ძიება	. 395
მიწის ქერქის მოძრაობა. ეპიროგენეზი	. 397
მიწის ქერქი	. 397
მიწის ქერქის მოძრაობა	. 403
ეპიროგენეტური მოძრაობები	. 408
ეპიროგენეზის სახეობები	. 410
მიწის ქერქის მოძრაობა. ოროგენეზი	. 415
მთები და მათი აგებულება	. 415
გეოსინკლინები	. 420
დანაოქების დათარიღება	. 423
მთების ლოკალიზაცია სივრცეში, მათი კონსოლიდაცია	. 427
დანაოქების შექანაზში	. 430
დანაოქების ციკლები	. 432
მთების ზრდა და ღუნუდაცია	. 437
კონტინენტების ზრდა	. 439
კონტინენტური თეორიები	. 445
კონტრაქციული თეორია	. 446
ოსცილაციური თეორია	. 450
მობილისტური თეორია	. 451
კონვექციური თეორია	. 454
გეოლოგიური მიცნირება	. 457

რედაქტორი მ. რუბინშტეინი  
გამომცემლობის რედაქტორი ლ. კობიაშვილი  
ტექნიკური რედაქტორი ი. ჩაგელიშვილი  
კორექტორი მ. ვაჩეიშვილი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 15.V-65; ქალაქის ფორმატი 60×90/16; ნაბეჭდი  
თაბახი 29, 25; სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 26, 83.

შეკვეთა 1348 უე 06753 ტირაჟი 2000

ფასი 1 მან. 35 კაპ.

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა, თბილისი, ი. ჯავახიშვილის პროსპექტი, 1.  
Издательство Тбилисского университета, Тбилиси пр. И. Чавчавадзе, 1.

---

გამომცემლობა „მეცნიერების“ სტამბა, თბილისი, 60, კუტუზოვის ქ., 15  
Типография Издательства «Мецниереба», Тбилиси, 60, ул. Кутузова, 15