

აღ. ჯანელიძე

# ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი

საქართველოს სსრ უმაღლესი და საშუალო  
სპეციალური განათლების სამინისტროს მიერ  
დამტკიცებულია სახელმძღვანელოდ  
სტუდენტებისათვის



თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა  
თბილისი 1972

წიგნი წარმოადგენს მეორე გამოცემას. იგი არის დაწვეებითი სახელმძღვანელო 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. დინამური ანუ ფიზიოგრაფიული გეოლოგიის მოვლენები.

## პირველი ზამოცემის წინასიტყვა

არაერთხელ თქმულა, რომ „ზოგადი გეოლოგია“, როგორც მეცნიერული დისციპლინა. არ არსებობს. ეს არის მხოლოდ თავისებურად მოფარგლული 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 დარგის, 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 ნაშრომისა, მაგრამ უნაღლესი სკოლის სტრუქტურაში მომხდარმა ცვლილებებმა ამ განზრახვის რეალიზაცია ძლიერ გააძნელეს. გადაწყვეტივით ეს საქმე პირადად შეკისრა და ამის გამო მრავალი წლის ინტერვალის შემდეგ სათანადო კურსის კითხვაც ისევ დავივალე. ამგვარად, წინმდებარე სახელმ-

ძღვანელო უნივერსიტეტში წაკითხული ლექციების რეპროდუქციას წარმოადგენს არსებითად. მხოლოდ ტექტოგენეზისის საკითხები რამდენადმე გაფართოებულია 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 გავხდი უცხოურით მესარგებლა. იმედი უნდა ვიქონიოთ, რომ ამ ნაკლს მომავალი გამოასწორებს. ნაკლი სხვაც არაერთი არის, მაგრამ ვფიქრობ, რომ 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 შეეცურებთ ვარსკვლავებით მოჭედულ ცას. ასევე შეჰყურებდა მას ძველი ადამიანი და განცვიფრებული იყო ვარსკვლავთა სიმრავლით. მათი დათვლა შეუძლებლად მიაჩნდა და მართლაც ძლიერ ძნელია, რადგან ცა მთლიანად აროდეს დაინახება და თან განუწყვეტლივ მოძრაობს მიწის ბრუნვის შესაბამისად.

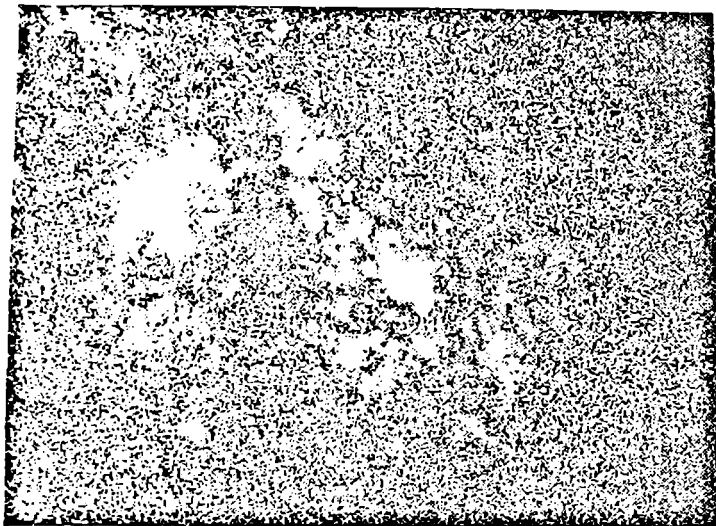
მაგრამ ასტრონომებმა ცა დაანწილეს ცალკეულ ნაკვეთებად. რომელთა გამოცნობა ადვილად შეიძლებოდა, და თითოეულ ნაკვეთში ვარსკვლავები საკმაოდ ზუსტად დაითვალეს. ამგვარად გამოირკვა, რომ ჩრდილო ნახევარსფეროში დაახლოებით 1500 ვარსკვლავი არის, ამდენივე სამხრულში, და სულ კი 3000-მდე. ამაზე ხომ უთვალავს არ ითქმის, პირიქით, 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 შეიცვალა. დღეს ასტრონომი უმზერს ვარსკვლავებს, რომელნიც უიარაღო თვალისათვის სრულიად უჩინარი არიან, და მათი რიცხვი მართლაც უსასრულო აღმოჩნდა. თანაც ეს რიცხვი დღითიდღე იზრდება იმის მიხედვით, თუ როგორ მატულობს ოპტიკური იარაღების ძალა.

ეს ხომ ძლიერ საგულისხმოა, მაგრამ კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი ის არის, რომ ეს უთვალავი ვარსკვლავები უწესრიგოდ როდი არიან ერთმანეთში არეული. ვარსკვლავთა სამყაროს კანონზომიერი სტრუქტურა აქვს, მეტად თუ ნაკლებად მოწესრიგებული სისტემებისგან შედგება. კერძოდ, ძველი ღროიდანვე ცნობილი იყო, რომ

ვარსკვლავიან ცას კილიდან კიდემდე გადაუყვება საკმაოდ ფართო ზოლი, რომელიც რამდენადმე უფრო ნათელი ჩანს, ვიდრე დანარჩენი ცა. მას რძეულ სარბიელს (via lactea ლათინურად) უწოდებენ, რადგან მისი ფერი რძისას მოგვაგონებს<sup>1</sup> (სურ. 1).

ამ თავისებური მოვლენის ბუნება დიდი ხნის განმავლობაში გამოუცნობი იყო, მაგრამ დღეს მტკიცედ არის დადგენილი, რომ იგი



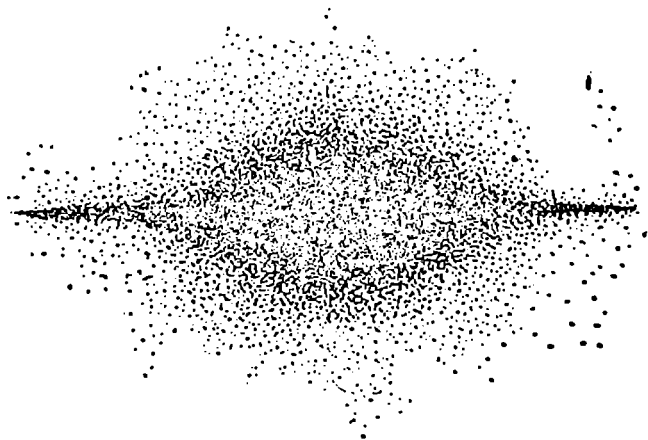
სურ. 1. რძეული სარბიელის მცირე ნაკვეთი. ჩანს ვარსკვლავთა სიმრავლე და შესატყვისად მეთი სინათლე.

დაკავშირებული არის ვარსკვლავთა კანონზომიერ დაჯგუფებასთან ანუ სისტემასთან (ტერმინი „სისტემა“ სწორედ კანონზომიერებას ჰგულისხმობს), რომელშიც ას მილიარდამდე ( $10^{11}$ ) ვარსკვლავი შედის. ჯგუფის განლაგება რომ შემოვფარგლოთ, ლინზისებურ სხეულს მივიღებთ (სურ. 2). ამ ჯგუფს გალაქტიკას<sup>2</sup> უწოდებენ, ხოლო შუა სიბრტყეს, რომელიც მას სიმეტრიულად ორად ჰყოფს და რომელსაც სურათზე ჰორიზონტული სწორი ხაზის სახე ექნებოდა, — გალაქტიკურ სიბრტყეს ანუ გალაქტიკის ეკვა-

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

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

ტორს. ცენტრიდან რომ ამ სიბრტყეზე პერპენდიკულარი ავმართოთ, ეს იქნება გალაქტიკის დერძი.



სურ. 2. გალაქტიკა, როგორც გვერდიდან დანახული გამოჩნდება (სქემა). საყურადღებოა ვარსკვლავების მქიდრო დაგროვება ცენტრისკენ და ეკვატორულ ზოლში და მთელი დაჯგუფების ღივლისებური 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  $9,5 \cdot 10^{12}$  კილომეტრი.

მეორე ერთეული, პარსეკი, კიდევ უფრო დიდია და უდრის  $30,8 \cdot 10^{12}$  კილომეტრს ანუ 3,3 სინათლეწელიწადს დაახლოებით. დასასრულ ე. წ. ასტრონომიული ერთეული უდრის  $150 \cdot 10^6$  კილომეტრს. ეს არის მიახლოებით 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 ჭრილი. 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 ვიმზირებთ, თვალს ცის გარკვეულ ფართობზე უფრო ცოტა ვარსკვლავები შეხვდება, 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 როდნ 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 დონამოქრით ერთეული.

გალაქტიკა იმდენად უზარმაზარი რამ არის, რომ 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 გამოიჩინა, რომ ეს არის გალაქტიკები, ზოგი მეტად, ზოგი ნაკლებად მსგავსი ჩვენისა. ამ გარეგალაქტიკების 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 თითოულში 1 000 და მეტი გალაქტიკა შედის.

ჩვენს გალაქტიკას, როგორც ვთქვით, ჩვენ ვერასოდეს დავინახავთ, რადვან მის შიგნით ვართ მოქცეული. სულ სხვაა გარეგალაქტიკები: მათ ჩვენ გარედან ვუშვერთ. თუ გარეგალაქტიკა ისე მდებარეობს ჩვენს მომართ, 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 სრულიაუკარიელია და შიგ ერთი-ორი კოლო დაფრინავს, — ეს იქნება გალაქტიკები.

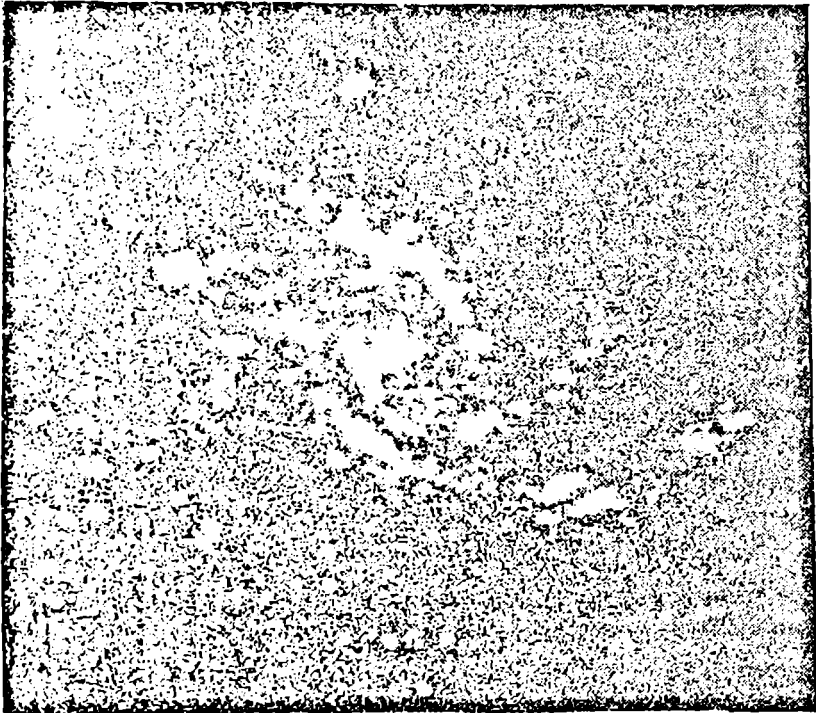
ვარსკვლავთმორიას და გალაქტიკათმორიას სივრცეში ნივთიერება უფრო გაიშვიათებულია, ვიდრე ხელოვნურად მიღებულ საუკეთესო ვაკუუმში<sup>2</sup>, მაგრამ ეს მაინც არ არის აბსოლუტური სიცარიელე. იქ არის უკიდურესად გაიშვიათებული გაზები, კოსმოსური მტვერი და უმცირესი ნაწილაკები და ვარსკვლავთმორიასი და გალაქტიკათმორიასი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

<sup>1</sup> „კოსმოს“, ზერძნ. — სამყარო, მსოფლიო.

<sup>2</sup> Vacuum, ლათ. — ცარიელი. ფიზიკური ტერმინია, აღნიშნავს შესაძლებლობისამებრ გაზისგან დაკლილს, სიცარიელეს.

## მზე და მზის სისტემა

მზე ერთ-ერთი ვარსკვლავია, ზომით საშუალო და ზოგი მხრით ნაკლებიც. არის ისეთი ვარსკვლავები, რომელნიც მილიონჯერ და მეტად უფრო დიდი არიან, ვიდრე მზე.



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

მზე გალაქტიკაში შედის არა ცალკეულად, არამედ როგორც ციური სხეულების პატარა ჯგუფის ცენტრი. ამ ჯგუფს მზის სისტემა ჰქვია. უეჭველია, რომ ანალოგიური თანამგზავრები უამრავსხვა ვარსკვლავებსაც უნდა ახლდეს, მაგრამ სიშორის გამო ჩვენ მხოლოდ თვით ვარსკვლავებს ვხედავთ. მზის სისტემას შეადგენენ, გარდა თვით მზისა, პლანეტები<sup>1</sup> (ცთომილები), ასტეროიდები, კომეტე-

<sup>1</sup> „პლანეტეს ასტეროს“, ბერძნ. — მოარული ვარსკვლავი, ცთომილი.

ში, მეტეორიტები და, რაღა თქმა უნდა, ვარსკვლავთშორისი (ამ შემთხვევაში პლანეტათშორისი) ნივთიერება.

მზის რადიუსი უდრის 109 მიწის რადიუსს<sup>1</sup>. მისი მოცულობა თითქმის 1,3.10<sup>6</sup>-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 საშუალო სიმკვრივე, 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.

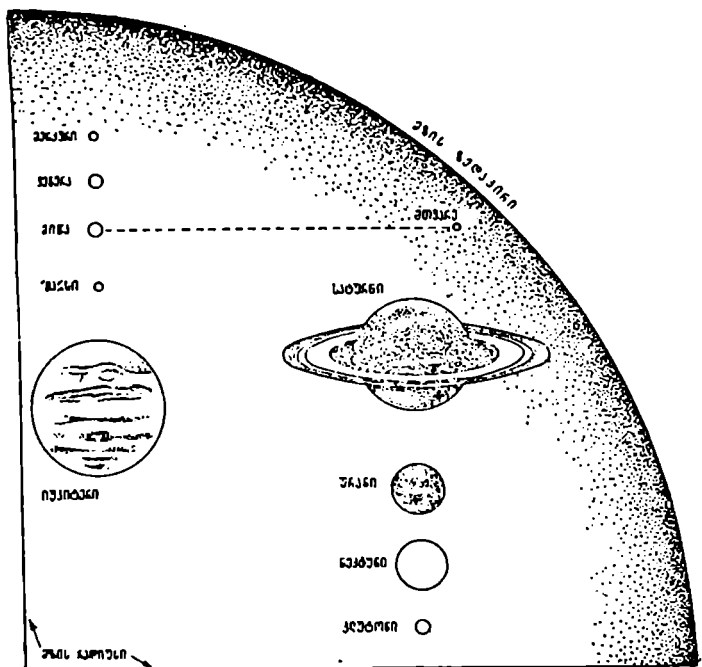
ტემპერატურა მზის ზედაპირზე 6000°-ია, ხოლო ცენტრში — 2 000 000°. გასაგებია, რომ ასეთ პირობებში ეს ვარსკვლავი მთლიანად გაზებრივ მღვგომარეობაში იმყოფება. მიუხედავად იმისა, რომ წნევა ცენტრში 10<sup>9</sup> ატმოსფეროს უდრის და სიმკვრივე, როგორც ვთქვით, 100 ერთეულს აღემატება. ატომები დისსოციებული (დაშლილი) არიან. მიმდინარეობს ბირთვული რეაქციები.

ჩვენთვის, მიწის მცხოვრებთათვის, მთავარი ის არის, რომ მზე უამრავ ენერჯიას ასხივებს გარშემო სივრცეში. რამდენად დიდია ეს ენერჯია, 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 ენერჯია (სითბო), რამდენიც იკმარებდა ერთი გრამი წყლის გასათბობად 2 გრადუსით. 1 კვადრატულ მეტრზე 1 წუთში დაცემული სითბო ერთი ჩაის ჭიქა (200 გრამი) ყინულის წყლის ასადუღებლად იკმარებდა.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ მზის მიერ სითბოს გასხივება იმ სითბოს ხარჯზე ხდება, რომელიც ამ მნათობს წარმოშობისას დაჰყოლიაო. ცხადია, ეს მარაგი საკმაოდ მალე უნდა შემცივებულიყო და მზეც უნდა გაცივებულიყო შესაბამისად. მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვება მოწმობს, რომ უკანასკნელი ერთი მილიარდი წლის მანძილზე

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

მაინც მზის სითბო შესამჩნევად არ შემცირებულა. დღეს ამას სწორედ იმით ხსნიან, რომ მზეში, უზარმაზარი ტემპერატურის პირობებში, ბირთვული რეაქციები მიმდინარეობს და უზარმაზარი ენერ-

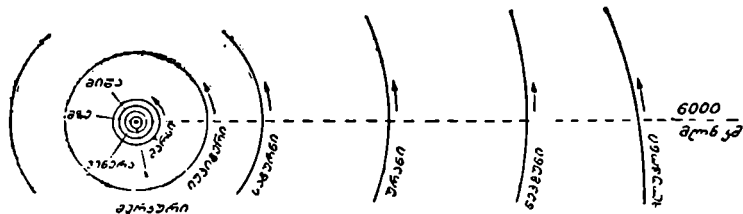


სურ. 4. მზე და პლანეტები და მათი შეფარდებითი სიდიდე. ფართობი, რომელზედაც სურათზე ყველა პლანეტები არიან მოთავსებული მზის ერთ მეოთხედს წარმოადგენს მხოლოდ.

გია გამოიყოფა: ენერგიას მზე კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევ. ამის გამო მისი გაცივება, თუკი ხდება, უკიდურესად ნელი უნდა იყოს.

მზის სისტემაში ცხრა პლანეტი შედის. მზესთან უახლოესით რომ დავიწყოთ, ეს იქნება მერკური, ვენერა, მიწა, მარსი, იუპიტერი, სატურნი, ურანი, ნეპტუნი და პლუ-

.ტონი<sup>1</sup> (სურ. 4). მზე სისტემის ცენტრს წარმოადგენს და ბრუნავს თავის ღერძზე საათის ისრის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ერთ შემობრუნებას 25 დღე-ღამეს ანდომებს. პლანეტებიც ყველა თავთავის ღერძზე ბრუნავს იმავე მიმართულებით და მიმოიქცევა მზის გარშემო (სურ. 5). ყველა პლანეტების ორბიტები (მოძრაობის გზა) დაახლოებით ერთ სიბრტყეში მდებარეობენ. ამ მხრივ გამოჩაყლის



სურ. 5. მზის სისტემა. ნაჩვენებია მხოლოდ პლანეტთა ორბიტები. თვით პლანეტები ამ მასშტაბით წერტილის ოდენაც არ იქნებოდნენ.

წარმოადგენს მხოლოდ პლუტონი, რომლის ორბიტის სიბრტყე კუთხის 17°-ით არის დახრილი სხვა პლანეტების ორბიტების მიმართ. ამრიგად აშკარა ხდება მოძრაობის ერთობლიობა.

მიმოქცევის ორბიტები ყველა შემთხვევაში ელიპსური არის; მაგრამ წრეხაზისაგან მცირედ განსხვავებული: მათი ექსცენტრუციტეტი<sup>2</sup>, ე. ი. დიდი და პატარა ღერძის შეფარდებითი განსხვავება, მცირეა.

რაც უფრო ახლოა პლანეტი მზესთან, მით უფრო მეტია მისი მზის გარშემო მოძრაობის სიჩქარე (ცხრილი 1). ეს გასაგები იქნება, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ მზესთან მიახლოებისას იზრ-

<sup>1</sup> ამთაგან პირველი ექვსი ძველადვე იყო ცნობილი, ხოლო შემდეგნი ახალ 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), იუპიტერი (მუშთარი) და სატურნი (ზუალი). იგულისხმებოდა, რომ ყველა მიწის გარშემო მიმოიქცეოდა ისევე, როგორც მთვარე.

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

დება მზისმიერი მიზიდების ძალა და პლანეტის მოძრაობის ენერგია ცუფრო დიდი უნდა იყოს, რათა იგი (პლანეტა) მზეზე არ დაეცეს.

ცხრილი 1

პლანეტები და ზოგი მათი ნიშანი

პლანეტი	დაშორება მზისგან (10 <sup>6</sup> კმ)	რადიუსი (კმ)	მასა (მიწასთან შედარებით)	სიმკვრივე	მიმოქცევის პერიოდი (წლები)	მიმოქცევის სიჩქარე (კმ/სეკ)	თანამგზავრების რიცხვი
მერკური	57.9	2420	0,54	5,48	0,24	47,84	
ვენერა	108,1	6207	0,81	4,86	0,615	35,00	
მიწა	149,5	6378	1,00	5,52	1,00	29,76	1
მარსი	227,8	5390	0,17	3,92	1,831	24,11	2
(ასტეროიდები)							
იუპიტერი	777,8	71820	318,36	1,31	11,862	13,06	12
სატურნი	1426,1	60250	95,23	0,68	29,457	9,64	9
ურანი	2849,1	46700	14,58	1,09	84,015	6,80	5
ნეპტუნი	4495,6	44900	17,26	1,61	164,732	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, ისევე როგორც მოცულობა, 64-კეცად ნაკლები უნდა ყოფილიყო, ვიდრე მიწისა (64 არის 4-ის კუბი), მაგრამ ნამდვილად კი იგი 81,5-კეცად ნაკლებია. ეს იმით აიხსნება, რომ მთვარის საშუალო სიმკვრივე მიწის საშუალო სიმკვრივის 0,6 არის მხოლოდ: მთვარე მიწაზე პატარაა და თან მახედ მსუბუქი შედგენილობა აქვს.

მთვარე ბრუნავს თავის ღერძზე და მიმოქცევა 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 აღნიშნეთ, მიწის და მთვარის ორბიტები დაახლოებით ერთ სიბრტყეშია. თუ მოხდა, რომ მთვარე მიმოქცევისას მიწასა და მზეს შუა მოექცა, იგი მზეს დაჰფარავს მთლიანად ან ნაწილობრივ და 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 მიმოქცევიან 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 30000-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 არაუმეტეს რამდენიმე კილომეტრისა, და კომას<sup>5</sup>, ე. ი. გაზის, მტკრის ან გაზ-მტკრის საბურველს მის გარშემო. მტკერ-გაზის კული კომეტს

<sup>1</sup> „ეკლიპსის“, ბერძნ. — დაბნელება.

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

<sup>3</sup> პლანეტი და „ეიდოს“ — პლანეტისმაგვარი.

<sup>4</sup> „კომეტეს“, ბერძნ. — გრძელთმიანი (იჭულისხმება კული)

<sup>5</sup> „კომე“, ბერძნ. — თმა.

მზის მიახლოებისას უჩნდება და მისი სივრცე 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, გაურკვეველია, წარმოშობით მზის სისტემას ეკუთვნის კომეტები, თუ უცხო სტუმრები არიან, რომელთაგან ზოგი, როგორც გალიეის კომეტი, მზეს დაუკერია.

უკეთ არიან ცნობილი შეუღარებლად უფრო პატარა მეტეორიტები. როგორც ჩანს, პლანეტაშორის სივრცეში უამრავი ასეთი სხეული მოძრაობს, საღ გაფანტული და საღ გუნდურად. მოძრაობს კოსმოსური სიჩქარით. თუ მიწას მოუახლოვდა და ატმოსფეროში შემოიჭრა, ჰერი მის მოძრაობას წინააღმდეგობას გაუწევს. ძლიერი ხახუნი გამოიწვევს სხეულის გახურებას ისე, რომ იგი ნათებას იწყებს. ესაა ის, რასაც ხალხი მოწყვეტილ ვარსკვლავს უწოდებს. ხშირად ამ მოვლენის გამომწვევი მეტეორიტი ჰაერშივე მიიღევა და მისგან, ასე ვთქვათ, აღარაფერი რჩება. მაგრამ ზოგი უფრო დიდი მათგანი ჰერს გაივლის და მიწაზე დაეცემა. ამის ეტყვიან მეტეორიტს.

მეტეორიტები ჯერჯერობით 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, კუთხეიანი (სურ. 6). ქიმები ჰერში გავლა-გახურების შედეგად მომრგვალებული აქვს. იმავე მიზეზით ზედაპირი მოლლობილი, მინის ქერქგადაკრულია (სურ. 7). ჩვეულებრივ მეტეორიტი სანტიმეტრებით და ნაკლებით იზომება, მაგრამ ცნობილია უჩვეულოდ დიდ მეტეორიტებიც, რომელნიც არაერთ ტონას იწონიან, ასეთი იყო ტუნგუსეთის მეტეორიტი, რომელიც 1908 წელს ჩამოვარდა. სიხოტე-ალინის 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 დიამლოს კრატერი ჩრდილო ამერიკაში



(შტატი არიზონა). ეს არის ძაბრისებური დეპრეჯია, რომლის დია-  
მეტრი 1207 მეტრს უდრის და სიღრმე — 174 მეტრს (სურ. 8).

ქიმიურმა შესწავლამ დღემდე მეტეოროიტებში 70-მდე ელემენტი  
დაადგინა. ყველა ცნობილია მიწაზედაც, რაც შეეხება ამ ელემენტე-

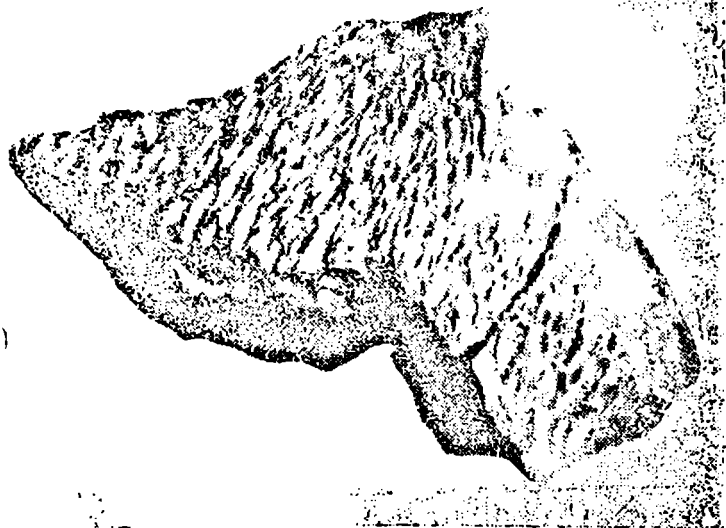


სურ. 6. მეტეოროიტი ორი მხრიდან: მარცხნივ მოძრაობის-  
წინა მხარე, მარჯვნივ — უკანა.

ბის ნაერთებს, ე. ი. მინერალებს, მათ შორის არის ისეთებიც, რომელ-  
ნიც მიწაზე ცნობილი არ არიან [შრეიბერზიტი ( $Fe, Ni$ )<sub>2</sub>P, ლობრე-  
ვლითი  $FeCr_2S_4$  და სხ.].

შედგენილობისა და სტრუქტურის მიხედვით მეტეოროიტებს რამ-  
დენიმე ჯგუფად ჰყოფენ. მთავარი არის რკინა-მეტეოროიტე-  
ბი და ქვამეტეოროიტები. პირველნი არაეხითად ნიკელნა-  
რევი რკინისაგან შედგებიან, ხოლო მეორენი ამ მხრივ უახლოვდებიან  
ფუძე მაგმეულ ქანებს: არის ამ ორს შუა გარდამავალი ჯგუფიც. და-  
ნალექი ქანების მსგავსი მეტეოროიტებში ჯერ არაფერია ნაპოვნი, არის  
ნახშირბადის ნაერთები. მაგრამ არ ჩანს, რომ ორგანოგენური იყვნენ.

როგორც აღენიშნეთ, მეტეოროიტებს ნამეტრევეების ფორმა აქვთ.  
ფიქრობენ, რომ ისინი წარმოადგენენ რალაც პატარა პლანეტის ან  
ასტეროიდის ნამახვრევეებს. მსხვრევეა პლანეტების ერთმანეთთან და-  
ჯახებას ან აფეთქებას უნდა გამოეწვია. პატარა პლანეტს ატმოსფე-



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



სურ. 8. მეტეორიტული კრატერი კანიონ დიბლო (ჩრდილო ამერიკაში).

რო არ ექნებოდა (იხ. ქვემოთ) და გასაგებია, რომ იქ არც დანალექი ქანებია.

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 დღე-ღამე (საშუალოდ 23 საათი, 56 წუთი და 4.0905 წამი), ხოლო მზის გარშემო მიმოქცევის — 365,256 დღე-ღამე (აგრეთვე საშუალო).

მიწის ორბიტიც, რა თქმა უნდა, ელიპსურია და მზე ამ ელიპსის ერთ-ერთ ფოკუსსაგანში 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 შეეუღლი სხივებით, ხოლო პოლუსებზე — შემხებით; გამოიყოფოდა მკაფიო კლიმატური სარტყლები: ძლიერ ცხელი ტროპიკული, ზომიერი და ძლიერ ცივი პოლარული; მთელი წლის მანძილზე მეტეოროლოგიური პირობები უცვლელი დარჩებოდა. ერთადერთი ცვლილება იქნებოდა, რომ იანვარში მიწა მზეს მიუახლოვდებოდა და მცირეოდნად ათბებოდა ყველგან მიწაზე, ხოლო ივლისში ასევე აცივდებოდა.

სინამდვილეში ასე არ არის. მიწის ღერძი დახრილია ორბიტის

<sup>1</sup> „პერი“, ბერძნ. — ახლოს, „ჰელიოს“ — მზე.

<sup>2</sup> „აპო“, ბერძნ. — შორს, „ჰელიოს“ — მზე.

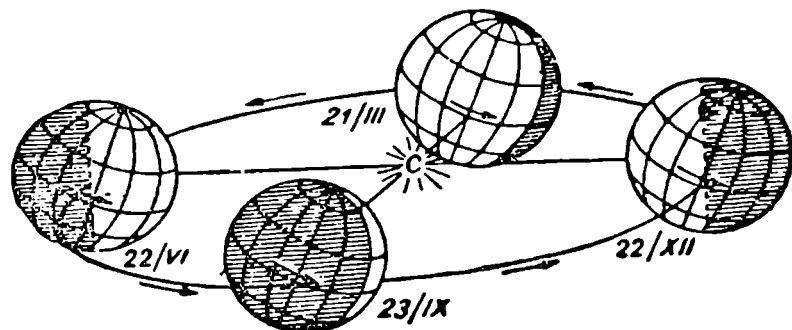
სიბრტყისადმი კუთხის 66 გრადუსით და 33 მინუტით. თანაც მზის გარშემო მოძრაობისას იგი მუდამ ინარჩუნებს თავის მიმართულებას და პოლუსის ვარსკვლავისკენ იყურება. ამის გამო დეკემბერში მიწის სამხრული პოლუსი არის მზისკენ, მარტში კი — მიწის მარცხენა მხარე) თუ დამკვირვებელს თავი ჩრდილოეთისკენ აქვს და ორბიტა დაჰყურებს); 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 წ ლ ი ს დ რ ო ს ი ა ნ უ ს ე ზ ო ნ ე ბ ი. რომელთა მიმდინარეობა ჩრდილო და სამხრულ ნახევარსფეროში ერთმეორის საწინააღმდეგოა (სურ. 9). ჰავათა სხვადასხვაობა პოლუსებისაკენ და ეკვატორისაკენ ნაკლებად მკვეთრია, 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 ნაწილია. მის წარსულს. როგორც გათვისებული ციური სხეულისას, 4,5 მილიარდ წელიწადს ვარაუდობენ მიახლოებით.

მეცხრამეტე საუკუნეში დიდი ნდობით სარგებლობდა მზის სის-

ტემის წარმოშობის კანტ-ლაპლასის კიპოთეზი ანუ, როგორც ჩვეულებრივ ამბობენ, თეორია. ამ თეორიის საფუძვლები პირველად ცნობილმა ფილოსოფოსმა კანტმა (Kant) მოხაზა მეთვრამეტე საუკუნეში. უფრო გვიან, მაგრამ კანტისგან დამოუკიდებლად იგი ფრანგმა მეცნიერმა ლაპლასმა (Laplace) ჩამოაყალიბა. უკანასკნელის მიხედვით მზის სისტემის საწყისის წარმოად-



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

გენდა უზარმაზარი ერთობილი მზე, უაღრესად მხურვალე 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 ჩაბრტყელებული 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 პლანეტებისაგან 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 მაზედ თანდათან ხელი აიღეს, რადგან საეჭვოდ მიიჩნიეს, რომ მზისირგვლივი სარტყლისგან პლანეტების წარმოშობა შეიძლებოდა, რადგან მზისა და ზოგი პლანეტის ნივთიერი შემადგენლობა (ოდენობითი) ძლიერ განსხვავდება ერთმანეთისაგან და, რაც მთავარია, მზის ბრუნვის სიჩქარე პლანეტებთან შედარებით ბევრად ნაკლებია, ვიდრე თეორია მოითხოვს. ეს კია, რომ სხვა უფრო მისაღები თეორია ჭერჭერობით არაფერა ჩანს.

### ზოგი შეკითხვა და ჩანება

მოძებნეთ 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 მტვროიტებს და რა კავშირი შეიძლება ჰქონდეს მას მიწის შედგენილობასთან? რა არის კომეტი? ასწერეთ. რა არის ასტეროიდები?

ჩამოთვალეთ რიგზე პლანეტები. რა ფორმა აქვს პლანეტების ორბიტებს? მონახეთ 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 ღერძი რომ ეკლიპტიკის მართობული ყოფილიყო? ასწერეთ წლის სეზონების მიმდინარეობა.

### მიწის საერთო რაგვარობა

მიწის ფორმა და სიდიდე. მთელი მზის სისტემა სამყაროსა და ცალკეულ გალაქტიკებთან შედარებით მტვრის მარცვლადაც არ ითქმის. ასევე პაწია არის მიწა მზის სისტემის გვერდით. მაგრამ სულ სხვა იქნება, თუ იმავე მიწას ადამიანის თვალით შევხვდავთ. 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, როგორიც არის მთვარეზე მიწის ლანდის ყოველთვის რკალური კონტური 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 იდეამ შესაძლებელი გახადა 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 გეომეტრიული ფიგურათაგანი არის, რომელთა ყოველი, რაგინდ პატარა, ნაწილაკი სრულიად საკმაო არის, რათა მთელი აღვადგინოთ. რაც უფრო პატარაა სფერო, მით უფრო მეტია მისი ზედაპირის სიმრუდე და პირიქით: რაც უფრო დიდია სფერო, მით უფრო 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 ერატოსთენემ. მან იცოდა, რომ ეგვიპტის ქალაქები ალექსანდრია და სიენი (დღეს ასუანი) ერთ შერიდიანზე 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 ერთობადაა უადრეადა მართივად და გონებამახვილურად გადასჭრა. მან იცოდა, რომ ზაფხულის არდადეგის დროს (ივნისის 22) სიენში მზის სხივები შეეული



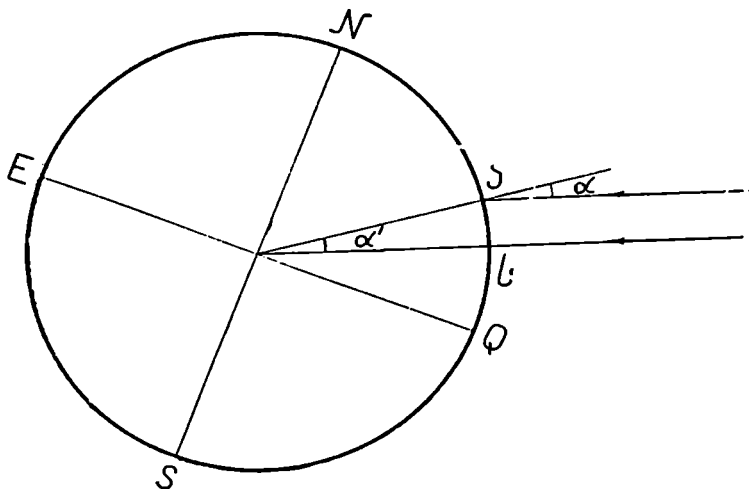
სურ. 10. მიწის ზედაპირის ნაკვეთის ფოტოსურათი. ხელოვნური თანამგზავრიდან გადაღებული (მრავალი ნაწილფოტოს კომბინაცია).

არიან. იპავე დღეა ალექსანდრიაში სხივები დახრილი არიან და შეეულთან ჰქმნიან კუთხეს  $\alpha$  (სურ. 11). ადვილი დასანახავია, რომ ორივე შეეული მიწა ცენტრში ჰკვეთს ერთმანეთს და ამგვარად გამოისახება ალექსანდრია-სიენის რკალის ცენტრალური კუთხე  $\alpha'$ . რადგან შორეული მზის სხივები ერთმანეთის პარალელურად უნდა მივიზინოთ. კუთხეები  $\alpha$  და  $\alpha'$  ტოლი იქნებიან. როგორც შესატყვისი კუთხეები.

ერთობადაა გაზომა კუთხე  $\alpha$  და ამგვარად შეიტყო ცენტრალური კუთხის და, რაც იგივეა, სათანადო რკალის ზომა (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 წრეხა-  
 ზის სიგრძე. ხოლო, რადგან წრეხაზის სიგრძე უდრის  $2\pi R$ -ს, ადვი-  
 ლი საპოვნია რადიუსის სიგრძეც. აღსანიშნავია, რომ ე რ ა ტ ო ს -



სურ. 11. მიწის რადიუსის გაზომვა  
 ე რ ა ტ ო ს თ ე ნ ი ს მ ი ე რ (განმარტება ტექსტში).

თ ე ნ ი ს მ ი ე რ მიღებული რიცხვები მხოლოდ მცირეოდნად განსხ-  
 ვავდებიან თანამედროვე ზუსტი გაზომვების შედეგისაგან.

უფრო გვიან მიწის სფერულობის იდეის კიდევ უფრო შესანიშ-  
 ნავი შედეგი იყო ამერიკის აღმოჩენა.

ამგვარად, მიწა რომ სფერულია, დიდი ხანია მტკიცედ არის დად-  
 გენილი, მაგრამ რ ა ტ ო მ არის იგი სფერული. ეს უცნობი იყო.  
 მხოლოდ ნ ი უ ტ ო ნ მ ა მოჰვინა ამ საკითხს შუქი (XVII საუკ.).  
 ამ მეცნიერის მიერ აღმოჩენილი მსოფლიო მიზიდების ძალა, რომე-  
 ლიც მიმზიდველი 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 რაგინდა რა ფორმა ჰქონდეთ.

<sup>1</sup> Agglomerare, ლათ. — შეხროება. „აგლომერატი“ — ხროვა.

ამის ნებას მათ სიმტკიცე<sup>1</sup> აძლევს. მაგრამ სიმტკიცე უსაზღვრო რო-  
დია: დიდი წნევისა და მაღალი ტემპერატურის პირობებში ყოველი  
სხეული მეტ-ნაკლებად პლასტიური ხდება, განსაკუთრებით, თუ ზე-  
მოქმედება ხანგრძლივია. აქაც, როდესაც სხეულის მასა მატულობს,  
იზრდება მიზიდების ძალაც, სიმტკიცე კი იგივე რჩება. მალე დადგე-  
ბა მომენტი, როდესაც მიზიდება სიმტკიცეს გადააჭარბებს და მასას  
სფერულ ფორმას მისცემს. ამიტომ არის, რომ პატარა ასტეროიდებს  
შემთხვევითი კუთხედი ფორმა აქვს, ხოლო პლანეტებს — სფერული.

ამას თითქო ეწინააღმდეგება ჩვენი ყოველდღიური დაკვირვება:  
გარშემო ვხედავთ დიდსა და პატარა მალღობებს და მთებს, რომელ-  
ნიც. მიუხედავად სიმძიმის ძალისა, სფეროს არ მორგებიან. ამ მოვ-  
ლენის გაგება ძნელი არ არის. მიწის ზედაპირი რომ მთლიანად სით-  
ხით, მაგალითად, წყლით იყოს დაფარული, იგი სფეროს სახეს მიი-  
ღებდა. მაგრამ, რაკი მიწის ქერქი მყარი მასალისაგან შედგება, მისი  
ზედაპირი სიმძიმეს ასე აღარ ემორჩილება და არაწონასწორ მდგო-  
მარეობას ინარჩუნებს გარკვეულ საზღვრებში. მცირე მალღობის  
შემთხვევაში მისი წონაც მცირეა, მასალის სიმტკიცე ამ წონას უძ-  
ლებს და უსწორმასწორო რელიეფი უცვლელი რჩება. მაგრამ მთის  
სიმაღლემ რომ იმატოს, გაიზრდება, რა თქმა უნდა, მისი წონაც და  
ბოლოს საქმე იქამდე მივიდოდა, რომ მასალის სიმტკიცე წონას ვე-  
ლარ გაუძლებდა და დაიწყებოდა მთის ძირიდან მასის გამოწწევა.  
ამიტომ მიწაზე მხოლოდ გარკვეული სიმაღლის მთებია შესაძლებე-  
ლი. მთვარეზე, რომელსაც მიზიდების ძალა ნაკლები აქვს, მთების  
სიმაღლე მეტი შეიძლება ყოფილიყო, თუ სხვა პირობებს არ მივი-  
ღებთ მხედველობაში.

ნი უ ტ ო ნ მ ა ახსნა, თუ რატომ არიან მიწა და სხვა ციური სხე-  
ულები სფერული, მაგრამ მანვე გამოსთქვა აზრი, რომ მიწა ზუ ს-  
ტ ა დ ს ფ ე რ უ ლ ი არ შე ი ძ ლ ე ბ ა ი ყ ო ს. მართლაც, მიწა  
თავის ღერძზე ბრუნავს. ამ მოძრაობამ აუცილებლად უნდა წარმოშ-  
ვას ცენტრს გამრიდო ძალა, რომელსაც სიმძიმის საწინააღმ-  
დეგო 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 ხ ა ზ ო ბ რ ი ვ ი ს ი ჩ-

<sup>1</sup> სიმტკიცე სწორედ ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობას ჰქვია.

ქ ა რ ე უდიდესი არის, ხოლო პოლუსებისკენ თანდათან კლებულობს და თვით პოლუსებთან ნულს უახლოვდება. ამიტომ ეკვატორზე სიმძიმის დანაკლისი უდიდესი იქნება და სიმძიმის ინტენსივობა — უმცირესი. პოლუსებისაკენ სიმძიმის ინტენსივობა თანდათან იზრდება. რადგან ამის გამო პოლუსზე ნივთიერება უფრო ძლიერად მიიზიდება ცენტრისკენ, იქ მიწის ზედაპირი ცენტრს მიახლოებული, ჩაბრტყელებული უნდა იყოს, ხოლო ეკვატორზე, სადაც ცენტრისკენ მიზიდება 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 ბ რ უ ნ ვ ი თ ი ე ლ ი პ ს ო ი დ ი ე წოდება. მიწის ნამდვილი ფორმა არის არა სფერო, არამედ ე ლ ი პ ს ო ი დ ი .

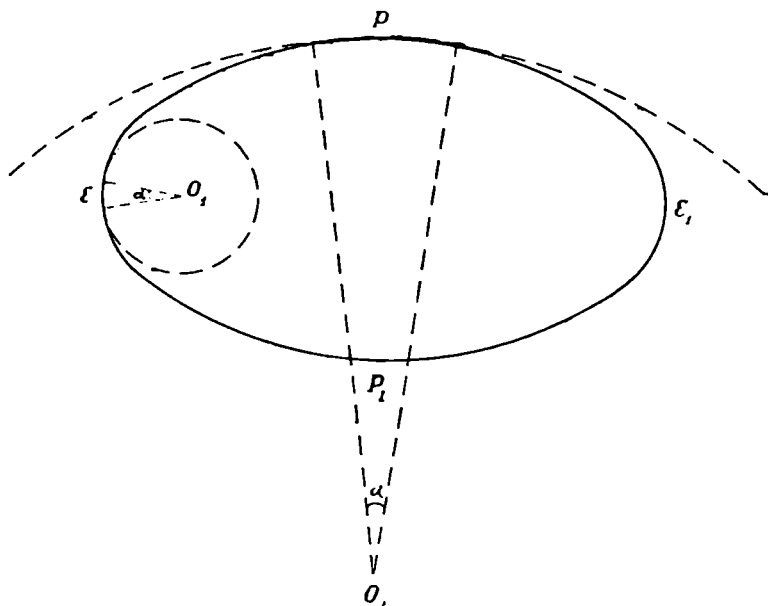
ასეთ მოულოდნელ დასკვნას არ შეიძლებოდა ცხარე კამათი არ გამოეწვია, მაგრამ საბედნიეროდ საკითხი ისეთია, რომ მისი შემოწმება შეიძლება. ადვილი დასანახავია (სურ. 12), რომ ელიპსური მერიდიანის სიმრუდის რადიუსი უმცირესი იქნება ეკვატორზე, პოლუსებისაკენ მოიმატებს და თვით პოლუსებზე მაქსიმუმს მიაღწევს. ამის გამო მერიდიანის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

საფრანგეთის მეცნიერებთა აკადემიამ სამი ექსპედიცია გამოკყო. ერთს უნდა გაეზომა მერიდიანის ერთგრადუსიანი რკალის სიგრძე სამხრულ ამერიკაში ეკვატორთან, მეორეს თვით საფრანგეთში საშუალო განედების პირობებში და მესამეს ჩრდილო განედებში, ლანდში.

ჩატარებულმა გაზომებმა საეხებით დაადასტურეს ნ ი უ ტ ო ნ ი ს 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 ერთ-ერთი 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



სურ. 12. ს ი მ რ უ დ ე.  $EE_1$  ელიპსის დიდი ღერძი არის,  $PP_1$  — პატარა.

$P$ -ში ელიპსის სიმრუდე (მოლუნელობა) უმცირესია. აქ რომ ელიპსსდამოხვეული წრეხაზი გავატაროთ. მისი ცენტრი იქნება  $O_2$ . სათანადო რადიუსი გამოხატავს წყვეტილი ხაზით გატარებული დიდი წრის სიმრუდეს საერთოდ და ელიპსისას წერტილ  $P$ -ში. ასევე ელიპსსდამოხვეული წრეხაზი  $E$ -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.

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 ექსცენტრიციტეტი „

თუ მას განვსაზღვრავთ როგორც  $\frac{R_e - R_p}{R_e}$ , უდრის 1:297-ს. 30-სან-

ტიმეტრიანი რადიუსის მქონე გლობუსზე ეს ჩაბრტყელება დაახლოებით ერთი მილიმეტრი იქნება, ე. ი. პრაქტიკულად შეუმჩნეველი დარჩება.

ამგვარად გაგებული მიწის ელიპსოიდი ორღერძიან ელიპსოიდია. მისი ერთი ღერძი იქნება ბრუნვის ღერძი, ხოლო მეორე — ეკვატორის დიამეტრი. თვით ეკვატორი წრიული იგულისხმება. ასეთი არის საერთოდ მიღებული შეხედულება. მაგრამ ზოგი მკვლევარი გამოსთქვამს აზრს, რომ არც ეკვატორია წრეხაზი. ისიც ელიპსია. ასეთ შემთხვევაში სამღერძიან 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 გვაძლევს ფორმულები  $4\pi R^2$  და  $4/3\pi R^3$ . მაგრამ სინამდვილეში ხომ 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 ფართობი არის  $5101 \cdot 10^3$  კმ<sup>2</sup>, ხოლო მოცულობა —  $1083 \cdot 10^9$  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 უგულებელვყავით, მაგრამ მიწის ზედაპირის თითქმის სამი მეოთხედი წყლით არის დაფარული, იქ მუდმივი რამ უსწორმასწორობა არ არის და მიწის ელიპსოიდის ზედაპირის ფიზიკურ გამოხატუ-

ლ ე ბ ა დ სწორედ ის ითვლება. იგულისხმება ოკეანის საშუალო ზედაპირი ღელვის, მიმოქცევისა და სხვა მისთანათა გამორიცხვით. ამ ზედაპირის კონტინენტებზე გასავრცელებლად წარმოდგენენ ხმელეთზე გაქრილს და ოკეანეებთან 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 მასათა განაწილება არაქებითად წონასწორი. სინამდვილე კი ის არის, რომ მიწის ზედაპირზე მალალი კონტინენტები არის გაფანტული, ამ კონტინენტების მასა ოკეანის წყალს თავისკენ იზიდავს და ამის გამო ოკეანის დონე კონტინენტებთან მიახლოებისას მეტად ან ნაკლებად ამალღებულია, ელიპსოიდი დეფორმებულია. წარმომდგარა სხეული, რომლის ზედაპირი არც სფეროსია და არც ელიპსოიდის და რომელსაც გეოი დ ს უწოდებენ. გეოიდი არ არის რომელიმე წესიერი გეომეტრიული ფიგურა. მისი ფორმა მიწის ზედაპირზე და შიგნეთში მასათა განაწილების გამომხატველია და სპეციფიურია 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 შვეული ხაზის მართებულია და მისი დადგენა ზუსტად შეიძლება. განსხვავება ელიპსოიდსა და გეოიდს შორის სიდიდით ძლიერ მცირეა, ათეული მეტრებით იზომება.

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

<sup>1</sup> Gravititas, ლათ. — სიმძიმე.

ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, რომ პლანეტების, და მათ რიცხვში მიწის, სფერული ფორმა გრავიტაციის შედეგია. 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 გაფართოებულიყო და გაფანტულიყო. გრავიტაცია ამას ეწინააღმდეგება: თითოეულ ნაწილაკს მიწა თავისი ცენტრისკენ იზიდავს და გაცილებს სამუალებას არ აძლევს.

იმის მსგავსი ხდება, რაც ზევით გასროლილი ქვის შემთხვევაში: ქვის აღმა მოძრაობის 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 გასცილდეს მიწას სამუდამოდ. ამას აადვილებს ის გარემოებაც, რომ ატმოსფეროს ზედა ნაწილში ჰაერი ძლიერ გაიშვიათებულია და დაჯახების ალბათობა თანდათან უფრო მცირეა. თუ ასე არ მომხდარა და ატმოსფერო არ გაფანტულა, მხოლოდ იმიტომ, რომ გაზის ნაწილაკსაც გრავიტაცია აბრუნებს უკან ისევე, როგორც ზევითკენ გასროლილ ქვას.

მაგრამ ამისათვის 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. იმისათვის 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. იმიტომ მძიმე ნაწილაკები უფრო მტკიცედ არიან მიწასთან დაკავშირებული.

აეროლოგებმა<sup>1</sup> შენიშნეს, რომ ატმოსფეროს ზედა ფენებში გაზი ჰელიუმი ბევრად ნაკლებია, ვიდრე მოსალოდნელი იყო. ამას იმით ხსნიან, რომ ჰელიუმი 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 შეაძლებელი გახადა მიწის მასის და სიმკვრივის გაზომვა. ნიუტონის კანონის თანახმად, რომელიმე სხეულს წონა მიწის ზედაპირზე  $p$  პროპორციულია სხეულის მასის  $m$ , გამრავლებულის მიწის მასაზე  $M$  და მიწის რადიუსის კვადრატზე

გაყოფილს:  $p = k \frac{mM}{R^2}$ . ამ ფორმულაში  $k$  არის პროპორციული

ლობის კოეფიციენტი, ე. ი. უდრის ძალას, რომლითაც წერტილში მოთავსებული ერთი გრამ-მასა მიიზიდავს მეორე ასეთსავე გრამ-მასას ერთი სანტიმეტრის მანძილზე. ასეთ შემთხვევაში  $m = 1$ ,  $M = 1$  და  $R = 1$ . ფორმულა მიიღებს სახეს  $p = k$ . ეს სიდიდე 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 სასწორზე<sup>2</sup>. ზე-

მთ მოცემული ფორმულის თანახმად  $M = \frac{pR^2}{km}$  განტოლების მარ-

ჯვენა 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

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

<sup>2</sup> ზამბარაკიანი სასწორი ანუ დინამომეტრი რეალურად ზომავს სიმძიმის ძალას. უღლიანი სასწორი ადასტურებს მხოლოდ წონათა თანასწორობას, ხოლო მათ სიდიდეზე არაფერს გვეუბნება



აწონა გვაძლევს მიწის მასას  $M$ . ამგვარად, რაკი  $k$  ცნობილია, რაიმე სხეულის ზამბარაკიანი სასწორით (დინამომეტრით) აწონა მთელი მიწის აწონასაც ნიშნავს.

ასეთნაირად ვაზომილ 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 უპარესად საგულისხმოა. მართლაც, მიწის გარე ნაწილის ანუ ქერქის (იხ. შემდეგ) შემადგენელი ნივთიერების სიმკვრივე, აგრეთვე საშუალო, უშუალოდ არის ვაზომილი 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 მიხედვით, 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 მართო წნევა ასეთ სიმკვრივეს ვერ ახსნის. სინამდვილე ის უნდა იყოს, რომ მიწის შიგნეთის ნივთიერი შემადგენლობა ზხვა არის, ვიდრე ქერქის: იქ უფრო მძიმე ელემენტებია დაგროვილიო. კერძოდ, მიწის გული ძირითადად ნიკელ-რკინისაგან უნდა შედგებოდესო.

ასეთ წარმოდგენას თითქო ადასტურებს, ერთი მხრით, ის გარეშობა, რომ ფუძე და ულტრაფუძე ქანებს, რომელნიც ძირითადად ქერქსქვეშიდან 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 ჰგულისხმობენ, რომ მიწაც იმ პლანეტების მსგავსად უნდა იყოს აგებული.

მიწის ფორმა ხომ გრავიტაციის შედეგია 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. მი-

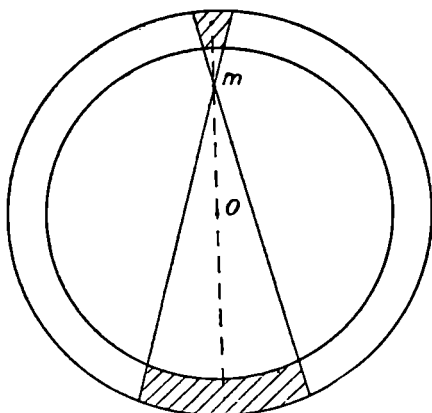
წის გულში უფრო მძიმე მასალა დაბინავდება, შუალედში ნაკლებ-  
 მძიმე და კიდევ უფრო მსუბუქი — ქერქში. მიწის შიგნეთი რომ  
 მდნარი იყოს, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, ნივთიერების ასეთი გა-  
 ნაწილება ადვილად მოხდებოდა და კარგი წონასწორობა დამყარდე-  
 ბოდა. მყარ მიწაში გ რ ა ვ ი ტ ა ც ი უ ლ ი დ ი ფ ე რ ე ნ ც ი ა ც ი ა ,  
 როგორც ამ პროცესს უწოდებენ, შეუღარებლად უფრო ნელი იქნე-  
 ბა, მაგრამ მაინც მოხდება. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ; რალაც დე-  
 ნალობა მყარ ნივთიერებასაც აქვს, განსაკუთრებით მაღალი ტემპე-  
 რატურის 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 აჩქარ-  
 რებით, რომელსაც ეს ძალა აძლევს სხეულს ვარდნის პროცესში.  
 მიწა რომ სფერული იყოს და უძრავი, ეს აჩქარება მიწის ზედაპირ-  
 ზე ყველგან ერთგვარი იქნებოდა. ელიპსოიდური და ისევე უძრავი  
 მიწის შემთხვევაში აჩქარება (და, მაშასადამე, 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 ეკ-  
 ვატორზე და უმცირესი პოლუსზე. ეს ორი ფაქტორი, ცენტრიდან  
 დაშორება და ცენტრსგამრიდი ძალა, ერთისა და იმავე მიმართულე-  
 ბით მოქმედებს და მბრუნავი ელიპსოიდური მიწისათვის სიმძიმის  
 ინტენსივობის ცვლა ეკვატორიდან პოლუსამდე საკმაოდ დიდი არის:  
 სიმძიმის აჩქარება  $g$  ეკვატორზედ უდრის  $978 \text{ cm/sec}^2$ , ხოლო პოლუ-  
 სებზე —  $985 \text{ cm/sec}^2$ . თბილისში  $g = 980$ .

ამასთან დაკავშირებით ბუნებრივი იქნება მოვსინჯოთ, თუ რო-  
 გორია სიმძიმის ძალის ინტენსივობის განაწილე-  
 ბა მიწას შიგნით. პირველი შეხედვით შეიძლებოდა გვეფიქ-  
 რა, რომ, რაც უფრო ვუახლოვდებით მიწის ცენტრს, მით უფრო  
 დიდია მიწის მასის ძალა. ამას თითქო გვიკარნახებს ნიუტონის  
 კანონი: მანძილი თუ ორკეცად შემცირდა, ძალა ოთხკეცად უნდა გა-  
 იზარდოს. მაგრამ არ უნდა დავივიწყოთ, რომ კანონი ჰგულისხმობს,  
 რომ მთელი მიმზიდველი მასა ერთიანად ცენტრშია თავმოყრილი.

ასტრონომიაში ასეთი დაშვება სავსებით გამართლებულია. 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 ერთიმეორის გარეთ მდებარეობენ, მაგრამ როგორი იქნება მდგომარეობა იმ შემთხვევაში, როდესაც მიწაში ევ მოთავსებული ნივთიერებების მიწის მიერ მიზიდებასთან გვაქვს საქმე?

წარმოვიდგინოთ მიწის ჰრილი დიდი წრის, ვთქვათ, მერიდიანის გასწვრივ (სურ. 13). იყოს  $m$  სანებური ნივთიერი ნაწილაკი ამ ჰრილ-



სურ. 13. სიმძიმე მიწის შიგნით (განმარტება ტექსტში).

ზე მიწას შიგნით. გავატაროთ მიწის ცენტრიდან წრეხაზი ამ ნაწილაკსა და ზედაპირს შუა. მივიღებთ სფერულ ფენას, რომელიც ცენტრიდან მთლიანად ნაწილაკ  $m$ -ის გარეთ მდებარეობს.

გავატაროთ ახლა  $m$ -ში ორი ერთმანეთის გამკვეთი სიბრტყე. ნახაზზე ეს მოგვცემს ორ გამკვეთ ხაზს, ხოლო ზემოხსენებული ფენა გაიყოფა 4 ნაკვეთად. შევაჩეროთ ყურადღება ორ დაშტრიხულ ნაკვეთზე, თუ მათ პროპორციულ სისქესაც მივცევთ ნახაზის მართობულად, მივიღებთ ორ მასას, რომელნიც  $m$ -ს იზიდავენ ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ერთი ზევითკენ და მეორე ქვევით-

კენ (ნახაზზე). ზედა ნაკვეთისმიერი მიზიდება ნაკლები 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-ისგან დაშორების კვადრატი 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 (მარჯვნივ და მარცხნივ) ორი ნაკვეთისმიერი მიზიდება და ადვილი დასაანახავია, რომ ზემოთაღნიშნული გაგებით ნაწილაკსგარეთ 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 მიმზიდავი მასის კლების შედეგად. პირველ ხანად ცენტრთან მიახლოების ეფექტი ჭარბობს, გარკვეულ სიღრმემდე სიმძიმის ინტენსივობა იზრდება. მაგრამ მალე მასის კლების გავლენა გადაამეტებს და იწყება სიმძიმის კლება, სანამ ცენტრში ინტენსივობა ნულს არ გაუტოლდება.

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

სიმძიმეული აჩქარება და წნევა მიწას შიგნით  
(მაგნიეკის მიხედვით)

სიღრმე (კმ)	სიმძიმეული აჩქარება (სანტ/სეკ <sup>2</sup> )	წნევა ბარობით <sup>1</sup>
0	932	—
33	985	9000
400	997	136000
800	999	260000
1200	991	390000
1800	985	780000
2900	1037	1370000
4000	762	2,900,000
5000	452	3,120,000
6000	126	3,480,000
6570	0	3510000

და ძლიერ რთულია. ანგარიშობენ, რომ ცენტრში წნევა 3,5 მილიონი ატმოსფეროს რიგისა უნდა იყოს.

¶ გეოთერმია. ცნობილია, რომ მიწის ზედაპირის და ჰაერის ტემპერატურა ძლიერ ცვალებადია. იცვლება დღე-ღამეში, იცვლება 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 ზულ ერთსა და იმავე 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 ღამ. მხოლოდ ზაფხულის ტემპერატურა აღემატება ისევ ზამთრისას, მაგრამ ისიც ნაკლებად, ვიდრე ზედაპირზე. კიდევ უფრო ღრმად ეს განსხვავებაც შემცირდება და ბოლოს ტემპერატურა ზამთარ-ზაფხულში უცვლელი გახდება.

ასეა ყველგან მიწაზე. იმ სიღრმეს, სადაც დღე-ღამეში და წლიუ-

<sup>1</sup> ბარი წნევის ერთეული არის. უდრის 106 დინს, ე. ი. დაახლოებით ერთ ატმოსფეროს. იხ. გვ. 48.

რად 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 მუდმივია, მაგრამ იგი მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო ღრმად ჩავალთ მიწაში: ტემპერატურა უცვლელია დროში, მაგრამ ცვალებადი სიღრმის მიხედვით. დაკვირვებამ გვიჩვენებში, შახტებში და განსაკუთრებით ბურღილებში ნათელაა, რომ ტემპერატურის ზრდა სიღრმეში ძლიერ კანონზომიერი არის. მაგრამ ზრდის ტემპი სხვადასხვა ადგილას საგრძნობლად განსხვავდება. მართალია, ხშირად ამბობენ, ყოველი 100 მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურას 3°C ემატებაო, მაგრამ ეს სავესებით პირობითი საშუალო არის მხოლოდ. წინამდებარე ცხრილი გვიჩვენებს რამდენად დიდია სხვადასხვაობა:

### ცხრილი 3

ტემპერატურის ზრდა სიღრმის მიხედვით

ადგილი	გეოთ. გრადიენტი	გეოთ. საფეხური
დონეცის აუზი	30,68° C/km	32 m
მონჩე-ტუნდრა	6,54	153
პალეოკალე	17,95	55
კენტიშ-ტაუნ	32,12	31
კალიფორნია	49,50	20
ორეგონი	148,26	7
კარნაგონი	5,80	172

კარნაგონში (აფრიკა) 172 მ სიღრმე უნდა გავიაროთ (საშუალო 33 მეტრის ნაცვლად), რათა ტემპერატურამ 1 გრადუსი მოიმატოს,

წილო ორეგონში (ჩრდილო ამერიკა) — 7 მ. მხოლოდ კენტიშ-ტაუნი და დონეის აუზი უახლოვდება „საშუალოს“.

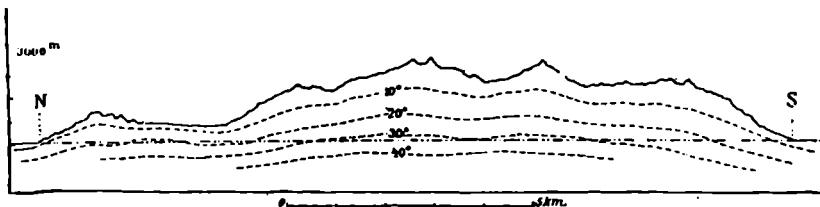
ტემპერატურის ნამატს სიღრმეში სათანადო სიღრმეზე გაყოფილს გეოთერმიული გრადიენტი ჰქვია. პირიქით, სიღრმე, რომელზედაც ტემპერატურა  $1^{\circ}\text{C}$ -ით იზრდება, გეოთერმიული საფეხური იქნება. თუ გეოთერმიული გრადიენტი არის  $3^{\circ}\text{C}$  100 მეტრზე, საფეხური 33 მეტრი იქნება. ანომალურად მაღალი გრადიენტი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

მიწაში რომ ყველა ის წერტილი შევავართოთ, სადაც ერთი და იგივე ტემპერატურაა, მივიღებთ კანონზომიერ ზედაპირს, რომელსაც გეოიზოთერმს უწოდებენ. გამკვეთ ჰრილში 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 საფეხური.

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, ოღონდ ნაკლებად მკვეთრად.

ადვილი დასანახავია, რომ, თუ ტემპერატურის ამალღება მიწის ცენტრისკენ ბოლომდე ისევე გაგრძელებულიყო, როგორც ზედაპირის ახლოს არის, ცენტრში ტემპერატურა ძლიერ მაღალი იქნებოდა,  $200\ 000^{\circ}$ -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  $10\ 000^{\circ}$ -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,



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

საერთო ტემპერატურულ დონესთან არის დაკავშირებული ეს მოვლენა, თუ ცალკეულ უბნებთან.

ყოველ შემთხვევაში ის გარეწობება, 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 ეს სითბო?

აქაც წინათ ფიქრობდნენ, რომ მიწა წარმოშობისას ძლიერ მხურვალე იყო, სითბოს დიდი მარაგი ჰქონდა, ეს მარაგი შემდეგ 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 გამოჩვეულია, რომ მიწა 4-5 მილიარდი წელიწადია არსებობს. მაშასადამე, ამ ხნის განმავლობაში უნდა ეხარჯა სითბოც და ჯერაც არ გაცივებულა ბოლომდე. მერე როგორ; სითბოს რომელი მარაგი იკმარებდა ამისათვის?

XX საუკუნის მეცნიერება ამ წინააღმდეგობას იმით ხსნის, რომ:



მიწაში არის რადიაქტიური ელემენტები, რომელნიც განუწყვეტლივ დაშლას განიცდიან და სითბოს დიდ რაოდენობას წარმოშობენ. მართალია, ჯერჯერობით საკმაოდ ცნობილი არ არის, თუ რამდენია მიწაში რადიაქტიური ნივთიერება და როგორ არის იგი განაწილებული, მაგრამ ეს კი უდავოა, რომ მიწაც ისევე, როგორც მზე, სითბოს კი არ ხარჯავს მხოლოდ, წარმოშობს კიდევ. ცხადია, ულვეი არც რადიაქტიური სითბო შეიძლება იყოს. რადიაქტიური ნივთიერება იშლება და, მაშასადამე, იხარჯება. რაც დრო გადის, ამ ნივთიერების რაოდენობა უფრო და უფრო ნაკლებია და კლებულობს მისგან წარმოშობილი რადიაქტიური 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, გეოფიზიკალების გამოანგარიშებით, იმისათვის, რომ მიწის ცენტრში მომხდარი ტემპერატურული ცვლილება სითბოგამტარობის საშუალებით ზედაპირამდე გადაიცეს, 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 ჰავის ცვლას ძირითადად მზე განსაზღვრავს.

ძლიერ საყურადღებოა ისიც, რომ დღემდე ჩატარებული გამოცდების მიხედვით სითბოს ნაკადი კონტინენტებში და ოკეანის ფსკერში თითქო თანატოლი არის და უდრის  $1,2 \cdot 10^{-8}$  კალორიას კვადრატულ სანტიმეტრზე სეკუნდში.

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

ბევრად უფრო გვიან, XII—XIII საუკუნეებში, ევროპის მეზღვეებმა ყურადღება მიაქციეს, რომ თავისუფლად მოძრავი მაგნიტურა

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 იუზრება, ჩრდილო პოლუსი ეწოდება, ხოლო მეორეს — სამხრული. გამოიკვია, 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 თანდათანობით უფრო სუსტი. ეს არის მაგნეტური ძალების ველი. ამით აიხსნება, რომ მოზრდილი მაგნეტის ახლოს მოთავსებული მაგნეტური ისარი სრულიადაც 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-ოდე გრადუსიო მისგან დაშორებით) ჩრდილო-აღმოსავლური კანადის ჩრდილოეთით, ხოლო მეორე — სამხრული პოლუსისკენ ტანმანიის სამხრეთით. უნდა აღინიშნოს, კი, რომ ეს ორი პოლუსი ერთმანეთის ანტიპოდი არ არის, მათი შემეარტებელი სწორი ხაზი მიწის ცენტრში არ გაივლის. ადვილი დასანახავია, 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 გადატაროთ, ეს იქნება სათანადო წერტილის მაგნეტური მერიდიანი. მაგნეტური პოლუსები რომ გეოგრაფიულ პოლუსებს ემთხვეოდეს და მიწის შედგენილობაც მაგნეტურად ერთგვაროვანი იყოს, მაგნეტური მერიდიანები გეოგრაფიულებს დაემთხვეოდნენ.

სინამდვილეში ასე არ არის: მაგნეტური მერიდიანი გეოგრაფიულს ჰკვეთს და მეტ-ნაკლებად გადახრილია აქეთ თუ იქეთ. გადახრის კუთხეს დეკლინაციას<sup>1</sup> 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 ჰორიზონტული არ არის. ჩრდილო მაგნეტურ ნახევარსფეროში ისრის ჩრდილო პოლუსი არის დახრილი ქვევითკენ, ხოლო სამხრულ ნახევარსფეროში — სამხრული. ამას უწოდებენ ინკლინაციას<sup>2</sup>. მაგნეტურ პოლუსებზე ინკლინაციის კუთხე 90° იქნება. პოლუსებიდან დაშორებისას ინკლინაცია მცირდება და გარკვეულ ზაზზე ორ პოლუსს შუა კუთხე ნულს უდრის, ისარი ჰორიზონტულია. 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 სხვებზე საერთო სურათის მიხედვით უნდა ყოფილიყო: მოულოდნელია დეკლინაცია, მოულოდნელია ინკლინაცია და განსაკუთრებით კი მაგნეტიზმის ინტენსივობა. ამაზედ იტყვიან მაგნეტური ანომალიაო.

რადგან მაგნეტური ანომალიები ადგილობრივი მოვლენები არის,

<sup>1</sup> Declinatio, ლათ. — გადახრა.

<sup>2</sup> Inclination, ლათ. — დახრა.

ცხადია, მათი გამომწვევი მიზეზიც ადგილობრივი ხასიათის უნდა იყოს. ხშირად ეს არის ზედაპირზე გაშიშვლებული ან მიწა ქვეშ დაფარული რკინის მადნის საბადო, რომელიც საკუთარ მაგნეტურ ველს ჰქმნის, მით უფრო ფართოს და ინტენსიურს, რაც უფრო დიდია საბადო. ამიტომ არის, რომ მაგნეტური ანომალიების შესწავლა მადანთა ძებნა-ძიების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან მეთოდს წარმოადგენს. კარგი მაგალითია კურაკის მაგნეტური ანომალია რუსეთში, რომელიც სწორედ რკინის მადანთან არის დაკავშირებული და თავისი ვაკრელებით უდიდესია 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 ა ა უ კ უ ნ ე ბ რ ი ვ ი ვ ა რ ი ა ც ი ა ო. არის ხანმოკლე და ჩქარი ცვლაც, კერძოდ, მაგნეტური ქარიშხლები. საუკუნეებრივი ვარიაციების მიზეზს თვით მიწაში ჰგულისხმობენ, ხოლო შეტნაკლებად უეცარ რხევათა მიზეზს მიწას გარეთ ეძებენ. მაგალითად, იონოსფეროში (იხ. თავი „ატმოსფერო“) მიმდინარე და მზის მიერ გამოწვეულ პროცესებში.

მეორე მხრივ, ცნობილია, რომ მაგნეტურ ველში, მაგალითად, მიწის მაგნეტურ ველში მოთავსებულმა სხეულმა შეიძლება მაგნეტური თვისებები შეიძინოს. ეს იქნება ინდუქციური დამაგნეტებელი. მიწის მაგნეტურ ველში დამაგნეტებული სხეულის დეკლინაციური ინკლინაციის მიმართულება ისეთივე იქნება, როგორიც იყო მიწის ველია 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, კიურის წერტილი ჰქვია.

ნათელია, რომ მდნარი მავმა 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 მაგნეტური ქანების მაგნეტიზმი. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს იმ

გარემოებას, რომ ქანის მაგნეტური ელემენტების ორიენტაცია ისეთივე იქნება, როგორც მიწის მაგნეტური ველია ქანის გაცივების დროს. შემდეგ მიწის მაგნეტური ველი შეიძლება შეიცვალოს, მაგრამ ქანის მაგნეტიზმი იგივე დარჩება. ეს იქნება გადმონათობა მაგნეტიზმი. ცხადია, რომ, რადგან მიწის მაგნეტური ველის ელემენტები დროის მიხედვით ცვალებადი არიან, სხვადასხვა დროს წარმოშობილი (გაცივებული) მაგმული ქანების ნაშთი მაგნეტიზმი სხვადასხვა იქნება იმის მიხედვით, თუ როდის მოხდა მათი გაცივება. ნაშთი მაგნეტიზმის ელემენტები ასაკობრივ ნიშანს წარმოადგენენ, მაგმული 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 ნამსხვრევები (მინერალების ან ქანების) დამაგნეტებული იყვნენ. წყალში მოძრაობისას, ისინი მიწის მაგნეტური ველის ორიენტაცია: გაიზიარებენ, ე. ი. ისე შებრუნდებიან, რომ მათი მაგნეტური ელემენტები მიწისას დაემთხვენ. ამგვარად, ნალექის მაგნეტიზმს გარკვეული ორიენტაცია მიეცემა, მაგრამ არა იმ ველისა, რომელშიც ნაწილაკების დამაგნეტება მოხდა, არამედ იმ დროისა. როდესაც დალექვა მიმდინარეობდა. აქაც მაგნეტიზმი დროის მაჩვენებელია.

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. პირველხანად 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. შეიქნებოდა 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 — ეს ჯერჯერობით გაბედული

პიპოთეზი არის მხოლოდ და მის გასარკვევად დღეს არაერთი მკვლევარი მუშაობს.

— V 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 მოთავსებული წყალი. ატმოსფერო უწყვეტია მთელი მიწის გარშემო, ჰიდროსფეროს გამწვობა კი დარღვეულია კონტინენტებისა და კუნძულების ამოზევებით.

შემდეგი მიწის გულისაგან უკვე მყარი მიწა იქნება. მის გარე ფენას ხშირად ლითოსფერო<sup>3</sup> უწოდებენ. მაგრამ ამავე ტერმინს ზოგჯერ სხვა გაგებითაც ხმარობენ. ამიტომ უმჯობესია სახელწოდება მიწის ქერქი, თუმცა ამ გამოთქმასაც 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 ჰგულისხმობენ და არა ნივთიერების ფიზიკურ მდგომარეობაში (მყარი და თხევადი). ამჟამად, ძლიერ გავრცელებული შეხედულების თანახმად ქერქის სისქე ოკეანეებს 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 გამოიყოფენ ბიოსფეროს<sup>4</sup> სახელით. ამ გეოსფეროში არის მოთავსებული ცოცხალი ბუნება და, თუმცა მისი საზღვრები ყოველთვის მკა-

<sup>1</sup> „ატმოს“, ბერძნ. — ორთქლი; „სფაირა“ — სფერო.

<sup>2</sup> „ჰიდორ“, ბერძნ. — წყალი.

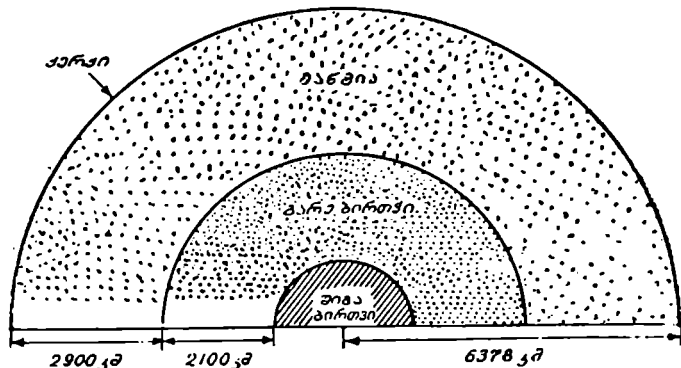
<sup>3</sup> „ლითოს“, ბერძნ. — ქვა.

<sup>4</sup> „ბიოს“, ბერძნ. — სიცოცხლე.

ფიო 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):



სურ. 15. გეოსფეროები. მიწის ქერქის შეფარდებითი სისქე იმდენად მცირეა, რომ ამ სურათზე იგი ხაზით არის წარმოდგენილი.

ფიქრობენ, რომ მანტია მყარ მდგომარეობაში არის და ქერქისეულისმეტად თუ ნაკლებად მსგავსი სილიკატებისაგან შედგება (ზოგი მკვლევარი მას ან მის ნაწილს სწორედ ლითოსფეროს უწოდებს).

ბირთვი თხევადი იგულისხმება ან მთლიანად, ან გარენაწილში მხოლოდ. უკანასკნელ შემთხვევაში არჩევენ გარე ბირთვს და შიგა ბირთვს. არჩევენ რამდენიმე ფენას მანტიაშიც.

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 მოგვიხ-

დება 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 კოსმოსურ სივრცეში. ეს არის ყველაზე გარე გეოსფერო. მისი ქვედა საზღვარი უეჭველად მკაფიო არის. თუმცა ჰაერი საკმაოდ ღრმად ატანს პორიან მიწაშიც და მიწიერი მტვერიც ხშირად აიტაცება ჰაერის ქვედა ფენაში. ასევე მჭიდროა ურთიერთობა წყალთან, რომელშიც ატმოსფეროს გაზები უხვად არიან გახსნილნი და რომლის ორთქლი ისევე უხვად ერთვის ატმოსფეროს.

სხვა არის ზედა საზღვარი. იქ ატმოსფეროს გაზები იმდენად გაიშვიათებულია, 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 გეოსფეროებთან თავისი შემაღლებითაც. მიწის ზედაპირთან ეს არის აზოტი. რომელზედაც მოცულობით 78,08% მოდის, და ქანგბადი 20.95% მოცულობით (აქედან 0,000 001% ოზონია). ამათ გვერდით უნდა აღნიშნოს არგონი — 0,93%; ნახშირქანგა 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 აწვებიან 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>. ადვილი დასანახავია, რომ ეს არის კვადრა-

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



ტულ 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 გაიშვიათებული 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 გამოჰყოფენ ტოპოპაუზის სახელით.

ძლიერ მნიშვნელოვანია სტრატოსფეროსთვის ოზონის კონცენტრაცია. ამ გაზის კვალი ტროპოსფეროშიც არის, მაგრამ სტრატოსფეროში მისი რაოდენობა შესამჩნევად იზრდება და 22—25 კილომეტრის სიმაღლეზე გამოიყოფა „ოზონის ფენა“, სადაც ამ გა-

ზის 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 ჟანგბადის მოლეკულები ატომებად იყოფიან 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 მას ატმოსფეროს მასის 0,5 %-ს შეადგენს მხოლოდ. იონოსფეროსთვის დამახასიათებელია, რომ იქ მზის მოკლეტალღიანი სხივების გავლენით გაზების მოლეკულები დაშლილან ატომებად და იონიზაცია განუცდიათ.

ატმოსფერო მთლიანად მიწასთან ერთად ბრუნავს მიწის ლერძე-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 გამჭვირვალე არის. და ბინათლე და სითბო ამგვარად მიწის ზედაპირამდე ატანს და ატბობს მიწას. ტროპოსფერო მზის ენერჯიის 15 %-ს ნთქავს მხოლოდ, მიწა კი — 43 %-ს. ამის გამო უშუალოდ მზისგან უპირატესად მიწათბება, 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 ენერჯიის (სითბოს) ხარჯვას და გაცივებას. ამით აიხსნება, რომ ტროპოსფეროში ტემპერატურა სიმაღლის მატებასთან ერთად კლებულობს. თუ გამოვრიცხავთ სხვადასხვა დამატებითს ფაქტორებს, რომელნიც სურათს ართულებენ, შეიძლება ითქვას, რომ ცოცხელი 100 მეტრით მაღლა აწევას ტროპოსფეროში თან ახლავს ტემპერატურის დაცემა 0,5°—0,6°-ით: ამიტომ არის, რომ ისე გრილა მაღალ მწვეკრვალეებზე. ერთგვარი მიახლოებით შესაძლებელია მათი სიმაღლე თერმომეტრით გავზომოთ.

<sup>1</sup> ზოგჯერ, უქარო მოწმენდილი ამინდის და უმტვერო გამჭვირვალე ჰაერის პირობებში შეიძლება მიწის ტემპერატურა უფრო დაბალი იყოს, ვიდრე ნიშნდება რე ჰაერისა. ამას ტემპერატურის ინვერსიას უწოდებენ.

ტემპერატურის ასეთი დაცემა გრძელდება ტროპიკაუზამდე, სადაც მიიღება მინიმუმი —45°-დან —80°-მდე იმას მიხედვით პოლუსზეა იგი ვაზომილი, თუ ეკვატორზე. ტროპიკაუზაში და სტრატოსფეროს ძირში ერთხანს მდგომარეობა უცვლელია, მაგრამ ზევით (30 კმ-დან) იწყება ტემპერატურის აწევა, 40 კილომეტრის სიმაღლეზე ტემპერატურა +30° არის და 60 კმ-ზე +75°. აქედან ისევ კლება მიმდინარეობს 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 გამჭვირვალეა მზის სხივებისათვის და მზის სითბო-სინათლეს კარგად ატარებს მიწისკენ. მიწა თბება და თავის მხრივ აშუქებს სითბოს გარეთ. მაგრამ ეს არის ინტრაწითელი სხივები. ტროპოსფერო ამ სხივებს აღარ ატარებს და ნთქავს უმთავრესად ღრუბლების მეშვეობით. ასე რომ, მზიდან მიწისკენ სითბო თავისუფლად მოდის და უკან კი — ვეღარ. ეს არის ე. წ. ს ა თ ბ უ რ ი ს ე ფ ე ქ ტ ი. ატმოსფერო რომ არა, სითბოს რეჟიმი მიწაზე სულ სხვა იქნებოდა.]

გასაგებია, რომ ატმოსფერო არის ერთ-ერთი მთავარი ფაქტორი, რომელიც აპირობებს მიწაზე ჰავათა რავჯარობას და მათ გეოგრაფიულ განაწილებას. ამ მხრივ დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს ჰაერის მასების მოძრაობასაც და, კერძოდ, ქ ა რ ე ბ ს. ქარის მოქმედებაზე სპეციალურად მოგვიხდება ლაპარაკი.

ატმოსფეროს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე იმ მოვლენათა მიმდინარეობისთვის მიწის ზედაპირზე, რომელთაც ფ ი ტ ვ ა ს უწოდებენ (იხ. ქვემოთ).

ატმოსფეროს მნიშვნელობა მიწაზე ს ი ც ო ც ხ ლ ი ს განვითარებისათვის თავისთავად ცხადია, მაგრამ საგულისხნოა, რომ ზოგი მკვლევარის შეხედულებით თვით ატმოსფეროს გაზების წარმოშობა ნაწილობრივ მაინც ცოცხალი ნივთიერების აქტივობის შედეგია, კერძოდ, ასე შეიძლება წარმოშობილიყო ჰაერის ჟანგბადი, როგორც მცენარეების მიერ CO<sub>2</sub>-ის ასიმილაციის ნაშთი.

ატმოსფერო რამდენადმე ს ა ს ა რ გ ე ბ ლ ო ნ ე დ ლ ე უ ლ ი ს წყაროც არის. მისგან მოიპოვება აზოტი, ჟანგბადი, არგონი, ნეონი, ჰელიუმი.

[მეცნიერებს, რომლის ამოცანა არის ატმოსფეროს შესწავლა, ეწოდება ა ე რ ო ლ ო გ ი ა.]

## ზოგი შეკითხვა და რჩევა

ასწერეთ ერთოსთენის ცდა. რით და რამდენად განსხვავდება მიწის ფორმა სფეროსაგან? რა არის მიზეზი? რას ჰქვია მიწის რადიუსი და როგორია მისი T საშუალო სიგრძე? რომელ ლერძზე უნდა ვაბრუნოთ ელიპსი, რომ მიწისმაგვარი ელიპსოიდი მივიღოთ? რა არის სამკერძიანი ელიპსოიდი? ბრუნვითი ფიგურაა ეს, თუ არა? რით და რამდენად განსხვავდება გეოიდი ელიასოიდისაგან?

რა არის მუდმივი ტემპერატურის ღონე? გეოთერმიული გრადიენტი? გეოთერმიული საფეხური? ერთია ყველგან. თუ არა? როგორია მიწის შიგნეთის ტემპერატურა? საიდან ჩანს ეს? როგორია მიწის შიგნეთში სითბოს ნაკადი? ცივდება თუ არა მიწა? რატომ არის ეს გაციება უკიდურესად ნელი?

როგორ ინარჩუნებს მიწა ატმოსფეროს? შეიძლება, თუ არა, ასტეროიდებს ატმოსფერო ჰქონდეთ? რა არის ვასხლტომის სინქარე? რას უდრის იგი მიწის ზედაპირზე? როგორ იცვლება სიმძიმის ინტენსივობა მიწის შიგნეთში? 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 ხდება მაგმული ქანების დამაგნეტება? რა ნიშნები ახასიათებს ამ მაგნეტებს? რა იწვევს მათ განმაგნეტებას? რა არის გაღმონაშთი მაგნეტიზმი? რის მიხედვით ფიქრობენ, რომ მაგნეტური პოლუსების მდებარეობა უნდა შეცვლილიყო? რატომ ფიქრობენ სხვები, რომ შეცვლილია არა მაგნეტური პოლუსების, არამედ კონტინენტების მდებარეობა?

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

## მიწის ქერქის საერთო რაბზვარობა

❖ 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) ჰიმალაისს 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 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 ბ ა თ ი მ ე ტ რ ი უ ლ<sup>1</sup> გეოგრაფიულ რუკებზე.

ამგვარად, მიწის ქერქის უსწორმასწორობას სრულიად კანონზომიერი ხასიათი აქვს და გამოიყოფა ბუნებრივი ერთეულები; კონტინენტური ზეგნები ზედგანლაგებული მთებით და ოკეანური აუზები, რომელთა კიდევებზე ზოგ შემთხვევაში მოთავსებულია ვიწრო ღრმობები. თანაც გადასვლა კონტინენტური ზეგნებიდან ოკეანური აუზებისაკენ საკმაოდ მკვეთრი არის (იხ. თავი „ზღვის მოქმედება“).

ცხრილი 4

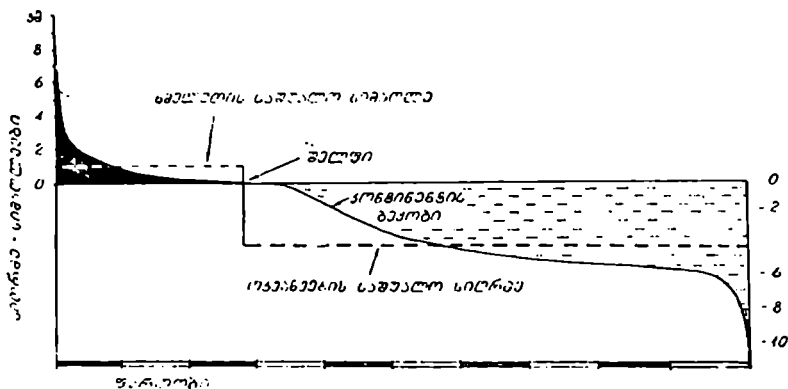
კონტინენტების და ოკეანეების რელიეფი

კონტინენტის დასახელება	კონტინენტური ზეგნები			ოკეანეების დასახელება	ოკეანური აუზები	
	ფართობი (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	საშუალო სიმაღლე მ	მაქსიმალური სიმაღლე მ		ფართობი (10 <sup>6</sup> km <sup>2</sup> )	მაქსიმალური სიღრმე მ
ევროპა	11.609	300	5638	წყნარი ოკ.	179.679	11521
აზია	41.839	950	8848	ატლანტური ოკ.	93.263	9219
N ამერიკა	24.259	700	6187	ინდოეთის ოკ.	74.917	7450
S ამერიკა	18.280	600	7040	N ყინულოვანი ოკეანე		
აფრიკა	28000	750	6010			
ავსტრალია და ოკეანისი	8.963	400	5030		13.100	5220
ანტარქტიისი	14.000	2000	6000			

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

ყველაზე დიდი და მაღალი კონტინენტი არის აზია, ყველაზე პატარა—აესტრალია და ყველაზე დაბალი—ევროპა. მართალია, სიმალღე (როგორც საშუალო, ისე მაქსიმალური) ანტარქტისზედაც დიდი ჩანს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ ხმელეთს იქ ყინულის სქელი ფენა ემატება.

რაკი ცალკეული კონტინენტების საშუალო სიმაღლე სხვადასხვა არის, ბუნებრივია კითხვა, როგორი იქნება ყველა კონტინენტების, ერთად აღებული, 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 ააგო მრუდე (სურ. 16), რომელზედაც ნაჩვენებია ქერქის ზედაპირის

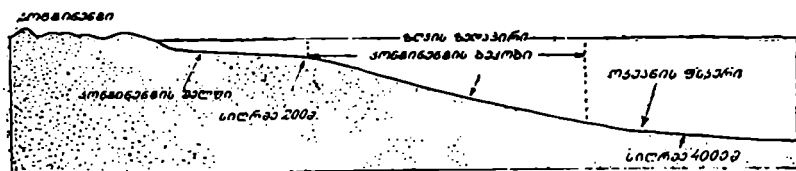


სურ. 16. მიწის ზედაპირის პიფსოგრაფიული მრუდე. ჩანს დიდი სიმაღლეების და დიდი სიღრმეების მცირე გავრცელება. გამოიყოფა ორი დიდი ფართობი — კონტინენტებისა და ოკეანების ფსკერის.

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 გეოფიზიკამ.

როგორც შემდეგ დავინახავთ, ღღეს გამორკვეულია, რომ კონტინენტები და ოკეანეების ფსკერი ნივთიერი შედგენილობითაც მკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და, მაშასადამე, ეს გენეტურად 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 დაფარული, 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 ბექობი ვითარდება (სურ. 17).



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

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

ყველა ელემენტი კი არის მიწაზე, მაგრამ დიდი შეცდომა იქნებოდა გვეფიქრა, რომ მათი მონაწილეობა მიწის შემადგენლობაში თანასწორია. მიწის ქიმიურ შემადგენლობას, მიწაში მიმდინარე ქი-

მიურ პროცესებს და ელემენტების მიგრაციას სპეციალური მეცნიერება, გეოქიმია იკვლევს. მდიდარი მასალის საფუძველზე დადგენილია, რომ ზემოთ ხსენებული გეოსფეროების შედგენილობაში მთავარი როლი სულ 10 ელემენტს მიეკუთვნება (ცხრილი 5).

ც ხ რ ი ლ ი 5

უველაზე გავრცელებული ელემენტები

ელემენტი	რაოდენობა მარტო ქერქში	ატმოსფეროში, ჰიდროსფეროში და ქერქში ერთად
O	46,68 %	50,02 %
Si	27,72	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
Tl	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: ეანგბადი, რომელიც უამრავ ქიმიურ ნაერთში მონაწილეობს და მთელი მასის თითქმის ნახევარს შეადგენს; სილიციუმი, კაჟის და სილიკატების მთავარი მასალა; თიხის ელემენტი ალუმინიუმი.

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

შეფარდებითს რაოდენობას, რომლითაც ესა თუ ის ელემენტი მიწის ქერქში გვხვდება, გეოქიმიკოსები კლარკს<sup>1</sup> უწოდებენ. კლარკი ელემენტის გავრცელებას გამოხატავს, მაგრამ მხოლოდ საშუალოს. სინამდვილეში ზოგან რომელიმე, ჩვეულებრივ მეტ-ნაკლებად იშვიათი, ელემენტის კონცენტრაცია მომხდარა და იგი უხვად არის

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



წარმოდგენილი ამა თუ იმ ნაერთის სახით. ასეთ შემთხვევაში სათანადო ელემენტის მადანი<sup>1</sup> გვექნება და ამ მადანის საბადაო. ელემენტების ასეთი 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 თუ 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 ვზაზე დააყენოს.

ქიმიური ელემენტები მიწის ქერქში თავისუფალი (ხალასი) სახით იშვიათად გვხვდება. ასეთი არიან, მაგლითად, 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 საკმე. ერთნი და მეორენი სპეციალური მეცნიერების, მინერალოგიის ობიექტებს წარმოადგენენ.

√ **მინერალები.** ამგვარად, მიწის ქერქი შედგება სხვადასხვა ხალასი (იშვიათად) ქიმიური ელემენტებისა და მათი ბუნებრივი ნაერთებისგან. ერთთაყ და მეორეთაყ მინერალს 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. მაგალითად მინერალი კვარცი, რომლის ქიმიური სიმბოლო არის  $SiO_2$ , სილიციუმისა და ჟანგბადისაგან შედგება და თან ისე, რომ პირველი შეფარდებოდეს მეორეს, როგორც 28:32; თუ ქი-

<sup>1</sup> ჩვეულებრივ მადანს უწოდებენ რომელიმე მეტალის ან მისი ნაერთის პრაქტიკულად გამოსადეგ კონცენტრატს. ნახშირზე ან ნავთობზე მადანს არ იტყვიან.

ში უ რ მ ა ანალიზმა ასეთივე შედეგი მოგვცა, გვეცოდინება, რომ კვარცთან გვაქვს საქმე. მაგრამ მთლიანად ანალიზზე დანდობაც არ შეიძლება. ჭერ ერთი, მოხდება ხოლმე, რომ მინერალ-ნაერთში ერთი ელემენტი მეორემ შესცვალოს იზომორფულად. შეცვალა იზომორფულად ითქმის, თუ რომელმე ქიმიურ ელემენტის ადგილი მინერალში სხვა ელემენტმა დაიკარა 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 ადვილი 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 კალციუმიც და თან ყოველგვარი პროპორციით. მეორე მხრივ, მინერალებში თითქმის ყოველთვის არის სხვადასხვა მინარევეები, ხოლო ზოგჯერ ისიც მოხდება, რომ ორს, თავისი თვისებებით აშკარად განსხვავებულ მინერალს, ქიმიური შედგენილობა ზუსტად ერთი და იგივე 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 სიმკვრივე. მას ამოწმებენ უბრალო წესით: უფრო მაგარი მინერალი, თუ მისი წვეტი ნაკლებ მაგარს დავაჭირეთ და გავუსვით, ჰკაწრავს მას. მაგალითად, კვარცი ვაკაწრავს კალციტს, პირიქით კი არა. ამ საფუძველზე შემუშავებული არის სიმკვრეთა სპეციალური სკალა, რომლის გამოყენებას ძლიერ აადვილებს ის გარემოება, რომ სკალის სტანდარტები ძნელი საშოვი არ არის, სიმკვრის 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, მაგალითად ადამიანის ფრჩხილი, რომლის სიმაგრე 2,5 არის, ჰკაწრავს თაბაშირს და მით უმეტეს ტალკს. ჯიბის დანა, რომლის სიმაგრე დაახლოებით 5,5 არის, ჰკაწრავს აპატიტს და სხვა ნაკლებ მავარს. რათქმა უნდა, ამ გზით მინერალის რომელიც მიახლოებითი მიკვლევა შეიძლება მხოლოდ, რადგან ერთი და იგივე სიმაგრე მრავალ სხვადასხვა მინერალს აქვს.

იყენებენ მინერალის შტრიხს<sup>1</sup>: მინერალი რომ მოუშინავი ფანისის ნატეხებს გავუსვით წვეტით, ნატეხზე ხაზი დარჩება, თითქო ფანქარი გავეველოს. ამ ხაზს ხშირად მინერალისათვის დამახასიათებელი ფერიც აქვს.

ცხენკა ყოჭ

დამახასიათებელია ზოგი მინერალის მონატეხის ზედაპირიც, მაგალითად, კონქოიდური ანუ ნიჟარისებური მონატეხი. მინერალის გამჭვირვალობა თუ გაუმჭვირვალობა, ფერი. ელვარება ასევე საყურადღებოა. რკინის მინერალი მაგნეტიტი ( $Fe_3O_4$ ) მაგნეტიური თვისებებითაც გამოიხატება. მაგრამ არც ერთი ეს ფიზიკური თვისება საბოლოო პასუხს არ იძლევა. ისინი გვიჩვენებენ მხოლოდ, რა მინერალი არ შეიძლება იყოს ეს (გამორიცხვის წესი) და რომელ ჯგუფს უნდა მიეკუთვნოს იგი.

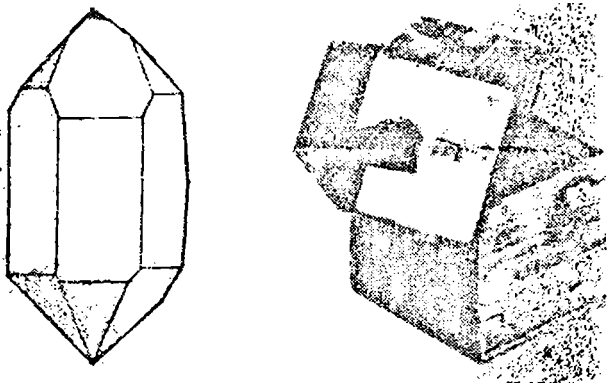
მრავალმხრივ უფრო მნიშვნელოვანია მინერალის ფორმა. მინერალებს სათანადო პირობებში ბრტყელი წახნაგებით შემოფარვლული გეომეტრიული ფორმა აქვთ. ასეთ სხეულს კრისტალ<sup>2</sup> უწოდებენ. ყველასათვის ცნობილია კვარცის ანუ ბროლის კრისტალი. ნორმულ პირობებში ეს არის ექვსწახნაგიანი პრიზმა ასეთივე პირამიდებით ორივე ბოლოში (სურ. 18). ქვამარილის ( $NaCl$ ) ან პირიტის ( $FeS_2$ ) კრისტალებს კუბური ფორმა აქვთ. კრისტალების ფორმის სხვადასხვაობა ძლიერ დიდია. მათ 32 კლასში და 7 სინგონია-

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

<sup>2</sup> ბერძნულად „კრისტალი“ ბუნებრივ ბროლს (გამჭვირვალე კვარცს) ნიშნავდა.

ში აჯგუფებს და შეისწავლის სპეციალური მეცნიერული დისციპლინა კ რ ის ტ ა ლ ო გ რ ა ფ ი ა.

კრისტალის გარეგანი ფორმის მიხედვით მინერალის გამოცნობა შეიძლება, მაგრამ ისევ იმავე შეზღუდვით: რამდენიმე სხვადას-



სურ. 18. კ რ ის ტ ა ლ ე ბ ი. მარცხნივ — კვარცი (პრიზმა). მარჯვნივ — ქალიტი (კუბები).

ხვა მინერალს ერთისა და იმავე ფორმის კრისტალი შეიძლება ჰქონდეს.

მაინც მთავარი სხვა არის. წესიერი ფორმა კრისტალს იშვიათად აქვს, მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ მას თავისუფალი ზრდის პირობები ჰქონდა. ჩვეულებრივად სხვადასხვა მინერალების კრისტალები ზრდის დროს ერთმანეთს ებჯინებიან და უწესო ფორმას ღებულობენ: ზოგი წახანავი კარგად ვითარდება, ზოგი — სუსტად, ზოგი სულ ვერა. ეს კია, რომ, როგორც არ უნდა შეიცვალოს წახანავის სიდიდე და მოხაზულობა, კუთხე წახანაგებს შუა უცვლელი რჩება. კიდევ უფრო შესანიშნავი ის არის, რომ, სულაც რომ დაკარგოს მინერალმა კრისტალური ფორმა, ის მაინც კრისტალი იქნება, რადგან უცვლელად ინარჩუნებს შინაგან სიმეტრიას, ე. ი. კანონზომიერ აგებულებას. ცუდად მოფარგლულ კრისტალს ან კრისტალია სანებურ ნატებს შინაგანი სიმეტრია ისეთივე აქვს, როგორც წესიერ კრისტალს. ეს ნატეხი უეჭველად კრისტალს წარმოადგენს და იმავე მიზეზის გამო კრისტალის საუკეთესო მოდელი, მინისაგან, ხისგან თუ კარტონისაგან გაკეთებული, არავითარ შემთხვევაში კრის-

ტალად 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 ლერძის (მაგ., კვარცის პრიზმის ლერძის) მიმართულებით და მის პერპენდიკულარულად სხვადასხვა კრისტალის სიბოგამტარობა, 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 დაასკვნაინან, როგორი არის კრისტალი და რა მინერალი უნდა იყოს ეს. ეს არის კ რ ის 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 შედეგება და სხვა ნიშნები ბოლოს და ბოლოს საკითხის გადაჭრას უზრუნველყოფენ.

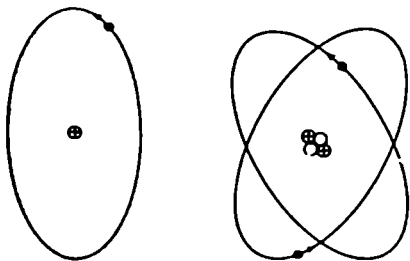
რა არის ახლა ეს უცნაური შინაგანი აგებულება? ამის პასუხს თანამედროვე ფიზიკა და ქიმია გვაძლევს. ელემენტები ატომებისგან შედგებიან. ატომში კიდევ შეიძლება გავარჩიოთ ბირთვი და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონები. ყველაზე მარტივი არის წყალბადის ატომი. მისი ბირთვი შედგება ერთი პროტონისაგან, რომლის გარშემოც ერთი 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.

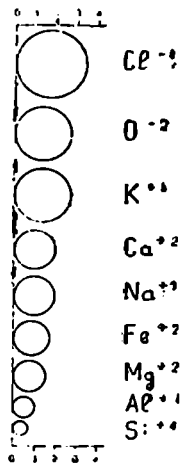
ასევეა სხვა ელემენტებიც. მათ ბირთვში იმდენი პროტონი და ელექტრონია, როგორცაა ატომური რიცხვი, ხოლო ნეიტრონები — ატომური წონის შესაბამისად. ჟანგბადის ბირთვში 8 პროტონი არის და 8 ნეიტრონი, ურანისაში — 92 და 146. თუ ატომში იმდენი ელექტრონია, რამდენიც პროტონი, ატომი ელექტრულად ნეიტრალური იქნება, თუ ელექტრონი ამაზე მეტია ან ნაკლები, ატომი უარყოფი-

თად ან დადებითად დამუხტული იქნება. ასეთ ატომს იონი ჰქვია. ურთიერთ საწინააღმდეგოდ დამუხტული იონები ერთმანეთს იზიდავენ და ერთდებიან — მიიღება ქიმიური ნაერთი.

ყოველი ელემენტის ატომს გარკვეული დიამეტრი აქვს, რომელიც ანგსტრემებით<sup>1</sup> იზომება (სურ. 20). ამ სივრცეში მოთავსებული ნაწილაკები ისევე გარკვეული სქემის მიხედვით არიან განლა-



სურ. 19. წყალბადის და ჰელიუმის ატომები. პირველ შემთხვევაში (მარცხნივ) ატომში გვაქვს 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.

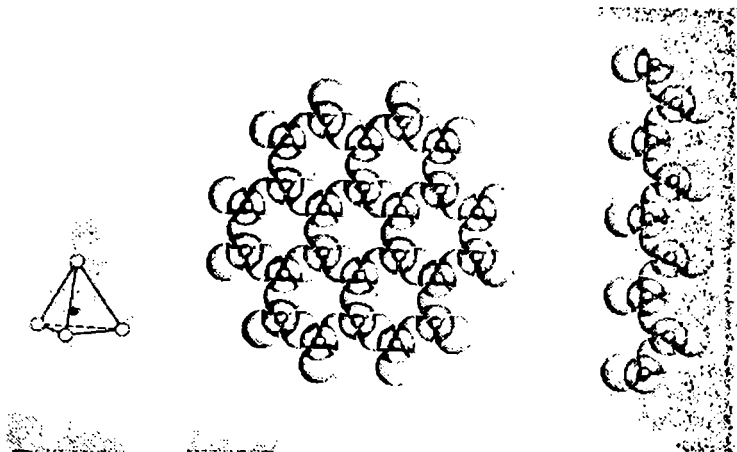
გებული, ატომს კანონზომიერი სტრუქტურა აქვს. ცხადია, ქიმიურ ნაერთშიაც ასეთი მასალა შემთხვევითად ვერ დაუკავშირდება ერთიმეორეს, გარკვეული წესის მიხედვით უნდა მოთავსდეს — მინერალსაც გარკვეული სტრუქტურა აქვს. ეს სტრუქტურა განსაზღვრავს მის წესიერ ფორმასაც და თვისებების წამართულობასაც (სურ. 21). ატომების წყობას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

<sup>1</sup> ანგსტრემი სიგრძის საზომია და უდრის მილიმეტრის მეათმილიონედს,  $10^{-7}$  მმ, იწერება Å.

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

წინათ ატომი გონებამახვილი კონცეპცია იყო. დღეს X-სხივების (რენტგენული სხივების) და ელექტრონული მიკროსკოპის მეოხებით ეს თვალითხილული 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-



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

პრინციპზე შეიძლება აიგოს. მაგალითად, შეიძლება გავარჩიოთ მადნეული და არამადნეული მინერალები; როგორც შემდეგ დავინახავთ არჩევენ ქანმაშენ და არაქანმაშენ მინერალებს და სხ. ამჯერად ჩვენთვის უფრო მოხერხებული იქნება ქ ი მ ი უ რ ი კ ლ ა ს ი ფ ი 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 ჯგუფი მცირერიცხოვანია, მიწის ქერქის შემადგენლობაში მცირე როლს თამაშობს, მაგრამ დიდი ადგილი უჭირავს ადამიანის პრაქტიკაში.

ეს არის მძიმე მეტალები: სპილენძი, ვერცხლი, ოქრო, პლატინი და შუშდგ გოგირდი და ნახშირბადი (ალმასი, გრაფიტი).

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

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

ქ ა ნ გ ე ბ ი და პ ი დ რ ო ქ ა ნ გ ე ბ ი (წყალუანგები): ჰემატიტი  $Fe_2O_3$ , მაგნეტიტი  $Fe_3O_4$ , კვარცი  $SiO_2$  და ქალცედონი, აგატი, იასპი, კაეი, 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  $ZnCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ . პირველ სამს მნიშვნელოვანი წილი უდევს მიწის ქერქის შედგენილობაში.

ს უ ლ ფ ა ტ ე ბ ი: ბარიტი  $BaSO_4$ , ანჰიდრიდი  $CaSO_4$ , თაბაშირი  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , მირაბალიტი (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 შექადგენლობის 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  $(Mg, Fe)_2SiO_4$  — გადაღის ხოლმე სერპენტინში, გრანატები [პიროპი  $Mg_3Al_2(SiO_4)_3$ ; ალმანდინი  $Fe_3Al(SiO_4)_3$ ], დისტენი, ანდალუზიტი, სილიმანიტი [ამიე  $Al_2(SiO_4)O_3$ ].

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

წყლიანი ალუმოსილიკატები: ქარსები (მუსკოვიტი, ოტატი), 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 ა): ოროთოქლანა  $KAlSi_3O_8$  და მიკროკლინი, პლაგიოკლასები (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 გაცნობა 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 თვალით 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 დიდ ადგილი უჭირავთ და მის აგებულებას სწორედ ისინი განსაზღვრავენ.

ქანს ხალხი ქვას ან კლდეს უწოდებს და ეს ტერმინი მეცნიერებაშიც დაკვიდრდა<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 ნარევი 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

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

არა უცვლელი პროპორცია. გრანიტისთვის, მაგალითად, მთა-  
ვარი მინერალები არის კვარცი, ფელდშპატი და ქარსება.  
ამათ გვერდით ქანში არის მეტნაკლებად შემთხვევითი, აქცესორულ-  
ი<sup>1</sup> 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, ქანმაშენი  
მინერალები ჰქვია.

ქანების შესწავლას პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს გეო-  
ლოგიისათვის. მეცნიერებას, რომელიც ამ ამოცანას ემსახურება,  
დღეს უფრო ხშირად პეტროლოგია<sup>2</sup> უწოდებენ. წინათ ეს იყო  
პეტროგრაფია<sup>3</sup>.

მრავალრიცხოვანი ქანების შესწავლის ერთ-ერთი შედეგი არის  
ქანების კლასიფიკაცია. ყველაზედ უფრო გავრცელებულ-  
ია ქანების დაყოფა სამ ჯგუფად: მაგმული<sup>4</sup>, დანალექი და მეტა-  
მორფული ქანები. ასეთი დაჯგუფება გენეტური (წარმოშობითი)  
არის და ძლიერ მოხერხებულა გეოლოგიური თვალსაზრისით.

მაგმული ქანებია გრანიტი (ზოგი), პორფირი, ბაზალტი,  
ობსიდიანი და მისთანანი. გრანიტის ნატეხი რომ ხელში ავიღოთ, აღ-  
ვილად დავინახავთ, რომ იგი ცალკე მარცვლებისაგან შედგება. ასეთ  
ქანებს საერთოდ მარცვლოვანს უწოდებენ. მარცვლები გრანი-  
ტში ერთმანეთზე მორგებულ-მიზრდილ კრისტალებს წარმოადგენენ.  
ჩვეულებრივ ეს იქნება მოთეთრო კვარცი, ვარდისფერი ფელდშპატი  
და შავი პიოტიტი. გრანიტი კრისტალური ქანია, თანაც მსხვილ-  
კრისტალური, ხოლო რადგან მარცვლების სიდიდე ერთი რიგის  
არის—ტოლკრისტალური. ყველა ეს ნიშნები ქანის სტრუქ-  
ტურული ნიშნები არიან. სტრუქტურა ჰქვია ქანის შედგენილო-  
ბას დიდი თუ პატარა ნაწილაკებისგან და ამ ნაწილაკების წყობას<sup>5</sup>.

<sup>1</sup> Accessoire, ფრანგ. — რაც შეიძლება ძირითადს ერაკოდეს 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 მაგმურიო, რაც სწორი არ არის. მაგმური იქნება  
„მაგმის მსგავსი“, ხოლო მაგმული ნიშნავს მაგმისგან წარმოშობილს.

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

პორფირი იმავე მინერალებისგან შედგება, როგორც გრანიტი, მაგრამ კრისტალების სიდიდე თანაბარი არ არის: ერთი ზომის კრისტალებისგან შემდგარ ძირითად მასაში გაფანტულია ფელდშპატის ბევრად უფრო დიდი კრისტალები. ასეთ დიდ კრისტალებს ფენოკრისტებს უწოდებენ, ხოლო სათანადო სტრუქტურას — პორფირულს. არის შემთხვევები, როდესაც კრისტალები ქანში იმდენად პატარა არიან, რომ უიარაღო თვალით არ დაინახებიან — ეს იქნება აფანიტურა<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 დალექილი ისევე, როგორც წყალში 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 გავაღწოთ 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 გვიხვდებიან, ამიტომ მათ ერუპტიული საც<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 ვაცივება ძლიერ სწრაფად მოხდა, ვთქვათ, ზედაპირზე, ხშირად კრისტალები ჩასახვას ვერ ასწრებენ და მინებრივი ქანი წარმოიშობა; უფრო ნელი გაცივების შემთხვევაში, მიწის ზედაპირზე ან მცირე სიღრმეზე, წვრილკრისტალურ ან აფანიტურ ქანს

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

<sup>2</sup> Eruptio, ლათ. — ამოხეთქვა.

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

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

მივიღებთ; დასასრულ, თუ გაცივება სიღრმეში ხდება და ძლიერ ნე-  
ლია, განვითარდება მსხვილკრისტალური ქანი.<sup>1</sup> პირველადი პორფი-  
რული სტრუქტურის განვითარებას იმით ხსნიან, რომ ასეთ შემთხვე-  
ვაში გაცივების ორი სტადია არის: ჯერ გაცივება საკმაოდ დიდ სილ-  
რმეზე იწყება და დიდი კრისტალები იწყებენ ზრდას; შემდეგ, სა-  
ნამ მაგმის ძირითადი ნაწილი ჯერ კიდევ მდნარია, იგი ზედაპირზე  
ან ზედაპირის ახლო ამოდის და სწრაფი - გაცივება-დაკრისტალება  
ხდება. არის ფენოკრისტალების განვითარების სხვაგვარი მექანიზ-  
მიც.

კრისტალები მაგმეულ ქანში შეიძლება თავისი სპეციფიური  
ფორმით გაიზარდონ ან თავისუფალი ადგილის უქონლობის გამო  
(მეზობელი კრისტალების მოწოლა) წესიერი ფორმა ნაწილობრივ ან  
სავსებით დაჰკარგონ და მეზობელ მარცვლებს მოერგონ. პირველ  
შემთხვევაში ეს იქნება ი დ ი მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>2</sup> კრისტალები, მეორე-  
ში — ჰ ი ბ ი დ ი ო მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>3</sup> და მესამეში ა ლ ო მ ო რ ფ უ ლ ი<sup>4</sup>.

ქანის მთლიანი სხეულის ფორმას, მისი შემადგენელი ნაწილაკე-  
ბის და ნაწილების განლაგებისგან დამოუკიდებლად, ტ ე ქ ს ტ უ რ ა<sup>5</sup>  
ჰქვია. მაგმეული ქანების ტექსტურა მ ა ს უ რ ი<sup>6</sup> არის. მასურა. ისეთ  
ქანებს ჰქვია, რომლებშიაც ქანის აგებულება და სხვა თვისებები  
ყველა მიმართულებით ერთი და იგივე არის, რამოდენადმე გამოწე-  
ლის წარმოადგენს მხოლოდ ზოგი ეფუზივი (ეფუზიური ქანის სხეუ-  
ლი), ლავის ფენის სახით გაშლილი: მისი ზედაპირი და ქვედაპირი  
ადვილად გამოიცნობა შუა ნაწილისაგან. არის იშვიათი შემთხვევე-  
ბიც, როდესაც ლავას ზოლური ტექსტურა აქვს. მასურ ქანებს საკუ-  
თარი ფორმა არა აქვთ და ისეთ ფორმას ღებულობენ, როგორაც  
არის სივრცე, რომელშიაც მათი გაცივება მოხდა.

მაგმეული ქანი მრავალი ათეული არის ცნობილი. ამიტომ აქაც  
კლასიფიკაცია გახდა საჭირო. ქიმიური შედგენილობის მიხედვით  
რამდენიმე ჯგუფს გამოჰყოფენ. რადგან მაგმეული ქანები ძირითადად  
სილიკატებს წარმოადგენენ, მთავარი ყურადღება ექცევა  $\text{SiO}_2$ -ს რა-  
ოდენობას ქანში.

გრ ა ნ ი ტ ი ს ჯ გ უ ფ ი. აქ  $\text{SiO}_2$ -ს რაოდენობა 75%-მდე

<sup>1</sup> „იდიოს“, ბერძნ. — თავისი; „მორფე“ — ფორმა.

<sup>2</sup> „ჰიპო“, ბერძნ. — ქვევით (ნაკლები).

<sup>3</sup> „ალლოს“, ბერძნ. — სხვა.

<sup>4</sup> Textura, ლათ. — ქსოვილი.

<sup>5</sup> Massa, ლათ. — ბელტი.

აღწევს. ამიტომ ამ ჯგუფის ქანებს მეავე ქანებსაც უწოდებენ. მათ შორის არის 1. აბისური<sup>1</sup>, ე. ი. დიდ სიღრმეზე გაცივებული სხვაობები: გრანიტი, გრანოდიორიტი, კვარციანი დიორიტი. გრანიტები მარცვლოვანი ქანები არიან და კვარცის, ფელდშპატების (ძირითადად ორთოკლაზის) და ქარსებისგან (ბიოტიტი, 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. ჰიპაბისური (ქველრმა, ნაკლებად ღრმა) სხვაობები: გრანიტ-პორფირები, ალიტები, პეგმატიტები. პეგმატიტები გრანიტული მასივების პერიფერიაზე ვითარდებიან და მსხვილკრისტალური სტრუქტურით გამოირჩევიან. ძლიერ იშვიათად, მაგრამ არის შემთხვევები, რომ ფელდშპატების კრისტალების საგრძემამდენიმე მეტრს აღწევს. 3. ეფუზიური სხვაობები: რიოლითი (ლიპარიტი), ობსიდიანი, პემზა.

დიორიტ-ანდეზიტის ჯგუფი ქიმიურად და მინერალოგიურად გადამავალია მეავე და ფუძე ქანებს შუა ( $\text{SiO}_2$ —65-52%). დიორიტი აბისური ან ჰიპაბისური ქანია. ანდეზიტები (ბაზალტებთან ერთად) ყველაზე მეტად გავრცელებულ ეფუზივებს 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 ფუძე ქანების ჯგუფში. ეს არის მსხვილკრისტალური გაბრო (გაბბრო), პორფირული გაბრო-პორფირიტი, დიაბაზი, დიაბაზ-პორფირიტი.

დასასრულ, ულტრაფუძე (უკიდურესად ფუძე) ქანებს წარმოადგენენ პერიდოტიტი, ღუნითი, ოლივინიტი ( $\text{SiO}_2 < 40\%$ ).

რამოდენადმე განმარტობით დგას სიენიტ-ტრაქიტის და ნეფელინიანი სიენიტის მეავიანობით საშუალო ჯგუფი. ეს არის ტუტე ქანები: სიენიტი, ტრაქიტი, ფონოლითი. სიენიტს ზოგჯერ უკვარცო გრანიტს უწოდებენ. ფონოლითს ეს სახელი იმიტომ მიე-

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

კუთვნა, რომ ჩაქუჩის დარტყმაზე ქანი კრიალა მეტალური ხმით (ბერძნულად „ფონე“ — ბგერა) უპასუხებს.

საერთოდ, მკვლე ქანებში ღია ფერის მინერალები ჭარბობს. ეს იქნება ლეიკოკრატული<sup>1</sup> ქანები. ფუძე ქანებში ჭარბობს მუქი მინერალები — აქედან სახელი მელანოკრატული<sup>2</sup> ქანები. იმის გამო, რომ მკვლე ქანებში და, უპირველეს ყოვლისა. გრანიტის შემადგენლობაში მთავარი Si და Al არის, ამ ქანებს სიალურს უწოდებენ. ფუძე და ულტრაფუძე ქანებისთვის ასევე დამახასიათებელი არის Mg და Fe. მათ მაფეური შეარქვეს.

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

**ვდნალექი ქანები.** ქანები, მაგმეული იქნება თუ სხვა, მიწის ზედაპირზე ტემპერატურის ცვლის და ჰაერის და წყლის გავლენით მუდმივ მსხვერველს და დაშლას განიცდობენ. პროცესი მექანიკური და ქიმიური. ქანში არსებული ბზარები ფართოვდება და კლდეც 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 უანგბადის და ნახშირორჟანგის (CO<sub>2</sub>) და სინესტის გავლენით ქანის შემადგენელი მინერალები იშლებიან 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

<sup>1</sup> „ლეუკოს“, ბერძნ. — თეთრი, „კრატოს“ — ძალა, უფლება.

<sup>2</sup> „მელას“, „მელანოს“, ბერძნ. — შავი.

ოფიტება, ვიდრე ფელდშპატი, ხოლო კვარცი არსებითად უცვლელი რჩება. თუ პროტესი საკმაოდ გაგრძელდა, ბოლოს მივიღებთ კვარციულ თიხას, კაოლინს, და ძირითადად კვარცისაგან შემდგარ ქვიშას.

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 დიდი თუ პატარა ნაწილაკები ერთმანეთთან შემტკიცებული აღარ არიან, მათ სიმძიმის ძალა, მდინარი წყალი, მყინვარი თუ ქარი ეპატრონება და მიაქვს დაღმართის მიმართულებით. საღი 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 გადატანი 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 დალექვა 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 გამოიცვლის, თუ საერთო პირობები არ გამოიცვალა. დაბინავება საერთო მოვლენაა და დალექვა მისი კერძო შემთხვევა მხოლოდ. როგორც შემდეგ დავინახავთ, ამ გარემოებას პეტროლოგიურადაც დიდი მნიშვნელობა აქვს.

დაბინავებული მასალა ჯერ კიდევ ქანი არ არის. მას სიმტკიცე არა აქვს და, თუ დალექვა წყალში ხდება, ქარბი წყლით არის გაჟღენთილი. ზღვის ფსკერის წმინდამარცვლოვან ნალექში 90%-მდე წყალი შეიძლება იყოს. ასეთი ნალექი ფაფას უფრო მოგვაგონებს,

ვიდრე ქვას. შემდეგ ნალექს ნალექი ემატება ზევიდან. ზედა ფენების დაწოლა ქვედა ფენებიდან წყალს გამოწებრავს და მარცვლებს უფრო მჭიდროდ დაუკავშირებს ერთმანეთს. იმავე დროს მარცვალთა შუა 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, დ ი ა გ ე ნ ე ზ ი ეწოდება, ხოლო ამ გზით წარმოშობილ ქანებს — დანალექი ქანები.

დალექვის აქ აწერილი პროცესი მექანიკური დალექვა იქნება. ნაკლებ გავრცელებულია ქიმიური დალექვა. ხსნად ნერთებს წყალი ქანიდან გახსნილ გამოიტანს და ასე გადააქვს ტბებსა და ზღვებში. თუ მარილიანობამ ტბაში ან ზღვიურ ლაგუნაში გაჯერებას 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 ო რ გ ა ნ ო გ ე ნ უ ლ ს უწოდებენ. შეიძლება დავასახელოთ მარჯნული კირქვა, ქვანახშირი და სხვა.

ბუნებრივია, რომ ამგვარად წარმოშობილი ქანები დაახლოებით პორიზონტულ ფენებად ანუ შ რ ე ე ბ ა დ ი ქ ნ ე ბ ი ა ნ განლაგებულნი ზღვის ფსკერზე თუ ზმელეთზე. შრეებრივობა დანალექი ქანების ტექსტურის ძირითადი თვისება არის.

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

კლასტიური<sup>1</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 ბ რ ე ქ ი ა<sup>2</sup>. ბრეჭიები შეიძლება გავარჩიოთ ნამსხვრევების სიდიდის მიხედვით. ასე გამოიყოფა ლ ო დ ბ რ ე ქ ი ა, დიდი ლოდებისგან შემდგარი, რ ო ყ ბ რ ე ქ ი ა — უფრო მცირე ლოდებისგან

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

<sup>2</sup> „კლაო“, ბერძნ. — ვამტვრევ. „კლასტიური“ — ნამტვრევებისაგან შემდგარი.

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



(როყისგან). როქკბრექჩია -- კიდევ უფრო პატარა ნამსხვრევებისგან. ზოგჯერ იტყვიან მიკრობრექჩიაო. ზუსტი მნიშვნელობა ამ ტერმინებს, რა თქმა უნდა. არა აქვს.

გარჩევა შეიძლება ნამტვრევების ბუნების მიხედვითაც. ასეთი იქნება კირქვის ბრექჩია, ბაზალტის ბრექჩია, პოლიმიქტური ბრექჩია და სხვა. შეიძლება გარჩევა დუღაბის შესაბამისადაც.

დარგვალებული ნამტვრევების შემთხვევაში, თუ მსხვილი ქვარგვალებია, კონგლომერატი გვექნება და თუ ხვინჭაა— 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. წვრილმარცვლოვან ქვიშაქვებში გაირჩევიან როგორც დარგვალებული, ისე კუთხედი მარცვლებიც. განასხვავებენ სხვადასხვა კონგლომერატებს და ქვიშაქვებს დუღაბის რავგარობითაც.

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

ქემოგენური და ორგანოგენური ქანები. ზემოთ დასახელებული თაბაშირის, პალიტის და კალიუმის მარილების გვერდით იქნებოდა ისეთი ქანებიც როგორცაა 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 ძირითადად მიკროსკოპული წყალმცენარეების კაუს ნაჭუჭებისაგან შედგება.

ქიმიური დალექვა წარმოებს არამარტო ტბებში და ლაგუნებში. არამედ წყაროებიდანაც. ამგვარად წარმოიშობა კირქვის ტუფი და SiO<sub>2</sub>-ის გეიზერიტი (სურ. 222).

ორგანული ნალექები, რომელნიც ცოცხალი ორგანიზმების აქ-

<sup>1</sup> „პოლი“, ბერძნ. — აღნიშნავს სიმრავლეს; „მიკტოს“ — ნარევი, არა წმინდა.

<sup>2</sup> „ალეურონი“, ბერძნ. — ფქვილი, „ლითოს“ — ქვა.

<sup>3</sup> „პელოს“, ბერძნ. — თიხა. „პელიტი“ — ქანი, რომლის მთავარი ნაწილი

ტივობის შედეგი კი არ არიან მარტო, არამედ ორგანული ნივთიერებისაგან შედგებიან, კ ა უ ს ტ ო ბ ი ო ლ ი თ ე ბ ი ს<sup>1</sup> ჯგუფში იჭრიან თავს. ეს არის ჰ უ მ უ ს ე უ ლ ი<sup>2</sup> და ს ა პ რ ო პ ე ლ ე უ ლ ი<sup>3</sup> ქანები.

1) მეტამორფული ქანები. მაგმიდან მაგმეული ქანები წარმოიშობიან, ნალექიდან — დანალექი ქანები. ამ ქანების თვისებები დამოკიდებულია არა მარტო მათ პირველად შემადგენლობაზე, არა-



სურ. 22. ლუმაშელი.

მედ იმ გარემოზედაც, რომელშიაც დიაგენეზისი მიმდინარეობდა: ყოველი ქანის რაგვარობა სწორედ ქანსა და გარემოს შუა ურთიერთმოქმედების გამომხატველი არის. თუ ქანის თვისებები ჯეროვანად შეგუებულია გარემოს პირობებს, წონასწორული მდგომარეობა გვექნება. პირობები თუ შეიცვალა, წონასწორობაც დაირღვევა.

ვთქვათ, ზღვის ფსკერქვეშ წარმოშობილი და იქაურ პირობებს მორგებული ქანი ზმელეთის ზედაპირზე მოხვდა. ამ ახალ გარემოში პირობები სხვა არის და მათ მიმართ ქანი წონასწორულ მდგომარეო-

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

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

<sup>3</sup> „საპროს“, ბერძნ. — დამბალი, „პელოს“ — ლაფი.

ბაში აღარ იქნება. კერძოდ, მაზედ იმოქმედებს ატმოსფეროს გაზები და წყალი, ტემპერატურის ცვლა ვიწრო ფარგლებში და სხვა. დაიწყება პროცესი, რომელიც ახალი წონასწორობისაკენ არის მიმართული და რომელსაც, როგორც დაეინახეთ, ფიტვა 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. გაეარვარებული მდნარი უექველად შესაფერად იმოქმედებს ქანებზე, რომელთაც შეეხება. მაღალი ტემპერატურა გამოსწავს ქანს, როგორც ეს ლავას ქვეშ მოქცეულ თიხას მოსდის ხოლმე, მეორე მხრივ, მაგმიდან გამოსული გაზები და ხსნარები გამოიწვევენ შემცველი და მიმდებარე ქანების ზოგი მინერალის დაშლას და ახალის წარმოქმნასაც. მოვლენის შივიინარეობა 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 ზედაპირზე იყო, რიგი 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 ქანებზე 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<sup>1</sup> უწოდებენ. ზემოთ დასახელებულ პირველ მაგალითში ეს იქნება შეხების ანუ კონტაქტური<sup>2</sup> მეტამორფიზმი, მეორეში — რეგიონული<sup>3</sup> და მესამეში — დინამიური მეტამორფიზმი ანუ დინამიკური მეტამორფიზმი. რეგიონულს ეს სახელი იმიტომ მიაკუთ-

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

<sup>2</sup> Contactus, ლათ. — შეხება.

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

ენეს, რომ იგი მთელ მხარეებზე ვრცელდება ერთდროულად. ცვალე-  
ბის ინტენსივობაც ამ შემთხვევაში უფრო დიდია.

◻იმ ქანებს, რომელნიც მეტამორფიზმის შედეგად წარმოიშობიან.  
მაგმული თუ დანალექი ქანების ხარჯზე, მეტამორფული  
ქანები ჰქვია. ჩვენ აქ მხოლოდ ამ ქანებს შეეხებით გაკვრით,  
ხოლო თვით მეტამორფიზმზე შემდეგაც მოგვიხდება ლაპარაკი.

ყველაზე მარტივი შემთხვევა არის, როდესაც მეტამორფიზმი  
ქანის დაკრისტალებას იწვევს მხოლოდ, სხვა რამე ცვლილების გარე-  
შე. ასე ხდება ხოლმე კირქვის დაკრისტალება და მარმარილოს წარ-  
მოშობა. მარმარილო ანუ კრისტალური კირქვა მეტამორფული  
ქანი არის. ასევე წარმოიშობა კრისტალური დოლომიტი და მისთა-  
ნები.

ქვანახშირის მეტამორფიზმი იძლევა ანტრაციტს და შემდეგ.  
გრაფიტს. ანტრაციტი ჩვეულებრივი ქვანახშირისაგან იმით გამოირ-  
ჩევა, 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 რო-  
დესაც ნაოჭა მთების გარე ზოლში ქვანახშირი არის და ინტენსიურად  
დანაოჭებულ ზოლში — ანტრაციტი.

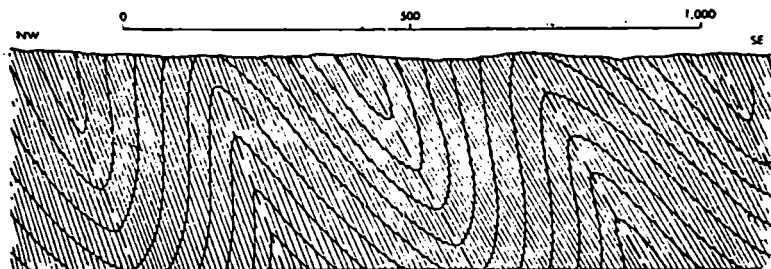
კვარცის ქვიშაქვა კვარცის მარცვლეულებისაგან შედგება და მარ-  
ცვლებს შუა თავსუფალი პორებია. მეტამორფიზმის პროცესში  
შეიძლება ეს პორები ისევე  $SiO_2$ -ით ამოივსოს და მივიღებთ მთლი-  
ანად კვარცისაგან შემდგარ მეტამორფულ ქანს, კვარციტს. (ეს კია,  
რომ კვარციტი სხვაგვარადაც შეიძლება წარმოიშვას: მოხდება ხოლ-  
მე, რომ პორებს კვარცით ამოავსებს  $SiO_2$ -ით მდიდარი გრუნტის,  
წყალი ყოველივე მეტამორფიზმის გარეშე).

უფრო მნიშვნელოვანია სხვა: დინამიური და რეგიონული მე-  
ტამორფიზმის პირობებში მაღალი წნევის გავლენით თიხა და თიხა-  
ნი ქანები შეიძლება შემჭიდროვდეს, გამტკიცდეს და მოგვცეს ძლი-  
ერ გავრცელებული ქანი ფიქალი. ფიქალი მტკიცე ყავარა ქანია,  
რომლის დამახასიათებელი არის ტეჩვადობა ანუ კლივაჟი<sup>1</sup>.  
ფიქალს სულ უფრო და უფრო თხელი ფირფიტები შეიძლება ავატ-  
კეჩოთ გარკვეული მიმართულებით. ასეთი ფირფიტების ზედაპირი

<sup>1</sup> Clivage. ფრანგ.—დატეჩვა, ტეჩვადობა.

ვლუვია და ელვარე. კლივაჟის სიბრტყე შეიძლება დალექვის 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 ფერდზე. კარგ მაგალითს წარმოადგენს კახეთის და სვანეთის სახურავი ფიქალი. სვანეთში სახლებს ძველი დროიდანვე ფიქლით



სურ. 23. კლივაჟი. კლივაჟის მიმართულება ამ შემთხვევაში მკაფიოდ განსხვავდება შრეებრივობის მიმართულებისგან, ნაოქების ღერძის პარალელურია.

ხურავდნენ, ნაცვლად ყავრისა. ფიქალსვე ხმარობდნენ კეცების მსგავსად.

ფიქალი შეიძლება გადაკრისტალდეს კიდეც. ეს იქნება მეტამორფიზმის შემდეგი საფეხური. თუ კრისტალები იმდენად პატარებია, რომ უიარაღო თვალით ვერ დაინახებიან, ქანი ფილიტი იქნება. ხილული კრისტალური აგებულების შემთხვევაში მივიღებთ კრისტალურ ფიქლებს. კრისტალურ ფიქლებს იმის მიხედვით არჩევენ და ასახელებენ, თუ რომელი არის მისი დამახასიათებელი მინერალი. ასეთი იქნებიან: ქარსფიქალი, ქლორიტფიქალი, ამფიბოლიტფიქალი და სხვა.

ამგვარად, შეიძლება გავარჩიოთ თხელშრეებრივი ფურცელა თიხები ანუ ფილათიხები (ინგლისური shales). ასეთ ქანს მეტამორფიზმი არ განუტღია და კლივაჟი არა აქვს. ფიქალი მეტამორფიზმში ასევე თიხის ქანია, მაგრამ მეტამორფული და ამიტომ ტყეჩვადი (ინგლისურად slate). დასასრულ, ინტენსიურად მეტამორფული კრისტალური ფიქლები (schiste) დაკრისტალდებულან

და ტყეჩადობა დაუკარგავთ. ოკრიბის ბათურ ნალექებში გავრცელებულია ფილათიხები. კავკასიონის სამხრულ ფერდში ხშირია ფიქლები, ხოლო კავკასიონისვე ღერძულ ქედში — კრისტალური ფიქლები.

კრისტალურ ფიქლებში კრისტალურობის კვალობაზე კლივაჟი თანდათან მცირდება. ამ რიგის ბოლოში იქნება გ ნ ე ის ი, რომელიც უფრო ზოლურია, ვიდრე ფიქლებრივი. გნეისის მინერა-



სურ. 24. ზოლური გნეისი. ნორვეგია.

ლური შედგენილობა იგეთივეა, რაც გრანიტისა, და, როგორც წესი, ეს ქანი თანდათან გრანიტში ვადაღის (სურ. 24).

ამგვარად, გრანიტი მეტამორფიზმის ბოლო სტადიის წარმომადგენელი იქნება. წინათ კი იგივე გრანიტი ჩვენ მაგმურ ქანებში მოვათავსეთ. აქ ვეჭაბებით პეტროგრაფიისა და სპეკტოლ გეოლოგიის 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 მაგმულ  
ქანად სთვლიდნენ. შემდეგ მიექცა ყურადღება გრანიტის მკიდრო  
კავშირს მეტამორფულ ქანებთან და მრავალი სპეციალისტი მივიდა  
დასკვნამდე, რომ ყველა გრანიტი მეტამორფიზმის ნაყოფი არის. და-  
ნალექი 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 მაგმული  
გრანიტიც და მეტამორფული გრანიტიც. შესაძლებელია მეტამორ-  
ფული გრანიტი სრულ გადნობამდეც მივიდეს — ეს იქნება მეორადი  
გრანიტული მაგმა.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

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

როგორია გარე გეოსფეროების (მიწის ქერქი, ჰიდროსფერო, ატმოსფერო)  
ქიმიური შედგენილობა? დაასახელეთ მთავარი ელემენტები და მოიგონეთ მა-  
თი შეფარდებითი რაოდენობა. რა არის კლარკი? რა არის მადანი და საზადო?

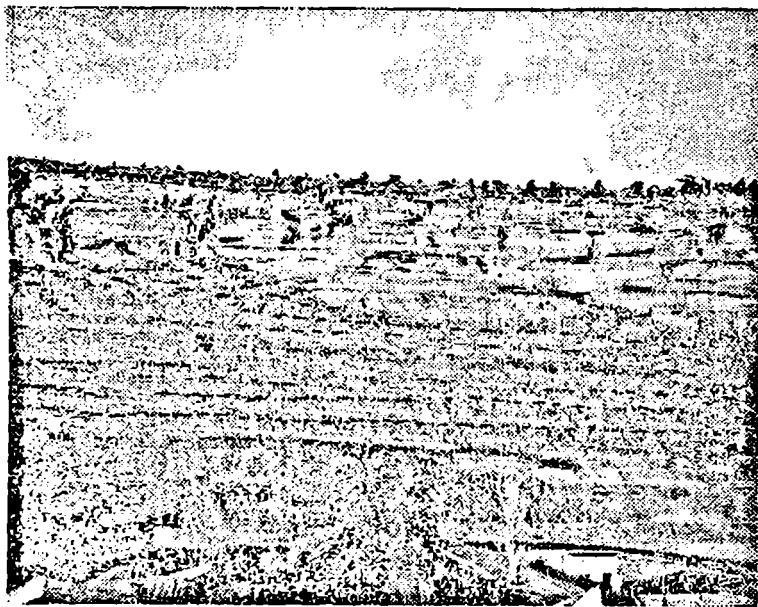
რა არის მინერალი? რა ნიშნებით გამოიყვანება იგი? დაასახელეთ და ასწერეთ  
თქვენთვის ცნობილი მინერალები. რა არის კრისტალი? რა არის მისთვის არსები-  
ლი, ფორმა თუ შინაგანი აგებულება? რა არის კრისტალური ხარაჩო? მოიგონეთ  
მინერალების ქიმიური კლასიფიკაცია.

რით განსხვავდება ქანი და მინერალი? როგორია ქანების მთავარი სახეები?  
მოიგონეთ და ასწერეთ თქვენთვის ცნობილი მაგმული ქანები. ასევე დაწალექი  
ქანები (კლასტური, ქემოგენური, ორგანოგენური). რა არის და რაში გამოიხატე-  
ბა მეტამორფიზმი? დაასახელეთ მეტამორფული ქანების მაგალითები. რა არის  
კლივაჟი? განმარტეთ ფილათისა, ფიქალი და კრისტალური ფიქალი.

❖ დაწალექი ქანების წოლის ფორმა. ქანების, როგორც მაგმუ-  
ლის, ისე დაწალექის და მეტამორფულის, გაცნობის შემდეგ ბუნებ-  
რივად ისმის კითხვა, თუ როგორია მათი როლი მიწის ქერქის არა  
შედგენილობაში მხოლოდ, არამედ აგებულე ბაში? ასევე ვი-  
ციით, რომ შენობა ქვისა, აგურისა, ხისა და სხვა მასალისაგან შედგე-  
ბა, მაგრამ იმისათვის, რომ შენობის აგებულება გავიგოთ, ეს არ  
კმარა, — საჭიროა მათი წყობა ვიცოდეთ. [ქანების წყობას მიწის ქერ-  
ქში მათ წოლის ფორმას უწოდებენ.] მაშასადამე, საჭიროა  
ქანების წოლის ფორმას გავეცნოთ.

აქ მკვლევარი დიდ დაბრკოლებას აწყდება: მიწის ზედაპირი ჩვე-  
ულებრივ დაფარული არის სხვადასხვა ბუნების ლორლით, ნი-  
ადაგით, ყველაფრით იმით, რასაც ფ ი ტ ვ ი თ ი ქ ე რ ქ ი ჰქვია.]

სმას ემატება მცენარეული საფარი და ქერქის დანახვას შეუძლებელს ხდის. უვიარებით ქერქზე და მას კი ვერ ვხედავთ. შაგრამ არის ადგილები, სადაც ეს ზედა საფარი გადაწმენდილია და მას ქვეშ მდებარე ქანები გაშიშვლებულან. ასეთ ადგილებს ნაჩენი ჰქვია, ხოლო იქ გაშიშვლებულ ქანებს, თუ ისინი გამოფიტულ-დაძრულ



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

ლი არ არიან — მკვიდრი ქანები. გეოლოგიური დაკვირვება სწორედ ნაჩენების შესწავლას ემყარება. კარგი ნაჩენია, მაგალითად, ვერის ნაპირას ახალ ხიდან (თბილისი). იქ ერთი გაშიშვლება მდინარეს მოუყვება და მდინარის მიერ გამოკვეთილი არის — ეს იქნება ბუნებრივი ნაჩენი (სურ. 25), მეორე — გზისთვის გაკრილ ტრანშეას წარმოადგენს და ხელოვნური ნაჩენი არის (სურ. 26).

მთიან მხარეში, როგორც საქართველოა, ბუნებრივი ნაჩენები უხვად გვხვდება და თან ღრმაც, ისეთ პირობებში კი, როგორც რუ-



სეთის ვაკეზედ არის, ნაჩენები შორიშორს არიან გაფანტული და, თან პატარა, — გეოლოგიური დაკვირვება ძლიერ გამწვანებული არის. გეოლოგი იქ ძირითადად ხელოვნურ ნაჩენებს, კერძოდ ბურღვის მასალას ემყარება.



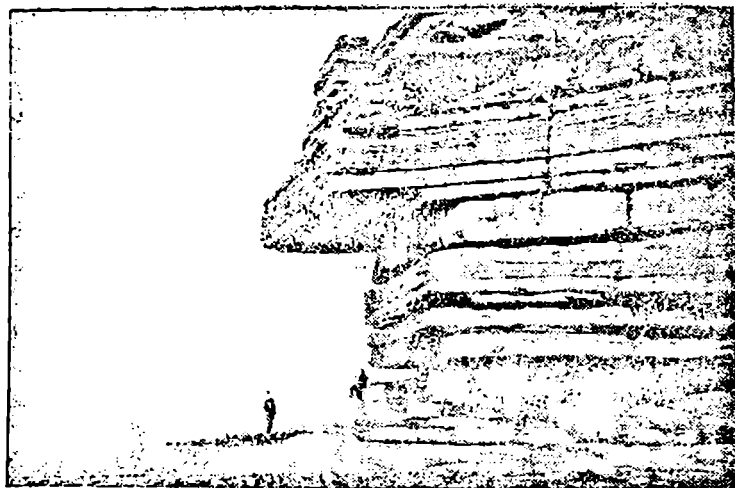
სურ. 26. ხელოვნური ნაჩენი — ქუჩისათვის გაჭრილი ტრანშეა იქვე. აქ გაშიშვლება შრეების დაქანებას მიჰყვება და იგივე შრეები დახრილი ჩანან.

უთვალავი ნაჩენების მიხედვით დადგენილია, რომ დანალექი ქანების წოლის ფორმა არის შრე (სურ. 27). შრე იგივე არის, რაც ერთი ნალექისაგან (ხშირად ერთი ქანისგან) შემდგარი ფენა (სურ. 28), მაგრამ იმ არსებითი განსხვავებით, რომ ქვევითაც და ზევითაც მას მკაფიო საზღვარი აქვს. მოსაზღვრე შრეების შენების ზედაპირი და ქვედაპირი ჩვეულებრივ მეტად თუ ნაკლებად შესამჩნევ ბზარს მიჰყვება და შრეები ადვილი დასაცილებელი არიან ერთმანეთისაგან. ფენების წარმოშობა დალექვის დროს ხდება, ხოლო შრეებად გათვისება — დიაგენეზის 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-ორი გრადუსი არის, მაგრამ არის შემთხვევები, როდესაც ეს კუთხე 45°-მდეც კი იზრდება. ეს უკიდურესი შემთხვევაა და იშვიათი.

რაკი შრე საკმაო მიახლოებით ჰორიზონტულად ილეკება, მისი თავდაპირველი ზედაპირ-ქვედაპირიც ჰორიზონტულია და ერთი-



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

მეორის პარალელური. ვერტიკალურ ჭრილში შრე ორი დაახლოებით: პარალელური ხაზით გამოიხატება (სურ. 28). მართობული ხაზის. სიგრძე ზედაპირსა და ქვედაპირს შუა შრის სი ს ქ ე იქნება. მისი სი-დიდე ძლიერ ცვალებადია, მილიმეტრებიდან მრავალ მეტრამდე. ამის მიხედვით არჩევენ: ფურცელა შრეებს, თხელს, საშუალოს, სქელს და მასურს. მათი გარჩევა არსებითად სუბიექტურია.

შრის შედგენილობა პრინციპულად ერთგვაროვანი იგულისხმება: არის კირქვის შრე, ქვიშაქვის, თიხის და სხვა, მაგრამ უფრო ახლო გაცნობა გვიჩვენებს, რომ შრის შედგენილობა თუ სტრუქტურა ქვევიდან ზევით შეიძლება რამდენადმე განსხვავდებოდეს. ეს ადვილი გასაგები იქნება, თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ იმ

დროის მანძილზე, რაც შრის დაღეჭვას დასჭირდებოდა, ზოგჯერ ნალექის ხასიათიც შეიცვლებოდა, ვთქვათ, ნალექის მასალა უფრო წვრილი შეიქნებოდა, როგორც ეს არაერთ ქვიშაქვაში ხდება.

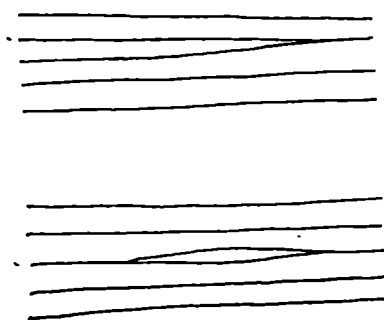
კიდევ უფრო თვალსაჩინოა ცვლილებები შრის გასწვრივ, თუ საკმაოდ შორს გავსდევთ მას. ამ შემთხვევაში შეიძლება ქვიშაქვა თანდათან თიხიანმა ქვიშაქვამ და შემდეგ თიხამ შესცვალოს ან კიდევ კირქვა მერგელში გადავიდეს და სხვა მრავალი ასეთივე.

მეორე მხრივ, რაგინდ შორს ვრცელდებოდეს შრე, ბოლოს ის უნდა გათავდეს: ჩვეულებრივ შრის სისქე თანდათან დაიკლებს და იგი გამოისოლებს. თუ გამოსოლვა ყველა მიმართულებით ახლო მანძილზე ხდება, მივიღებთ თავისებური ფორმის შრეს, რომელსაც ლინზა ვუწოდებთ. 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 (наст) უწოდებენ. კარგი მაგალითია ქვანახშირის დასტები. ტყიბულში ცნობილია ქვანახშირიანი დასტები, რომელთა სისქე 18 მ-ს უდრის.

სხვა შემთხვევაში კიდევ შრეები ერთიმეორის პარალელური კი არ არიან, ირიბად ესაზღვრებიან ერთმანეთს. ეს იქნება ირიბი შრეებრივობა (სურ. 114). ზოგჯერ ასეთი დამოკიდებულება კიდევ უფრო რთულდება და ხლართული შრეებრივობა გამოისახება (სურ. 195). ირიბი და ხლართული შრეებრივობა წარმოიშობა დაღეჭვის გარკვეულ პირობებში, რომლებზედაც შემდეგ გვექნება ლაპარაკი.

ერთიმეორის მომყოლი შრეების ერთობლივობას, დიდს თუ პა-

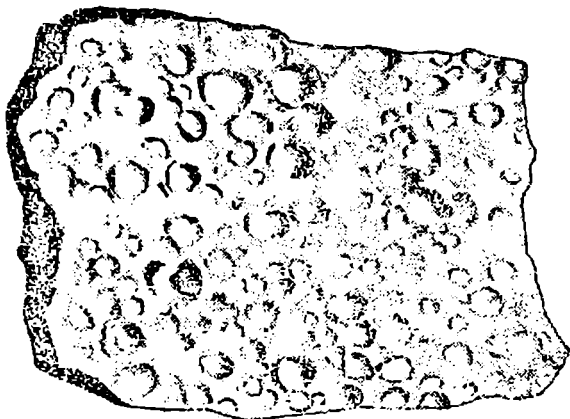


სურ. 28. შრეებრივობის სქემა. ზედა ნახაზი — შრეები და შრის გამოსოლვა, ქვედა — პატარა ლინზა. შრეებში მოქცეული.

ტარას, მათი ლითოლოგიური რაობისაგან დამოუკიდებლად: შ რ ე-  
ნ ა რ ს უწოდებენ.

ძლიერ საგულისხმო მასალას იძლევა შრის ზედაპირის და ქვე-  
დაპირის შესწავლა. ერთიც და მეორეც დაახლოებით სიბრტყეს წარ-  
მოადგენს, 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), მლოლავი ცხო-  
ველების ნაკვალევი, მთარული ცხოველების ტერფის აღნაბეჭდები



სურ. 29. წ ვ ი მ ი ს ნ ა წ ვ ე თ ა ვ ი ქ ა ნ ზ ე (ქანი იმ დროს შემტკი-  
ცებული არ იქნებოდა).

და სხვა. ყველაფერი ეს იმ დროიდან დარჩენილა, როდესაც ნალექი  
ჯერ კიდევ შემტკიცებული არ იყო. აღენიშნოთ, მაგალითად ასზე მე-  
ტი მილიონი წლის წინათ გადაშენებული დიდი ქვეწარმავლების ნაკ-  
ვალევი კირქვაზე ქუთაისთან (სურ. 30).

ჩვეულებრივ მარჩხ აუზში დალექილი წმინდამარცვლოვანი ქანის  
ზედაპირი ხშირად ტალღისებურ ზოლებად არის ამოზნექილ-ჩაზნექი-  
ლი. სურათი რამდენადმე გამხდარი კაცის გვერდზე ნეკნების მოხა-  
ზულობას მოგვაგონებს და ამიტომ მათ რ ი პ ე ლ მ ა რ კ ე ბ ი<sup>1</sup> შეარ-

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

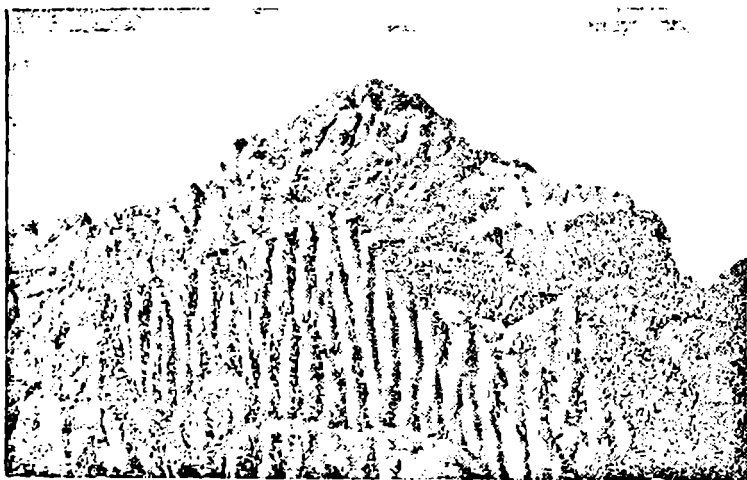


სურ. 30. ქვეწარმავლის ნაკვალევი კირქვაზე  
(იმდროინდელი ზღვის პირას) სათაფლიას გვერდით ქუთაისთან.

ქვეს (სურ. 31). რიპელმარკები სხვაგვარადაც წარმოიშობიან და მათ შესახებ არაერთგზის მოგვიხდება ლაპარაკი. ჩვეულებრივ რიპელმარკების ჭრილი ასიმეტრიული არის და შესაძლებელს ხდის მათი წარმომშობი მოძრაობის მიმართულების გამოცნობას.

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, წვიმიან წყვეთავე ზედაპირზე ფოსოებით იქნება წარმოდგენილი და მომყოლი შრის ქვედაპირზე კი კოპებით. თუ აღმოჩნდება, რომ ზედა



სურ. 31. რიპელმარკები კამბრიულისწინა გენეისებზე. შოტლანდი.

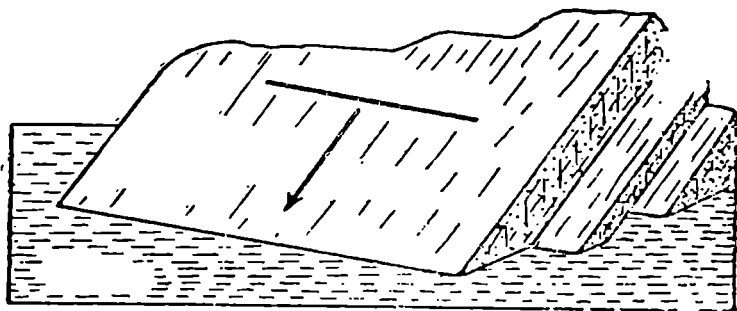
მხარეზე შრეს ასეთი კოპები აზის, დაეასკვნით, რომ შრე გადაბრუნებული არის.

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

მიმართება ჰქვია ხაზს, რომლის გასწვრივაც შრის ზედაპირი ჰკვეთს ჰორიზონტულ სიბრტყეს (სურ. 32). იგი რომ ვიპოვოთ, საჭიროა ნაჩენში გაშიშვლებული შრე წარმოდგენით გაეაგრძელოთ იმ მიმართულებით, როგორითაც იგი ჰორიზონტს გადაჰკვეთს. ამ ხაზის დამხრობა ჩრდილო პოლუსის მიმართ გეოლოგიური, ანუ სამთო კომპასის საშუალებით ხდება. შეიძლება, მაგალითად, მი-

მართება იყოს ჩრდილოდასავლური (NW). თუ გრადუსებით გავზომავთ, მივიღებთ, ვთქვათ, NW 330°. მეტ დაზუსტებას (კუთხის მინუტები, სეკუნდები) აზრი არა აქვს, რადგან თვით მიმართების ხაზს ამდენი სიზუსტითაც ვერ გავაველებთ თვალად.

დაქანება, რომელმაც შრის დახრილობა უნდა გაზომოს, არის შრესა და ჰორიზონტულ ზედაპირს შუა ორწახნაგოვანი კუთხის ხაზობრივი კუთხე. ნაგულისხმევ შემთხვევაში ამ კუთხის აზიმუტი იქნება ან NO 60°, ან SW 240° იმის მიხედვით, თუ საითკენ არის დახრილი შრე. იყოს SW 240°. რაც შეეხება დაქანების კუთხის სიდიდეს,



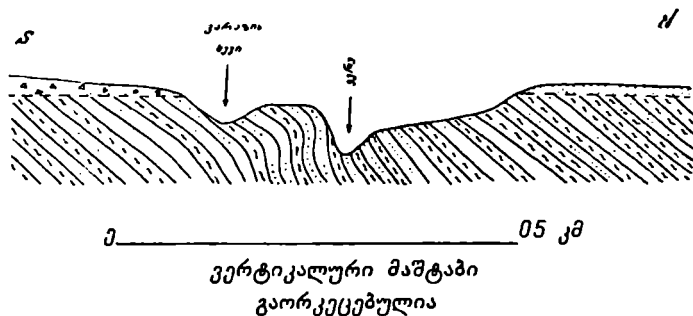
სურ. 32. მიმართება დაქანება (ბლოკდიაგრამა). შრის ზედაპირზე გავლებული ჰორიზონტული ხაზი წარმოადგენს შრის მიმართებას, დახრილი — დაქანებას.

შისი გაზომვა კომპასზე მოთავსებული კლინომეტრის<sup>1</sup> (კუთხემზომის) საშუალებით ხდება. ვთქვათ, მივიღეთ 50°. ასეთი დაქანება იქნების: დაქ. 240° → 50°, და შრის განლაგება სავსებით გარკვეულია.

ადვილი დასანახავია, რომ დაქანების აზიმუტი მიმართებისგან ყოველთვის 90°-ით განსხვავდება, მიუხედავად ამისა, მიმართების გაზომვა დაქანების აზიმუტს ვერ მოგვცემს, რადგან ორი შესაძლებლობა მაინც რჩება. პირიქით, დაქანების აზიმუტის გაზომვა სავსებით განსაზღვრავს მიმართებასაც, რადგან NW 330° იქნება მიმართება, თუ SO 150°, ეს ერთი და იგივე არის: დაქანების აზიმუტი თუ ვიცით, მიმართების გაზომვა საჭირო აღარ არის.

<sup>1</sup> „კლინო“, ბერძნ. — ვხრი; „მეტრო“ — ვზომავ.

სხვადასხვა 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 ვვინდა ყურადღება მიექცეს, და თან ისე, როგორც ისინი ნახაზის ავ-



სურ. 33. გეოლოგიური კრილი მდ. ვერეს გარდიგარდმო თბილისის უნივერსიტეტთან (ვ. ალფაიძის მიხედვით).

ტორს წარმოუდგენია. მეორე მხრით, ნახაზი პირობითი რამ არის, რადგან საგანი, მაგალითად კირქვის შრე, არ იხატება, არამედ პირობითი ნიშნით, ე. ი. სიგნატურით<sup>1</sup> წარმოადგინება. სიგნატურასა და მისი საშუალებით წარმოდგენილ საგანსა თუ თვისებას შორის მხოლოდ პირობითი კავშირი არის. მაგალითად, კირქვას ხშირად სწორკუთხედებით გამოხატავენ, თიხას — ტალღებრივი ხაზებით, მაგრამ შეიძლება საწინააღმდეგო გზასაც დავდგომოდით. სწორედ ამიტომ არის საჭირო, რომ ასეთ ნახაზს სიგნატურის განმარტება, ანუ ლეგენდა<sup>2</sup> დაერთოს.

შემდეგ, გეოლოგიური ობიექტის შეუძლებელია მისი ნამდვილი სიღრმის დაცვით წარმოვადგინოთ. ასეთ შემთხვევაში ვერის ხევის

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

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



ზემოხსენებული ტრანშეის ჭრილი, ქაღალდის ფურცელზე კი არა. ოთახშიაც არ დაეტეოდა. რაღა ითქმის კავკასიონის ჭრილზე? აუც-ლებელია სიდიდეთა შემცირება. ვთქვათ, ჭრილის სიგრძე ბუნებაში 100 კმ არის. წარმოვადგინოთ იგი 10 სმ სიგრძე ხაზით. ხაზის სიგრძე  $10^6$ -ჯერ ნაკლები იქნება, ვიდრე სათანადო მანძილი ბუნებაში.  $1:10^6$  იქნება ნახაზის მაშტაბი. ეს იმას ნიშნავს, რომ ამ ნახაზზე ყოველი მანძილი  $10^6$ -ჯერ ნაკლები უნდა გამოვსახოთ, ვიდრე ნამდვილად არის. კილომეტრის ნახაზს 1 მმ სიგრძე ექნება, ხოლო ნახაზზე აღებული 5 მმ უდრის 5 კმ-ს.

მაგრამ ჭრილი ხომ ორ განზომილებას იძლევა: სიგრძეს და სიმაღლეს. დავუშვათ, რომ ქედის სიმაღლე 4 კმ არის. ნახაზზე ეს მოგვეცემს 4 მმ. სიმაღლის ასეთი განსხვავება ოდნავ შესამჩნევი თუ იქნება. თვალსაჩინოობისთვის ქედის სიმაღლეს 20 მმ მაინც აიღებენ. სიმაღლის მაშტაბი იქნება არა  $1:10^6$ , 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 ჭრილს ვეცნობით, ყოველთვის უნდა გავითვალისწინოთ, როგორი არის სიმაღლეთა მაშტაბი, ნორმული თუ გაზვიადებული და რამდენად.

მეტი თვალსაჩინოობისთვის გეოლოგიური აგებულება შეიძლება გამოიხაზოს არა ორი განზომილებით, ე. ი. ჭრილში ან გეგმაში, არამედ სამი განზომილებით, სტერეოგრაფიულად<sup>1</sup>. ეს იქნება ბლოკდიაგრამა<sup>2</sup> (სურ. 32).

**შრეების დისლოკაცია.** როგორც აღვნიშნეთ, დალექვისას შრეები დაახლოებით ჰორიზონტული არიან და ბევრი მათგანი დღემდე ასევე დარჩენილა. ასეთ შრეებზე იტყვიან, აშლილი არ არიანო. მაგალითად, მდინარეული კონგლომერატები თბილისში (ვაკეში, საბურთალოში, მახათაზე) დაახლოებით ჰორიზონტული არიან, რა თქმა უნდა, იმ აუცილებელი შენიშვნით, რომ ისინი მცირეოდნად დახრილი არიან იქეთ, საითაც მდინარე მიედინებოდა. მსგავსი აუშლელი შრეები მთიან მხარეებში იშვიათი არის, მაგრამ რუსეთის ვაკეზე და სხვა მისთანა მხარეებში ზედაპირზე გაშიშვლე-

<sup>1</sup> Mass, გერმ. — ზომა, Stab — ჭობი, საზომი ჭობი.

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

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

ბული თითქმის ყველა შრე „ჰორიზონტული“ არის, რადგან მათი დიდი ნაწილი ზღვიური ნალექებია. მათსადაც, ზღვის ღონეს ქვევით წარმოშობიდან 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 დავაკვირდეთ, 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 ავქალა). მსგავს მოვლენებს შრეების აშლა ან უდისლოკაცია<sup>1</sup> ჰქვია. დისლოკაცია შეიძლება იყოს უწყვეტო და წყვეტილი. დისლოკაციებისა და საერთოდ შრეების განლაგების შესწავლას აწარმოებს გეოლოგიის სპეციალური დისციპლინა — სტრუქტურული გეოლოგია, ხოლო თვით ეს განლაგება ტექტონიკა<sup>2</sup> იქნება.

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

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

ამგვარად დეფორმებულ შრეებზე იტყვიან, ისინი შენაოქვებული არიანო. დიდი და წესიერი ნაოქვები მტკიცე და სქელ შრეებში ვითარდება. ასეთ შრეებს კომპეტენტურს უწოდებ-

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

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

ბენ. თუ შრეები არაკომპეტენტურია, ე. ი. თხელი და სიმ-  
ტიციემოკლებული, როგორც თიხა, ზოგჯერ უწესო და პატარა  
ნაოჭები წარმოიშობა, ქანი აშმუშენილი (სურ. 34) იქნება.



სურ. 34. აშმუშენილი შრეები. ასეთი დეფორმაცია დამახა-  
სიათებელია თხელშრებრივი, ნაკლები და თან არათანაბარი სიმტი-  
ცის მქონე ქანებისათვის. კანადა.

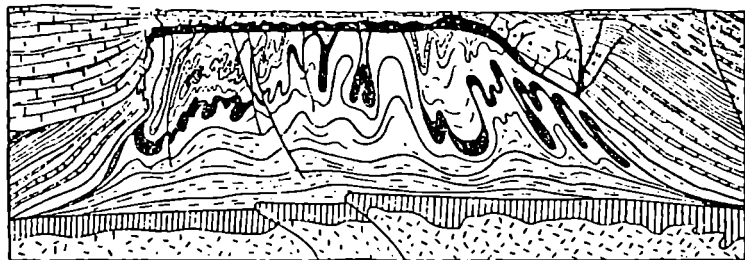
განსაკუთრებით დამახასიათებელი არის აშმუშენილობა ქვემა-  
რილისა და მისთანათა ნალექებისათვის (სურ. 35). როდესაც არა-  
კომპეტენტური შრეები კომპეტენტურებთან მორიგეობენ, დისლო-  
კაციის ხასიათს უკანასკნელნი განსაზღვრავენ — წესიერი ნაოჭები  
წარმოიშობა.

როგორც დასახელებული მაგალითებიდან ჩანს, ნაოჭი ზოგი ამოზ-  
ნეჭილია, ზოგი ჩაზნეჭილი. მათ ერთობლივობას ტალღებრივი  
ხასიათი აქვს (სურ. 36). ამოზნეჭილი ნაოჭი შედგება თ ა ღ ი ს ა და  
ორი ფ რ თ ი ს ა გ ა ნ, ჩაზნეჭილი — ისევ ორი ფრთისა და ძირისგან.  
პირველ შემთხვევაში ფრთები ერთიმეორის საწინააღმდეგოდ არიან  
დაქანებული. ეს იქნება ა ნ ტ ი კ ლ ი ნ ი <sup>1</sup>. მეორე შემთხვევაში, სა-

<sup>1</sup> „ანტ“, ბერძნ. — წინააღმდეგ, „კლინო“ — ვხრი.

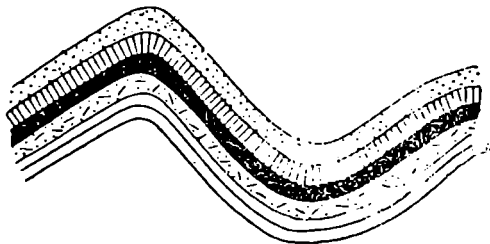
დაც ფრთები ერთიმეორისკენ არიან დაქანებული, სინკლინი<sup>1</sup> გვექნება.

ნაოკის თალის ან ძირის (სინკლინის შემთხვევაში) იმ ადგილს, სადაც გადალუნვა ხდება, შარნირი<sup>2</sup> ანუ საქცევი<sup>3</sup> ჰქვია თუ



სურ. 35. შარლის ტექტონიკა (ქ. პანოვერის ახლოს გერმანიაში). ძლიერი ლაბილობის გამო ქვამარილის, კალიუმის მარილების და სხვათა დიდი საბადოები ძლიერ თავისებურად არიან აშუშენილი. ეს მოვლენა არსებითად განსხვავდება ჩვეულებრივი დანაოკებისგან და მისი შესწავლა ტექნიკური კვლევის სპეციალურ ამოცანას წარმოადგენს.

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

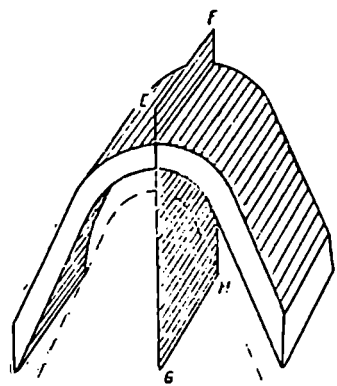


სურ. 36. ანტიკლინი (მარცხნივ) და სინკლინი (მარჯვნივ) მართობულ კრილში.

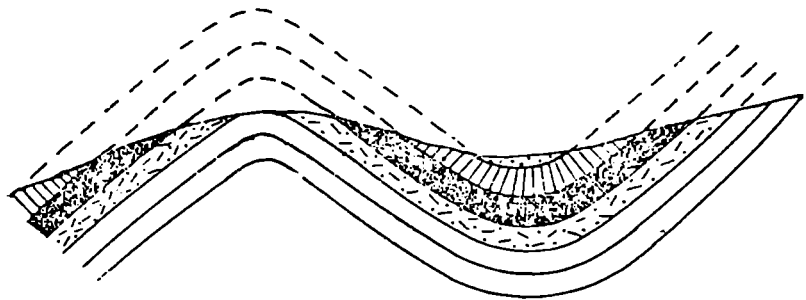
<sup>1</sup> „სინ“, ბერძნ. — თანა და „კლინო“.

ნირი აქვს. ზედაპირი, რომელშიც იქნება ნაოჭის ღერძი (სურ. ღერძი სიბრტყეა, ზოგში — მრუდე ზედაპირის გადაკვეთის ხაზს ღერძის ხაზი ჰქვია. ღერძის ხაზი ნაოჭის მიმართების მაჩვენებელი არის და კარგად გამოსახავს ნაოჭის სიგრძესაც. ნახაზზე ნაოჭს ხშირად სწორედ ღერძის ხაზით წარმოადგენენ (სურ. 39). ნაოჭის უფრო მიახლოებულ გამოსახულებას გეგმაში მეტად თუ ნაკლებად წაგრძელებული ელიპსის ფორმა ექნება (სურ. 39). თუ ნაოჭი ზედაპირზე გადარეცხილი არის, ჩვენ შეგვიძლია იგი ნახაზზე აღვადგინოთ, როგორც გადარეცხვამდე უნდა ყოფილიყო. ეს იქნება ჰაერული ნაოჭი (სურ. 38). განმარტოებული ნაოჭის შემთხვევაში თითოეული ფრთა ერთხანს ინარჩუნებს დაქანებას და შემდეგ გავაკებას განიცდის. ეს იქნება ნაოჭის საზღვარი გვერდისკენ. ასევე არის დაბო-

ყველა ეს შარნირი მოქცევა, 37). ზოგ შემთხვევაში ნაოჭის ზედაპირი. ღერძისა და მიწის



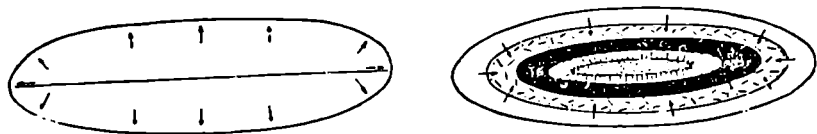
სურ. 37. ნაოჭის ღერძი. აქ ნაოჭი სიმეტრიულია და ღერძი სიბრტყეს წარმოადგენს. ასიმეტრიული ნაოჭის შემთხვევაში ღერძი მრუდე ზედაპირი იქნება.



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

ლობა, მაგრამ იმ არსებითი განსხვავებით, რომ ორივე ბოლოში ნაოჭის საზღვარი რკალს შემოხაზავს და დაქანებაც ნახევარ-

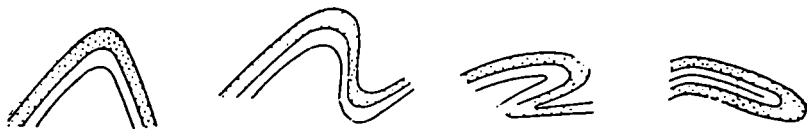
წრიულად შეიცვლება. ასეთ დაბოლოებას პერიკლინი<sup>1</sup> ანუ პერიკლინური დაბოლოება ეწოდება. პერიკლინი კარგად უჩანს გეგმაში გამოხაზულ ნაოკებს (სურ. 39).



სურ. 39. ნაოკები გეგმაში (ანტიკლინი და სინკლინი). პროექცია სიბრტყეზე. დაქანებების ცვლა და პერიკლინები. ღერძის ხაზი შუაში, სიგრძე.

ნაოკის განი იზომება ისევე, როგორც ტალღის: ერთი ანტიკლინის შარნირიდან მეორის შარნირამდე. არსებითად ეს იქნება ერთი ანტიკლინი და ერთი სინკლინი (შარნირები ერთისა და იმავე 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 და გადაბრუნებული ნაოკები (სურ. 40). ამართული ნაო-



სურ. 40. წახრილი, წაწოლილი, დაწოლილი და გადაბრუნებული ნაოკები.

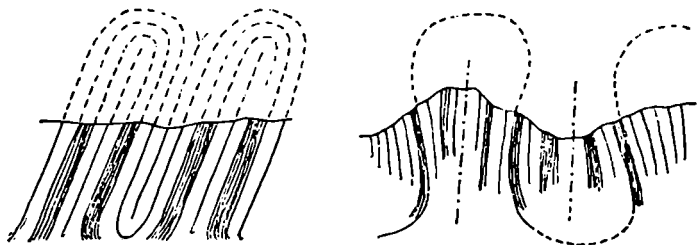
კი ჩვეულებრივ სიმეტრიული არის, ე. ი. მისი ერთი ფრთა მეორის სარკისმიერულ ანარეკლს ემთხვევა. მეტნაკლებად წახრილ ნაოკში კი შეგვიძლია ნორმული და შექცეული ფრთა გა-

<sup>1</sup> „პერი“, ბერძნ. — გარშემო და „კლინო“ — ეხრი.

ვარჩიოთ. უკანასკნელი გაწვდილ-გათხელებული არის, ნაოჭი ასიმეტრიულია.

როდესაც ნაოჭის ღერძსა და ფრთებს შუა გარკვეული კუთხე არის, ნაოჭს ნორმულს უწოდებენ. რაც უფრო დიდია და ნაოჭების ინტენსიურობა, მით უფრო პატარა იქნება ეს კუთხე და ბოლოს ფრთა ფრთას მიეკვრის, ერთმანეთისა და ღერძის პარალელური გახდებიან. ასეთ ნაოჭებს იზოკლინური<sup>1</sup> ჰქვია. იზოკლინური ნაოჭები ხშირია ინტენსიურად შენაოჭებულ მთებში, მაგალითად კავკასიონის სამხრულ ფერღზე. თუ მკუმშავი ძალა კიდევ მეტია, შეიძლება წარმოიშვას მარაოსებური ნაოჭი (სურ. 41).

ჩვეულებრივ ანტიკლინების თაღები და სინკლინების ძირები მორგვალელებული არიან, მაგრამ ზოგჯერ შარნირებში შრეების დაქა-



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

ნება (სურ. 42) უეცრად იცვლება. ასეა ხშირად ფიქლების შემთხვევაში, მაგ., ოკრიბაში. ასეთ ნაოჭებს ტეხილს უწოდებენ. მოხდება ხოლმე ისეც, რომ ნაოჭის ფრთები დაახლოებით შეველია, ხოლო თალი ფართო და მეტნაკლებად სწორი. ეს იქნება კოლოფური ნაოჭი. დასასრულ შეიძლება აღვნიშნოთ, რომ ნაოჭში შემავალი შრეები ჩვეულებრივ ერთიმეორის პარალელურად ან მსგავსად არიან დეფორმებული, მაგრამ თუ ნაოჭში კომპეტენტური და არაკომპეტენტური შრეები მორიგეობენ, მოხდება ხოლმე, რომ ისინი სულ სხედასხვაგვარად არიან აშლილი. ამაზედ იტყვიან დისჰარმონიული ნაოჭებიო (სურ. 43).

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

<sup>1</sup> „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 ნაოკი ვუწოდოთ (სურ. 42).

იზოკლინური დანაოკების შემთხვევაში, განსაკუთრებით თუ ნაოკთა თაღები გადარეცხილია, ანტიკლინის და სინკლინის გამოც-



სურ. 42. ტეხილი ნაოკები (მარცხნივ), კოლოფური ნაოკი და ცალგვერდი ნაოკი.

ნობა ხშირად ძლიერ ძნელია. აქ გეოლოგს შეუძლია გამოიყენოს ის გარემოება, რომ ანტიკლინში შრეთა ზედაპირები ღერძის



სურ. 43. დისკარმონიული ნაოკები. შენაოკებელი თაბაშირი დაუნაოკებელ შრეებში მოქცეული. თაბაშირის დანაოკება სპეციალური მიზეზით არის გამოწვეული (ანჰიდრიტის გადასვლა თაბაშირში და მოცულობის სათანადო ზრდა).

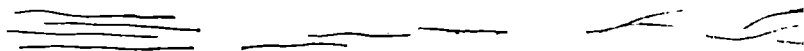


ორივე მხარეზე გარეთევენ არის მიქცეული, სინკლინში კი --- შიგნით-  
კენ, ე. ი. ლერძისკენ.

მეორე მხრით, ნაოჭის იმ შრეებს, რომელნიც უშუალოდ ღერძ-  
თან არიან მოთავსებული, ნაოჭის გულს უწოდებენ. ადვი-  
ლი დასანახავია, რომ ანტიკლინის შემთხვევაში ეს იქნება ყველაზე  
ქვედა ანუ, როგორც შემდეგ დავინახავთ, ყველაზე ძველი შრეები.  
ხოლო სინკლინში—ყველაზე ზედა, ანუ ყველაზე ახალგაზრდა შრე-  
ები. ესეც სინკლინ-ანტიკლინის გამოცნობის საშუალებას იძლევა.

ნაოჭების დაჭაფუფება. ნაოჭები ზოგან განცალკევებულ  
გვხვდებიან, როგორც, მაგალითად, ურალის დასავლეთით ვოლ-  
გის მხარეში, ჩვეულებრივად კი მრავალი არის ერთად დაჭაფუ-  
ფებული, როგორც კავკასიონზე, ურალზე და სხვა ნაოჭა-მთებში.  
გათვისებული ნაოჭები შეიძლება წაგრძელებული იყვნენ, მაგრამ  
მცირეზე, ასეთ ნაოჭებს მოკლე ანუ ბრაქინაოჭები<sup>1</sup> ეწო-  
დება, ბრაქინატიკლინები და ბრაქისინკლინები.  
თუ ნაოჭის სიგრძე დიდად არ განსხვავდება განისგან. გუმბათს  
იტყვიან.

ნაოჭა მთების შემადგენელი ნაოჭები ერთიმეორის გვერდით  
არიან მოთავსებული და წაგრძელებული, ხაზობრივი ფორმა აქვთ.  
ნახაზზე მათ ღერძის ხაზით წარმოადგენენ. ასეთი ნაოჭები ხშირად  
კონებად არიან დაჭაფუფებული. მოხდება ისიც, რომ ნაოჭი გათავ-  
დება, მაგრამ მის ადგილს მეორე იჭერს და დაახლოებით იმავე  
მიმართულებით განაგრძობს მას. ეს იქნება ნაოჭების შე-  
ნაცვლება (სურ. 44). ნაოჭი, როგორც წესი, არ იტოტება, მაგ-



სურ. 44. ნაოჭების დაჭაფუფება: კონა, შენაცვლება, ვირგაცია.

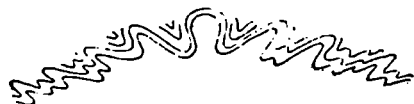
რამ შეიძლება განვითარების პროცესში ერთი ნაოჭი მეორეს გადაე-  
ბას. ეს იქნება ნაოჭების ვირგაცია. ისიც მოხდება, რომ განვი-  
თარებისას ნაოჭი რაიმე დაბრკოლებას წააწყდება, მაგალითად, მცირე  
უღრეკ მასას. ასეთ შემთხვევაში ნაოჭი შეიძლება გაიყოს.

არის შემთხვევები, როდესაც დიდი ანტიკლინის ან სინკლინის  
ფრთებზე რიგი უფრო მცირე ნაოჭი ვითარდება იმავე მიმართულე-

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

ბით (სურ. 45). ასეთ დაჯგუფებას თხზულ ნაოქებს ანუ ანტიკლინორიუმს და სინკლინორიუმს უწოდებენ. თუმცა უკანასკნელ ტერმინებს მათი ავტორი (ამერიკელი გეოლოგი დენა) სხვა გაგებით ხმარობდა.

ნაოქების გენეზისი გეოლოგიის ერთი ურთულესი საკითხთაგანია. ეს კია, რომ დანაოქება ძირითადად უეჭველად მთების წარმოშობასთან არის დაკავშირებული: გათვისებული ნაოქებიც კი მთების გვერდით გვხვდებიან. მართალია, ცნობილი არის სხვაგვარი ნაოქებიც; მაგალითად მეწყრული



სურ. 45. თხზული ნაოქები:

ზევით — თხზული სინკლინი (სინკლინორიუმი), ქვევით — თხზული ანტიკლინი (ანტიკლინორიუმი)

ნაოქები ან მარილიანი წყებების ნაოქები, მაგრამ მათი მნიშვნელობა შეუდარებლად უფრო მცირეა. ამ საკითხზე შემდეგ გვექნება მსჯელობა.

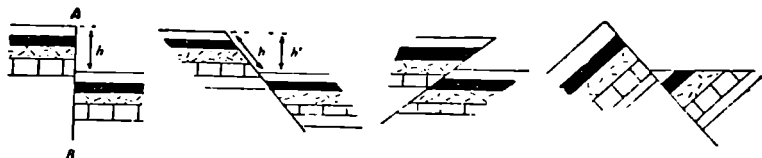
წყვეტილი დისლოკაციები: ქანები თითქმის ყოველთვის დასერილი არიან ბზარებით და ნაპრალებით, მაგრამ, თუ ამას ნაპრალის გასწვრივ ქანის გადაადგილება არ ახლავს, ეს იქნება განწყვეტება და არა დის-

ლოკაცია. მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც შრეები გაწყვეტილია და ნაპრალის გასწვრივ გადაადგილებაც მომხდარა, წყვეტილი დისლოკაციაზე შეიძლება ლაპარაკი. თვით გადაადგილებას სხლეტვა ეწოდება, ხოლო შესაბამის დისლოკაციას — ნასხლეტი.

ნახაზზე (სურ. 46) მოცემულია ასეთი ნასხლეტების ჭრილები. ხაზი AB წარმოადგენს სხლეტვის ზედაპირის კვალს. ეს არის ის ზედაპირი, რომლის გასწვრივაც გაწყვეტილი შრეები გადაადგილებულან. სხლეტვის ზედაპირი შეიძლება იყოს ბრტყელი და მრუდეც. მისი დამხრობა ისევე ხდება, როგორც შრის: უნდა გაიზომოს მიმართება და დაქანება. ამ ზედაპირის იქეთ-აქეთ არის ნასხლეტის ბაგეები. თუ სხლეტვის სიბრტყე დაქანებულია (და არა ვერტიკალური), ის ბაგე, რომელიც სხლეტვის სიბრტყეს თავზე ადევს, ზედა ბაგე იქნება, ხოლო იმავე სიბრტყის ქვეშ მოქცეული—

ქვედა ბაგე (ნახაზზე მარჯვნივ). 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 მიმართულეებაზე ნახაზის მიხედვით და ხშირად ბუნებაშიც გარკვეულს ვერაფერს ვიტყვი. ასეთი სურათი მიიღება, თუ ზედა ბაგემ ქვევით დაიწია, და მაშინაც, თუ ქვედა ბაგე

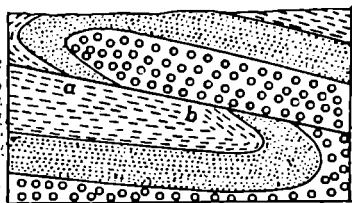


სურ. 46. ნახსლეტები: დასხლეტი (ვერტიკალური დასხლეტი), დახრილი დასხლეტი, ასხლეტი, დასხლეტი დაქანებულ შრეებში.  $AB$  — სხლეტვის ზედაპირი.

ზევით აიწევს. 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 დაეუმატებთ, რომ ყოველივე ამას შეიძლება განივი მოძრაობაც დაერთოს (პორიზონტული ან დახრილი), ადვილი დასაანახავი იქნება, რამდენად ძნელია მოძრაობის აბსოლუტური ხასიათის დადგენა. ამიტომ კმაყოფილდებიან იმით, რომ შეფარდებითს მოძრაობას აღნიშნავენ.

თუ ნახსლეტში ზედა ბაგე არის ქვედას მიმართ დაწეული, ეს იქნება დასხლეტი. თუ ზედა ბაგე აწეულია (სურ. 46), ასხლეტი გვექნება. დამრეცი სხლეტვის ზედაპირის შემთხვევაში (სურ. 47) ამბობენ შესხლეტიო ან შეცოცებაო. ასხლეტს და შესხლეტს შებრუნებულ დასხლეტსაც უწოდებენ ნორმული დასხლეტისაგან გასარჩევად. ნახსლეტი, რომელშიც გადაადგილებას პორიზონტული მიმართულეება აქვს, იქნება განსხლეტი ანუ ნაწევვი (სურ. 48).

სხლეტვის ზედაპირი ხშირად მოელვარებულია დრესვის გამო. ამგვარად წარმოიშობა სხლეტვის სარკეები (სურ. 49). სხლეტვის სარკეები შეიძლება დაკაწრული იყოს და ამ შემთხვევაში ნაკაწრების მიმართულება მოძრაობის მიმართულების დადგენის საშუალებას იძლევა.

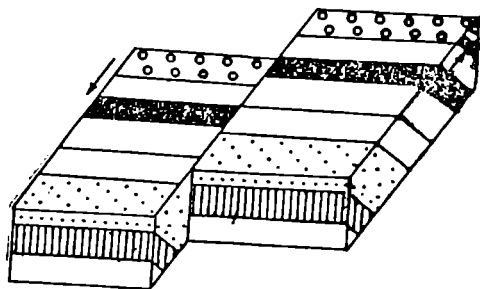


სურ. 47. შეცოცება. წარმოდგენილ შემთხვევაში სხლეტვის ზედაპირი შრეებრივობას ემთხვევა.

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 ზო-

ნა. ამ ზონაში დამსხვრეული ქანის ხარჯზე შეიძლება წარმოიშვას ხახუნის ბრეჩჩია.

რღვევის სიგრძისა და ვერტიკალური ამპლიტუდის მიხედვით

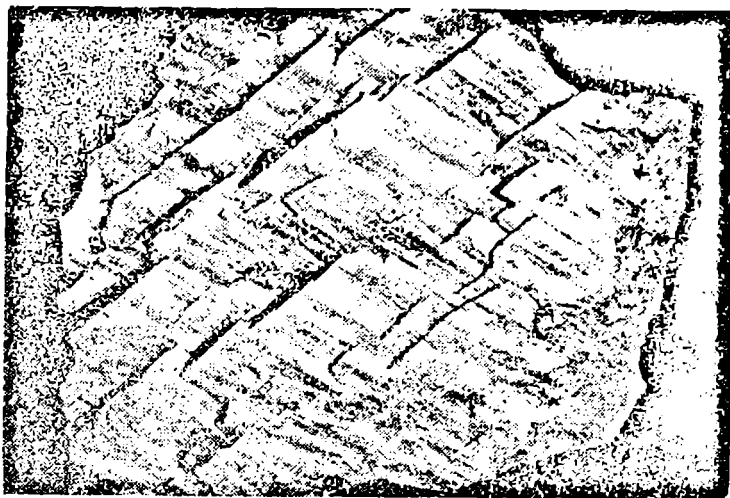


სურ. 48. განსხლეთი (ნაწევი).

არის პაწია, თითქმის შეუმჩნეველი ნასხლეტები და უზარმაზარებიც. დიდი რღვევების სიგრძე ასეული და ათასეული კილომეტრებითაც კი იზომება. შესაფერია სხლეტვის ამპლიტუდიც. სან ანდრეას განსხლეტს ჩრდილო ამერიკაში 2000 კმ-ზე მეტი სიგრძე აქვს. რაც შეეხება რღვევის სიღრმეს, იგა დიდი ნასხლეტების შემთხვევაში ალბათ მიწის ქერქის ძირამდეც აღწევს.

ნაოჭების მსგავსად ნასხლეტებიც ზოგან ცალკეულად გვხვდ-

ბიან, 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 კი-



სურ. 49. მოლიპულ-დაკაწრული ლოდი, სხლეტვის ზედაპირზე მონატეხი.

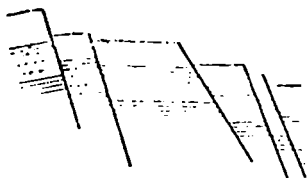
დეები-მაღალი დარჩენილან, ეს იქნება გრ ა ბ ე ნ ი<sup>1</sup>. წინააღმდეგ შემთხვევაში, როდესაც შუა ნაწილი ამალღებულია და იქეთ-აქეთ მხარე დასხლეტილი, ჰორსტი<sup>2</sup> გვექნება (სურ. 51, 52). შეიძლება ისიც, რომ ნასხლეტთა დაჯგუფებაში წესი რამე არ ჩანდეს ან ერთი რღვევა მეორეს ჰკვეთდეს კიდევ.

დანაოჭება, როგორც დავინახეთ, ნაოჭების გარდიგარდმო ფართობის შემცირებას, შეკუმშვას მოასწავებს. ნორმული დასხლეტის შემთხვევაში საწინააღმდეგო ეფექტთან გვაქვს საქმე: ნასხლეტის გარდიგარდმო ზედაპირი ფართოვდება, გაჭიმვა ხდება. პირიქით, შებრუნებული ნასხლეტი კუმშვას ნიშნავს ნაოჭის მსგავსად.

<sup>1</sup> Graben, გერმ. — თხრილი.

<sup>2</sup> გერმანული ტერმინია.

ამიტომ ასხლეტი, შესხლეტი, შეცოცება შეიძლება იმავე ძაბვამ გამოიწვიოს, რომელიც დანაოჭებას იძლევა. ეს, რასაკვირველია, არ გამოირიცხავს კარგად ცნობილ ფაქტს, რომ ნორმული ნასხლეტება ხშირად დანაოჭებასთანაც არიან დაკავშირებული. ეს მხოლოდ იმას ნიშნავს, რომ ასეთი ნასხლეტები ნაოჭების მეორადი თანამგზავრები არიან.



სურ. 50. ნასხლეტების საფეხურებრივი დაჯგუფება.

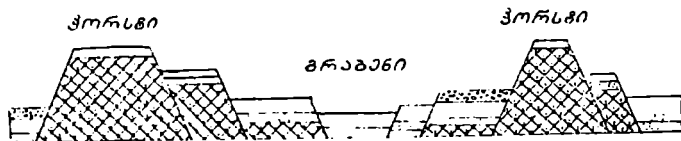
ყოველ შემთხვევაში, ნასხლეტები მეტ წილად ნაოჭებთან ერთად გვხვდებიან ნაოჭა ზოლებში და მთების წარმოშობასთან არიან დაკავშირებული. მათ შორის გამოირჩევიან ღრმარღვევები, რომელნიც დანაოჭებულ სა-

ფარს 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 ჯერ არაფერი გვითქვამს. ეს არის ფლექსურა. ფლექსურა ერთი შეხედვით ძლიერ წააგავს ცალგვერდ ნაოქს (სურ. 53), მაგრამ თავისი წარმოშობით არსებითად განსხვავდება მისგან.

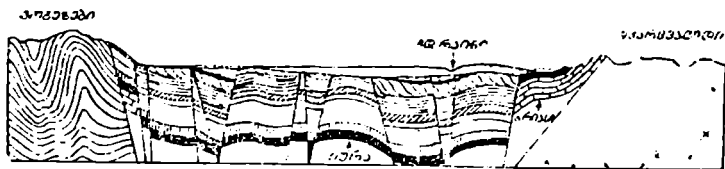
ცალგვერდ ნაოქს, ისევე როგორც ნაოქებს საერთოდ, ტანგენსური, შრისგანწერივი ძაბვა იძლევა. ჩვეულებრივ ეს ხდება დახრი-



სურ. 51. პორსტი და გრაბენი. კალაბარის უდაბნო SW აფრიკაში (სქემა).

ლი შრეების ცოცვის შემთხვევაში, რისი ნახვაც, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, კარგად შეიძლება თბილისიდან წყნეთს მიმავალი შარის პირას. ტიპური ფლექსურა კი შრის გამკვეთი ძაბვით არის გამოწ-

ვეული. მხოლოდ, ძაბვას გამოუწვევია შრის გაღუნვა და არა წყვე-  
ტისგასწვრივი მოძრაობა. აქაც, თუ გადაადგილების ამპლიტუდი



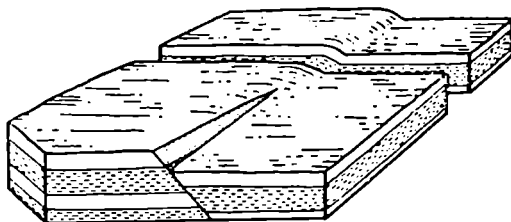
სურ. 52. რეინის გრ აბე ნი შვარცვალდსა და ვოგეზებს შუა.

მატულობს, ამას მოჰყვება შრეების გაწყვეტა (სხლეტვა) და სათა-  
ნადოდ დასხლეტვა ან შესხლეტვა. სხვათა შორის. აქედან ისიცა



სურ. 53. ფლექსურა. ჩანს, როგორ შეიძლება გადაიზარდოს უწყვეტო ფლექსურა (ზევით) ნასხლეტში (ქვევით).

ჩანს, რომ ნასხლეტი, როგორც წესი, წინასწარ არსებულ ნაპრალს კი არ მიჰყვება, თვითონ აჩენს მას.



სურ. 54. ნასხლეტის დაბოლოება. ჩანს სხლეტვის ამპლიტუდის შემცირება მიმართების გასწვრივ და შემდეგ ნასხლეტის შეცვლა უწყვეტო ფლექსურით.

ისევე როგორც ნაოჭი 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.

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 რაგში დანალექი ქანების წოლის ფორმებს ასწერენ ხოლმე. ჩვენც ასე მოვიქცით. ეს იმით აიხსნება, რომ ქერქის ზედა ნაწილში დანალექი ქანები უფრო გავრცელებულია და უფრო მისაწვდომი, და განსაკუთრებით კი იმით, რომ დანალექები გეომეტრიულად უფრო წესიერ ფორმებს იძლევიან — შრე, ნაოქი, ნასხლეტი. მათი წყობის გაცნობა უფრო ადვილიც არის. მეორე მხრით, მაგმეული ანუ ე რ უ პ ტ ი უ ლ ი ქანები დანალექ ქანებში შექრილი არიან, მათ წყობას არღვევენ და ამიტომ ერუბტივების აწერისას დანალექი ქანების წოლის ფორმებაც 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 დინებიან ფორმებს ღებულობენ. თუ ლავა უხვად არის და ძლიერ დენადი, იგი ფართოდ გაიშლება და ლ ა ვ 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 უსწორმასწოროა. 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 ერთსა და იმავე ადგილას რამდენიმეჯერ მეორდება, ხშირად ზეწარი ზეწარზე, არის განლაგებული სართულებად. თუ ამონთხეული ლავის რაოდენობა მცირეა და ფუძის დაქანება დიდი, ზეწარის ნაცვლად ლ ა ვ 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 გაცუვების შემდეგ, შეიძლება უფრო ახალგაზრდა ნალექებით დაიფაროს. მაგალითად, წალკა-თეთრაწყაროდან 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 ზეწარები. ამის მაგალითი მრავალია თრიალეთის ქედზე და სხვაგან საქართველოში.

ვულკანური აქტივობა ლავის ზედაპირზე მოდინებით არ იფარგლება მარტო. 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 ვულკანოგენურ-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.

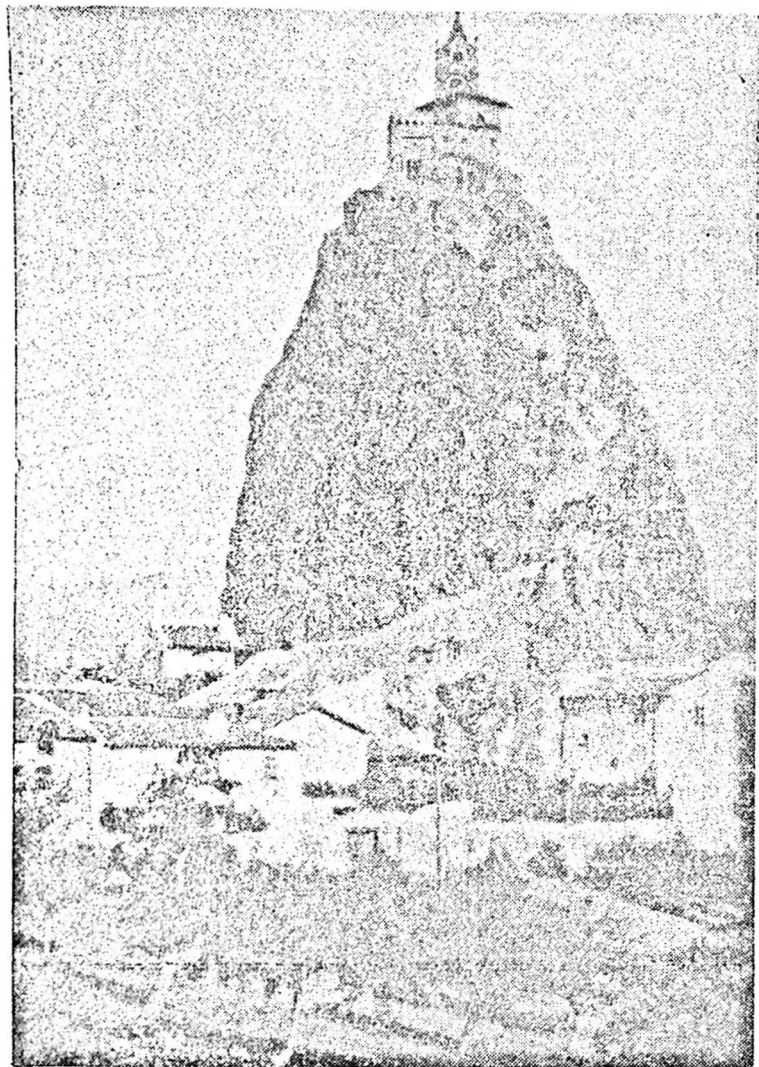
ბევრად ნაკლებად წესიერია და თან ძლიერ მრავალგვარი ინტრუზიული ქანების წოლის ფორმა. როდესაც მაგმა მეტნაკლებად ვიწრო ნაპრალებში არის შეჭრილი, სხვადასხვა სახის ძარღვები წარმოიშობა. თუ მაგმატიტის (მაგმეული ქანის) მიერ დაჭერილი ადგილი გარდიგარდმო ჭრილში ყველა მიმართულებით დაახლოებით ერთგვარია, ე. ი., თუ ინტრუზიული სხეული იზოდიამეტრულია, 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 დაიკი<sup>2</sup> (სურ. 56). მეტნაკლებად იზოდიამეტრული 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. — კისერი.

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

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



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).

თეიზონ შტოკიდანაც შეიძლება მეორადი ძარღვები გამოდიოდეს. მათ აპოფიზები<sup>1</sup> ეწოდება. ნეკებიც და ლაიკებიც ხშირად იტოტებიან.

მოხდება ხოლმე, რომ ინტრუზიული მაგმა ნაპრალს კი არ მოსდევს, შრესა და შრეს შუა ბზარა აფართოებს და მიჰყვება. წარმო-



სურ. 56. ლაიკის კედლისებური გაშისვლება. ლაიკის ქანი, რა თქმა უნდა, მაგმურია, შემცველი ქანები — ქვიშაქვები, ტიან-შანი.

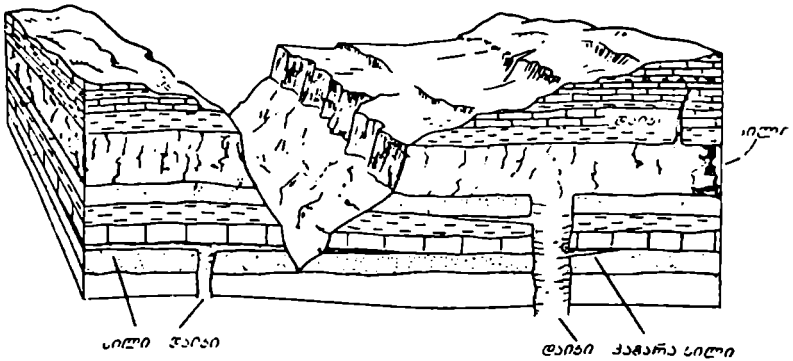
იშობა ძარღვი, რომელიც შრის მსგავსად არის ნალექებში განლაგებული (სურ. 57). ამას ჰქვია შრეძარღვი ანუ სილი<sup>2</sup>.

თუ სილმა შრეები დიდად დააცილა ერთმანეთს და ზედა შრეები საგრძნობლად ამოიბურცა, ძვილებთ ლაკოლითს<sup>3</sup> (სურ. 58). ლაკოლითის შემთხვევაში კარგად ჩანს, რომ ინტრუზივი თავი-

<sup>1</sup> „აპოფიზის“, ბერძ. — შინაზარდი.

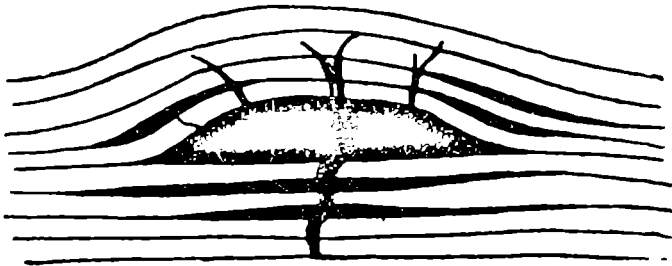
<sup>2</sup> Sill, ინგლ. — ზღურბლი.

<sup>3</sup> „ლაკოს“, ბერძნ. — ორმო და „ლითოს“ — ქვა.



სურ. 57. შრეძარღვები (სილები). ჩანს პორიზონტულ შრეებში შექრილი სქელი და თხელი სილები და მათი მკვებავი დაიკე-  
ბი. ერთი პატარა დაიკი ზედა სილიდასაც გამოდის ზევითკენ და მის  
აპოფიზს წარმოადგენს.

სუფალ ადგილს კი არ ავსებს მხოლოდ, თვითონაც აქვს საკმაო ენე-  
რგია, რათა ადგილი გაითავისუფლოს (სურ. 58).



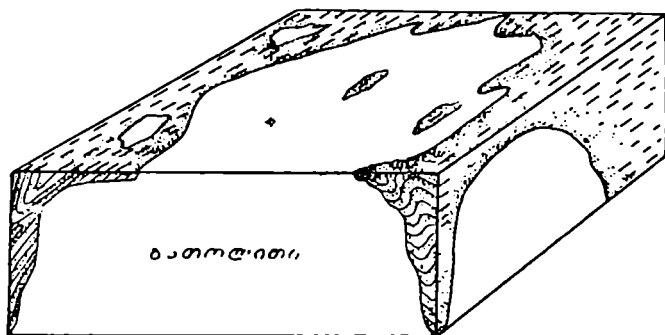
სურ. 58. ლაკოლითი. ჩანს, როგორ აუწევია ზევითკენ ზედა  
შრენარი შრეთაშუა შექრილ მაგმას. გამოყოფილა აპოფიზებიც.

ადვილი დასანახავია, რომ დანალექ შრეებში მოთავსებული  
ვულკანური ზეწარი და შრეძარღვი ძნელი გასარჩევი არიან ერთმა-  
ნეთისაგან. თუ ვულკანური ზეწარი ხმელეთზედ არის წარმოშობი-  
ლი, მას ქვეშ მდებარე შრეები შეიძლება გადაარეცხილი იყოს და შე-  
ხებაც უთანხმო. მაგრამ, თუ განფენი ზღვის ფსკერზე არის წარ-  
მოშობილი, მაშინ ეს განსხვავებაც არ იქნება. დარჩება კრიტერიუმი,

რომ გავარკვავებულ ლავას სილის შემთხვევაში კონტაქტური მეტამორფიზმი უნდა გამოეწვია ორივე გვერდზე, ზეწრის შემთხვევაში კი მარტო ქვედა მხარეზე.

უნდა აღინიშნოს იმიც, რომ როგორც ეფუზიურ განფენსა და ნაკადს, ისე ინტრუზიულ სილსაც მასალა სიღრმიდან მოსდის. ერთიც და მეორეც ნეკის ან დაიკისებური სხეულით არის სიღრმესთან დაკავშირებული. ასეთ შემთხვევაში ეს ძარღვები მომყვან ყელს წარმოადგენენ და შეიძლება ჰკვებავდნენ როგორც ინტრუზივს, ისე ეფუზივს.

დაგვრჩა უზარმაზარი ბათოლითები<sup>1</sup>. ბათოლითები (სურ. 59) ზოგან მთების გულს შეადგენენ მხოლოდ (კავკასიონი, ურალი და სხ.), სხვაგან თვალუწვდენელ სივრცეებზედ არიან გა-



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

შიშვლებული. მათი დამახასიათებელი ის არის, რომ ზედაპირზე შეიძლება პატარა ადგილიც ეჭიროთ, 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 უნდა ყოფილიყო. თანამედროვე შეხედულებით ბათოლითების მასალა ძირითადად მეტამორფიზმის შედეგი არის და მხოლოდ ნაწილო-

<sup>1</sup> „ბათოს“, ბერძნ. — სიღრმე, „ლითოს“ — ქვა.

ბრივ მაგმეული. ზევიტყენ ბათოლითს ისევე, როგორც შტოკს და ლაკოლითს, აპოფიზები ახლავს.

მიწის ქერქის დისლოკაციები, რა თქმა უნდა, მაგმურ ქანებზედაც ვრცელდება. აქარა-თრიალეთის ქედზე, რაჭა-აფხაზეთის ზოლში და სხვაგან უულკანური განფენები და სილები ფართო მონაწილეობას იღებენ დანაოქებაში დანალექ შრებთან ერთად. ასევეა სხვაგანაც. დანაოქებით გამოწვეულ დეფორმაციას განიცდიან სხვადასხვა ძარღვებიც. რაც შეეხება შტოკებს და ბათოლითებს, ისინი დანაოქებას ეურჩებიან. სანაცვლოდ ბათოლითებში დიდ როლს თამაშობს აშმუშენა.

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 ფენისაგან? 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? ეერტიკალური შრის დაქანების ანიმუტი?

მოხაზეთ რომელიმე ნაჩენის გეოლოგიური კრილი. დაურთეთ ლეგენდა.

რა არის შრეთა დასტა? შრენარი? გამოხაზეთ ირიბი შრებერივობა.

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

მოხაზეთ ანტიკლინი და სინკლინი კრილში და გეგმაში. აღნიშნეთ ამ ნაოქების თხემი, ძირი, ფრთები, შარნირები, ღერძი. რა არის ღერძის ხაზი და როგორ გამოისახება იგი გეგმაში და კრილში? გამოხაზეთ მრუდღერძიანი ნაოქი.

გამოხაზეთ ნორმული, იზოკლინური, მარაოსებური ნაოქები.

გამოხაზეთ ამართული, წახრილი, დაწოლილი, გადაბრუნებული ნაოქები.

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

გამოხაზეთ ნასხლეტი და აღნიშნეთ სხლეტვის ზედაპირი (შვეული, დახრილი), ბაგეები, შეფარდებითი გადაადგილების ამპლიტუდი. რა არის საფეხურებრივი ნასხლეტები. გრაბენი, პორსტი?

რა არის უულკანური ნაკადი? ზეწარი? დაასახელეთ მაგალითები. 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 ქალაქ-გარეთ, დავინახავთ, რომ ამ ანტიკლინზე გავრცელებული არის ერთგვარი რუხი ქვიშაქვები. გულდასმით ძებნის შემდეგ ამ ქვიშაქვებში 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 გაკა-ელებული ან გაპირიტებული იყოს. განამარხებული არის ხოლმე ხეც და სხვა ორგანიზმები, ცხოველი თუ მცენარე. ასეთ შემთხვევებში ფორმა ისევე 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 ჩგუფს (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.

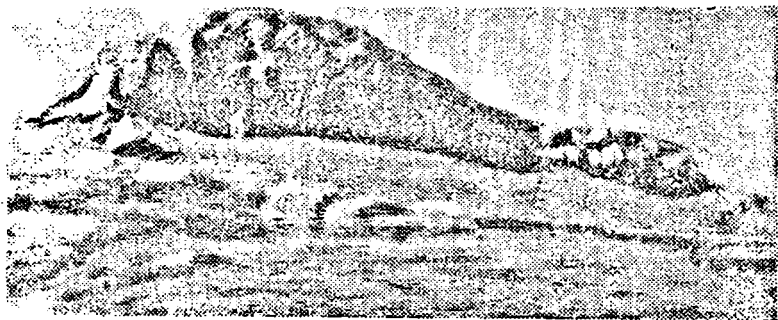
იქვე ახლოს, სოდანლულის ხიდის პირდაპირ, ხსენებულ ქვიშაქვებს თავზედ აღევს თანხმობით ვულკანური ზეწრის ნაწყვეტი, რის მიხედვითაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ იმავე დროს ზღვის ფსკერზე ვულკანური ამოფრქვევები ხდებოდა და ლავა ანდეზიტური იყო (სურ. 60).

ახლა მცხეთას რომ მივმართოთ და იქ ქალაქის ჩრდილოეთით ავიდეთ დავაკებაზე, რომელიც ძველ ნასოფლარს წარმოადგენს (კოდმანი), გორის ძირას ადვილად ვიპოვოთ ნაჩენს, სადაც კირქვიან შრეებში ნამარხები საკმაოდ ხშირი არიან, მაგრამ ნუმულიტების

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

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 დალექვისას იქ შავი ზღვის მსგავსი შიგა ზღვა ყოფილა.

თუ იავე ქვევით ჩამოვალთ და შარას გავყევით. კარგად ცნობილ ბებრის ციხესთან სულ სხვა სურათს წავაწყდებით. ჩინე-



სურ. 60. სოღანლუღის განფენი.

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 დალექილა. იმ დროს ეს მხარე ხმელეთს წარმოადგენდა.

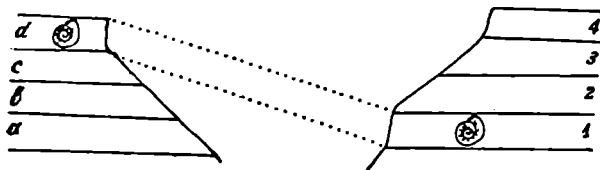
ნაცხორის ქვიშაქვებს და თიხებს უშუალოდ მოსდევს (თავზე ადევს) კონგლომერატების და ქვიშიანი თიხების ძლიერ სქელი მორიგეობა. აქაც მხოლოდ ხმელეთის მოლუსკებია. კონტინენტური რეჟიმი გრძელდება. მუხრანის ველის ჩრდილოეთით, დუშეთისკენ, ამავე წყებაში იპოვეს ხერხემლიანი ცხოველების ძვლები. ეს არის ცხენის წინაპარი ჰიპარიონი, ჟირაფი და სხ. ამის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ არა მარტო ის, რომ იმ დროს აქ ხმელეთი იყო. არამედ დავუმატოთ, 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, უფლე-



ბა გვეჩვენება დაეასკვნათ, 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 მცხეთასთან ერთდროულად იყო? და, თუ არა, რა იყო უფრო ადრე და რა უფრო გვიან? ბუნებრივად ისმის მოვლენათა დათარიღების საკითხი.

გეოლოგებმა იმთავითვე მიაქციეს ყურადღება, რომ ყოველი შრენარის ამა თუ იმ შრის დალექვა ჰვულწისხმობს, რომ ნასქვეშა შრე იმ დროს უკვე დალექილი იყო. აქედან გამომდინარეობს უცილობელი დასკვნა, რომ ნალექებში შრეების თანამიმდევრობა ქრონოლოგიური თანამიმდევრობა არის: თუ ქრილში გვაქვს შრეები a, b, c, d (სურ. 61), ყველაზე ქვედა a ყველაზე ძველი იქნება, ხოლო მაზედ ახალგაზრდა და თან უშუალო მომყოლი, c ასევე b-ზედ



სურ. 61. განლაგება და ასაკი შრეების პარალელიზაცია 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 ქვიშაქვები და თიხები. უკანასკნელთ ასევე მოსდევს კონგლომერატების წყება. ცხადია, რომ უძველესია კოდმანის წყება, შემდეგი ნაცხორის წყება იქნება და კიდევ უფრო გვიან მათ კონგლომერატები სცვლის. მაშ მცხეთის ადგილას ჯერ კოდმანის ზღვა ყოფილა, შემდეგ, როდესაც ნაცხორის წყება ილექებოდა—ხმელეთი და ხმელეთი დარჩენილა კონგლომერატების დროსაც.

მცხეთის რაიონში საკითხი მარტივად ირკვევა, მაგრამ თბილისის ნუმულიტებიანი ზღვა? უფრო ძველია იგი, თუ უფრო ახალგა-

ზრდა, ვიდრე მცხეთის ეს ნალექები? თელეთის ქედის ქვიშაქვების უშუალო გაკვლევა მცხეთამდე და ამგვარად გამორკვევა, თუ რომელი წყება არის ქვევით და რომელი ზევით, პრაქტიკულად 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 ცვალებადი არის მანძილის მიხედვით: შეიძლება ქანი სრულიად მსგავსი დარჩეს, მაგრამ შეიძლება არსებითად შეიცვალოს. ცნობილია, რომ იმავე ასაკის შრეები, როგორისაც თელეთის ქვიშაქვებია, ლეჩხუმში ხალასი კირქვებით არის წარმოდგენილი. პეტროგრაფიული მსგავსების საფუძველზე შრეების იგივეობის დადგენა დასაზღობი არ არის. ამიტომ ერთ ნაჩენში გაცნობილი შრის თუ შრეების მეორე, საკმაოდ დაშორებულ ნაჩენში დადგენა ძლიერ ძნელი არის.

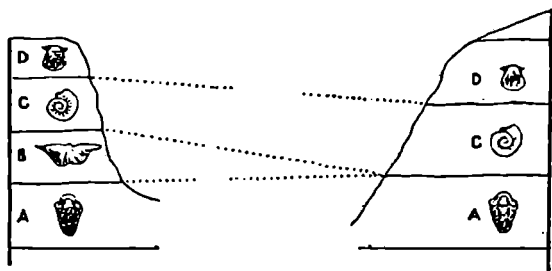
მაგრამ უკვე XVIII საუკუნის მიწურულში ინგლისელმა მეცნიერმა სმიტმა აღმოაჩინა, რომ შრეებში მოყოლილი ნამარხები შემთხვევითად როდი არიან განაწილებული. ყოველ ნამარხთან შრენარში სხვებთან ერთად გვხვდება ისეთი ნამარხებიც, რომლებიც არც უფრო ძველ შრენარში მოიპოვებიან და არც უფრო ახალგაზრდაში შეგვხვდებიან. ასეთი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

ვთქვათ, ორი ერთიმეორეს დაშორებული ნაჩენი გვაქვს და ერთში შრეები a, b, c, d, ხოლო მეორეში — 1, 2, 3, 4 (სურ. 61). დავუშვათ, 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, 4.

დაშორებულ ნაჩენებში შრეების თანამიმდევრობის ერთმანეთთან დაკავშირებას (ზემო შემთხვევაში d=1) მათი პარალელიზაცია ჰქვია, ამ შრეების ურთიერთდამოკიდებულებას (b უფრო ძველია, ვიდრე c ან 2)—კორელაცია. მაშასადამე, ორი ნაჩენისა

რომელიმე შრის პარალელიზაცია ნაჩენებს შორის კორელაციის დადგენაც იქნება.

აწერილი ხერხი არა მარტო შრის (შრენარის) გამოცნობის და მისი ადგილის დადგენის საშუალებას გვაძლევს, არამედ შესაძლებელს ხდის ჭრილში ამა თუ იმ შრის არარსებობის გამორკვევასაც. ვთქვათ, ერთ ნაჩენში გვაქვს თანამიმდევრობა a, b, c, d, ხოლო მეორეში — a, c, d (სურ. 62). პირველ შემთხვევაში a-ს მოკყვება b და შემდეგ c, მეორე შემთხვევაში კი a-ს უშუალოდ c მოსდევს. თუ კორელაცია კარგად არის დადგენილი, თამამად შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მეორე ჭრილს b შრე აკლია: იგი ან გადარეცხილა c შრის დალექვამდე, ან სულაც არ დალექილა, ასეთ ნაკლებობას შრეების თანამიმდევრობაში ხარვეზს უწოდებენ.



სურ. 62. ხარვეზი შრეებს შუა.

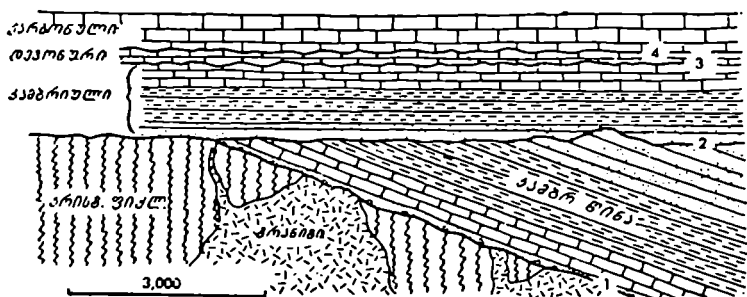
ამგვარად, დებულებას, რომ შრეების განლაგება მათ ასაკობრივ თანამიმდევრობას განსაზღვრავს, დაზუსტება სჭირდება: ნორმალურად განლაგებულ შრეებში ზედა შრე ყოველთვის უფრო ახალგაზრდა არის, ვიდრე ქვედა, მაგრამ შეიძლება იგი უშუალოდ მისი მომყოლი არ იყოს. ასეთ ჭრილში შეიძლება შრეები ერთიმეორის პარალელურიც იყვნენ, ე. ი. თანხმობით განლაგებული, მაგრამ მათ წყობაში გარკვეულ დონეზე უთანაობა 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 და-  
 ლექილი შრეებიც ისპობა, მეტი თუ ნაკლები.

ასე მოხდება, მაგალითად, თუ ზღვის დონემ დაიწია ან, რაც იგი-  
 ვეა, კონტინენტმა აიწია. ორივე შემთხვევაში ზღვა უკან დაიხეცს  
 (მოხდება ზღვის რეგრესია<sup>1</sup>), და მის ამგვარად გაშიშვლებულ  
 ფსკერზე დაიწყება გადარეცხვა. თუ ახლა ზღვის დონემ ისევ აი-  
 წია (ან ხმელეთმა ძირს დაიწია), ზღვა წინ წამოიწევს ხმელეთზე  
 და მის დიდს თუ მცირე ნაწილს დაჰფარავს. ეს იქნება ტრანს-  
 გრესია<sup>2</sup>. ტრანსგრესებულ უბანზე თვით ტრანსგრესიის გავრცე-  
 ლებისას გადარეცხვა ხდება, მაგრამ შემდეგ, რაკი უბანი წყლით  
 დაიფარება, ნალექების დაგროვება დაიწყება. ახალი ნალექები უთან-  
 ხმოდ განლაგდებიან გადარეცხილ ზედაპირზე.

უთანხმოება სხვადასხვაგვარი შეიძლება იყოს: ა) ზედა  
 შრენარი ქვედას პარალელური არის, მაგრამ მათი შეხების ზედა-  
 პირი არის არა შრეებრივობის ზედაპირი, არამედ გადარეცხვის  
 უსწორმასწორო ზედაპირი. ახალი ნალექები მეტ შემთხვევაში ტლან-  
 ქი მასალით (კონგლომერატი და მისთანები) დაიწყება, რომელსაც  
 ფუძის ფორმაციას უწოდებენ (იგულისხმება ტრანსგრესიული ნალე-  
 ქების ფუძე (სურ. 63); ბ) ზედა და ქვედა შრენარს შუა გარკვეული



სურ. 63. უთანხმოება.

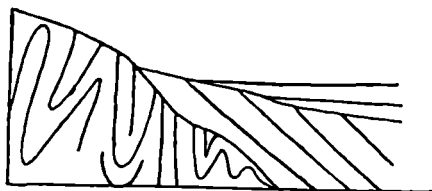
კუთხე არის—აწევ-დაწევას შრეების განლაგების განსხვავება გა-  
 მოუწვევია. ასეთ უთანხმოებას კუთხური ჰქვია (სურ. 63):

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

<sup>2</sup> Transgressio, ლათ.— წინსვლა, გადავლა.

გ) შეიძლება ტრანსგრესიის წინ დანაოქება იყოს მომხდარი. უთანხმოება ისევ კუთხური იქნება, მაგრამ გადარეცხილ ნაოქებზე (სურ. 64); დ) დასასრულ შეიძლება დანაოქებულ შრეებზე ახალი ნაოქები განლაგდნენ პორიზონტულად, კუთხური უთანხმოებით და შემდეგ თავადაც დანაოქდნენ ძველ შრეებთან ერთად. ახალი დანაოქება უფრო სუსტი იქნება, ვიდრე ძველი შრეების, და ზოგჯერ სხვა ხასიათისა.

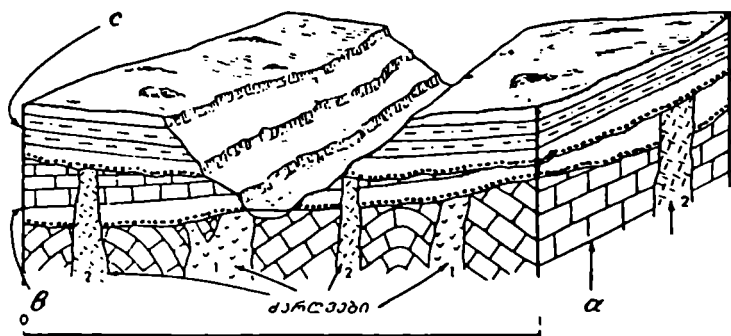
უთანხმოებათა დადგენას და შესწავლას ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც სტრატეგრაფიული, ისე მთების წარმოშობი



სურ. 64. უთანხმოება.

შოკლენების გარკვევისათვის. აქ აღვნიშნოთ მხოლოდ, რომ უთანხმოებებს შეუძლიათ დიდი დახმარება გაგვიწიონ მაგმეული სნეულების დათარიღების საქმეშიც.

ასე, მაგალითად, ძარღვები 1 (სურ. 65) ჰკვეთენ შრენარს a



სურ. 65. ინტრუზიის დათარიღება.

და გადარეცხილი არიან შრენარის b ტრანსგრესიით. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ძარღვები უფრო ახალგაზრდა არიან,

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 ადვილს 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 გამორკვეული, რომ ნუმულიტებიანი ზღვა ბევრად უფრო ადრე იყო, ვიდრე კოდმანის ზღვა.

გეოლოგიის იმ დარგს, რომელიც ამ საკითხებს შეისწავლის, სტრატეგრაფია<sup>1</sup> ჰქვია. სტრატეგრაფიის 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 სტრატოგრაფისათვის ნამარხების შესწავლას. უკვე საუკუნუნახევარზე მეტია, რაც ამისთვის ფრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (Cuvier) ჩამოაყალიბა სპეციალური მეცნიერება პალეონტოლოგია<sup>3</sup>. პალეონტოლოგიის ერთ-ერთი ამოცანა, გეოლოგისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი, არის ძველი დროის, დღეს შეტწილად უკვე გადაშენებული ორგანიზმების შესწავლა

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

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

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

შრეების გარჩევა-დათარიღების მიზნით. ამას ემსახურება სტრატოგრაფიული პალეონტოლოგია. მეორე მხრით, თვით ასეთმა კვლევამ ცხადყო, რომ ცოცხალი ორგანიზმების ცვლა დროში შემთხვევითი როდია. დარჯინის 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 შემადგენელი ნალექების სისქე ძლიერ დიდია. შესაფერად დიდია მათი დალექვის დროც და, მაშასადამე, ქერქის წარსულის სათანადო მონაკვეთიც. როგორც ერთის, ისე მეორის შესწავლა აუცილებელს ხდის მათ დანაწილებას. ასე გამოჰყვეს ქვედა, იმ დროს უძველესად მიჩნეული ნალექები, რომელთაც პირველელი ფორმაცია უწოდეს. მას თავზედ ადევს მეორეული, შემდეგი არის მესამეული და, დასასრულ, ყველაზედ ახალგაზრდა მეოთხეული, რომელიც ჩვენ დრომდე მოდის.

უფრო გვიან ტერმინი პირველელი შესცვალა პალეოზოოზომია, მეორეული — მეზოზოოზომია და მესამეულ-მეოთხეული — კაინოზოოზომია ანუ, სხვაგვარად, ნეოზოოზომია<sup>1</sup>. პირველელს და მეორეულს დღეს აღარავენ ამბობს, მესამეული და მეოთხეული ზოგჯერ კიდევ იხმარება ნეოზოოზომის ორი ნაწილის აღსანიშნავად. ბოლო დროს მეოთხეულის ნაცვლად ზოგჯერ იტყვიან ანთროპოგენიო<sup>2</sup>.

მეორე მხრით, დიდი ხანია გამდიდრედა, რომ პირველელი, მიუხედავად ამ სახელისა, უძველესი ჯგუფი როდია მიწის ქერქში. მას ქვეშ არის ქანების უზარმაზარი თანამიმდევრობა, რომელშიც

1 „პალაოს“, ბერძნ. — ძველი, „ძიონ“, ბერძნ. — ცხოველი. „პალეოზოოზომია“ — ძველი ცხოველების დროის.

2 „მეზოს“, — შუათანა, „ზოე“ — ცხოვრება.

3 „კაინოს“, ბერძნ. — ახალი, „ზოე“ — ცხოვრება.

4 „ნეოს“, ბერძნ. — ახალი.

5 „ანთროპოს“, ბერძნ. — ადამიანი, „გენოს“ — დაბადება, ასაკი.

ორ ჯგუფს გამოჰყოფენ. ეს იქნება პროტეროზოული ზევით და არქეული ქვევით. ჩვეულებრივად პროტეროზოული და არქეული ფორმაციები დიდ სიღრმეზე მდებარეობენ უფრო ახალგაზრდა ნალექებს ქვეშ დამარხული. მაგრამ არის ისეთი ადგილებიც, სადაც აზვეების 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

ცხრილი 6.

გეოლოგიური დროის დანაწილება

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

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



## მეზოზოურის დანაწილება

სისტემა და პერიოდი	სექცია და ეპოქა	სართული და საუკუნე
ცარცული	ზედა ცარცული	სენონური <sup>1</sup> ტურონული სენომანური
	ქვედა ცარცული	ალბური აპტური ბარემული პოტრიევული ვალანჟინური
იურული	ზედა იურული	პორტლანდური კიმერიჯული ოქსფორდული კალოვიური
	შუა იურული	ბათური ბაიოსური
	ქვედა იურული	აალენური ტოარსული შარმეტული სინემურული ქეტანგური რეტული
ტრიასული	ზედა ტრიასული	ნორიული კარნიული
	შუა ტრიასული	ლადინური ანიზური
	ქვედა ტრიასული	სკვითური

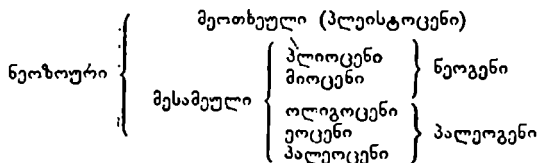
ორად. მაგალითად: ქვედა, შუა და ზედა იურული, ან ქვედა და ზედა-მესამეული (იგივე პალეოგენი და ნეოგენი).

დანაწილება ამითაც არ თავდება. სექციებს ჰყოფენ სართულეზად შესატყვისი დრო იქნება. გეოლოგიური საუკუნე-

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

ნე ე, რომლის ზანგრძლიეობა წლების მილიონებით იზომება) და სარ-  
თულებს — ზ ო ნ ე ბ ა დ.

ნეოზოურის დანაწილება, ძლიერ გამარტივებული, შემდეგი იქ-  
ნება:



გეოლოგიური დროის ნაკვეთებს ახასიათებს მიწის ქერქის თანდათან განვითარება: იცვლება ზღვისა და ხმელეთის განაწილება ანუ პ ა ლ ე ო გ ე ო გ რ ა ფ ი ა<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 დოკუმენტებს.

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

კამბრიულ პერიოდში უკვე ფართოდ არის გავრცელებული ისეთი მაღალორგანიზებული ცხოველების ჯგუფი, როგორც ასოსახსრიანები, რომელნიც წარმოდგენილი არიან შემდეგ გადაშენებული ტ რ ი ლ ო ბ ი ტ ე ბ ი თ (სურ. 66). აღვნიშნათ ასევე დიდი ხნის გადაშენებული და ღრუბლების მონათესავე არქეოციპტიდები და სხვა. ხერხემლიანები ჯერ არ არიან.

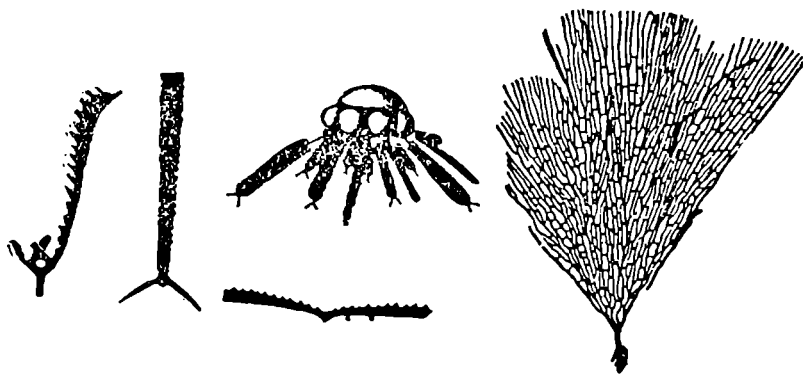
ორდოვიციულისა და სილურულისათვის დამახასიათებელია ნაწლავრუიანების (Coelenterata) გადაშენებული ჯგუფი გ რ ა პ ტ ო ლ ი ტ ე ბ ი (სურ. 67). სილურულშივე ჩნდებიან უძველესი თევზები.

დევონურს ახასიათებს ჯ ა ვ შ ნ ი ა ნ ი თ ე ვ ზ ე ბ ის (სურ. 68) დიდი განვითარება. ამ თევზებს ძვლის ზერხმალი არა აქვთ. სამაგიეროდ მათი ტანი, ან მისი წინა ნაწილი მხოლოდ, გარედან არის შემოსილი ძვლის ჯავშნით.

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



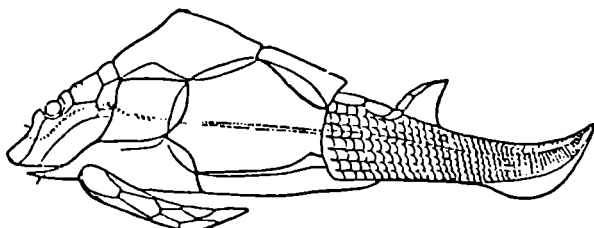
სურ. 66. ტრილობიტები, გადაშენებული პრიმიტიული ასოსახსრიანები.



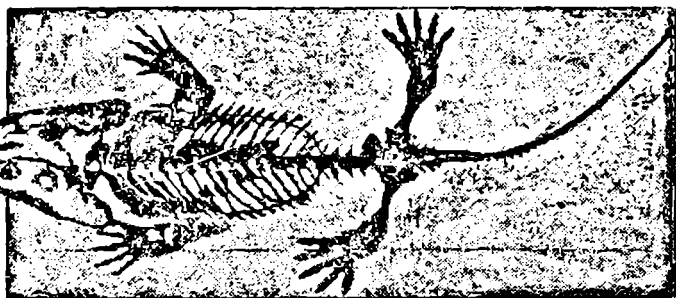
სურ. 67. გრაპტოლიტები, გადაშენებული ნაწლავალრუიანები.

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

მეზოზოურისთვის ძლიერ დამახასიათებელია თავთფეხიანი მოლუსკების ჯგუფი ამონიტები (სურ. 70), რომელნიც ცარცული პერიოდის დასასრულში გადაშენდნენ. აქვე დიდ განვითარე-



სურ. 68. ჯ ა ე შ ნ ი ა ნ ი თ ე ვ ზ ი. გარედან შეჩვენულია, ძელის შიგა ჩონჩხი კი არ აქვს.

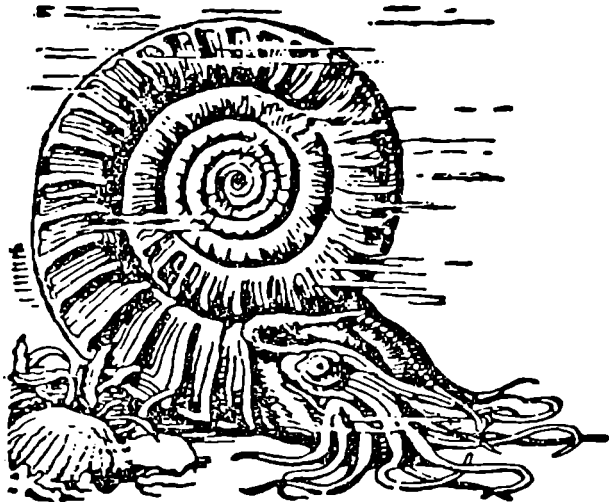


სურ. 69. — სამასიოდე მილიონი წლის წინათ განვითარებული ბაყაყების მონათესავე (ორგვარად მსუნთქავი) ხელიკი.

ბას აღწევენ გიგანტური ქვეწარმავლები (სურ. 71), თევზისებური ქვეწარმავლები (სურ. 72), მფრინავი ქვეწარმავლები (სურ. 73).

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

მეზოზოურის 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,



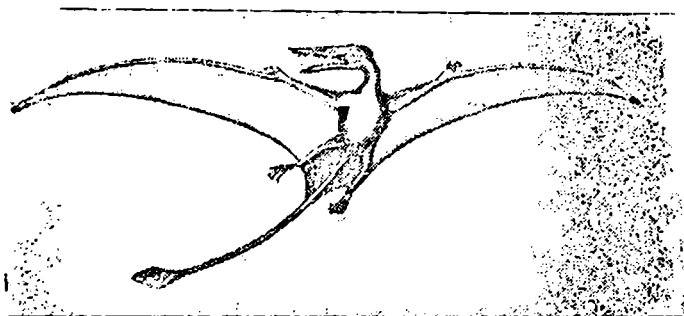
სურ. 70. ამონიტი (თეთფეხიანი). ცხოველი ნივარაშია მოთავსებული, „ფეხები“ თავის ირგვლივ ასხია.



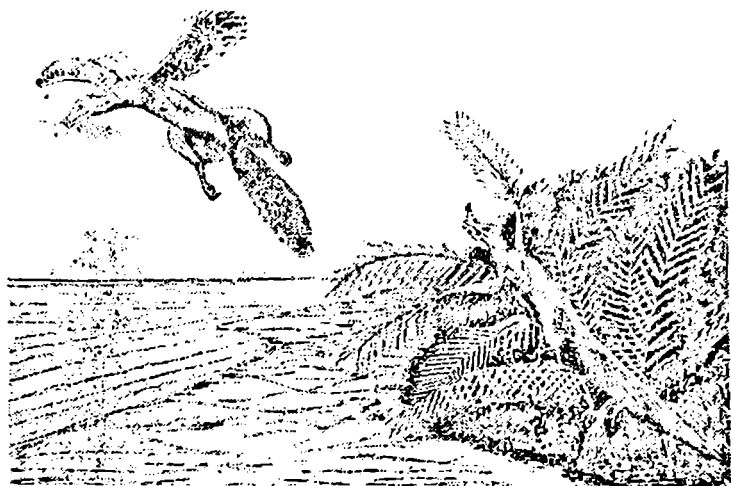
სურ. 71. დიბლოდოკი, მეზოზოური ქვეწარმავალი. უგრძელესია დღემდე ცნობილ ცხოველთა შორის.



სურ. 72. იხთიოზაერი (თევზხელიკი), თევზის მსგავსი  
მეზოზოური ქვეწარმავალი.



სურ. 73. რამფორინხუსი, მეზოზოური მფრინავი  
ქვეწარმავალი.



სურ. 74. არქეოპტერიქსი, ფრინველების უძველესი ცნობილი წარმომადგენელი.

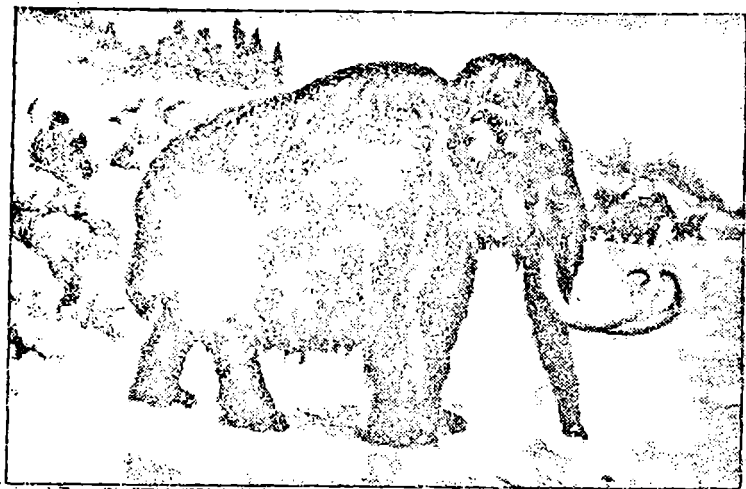
ძვლიანი თევზები, ფრინველები და მაწოვრები. მესამეულის მიწურულში განვითარდნენ ადამიანის მსგავსი მაიმუნები, ხოლო მე-



სურ. 75. ნუმულიტი. მარცხნივ ნაჭუჭი გარედან; მარჯვნივ ნაჭუჭის ეკვატორული კრილი და შიგა აგებულება.

ოთხეულის მნიშვნელოვანი ნამარხები არიან ბეწვიანი სპილო-მამონტი (სურ. 76), ადამიანის მსგავსი მაიმუნი პითეკანთროპი (სურ. 77) და ბოლოს თვით ადამიანი.

✓ ამრიგად, გეოლოგი მიწის ქერქის წარსულის მოვლენებს საკმაოდ ზუსტად აღადგენს და მწყობრადც ალაგებს დროში მათი თანამომდევრობის მიხედვით. მაგრამ როგორია ამ წარსულის ხანგრძლივობა, როგორია თითოეული მოვლენის ასაკი, ამის შესახებ



სურ. 76. მამონტი, ბუნეიანი სპილო.

თითქმის ვერაფერს გვეუბნება. მართლაც, გეოლოგიური დათარიღება ზუსტად გვაცნობს მხოლოდ იმას, თუ რა მოხდა უფრო ადრე 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 დალექილი. 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 სტრატეგრაფია გვეუბნება, მაგრამ რამდენი წლის წინათ?



ასევე ისმის კითხვა, რამდენი წელიწადი გავიდა კამბრიული 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 მეშვეობით. 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 დაკრისტალბებულია, 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.



სურ. 77. *Pithecanthropus erectus*,  
„ამართული მიომუნ-ადამიანი“.

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. ამ საქმეს ხელმძღვანელობს ქანების აბსოლუტური ასაკის გაზომვის საკავშირო კომისია. აქვე მოცემულია (ცხრ. 8) ამ კომისიის მიერ 1964 წლისათვის მიღებული აბსოლუტური ასაკის სკალა. 1964

გეოლოგიური ფორმაციების აბსოლუტური ასაკი  
(აღრიცხვა დღეიდან უკუსვლით მილიონწლობით)

სისტემა (პერიო- დი)	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
კამბრიულსწინა .	>3500	>3000

წლისთვის იმიტომ ვამბობთ, რომ სკალა წლითი-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 ვაზრდობენ.

გეოლოგიური რუკა. იმისათვის, რომ დაკვირვებები მიწის ქერქის გეოლოგიური აგებულების შესახებ თვალსაჩინოდ გამოსახონ და თან ამ აგებულების 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, იზოჰიფსებით 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 მოგვესურებია, 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 გადაჰკვეთს. 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 გადაჰკვეთს. თუ ცილინდრულ ზედაპირს სიგრძივ გავკვეთთ 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 მეზღვეთათვის, რადგან მიმართულებები სრულიად ზუსტად არის გადმოცემული. დამახინჯება მხოლოდ მანძილებს შეეხება.

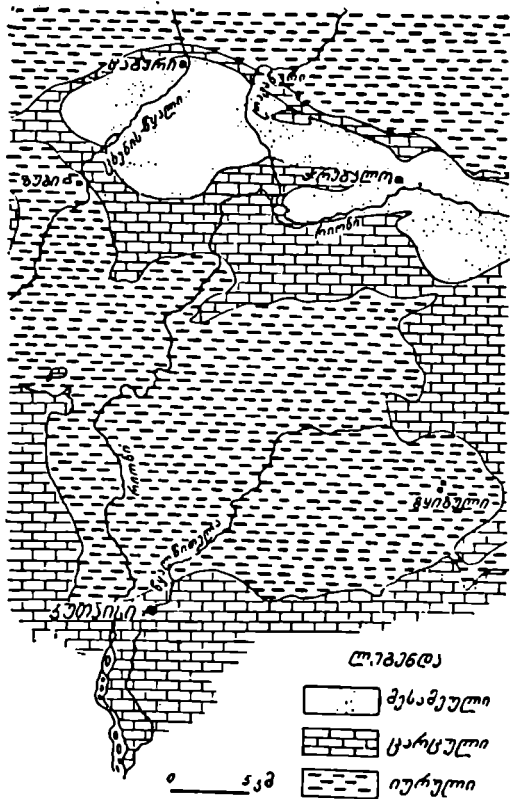
გარდა ცილინდრულისა, არის კონუსური და სხვა პროექციები. საერთოდ, ამა თუ იმ ზედაპირის რუკაზე წარმოდგენის თეორიულ საკითხებს იკვლევს სპეციალური მეცნიერება კარტოგრაფია.

როდესაც საფუძველი შერჩეულია, გეოლოგი რუკაზე დაიტანს გეოლოგიურ ცნობებს. ძირითადად ეს იქნება სხვადასხვა ფორმაციების გავრცელება ზედაპირზე, ერუბტიული 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 ლეგენდ<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Signum, ლათ. — ნიშანი.

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

ცხადია, ყოველი ფერით შეგვიძლია, რომელიც მოგვესურება ფორმაცია აღნიშნოთ, მაგრამ რუკის წაკითხვის გასაადვილებლად დიდი უპირატესობა ექნება, რომ ერთისა და იმავე ფორმა-



სურ. 78. გეოლოგიური რუკა. რუკა სქემატურია იმ მხრივ, რომ გვიჩვენებს მხოლოდ დიდ გეოლოგიურ მონაკვეთებს: იურული, ქარცული და მესამეული ნაღებების გავრცელებას ზედაპირზე.

ციხისთვის ყველა ერთსა და იმავე ფერს იყენებდეს. მაშინ შეჩვეული თვალი ლეგენდის გაცნობამდეც, პირველივე შეხედვით სწორ შთაბეჭდილებას მიიღებდა. ამიტომ იყო, რომ საერთაშორისო გე-

ოლოგიურმა კონგრესმა თავის პირველსავე სესიაზე მიიღო რეკომენდაცია იმის შესახებ, თუ რა ფერი რის აღსანიშნავად უნდა იხმარებოდეს. ამის მიხედვით იურულ სისტემას აღნიშნავენ ლურჯი ფერით, ცარცულს—მწვანით, მესამეულს—ყვითლით, გრანიტს—ვარდისფრით და ა. შ. თანაც, რაც უფრო მუქია აღებული ფერი, მით უფრო ძველი უნდა იყოს შესატყვისი ნალექები. 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 აღამიანს დანახვაც კი არ შეუძლია, როგორც ერთობილის. მით უმეტეს უნდა ითქვას ეს კონტინენტების შესახებ. უეჭველია, ამა თუ იმ კონტინენტის კონტურებს და რელიეფს თვით მისი ამგვემავები 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 სტრატოგრაფია? 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?

## ბარედინამიური მოვლენები

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

უკანასკნელი ჰგულისხმობს ხმელეთისა და ზღვის საზღვრების ცვალებას დროის მიხედვით, კონტინენტების და ოკეანეების განვითარებას, ჰავის ცვლას, წარსულ დროში 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 ყურადღებას ძირითადად ამ მოვლენებს აქცევს.

მიწა მუდმივ ცვალებაში იმყოფება. არა არის რა მიწაზედ ისეთი, რომ საკმაოდ ხანგრძლივი დროის მანძილზე არ იცვლებოდეს მეტაღან ნაკლებად. უთქვამთ კიდევ. მიწაზე უცვლელი მხოლოდ ცვალება არისო. ყოველი ცვალება კი ენერგიის ბრუნვას ნიშნავს. სად არის ენერგიის 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 წარმოშობ მოძრაობათა შესახებაც. ეს იქნება მიწასში გაანუტელურული<sup>1</sup> ძალები. საშავიეროდ, თუ ქარი ქრის, ეს მზის საქმეა, რადგან მზემ გაათბო ჰაერის ერთი ნაწილი მეტად, ვიდრე მეორე, და ამას ჰაერის მოძრა-

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

ობა მოჰყვა: მდინარე მოშხუის — ესეც მზის საქმეა. მზის ენერჯიამ ააორთქლა წყალი და სითბოს მეოხებით (გაფართოება) აიტანა მალა, ხოლო შემდეგ გაცივებამ გამოიწვია წვიმა. მიწის ზედაპირზე სიცოცხლე ვითარდება — ამასაც დიდწილად მზეს უნდა ვუმაღლოდეთ, რადგან მზის ენერჯია აძლევს მწვანე მცენარეებს საშუალებას, რომ ნახშირბადი შეინივთონ. რაკი მზეზე ვლამაპარაკობთ, შეიძლება ვარსკვლავებიც გვეხსენებია, 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, ძირითადად მზიურ, ე. ი. მიწასგარე ენერჯიაზე დამოკიდებული.

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, მეწყარულ მოვლენებს, რომლებიც არსებითად სიმძიმის ძალაზე და მიწის ზედაპირის რელიეფზედ არიან დამოკიდებული, გარედინამიურ მოვლენებთან განიხილავენ მიწასქვეშა წყალთან დაკავშირებით.

## ფიტვა და ბრავიტაციული 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 წონასწორობისაკენ ისწრაფის. მაგმეული ქანები ქერქის შიგნეთში წარმოშობილან ან ზედაპირზე ამოსული გამყარებულიან. 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 ცვლილებებს განიცდიან. იწყება სხვადასხვა ხასიათის პროცესები, რომელთა საბოლოო შედეგი არის ქანის დამსხვრევა-დაქუცმაცება და მისი შემადგენელი ნა-

წილების დაშლა-გარდაქმნა, რომელიც ჩვეულებრივ თავდება იმით, რომ წარმოიშობა „მიწისებური“ რბილი მასა. ამ პროცესს ეწოდება ფიტვა, ხოლო ქანს, რომელსაც ეს გზა გაუვლია, გამოფიტუ-



სურ. 79. ბზარები და ნაპრალები გაშიშვლებულ პორფირიტულ კლდეებში. მდ. რიცეულის (რიონის მარჯვენა შენაკადია) ხეობა რაჭაში.

ლი. ფიტვას სამგვარს არჩევენ: მექანიკურს, ფიზიკურ-ქიმიურს და ორგანოგენულს.

მექანიკური ფიტვა. ყოველ ქანში არის უჩინარი ბზარები, რომელიც ტექტონიკური დაძაბულობის პირობებში წარმოშობილან. არის უკეთ გამოსახული, მეტ-ნაკლებად 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 თანახლავს ქანის კუმშვა-გაფართოება. ფიქრობენ, რომ ეს იწვევს ხსენებულ ბზარების და ნაპრალების გაფართოებას და ზოგჯერ მა-



თი კედლების მოელვარებას თანამგზავრი ხახუნის გამო. თუ ეს სად-მე ქარაფებზე ხდება, კლდესმოწყვეტილი ლოდები 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 ჰიქა სკდება, თუ შიგ ცხელის შემდეგ ცივი წყალი ჩავასხით. უდაბნოთა მკვლევარები ასწერენ, როგორ ვაისმის ხოლმე იქ შეღამებისას, როდესაც ტემპე-



სურ. 80. ლოდების სკდომა უდაბნოში

რატურა სწრაფად და ძლიერ ეცემა, თავისებური ტყაცანი, თითქო დამბაჩა ვაისროლესო. ეს იქის 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 გრანიტი. ბოლო ანგარიშში მარცვლი მარცვალს სცილდება და წარმოიშობა ქეიშა. ამ პროცესს ხელს უწყობს ის გარემოებაც, რომ გრანიტი ჭრელი ქანი არის და მისი 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 მოპყვოლია. ისინი, ვინც ამ ცდებს გადაწყვეტად 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 დაკრისტალებსას ფართოვდება. ვთქვათ, ქანში ვიწრო ნაპრალი არის. სანამ თბილა, ნაპრალი წყლით აივსება. როდესაც აცივდება, წყალი გაიყინება და მისი მოცულობა დაახლოებით 9%-ით გაიზრდება. ნაპრაალში განვითარდება წნევა, რომელმაც შეიძლება მიაღწიოს 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 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 მივუმატოთ სინესტე. წვიმის წყალში, რომელიც მიწაზე ეცემა და ქანებში ჩაიყონება ნაპრალების და პორების მეშვეობით, ერთ ლიტრზე 30 სმ<sup>3</sup> ჰაერი არის, აქედან 30% უანგბადია, 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, უანგვა, კარბონატიზაცია და სხვა უფრო რთული.

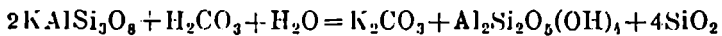
წყალი ენერგიული გამხსნელი არის. ადვილად ხსნის ისეთ მინერალებს, როგორც ქვამარილი, თაბაშირი, და გააქვს ქანიდან. გააქვს იმიტომ, რომ წყალი ქანში მოძრაობს პორებსა და ნაპრალებში. ასეთ პირობებში ქანი თანდათან ღარიბდება ხსნადი მინერალებით, ანუ, როგორც იტყვიან, მისი გამოტუტვა ხდება. კირქვაც მცირედ, მაგრამ ხსნადი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

ჰიდრატაციის მაგალითს იძლევა ანჰიდრიტი ( $CaSO_4$ ). ეს მინერალი იერთებს წყლის ორ მოლეკულს და იცვლება თაბა-

შირად ( $\text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). ამ გარდაქმნას გაფართოება ახლავს და ასეთნაირად წარმოშობილი თაბაშირი ზედა შრეების დაწოლის გამო ძირითადად შრეებრივობის გასწვრივ ფართოვდება და თავისებურად აშშუშენილი არის ხოლმე (სურ. 43).

შეიძლებოდა ჩამოგვეთვალა სხვა რეაქციებიც. მაგრამ უმჯობესია გავეცნოთ რომელიმე რთული სალიკატური ქანის, მაგალითად, გრანიტის გამოფიტვას.

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



ორთოკლაზი ნახშირჰე. წყალი K კარბონატი კაოლინიტი Si ჟანგა

პლაგიოკლაზების დაშლა ანალოგიურია, მაგრამ უფრო რთული, რადგან K-ის ნაცვლად იქ ორი ელემენტი, 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 სილიციუმჟანგაც (ყვალი), რომელიც პრაქტიკულად უხსნადი არის და ფიტვის მიმართ ძლიერ გამძლე. შემდეგში თიხაც და კვარციც შეიძლება მდინარმა წყალმა გაიტანოს და სხვაგან 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, როგორიც გრანიტის. ასეთი მასალა შეიძლება მდინარემ თუ ტრანსპორტის სხვა აგენტმა გადაიტანოს და დალექოს სხვაგან. ეს იქნება არკოზული ქვიშა ან არკოზული ქვიშაქვა.

გრანიტის გამო მაფური მინერალების (ბიოტიტი, რქატყურა) შესახებ არაფერი გვითქვამს, რადგან მათი როლი ამ ქანის შედგენილობაში ძლიერ მცირეა. სხვა ქანებში ისინი უზუვად 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 რკინის ჟანგას შეიცავს. როგორც წესი, ლატერი-

ტი ცხელსა და ნესტრან ჰავაში წარმოიშობა და მისი ს-სქე 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



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

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 სიმტკიცე-მოკლებული ზედა ნაწილი გადაირეცხება და ახლა უფრო ღრმა ნაწილი ხდება ფიტვის აგენტებისათვის მისაწვდომი. ქანის ამოჩრილი კუთხედი ნაწილები, რომელთა შიშველი ზედაპირი უფარდებით უფრო დიდია, უფრო ადრე იფიტებიან და იშლებიან. ამიტომ ნაპრალებით მოფარგლული კუთხედი ლოდები თანდათან რგვალდებიან. 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 ექს ფოლიაციას<sup>1</sup> უწოდებენ (სურ 83). მსგავსი მოვლენა შენობებზედაც შეიმჩნევა (სურ. 84).

ორგანოგენური ფიტვა მექანიკურიც არის და ქიმიურიც. ვის არ უნახავს ხის ფესვი, კლდის ნაპრაღში ჩაწვდომილი.



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

ფესვი გაზრდილა, გაქეჭილა 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 მიწის მთხრელ ცხოველებს, როგორიც არის თხუნელა და მისთანები, ტერმიტები; ჭიები და სხ. ეს კი არის, რომ მცენარეები და ცხოველებიც ნიადაგში ამ უკვე საკმაოდ

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

გამოფიტულ ქვენიადგში მოქმედებენ. ჰიაყელების დიდ როლს ნიადაგის განვითარებაში უკვე დარკინმა მიაქცია ყურადღება.

მნიშვნელოვანია ორგანიზმების ქიმიური აქტივობაც. მცენარეების კვება სხვადასხვა მინერალური ნივთიერების გახსნას ჰგულის-



სურ. 83. გრანიტის ექსფოლიაცია.  
ქანს თითქო ფურცლები სცივიაო. სიერა ნევადა (N ამერიკა).

ხმობს და მცენარის სხეულში გადასვლას. მეორე მხრით, მცენარეთა ფესვები და ხრწნაში მყოფი ორგანიზმები, როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური. გამოჰყოფენ სხვადასხვა ორგანიულ 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. მაგალითისათვის შეიძლება ავიღოთ კირქვა. ეს ქანი მცირედ. მაგრამ მაინც იხსნება წყალში. თანაც მას ხსნალობას ძლიერ ზრდის წყალში გახსნილი  $CO_2$ -

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, უკა-



სურ. 84. შენობის ფიტვა.

ნასკნელი იუანგება და თიხას წითლად ღებავს. ამიტომ არის, რომ, მაგალითად, ცარცულ კირქვებში დასაველურ 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 საზოგადოდ.

ფიტვის ინტენსივობისა და ხასიათისათვის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს პავსაც. ეს ადვილი გასაგები იქნება, თუ მოვიგონებთ, როგორია ტემპერატურისა და სინესტია გავლენა ქიმიურ პროცესებზე. ნესტიან ტროპიკულ სარტყელში ფიტვა მეტად ძლიერია, პოლუსურ მხარეებში კი — თითქმის ნული. 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 უცვლელი დარჩენილან. კიდევ უფრო მკერმეტყველ საბუთს იძლევა თვით გეოლოგია. ხშირად აღნიშნავენ, რომ ათი და მეტი ათასი წლის წინათ მყინვარების მიერ მოელვარებული გრანიტის ზედაპირი ფინეთში და სხვაგან დღემდე ასევე დარჩენილა. იგივე ითქმის ბევრად უფრო ძველ ტექტონიკურ დრესვის სარკეებზე.

ფიტვის სიღრმე მკვეთრად არის განსაზღვრული. ორი-სამი ათეული მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურის ცვალება ხომ არ არის და პერიოც 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 გადაუხვევტია და სალი მკვიდრი ქანები გაუშიშვლებია.

ფიტვითი ქერქი გამოფიტვის სხვადასხვა სტადიაში მყოფი მასა-

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

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



ლისგან შედგება. ეს არის სხვადასხვა შედგენილობის მსხვილი თუ წვრილი ღორღი, სხვადასხვა ბუნების თიხა. ქვევით იგი თანდათან მცირედ შეცვლილ და შემდეგ საღ მკვიდრ ქანებში გადადის. ფიტვითი ქერქის სისქე უფროსად 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 ლობობის (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 ჩამოირეცხოს, რაც განსაკუთრებით მთიან მხარეებში არის მოსალოდნელი. ამას ნიადაგი სეროზია<sup>2</sup> ჰქვია და პირველ რიგში ტყის გაჩეხვის შედეგი არის ხოლმე. მოხდებოდა რომ უმიწობით შეჭირვებული გლეხი სადმე 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 შეუძლებლად უფრო ძნელია ჩამორეცხილი ნიადაგის აღდგენა. ამას შრომასა და ხარჯს გარდა დროც დიდი სჭირდება.

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

1 Humus, ლათ. — ნიადაგის მიწა.

2 Erosio, ლათ. — ამოკმა, ამოცვეთა.

3 „პედონ“, ბერძნ. — ნიადაგი და „ლოგია“ — მეცნიერება.

შეიძლება მოხდეს. რომ ფიტვითი ქერქი და ნიადაგიც ვულ-  
კანურმა ზეწარმა ან ტუფმა და სხვა ამისთანამ დაჰფაროს. წარმოი-  
შობა და ამ არხული ფიტვითი ქერქი და ნიადაგი. იგივე შეიძლება.  
მოხდეს ზღვის ფსკერზე, თუ ხმელეთის რომელიმე უბანი ზღვის დო-  
ნეს ქვევით დაიძირა და ნიადაგზე ზღვიური ნალექები დაგროვდა.  
თუ ასეთი რამ გეოლოგიურ წარსულში მომხდარი არის, გაანამარ-  
ხებულ ფიტვითი ქერქი და ნიადაგი გვექნება. 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 ზღვებ-  
ში, ისე ხმელეთზედაც.

გრავიტაციული დენუდაცია. ყოველი მიწიერი სხეული მიწის  
ცენტრისკენ მიიზიდება. ყველა გეოლოგიური მოვლენა, როგორც  
ფიზიკოსი იტყობდა, გრავიტაციულ ველში მიმდინარეობს. ამით არის  
დაპირობებული ამ მოვლენათა წყობა, კერძოდ ვერტიკალური და  
ჰორიზონტული მიმართულებების დიდი მნიშვნელობა. ქარის მოძრა-  
ობა იქნება თუ წყლის დინება მდინარეში, წყალი მიწასქვეშ თუ  
წყალი ზღვაში, მყინვარის მოძრაობა თუ გამდნარი ლავისა და 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. ცი-  
ცაბო კლდეებზე წინწამოჩრილი ქიმები მხოლოდ ქანის სიმტკიცის  
წყალობით შერჩენილა ამ უცნაურ მდგომარეობაში. მაგრამ საკმაოა,  
ბზარი გაჩნდეს, ინსოლაციის ან ყინვის გავლენით გაიხსნას, და ლო-  
დი თუ ქვა კლდეს მოსწყდება და ქვევით დაეშვება. რელიეფის მი-  
ხედვით 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, გან-  
საკუთრებით გაზაფხულზე თოვლის დნობისას, და არის ადგილები,  
რომელთა გავლას მგზავრი ყოველთვის ჩქარობს.

ქვების ცვევნამ შეიძლება მარცხიც გამოიწვიოს, მაგრამ სა-  
ერთოდ მაინც საკმაოდ უვნებელი რამ არის. მაინც მოხდება  
ხოლმე, რომ მთას დიდი ნაკვეთი მოსწყდება და დიდი სიჩქარით

დაიძვროს დაღმა. გზადაგზა სხვა კლდესა და მიწას მოსწყვეტს და წაიტანს. ამგვარად დაძრულმა მასამ შეიძლება ზოგჯერ რამდენიმე კუბურ კილომეტრსაც კი მიაღწიოს. ამას ეტყვიან ზ ვ ა ვ ს (თოვლის შემთხვევაში შ ვ ა ვ ი იქნება). 1881 წ. შვეიცარიის ალპებში სოფ. ელმთან მოწყვეტილმა თითქმის 1/2 კილომეტრის სიგრძე ზვავმა ხეობის ერთი ფერდობის ნაწილი ჩამოხვეტა, აქედან გატყორცნილი მოწინააღმდეგე ფერღზე გადავარდა და შემდეგ ხევდაღმა გაიშალა კილომეტრნახევრის სიგრძეზე.

ზვავის მოწყვეტის ადგილი ჩამოხვეწილი არის ხოლმე. ქართლში მას ნ ა მ ზ ღ ვ ლ ე ე ს 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 ვუმზერთ, და არაერთი სხვა.

ზვავი რთული მოძრაობა არის. ჯერ არის მკვიდრი ქანების ან ფიტვითი ქერქის მოწყვეტა და ვარდნა ან აჩქარებული დაცოცება. მოწყვეტა და დაცოცებაც ადრე არსებული ნაპრალების ან ახლად გაჩენილი წყვეტის სიბრტყეების გასწვრივ ხდება. ძველი ნაპრალები ხომ ადრეც 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, მიწისქვეშა სამუშაოები და სხვა მისთანა) და, როდესაც ძაბვა კრიტიკულ დონეს მიაღწევს, დაიწყება მოძრაობა. თანაც მოძრაობა ა ჩ ქ ა რ ე ბ უ ლ ი.

რაკი დაიძვროს. ზვავს უკვე საკუთარი ენერგია აქვს (მოძრაობის ანუ კინეტიკური ენერგია). შემხვედრ დაბრკოლებებს მოჰკლევს და თან წაიტანს. ზვავი იზრდება და ძლიერდება. არის გამოთქმაც „ზვავით იზრდებაო“.

ფერდობის დაქანებულ 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 ხომ დიდად ამცირებს ხახუნის ძალას.

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

დიდი ზვავი და განსაკუთრებით კატასტროფული ზვავი იშვიათი არის. მაგრამ ზვავები მთიან მხარეში ყოველდღიური მოვლენაა,

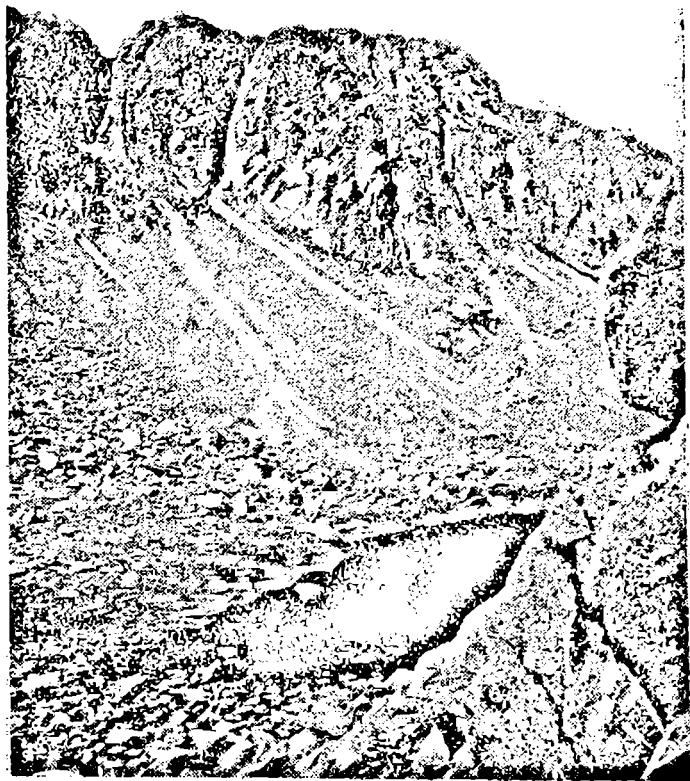


სურ. 85. ქვის ნაკადი.

კირქვები მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე ქარსანთან.

რასაც უკეთ ვამჩნევთ გზების გასწვრივ. უფრო ძნელი შესამჩნევია, მაგრამ უფრო მნიშვნელოვანი ფერდობებიდან წვრილი მასალის ჩამოხვეტა. სიმძიმეს, რომელსაც ამ შემთხვევაში ქარი და წვიმა ეხმარება, ფერდობზე გაშლილი ფიტვითი მასალა, ქვიშის, სილის და თიხის კატეგორიისა, ქვევით ჩამოაქვს გორის ძირამდე. აქ, რაკი საჭირო დაქანება აღარ არის, მასალის დაბინავება ხდება. წარმოიშობა ნალექის კალთა, ფერდობზე მიბჭენილი, როგორც ეს კარგად ჩანდა თბილისში ვაკეში და კარგად ჩანს ახლაც სოფ. ბაკების (ბაგების) ძირას წყნეთის შარაზე, მცხეთასთან ბებრის ციხის შარაგზის გასწვრივ, და სხვაგან. ძირითადად ეს არის სილიანი თიხა, რომელსაც ფართოდ იყენებენ აგურის ქარხნები, მაგრამ სპორადულად გამოიყენება მცირეოდენი უფრო მსხვილი მასალაც.

ნაზვავის ფარდის (სურ. 86) ზედაპირს გარკვეული დაქანება აქვს ფერდობიდან ძირისკენ. დაქანების კუთხე ისეთია, რომ მარცვლო წონასწორად იყოს და არ დაგორდეს. ამ კუთხეს ბუნებრივი დაქანების კუთხეს უწოდებენ. რაც უფრო წერილ-მარცვლოვანია მასალა, მით უფრო მცირეა ეს კუთხე, ხოლო მსხვილი და კუთხედი ღორღის შემთხვევაში შეიძლება 45°-მდეც მიაღწიოს.



სურ. 86. ნაზვავის ფარდა. ჩანს, როგორ მატულობს ქვევითკენ ღორღის სიმაღლე: რაც უფრო მძიმეა ქვა, მით უფრო ადვილად მიგორავს ქვევით.

ზვავები და მეწყრები ტიპიურ შემთხვევაში სკვეთრად განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან, მაგრამ ერთის და მეორის გადამავალი სახეები იმდენად მრავალია და გადახლართული, რომ მათ

შუა რამოდენადმე მინც მკათიო საზღვრის გავლება შეუძლებელი არის. მეწყერი ჰქვია სიძიმის გავლენით ქანების ნელ მოძრაობას. მაგრამ ერთისა და იმავე მეწყრის განვითარებაში შესაძლებელია ცალკეული იმპულსები, რომელნიც ზეავს მოგვაგონებენ. ზეავებიკ ზოგჯერ ნელი, მეწყრისებური მოძრაობით თავდებაან.

მთიან მხარეებში და, მამასადაჲე, ჩვენშიც მეწყერი გავრცელებული მოვლენაა. ცნობილია ამ მხრე 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 შენდ თავიო!

მეწყერი ორგვარი შეიძლება იყოს. ზოგ შემთხვევაში თიხიანი რბილი ქანი ან ღორღი დაქანების მიმართულებით მიედინება ნელ-ნელა. მოძრაობა ან თვით მეწყრის მიერ გაჭრილ კალაპოტს მიჰყვება, ან მდინარეულ ხეობას მიწის ნაკადის ჯახით. ასეთ მეწყრებს დ ი ნ ე ბ ი თ ი მ ე წ ყ ე რ ი შეიძლება ვუწოდოთ. კარგი მაგალითია სოფ. კომანდლის მეწყერი რიონის მარცხენა ნაპირზე ქ. ონთან (სურ. 87).

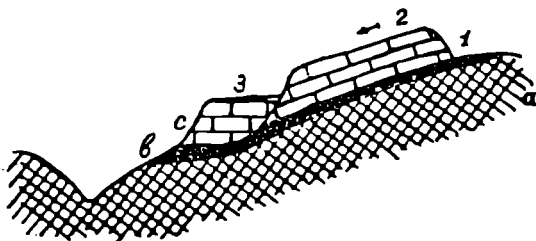
სხვა შემთხვევაში კომპეტენტური შრეები ერთობლივ მიცოცავენ დაღმა. მოძრაობას ხელს უწყობს დაძრული დასტის ქვეშ მდებარე თიხიანი შრეების ან სხვა ასეთის საგები. ასეა ისევე რიონის მარცხენა ნაპირზე ლეჩხუმში სოფ. დერჩთან: ქვედა ცარცული სქელშრეებრივი კირქვები ზედა იურულ ფერად თიხებზე დაცოცებულიან. ეს იქნება ცოცვი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

ცოცვა შრეებრივობის ან სხლეტვის ზედაპირის გასწვრივ ხდება. უკანასკნელ შემთხვევაში ცოცვის ზედაპირი ზევითკენ კონკავეური არის (სურ. 89). ასეთი ცოცვითი მეწყრის მოძრაობას ბრუნვა და დაძრული ნაკვეთის ზედაპირის დავაკება ახლავს. წარმოიშობა მეწყერი ული ტერასი ან ტერასები. რელიეფის დაქანების რაგვარობის მიხედვით ამ მოვლენამ შეიძლება საკმაოდ თავისებური სახე მიიღოს (სურ. 90).

ხეობის ფერდობის დასწვრივ მდინარისაკენ მოძრაემა მეწყერმა შეიძლება მდინარის კალაპოტამდე მიადწიოს. თუ მეწყერი დიდია და მოძრაობა საკმაოდ ჩქარი, მეწყერი მოწინააღმდეგე ფერდამდეც მიადწევს და მდინარეს დააგუბებს. ასე მოხდა 1964 წლის გაზაფხულზე ტაჯიკეთში, სადაც უზარმაზარმა ზევე-მეწყერმა მდ. ზერავმანი

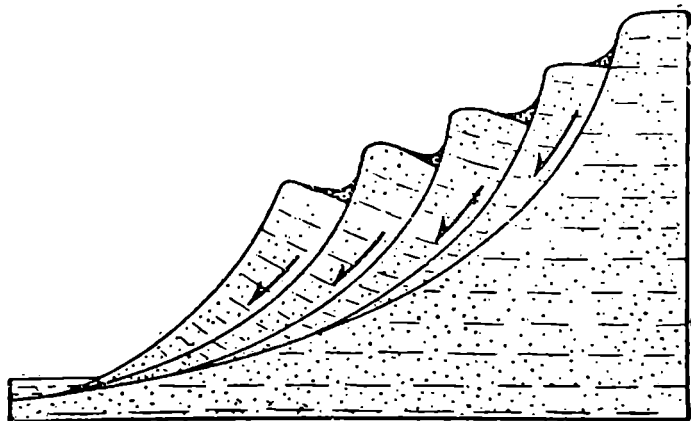


სურ. 87. კოშანდლის მეწყერი. იზოპიკსები მეწყრის ზედაპირს გამოსახავენ და ნათლად გვიჩვენებენ, რომ მიწა ქვევით, რიონისკენ მიედინება.



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

დააგუბა. წარმოიშვა დიდი ღროებითი ტბა. მოსალოდნელი იყო, რომ მდინარე მეწყრულ დაშბას გაარღვევდა და რადგან ასეთი რამ ღორ-ღში საკმაოდ უეცრად შეიძლება მოხდეს, ქვემო მხარეს წყალი წა-



სურ. 89. მეწყრული ტერასები (გამარტივებული სქემა). თიხვანი ქანის ბექს ოთხი ნაკვეთი მოსწყვეტია. სხლტვის ზედა-პირები რკალურია და თითოეული ნაკვეთი ქვევით ვიწროვდება და ისოლება. მოძრაობა რკალის შესაბამისად ოდნავ ბრუნვითი არის და ზევით ოდნავ შიგნითკენ დაქანებულ საფეხურებს წარმოშობს. წინ (ძირში) მეწყრის მასა აშშმშენილი უნდა იყოს, მაგრამ ნახაზი გამარტივებულია.

ლეკავდა. ამიტომ სასწრაფოდ გათხარეს მოვლითი არხი ტბის დასაც-ლელად.

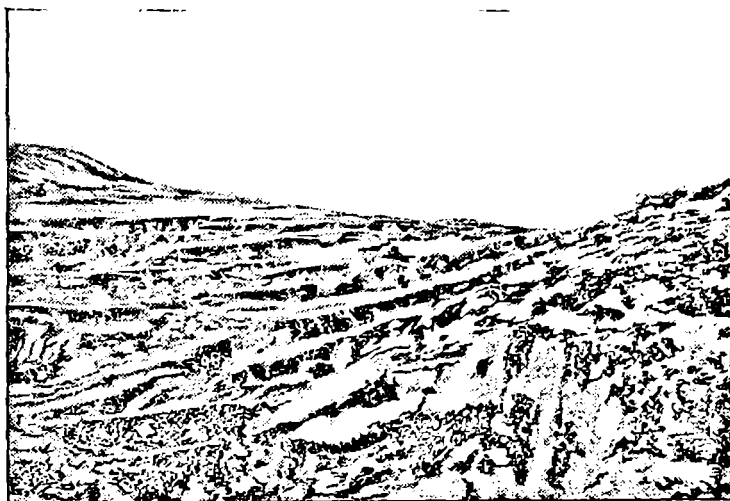
ტბა შეიძლება ხანგრძლივიც გამოდგეს. ასეთია მეწყრული დაგუ-ბებითი ტბა მდინარე ქვედრულის ხეობაში (რაჭა) და ალბათ რიწის-ტბაც აფხაზეთში. პატარა ტბა მეწყრულ ტერასზეც შეიძლება გაჩნ-დეს. მაგალითია ჭელიაღელის ტბა რაჭაში, კუს (ხორხის) ტბა თბი-ლისში და სხ.

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

მეწყრული მოძრაობა ყოველთვის ასეთი თვალსაჩინო როლია. ფი-



ტვითი ქერქი დახრილ ფერდობებზე მუდმივ მოძრაობს ქვევითკენ. წარმოვიდგინოთ დაქანებულ ფერდობზე ფიტვითი ქერქის ფენა და ზედ ან შიგ რაიმე კენჭი ან ლოდი. თუ ფენა გაფართოვდა გათბობის ან წყლით გაუღენთვის გამო, კენჭის ცენტრი აიწევეს არა ზუსტად ვერტიკალურად, არამედ დაახლოებით ფერდობის (წინააღმდეგობის).



სურ. 90. მეწყრული დეპრესია მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე ქარსანთან.

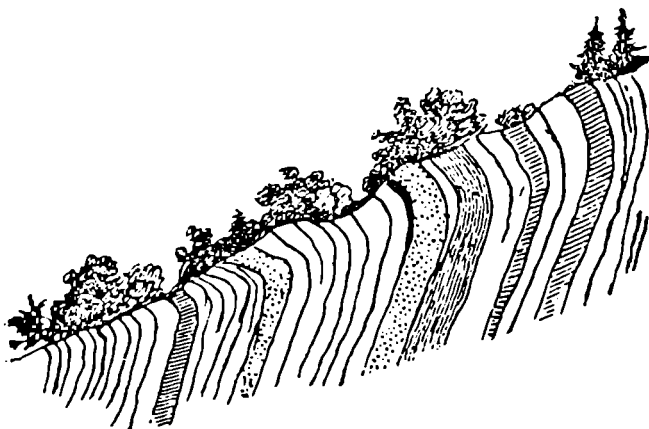
მართობულად. როდესაც ფენა ისევ შეიკუმშება, კენჭი ისევ სიმძიმის გავლენით შვეულად ქვევითკენ გადაადგილდება. ასეთი მოძრაობა წინ და დაღმა გადაადგილებას ნიშნავს, უეჭველია, უსასრულოდ მცირეს, მაგრამ რეალურს. უთვალავჯერ გამეორებული იგი ბოლოს შესაძინევ ეფექტს მოგვცემს. მსგავს მოძრაობას შეიძლება ვუწოდოთ ოღვ ა, ხოლო მოძრაე ფენას — მელოდი. მელოდიც მეწყრის ერთი სახე არის, რომელიც კარგად არის გამოხატული კრწანისის მიდამოებში (თბილისი). ეს მოვლენა განსაკუთრებით მკაფიო და ფართოდ გავრცელებული არის პოლარულ ქვეყნებში, სადაც მას „სოლიფლუჟციის“ სახელით აგვიწერენ (სურ. 91). მოძრაობის ინტენსივობას აქ ხელს უწყობს პორებში წყლის გამუდმებული ყინვა-დნობა.

მელოდთან დაკავშირებული არის ერთი საგულისხმო მოვლენა, თითქო გეოლოგის საცთუნებლად გაჩენილი. ვთქვათ, ფერდობის გა-

სწვრივ ციკაბო შრეები ამოდიან და მათი თავები ფიტვითი ფენით არის დაფარული (სურ. 92). საფარი ქვევითკენ მილოლავს და, რა



სურ. 91. სოლიფლუქცია. პოლარულ მხარეებში ნიადაგის წყლის გამჟორებული შეყინვა და ღნობა იწვევს ნიადაგის თავისებურ ღინებ:ს.



სურ. 92. ამართული შრეების თავები ქვევითკენ არიან წახრილი მელლის ცოცვის გავლენით. თვით მელლი აქ არ შერჩენილა.

თქმა უნდა, საგებსაც ეწევა ქვევითკენ, ხახუნის გამო. თუ საგების შრეები საკმაოდ დამთმობი არიან (ფიქლებრივი თიხები, თხელ-

შრეებრივი ქვიშაქვები). მათი თავები ქვევითკენ წახრებიან, თითქო დაქახება ფერდობის საწინააღმდეგო იყოს. ეს იქნება თ ა ვ წ ა ხ რ ი ლ ი შ რ ე ე ბ ი, გერმანელების Hackenwerfen.

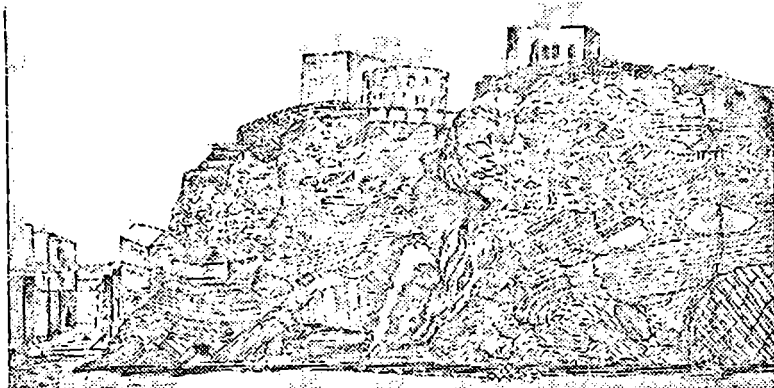
ზვავის მოწყვეტა ან მეწყრის დაძვრა სხვადასხვა სახის ბიძგმა შეიძლება გამოიწვიოს, კერძოდ მიწისძვრამ. ცნობილია, რომ მიწისძვრას აფხაზეთში 1963 წლის ზაფხულზე მთელი რიგი ზვავი და მეწყერი მოჰყვა მდინარეების კოდორისა და ჩხალთის ხეობაში.

მეწყრები ძლიერ გავრცელებულია ხმელეთზე და ალბათ კიდევ მეტად წყალქვეშ, ზღვის ფსკერზე. პირველი რიგში ეს შეეხება კონტინენტურ ბექობს, სადაც დაქანება საკმაოდ დიდია. მაგრამ საერთოდ მეწყრის წარმოშობისთვის დიდი დაქანება როდია აუცილებელი. ხმელეთზე ასწერენ თიხის დიდ მეწყრებს, სადაც დაქანება 1° ძლივს არის (კანადაში). ზღვას ქვეშ, როგორც ატლანტური ოკეანის პირას (მეერთებულ შტატებში). ისე წყნარ ოკეანეში (იაპონია), ცნობილია გრანდიოზული წყალქვეშა მეწყრები, მიწისძვრებთან დაკავშირებული. ასეთი წყალქვეშა მეწყრები იყო ცხადია, წარსულ გეოლოგიურ ეპოქებშიც. ერთი მათგანის კვალი კარგად ჩანს მტკვრის მარცხენა ნაპირზე მეტეხის ძირას. აშლილალეწილი შრეები განლაგებული არიან აუშლელ ფიქლებზე. ზედა. დაწყვეტილი შრეები მეწყრულ მასას წარმოადგენენ, ხოლო ნორმულად განლაგებული ფიქლები მეწყრის ფუძეს (სურ. 93).

ზვავების და მეწყრების მოქმედების შედეგი ის არის, რომ მალლობებიდან 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 მოელის, რაც ადრინდელ ქერქს გადახდა. საბოლოო ანგარიშში მალლობები დაბლდებიან. თვალუწვდენელ გეოლოგიურ დროთა მანძილზე მიწის ზედაპირი უნდა მოსწორდეს და გრავიტაციული წონასწორობა დამყარდეს. ასეც მოხდებოდა, რომ სხვა მიზეზები ახალი მალლობების 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 მშე-

ნებლობას და აძვირებენ მათ ექსპლოატაციას; გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვთ ჰიდროტექნიკური და საერთოდ კაპიტალური მშენებლობისათვის. საინჟინრო გეოლოგიის პასუხსაგები ამოცანა არის არა



სურ. 93. „არეულს რეებრივი კონგლომერატი“. მტკერის მარცხენა ნაპირი მეტეხის ქვეშ. ქვეშ განლაგებულია ნორმული ზღვიური ფილათიხები. ზევით მათ მოჰყვება მეწყრულად დაწყვეტილი ქანები. მეწყერი აქ განვითარებულა, როდესაც ეს ადგილი ჭერ კოდევ ზღვას ეჭირა. (ნ. ბენდუქიძის მიხედვით).

მართო უკვე დაძრულ მეწყრებთან ბრძოლა, არამედ ასევე და კიდევ მეტად გეოლოგიური პირობების დეტალური შესწავლით მოსალოდნელი მეწყრების გამოვლინება და მათი არიდება ან, თუ ეს შეუძლებელია, ყოველგვარი ხიფათის ასაცილებლად საჭირო ღონისძიებთა გათვალისწინება.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რით განსხვავდებიან ფიზიოგრაფიული და ისტორიული გეოლოგია? რას ჰქვია გარედინამიური და შიგადინამიური მოვლენები (დაასახელეთ მაგალითები).

რას უწოდებენ ფიტვას? რა და რა ფიტვას არჩევენ ჩვეულებრივ? ტემპერატურა იწვევს ფიტვას, თუ ტემპერატურის ცვლა? როგორ მოქმედებს ამ მხრივ უინვა? მცენარეები და ცხოველები?

დაასახელეთ და განმარტეთ ჭიმური 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 გრაეიტაციული დენუდაცია? ნაზვავის კალთები? რით განსხვავდება

ზეაკი და მეწყერი? თუ გინახავთ მეწყერი და სად? რა არის დინებითი და ცოცხალი მეწყერი? როგორ წარმოიშობა მეწყურული ტერასები (დახაზეთ)? რა არის მელოლი? როგორ წარმოიშობა თავწახრილი შრეები?

## მიწასქვეშა წყალი

წყაროები მიწიდან გამოდიან, ნაკადულებად იყრიან თავს და მდინარეებს ჰკვებავენ. თითქო ნათელია, რომ წყალს მიწა უნდა იძლეოდეს. ამისვე საბუთი ჩანს ისიც, რომ მიწაში გათხრილ ქებშიაც 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 ჩანადინები. გავიდა საუკუნეები და ფრანგმა ინჟინერმა პერომეს 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 ღვარების სახით მდინარეებში შენადენი წყალი) ნალექის მცირე ნაწილს წარმოადგენს მხოლოდ. დანარჩენი მიწაში უნდა იქონებოდეს ან ორთქლდებოდეს. მაშასადამე, მიწასქვეშა წყალი ზევიდან არის ჩანადინები.

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. თანაც 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 ჩამონადინები, ხოლო ვაკე რელიეფისა და წყალგამტარი ქანების (მაგ., კვიშის და ხვიჩის) პირობებში — მიწაში ჩანაჟონი.

ატმოსფერულ წყალს, რომელიც ამგვარად მიწაში ჩადის და წყაროების სახით უკანვე ამოდის ზედაპირზე, ცნობილმა გეოლოგმა ზ უ ს მ ა ვ ა დ ო ზ უ რ ი<sup>1</sup> ანუ მოარული 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 დავინახავთ, მრავალ შემთხვევაში წყალი ვულკანებთან არის აშკარად დაკავშირებული. მაშასადამე, მიწასქვეშა წყალში არის ნაწილი, რომელიც არც ზღვაში, არც ატმოსფეროში ჯერ აროდეს ყოფილა და პირველად ებმის წყლისა ცირკულაციაში. ასეთ წყალს იმავე ზ უ ს მ ა ი უ ვ ე ნ უ რ ი<sup>2</sup> უწოდა. იუვენური წყლის არსებობა დღეს საკამათოდ არ ითვლება, მაგრამ რამდენად დიდია მისი წილი მიწასქვეშა წყლის შედგენილობაში, ეს საკითხი სრულიად გაურკვეველი რჩება. ეს კია, რომ, თუ ვადოზურ წყალს იუვენურიც ემატება, წყლის რაოდენობა მიწის ზედაპირზე ძლიერ ნელა. მაგრამ უწყვეტლივ უნდა იზრდებოდეს. არის შეხედულება, რომ დასაწყისში მიწაზე წყალი არც იყო 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 თ ა ნ დ ა ლ ე ქ ი ლ ი წყალი, რომელსაც ქანი დალექვისასვე შეიცავს და ატმოსფერულ ნალექებთან უშუალო კავშირი არ აქვს. ეს შეიძლება იყოს ზღვის წყალი და სხვაც ყოველგვარი, რომელშიც კი დალექვა ხდება. თუ ასეთი წყალი წყალგაუფვალ ფენებს შუა არის მომწყვდეული და ადგილზე რჩება უცვლელი, ეს იქნება გ ა ნ ა მ ა რ ხ ე ბ უ ლ ი წყალი.

მომწყვდეული წყალი, განამარბებული იქნება იგი თუ სხვა, უძრავი არის. ხოლო მიწასქვეშა წყლისთვის საერთოდ მოძრაობა არის დამახასიათებელი. სწორედ ამიტომ საკირო არის ამთავითვე გავიცნოთ მიწაში წყლის მოძრაობის პირობები. ამ საკითხს ისევე, როგორც მიწასქვეშა წყლის სხვა პრობლემებს, შეისწავლის გეოლოგიის სპეციალური დარგი — ჰ ი დ რ ო გ ე ო ლ ო გ ი ა.

რაიმე სხეული, მაგალითად ქვის კენკი რომ წყალში დავასველოთ

<sup>1</sup> Vadosus. ლათ — მარჩხი, ზერაღე.

<sup>2</sup> Juvenis, ლათ. — ახალგაზრდა, ყმაწვილი.

და ლამბაქზე დავდოთ, მისგან წყალი არ წვეთავს. წყლის თხელი ბრკე ზედაპირზე იმდენად ძლიერად მიიზიდება კენკის 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 ბრკე ულ 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 იკმარებს მარცვალთ შუა პორების ამოსავსებად, დარჩება თავისუფალი ადგილი (სურ. 94a) და, თუ შიგ წყალი მოხვდა, სიმძიმის გავლენით თავისუფლად იძოძრავებს 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. 94b). თავისუფალი წყლისთვის ადგილი აღარ დარჩება და აღარც ქანში წყლის გრავიტაციული მოძრაობა იქნება შესაძლებელი. ამის მიხედვით არჩევნ წყალგამტარ და წყალგაუვალ ქანება. თუ ქანი უპოროა ან პორები იმდენად მცირეა, რომ ბრკეულ წყალს გარეთ თავისუფალი ადგილი არ რჩება, ქანი წყალგაუვალი იქნება. თუ, პირიქით, მარცვალი და პორები საკმაოდ დიდია. რათა თავისუფალი წყლისთვის ადგილი დარჩეს. ქანი წყალგამტარი. თანაც, რაც უფრო პატარაა წყალგამტარი პორები, მით უფრო გაძნელებული და ნელი იქნება წყლის მოძრაობა, რადგან ასეთ პირობებში ხახუნის წინააღმდეგობა დიდია. ამავდ მიზეზების გამო წყალი არც იმღვრევა. პირიქით, მღვრია წყალი ასეთ პირობებში იწმინდება, ზდება მისი ფილტრაცია<sup>1</sup>.

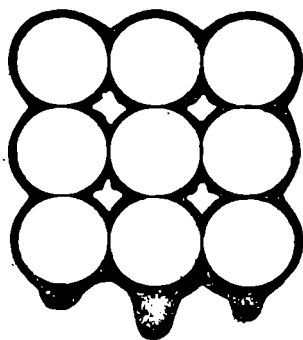
ამას უნდა დავუმატოთ, რომ შეიძლება ქანი სავსებით მკვრივი, ე. ი. უპორო იყოს და მაინც წყალგამტარი. ეს მოხდება მაშინ, თუ ქანი დაბზარულია.

დასასრულ, თუ წყალგამტარ ქანში წყალი არის, მას წყლიანი ეწოდება. მაშასადამე, შესაძლებელია წყალგამტარი ქანი უწყლოც (ძშრალი) იყოს.

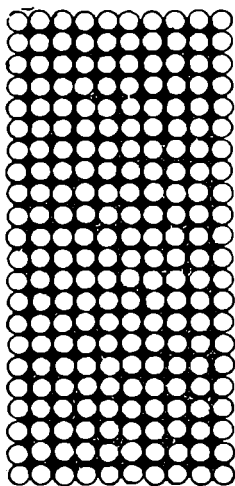
წყლის მოძრაობა და განაწილება მიწის ზედაპირს ქვეშ გა--

<sup>1</sup> Filtrum, ლათ. — საწური; ფილტრაცია — წურვა.

რკვეულ კანონზომიერებებს ემორჩილება. ზედაპირს უშუალოდ ნი-  
ადაგი მოსდევს. ეს შედარებით თხელი ფენა წმინდამარცვლოვანი  
ორგანიული ნივთიერებით არის გამდიდრებული და ამიტომ მისი წყა-  
ლგამტარობა ძლიერ მცირეა. ზევიდან ჩამოსული წყალი აქ ჩერდე-



a



b

სურ. 94a. ქანის მარცვლებს გარს აკრავს წყლის თხელი ბრკე. ამ წყალს მარც-  
ვალი 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 მარ-  
ცვლისმიერი მიზიდება. წყალი იმოძრავებს პორებში სიმძიმის შესაბამისად. ეს  
არის თავისუფალი წყალი.

სურ. 94b. პორები იმდენად მცირეა რომ ბრკეული წყლის სისქე კმარა მათ ამო-  
სავსებად. თავისუფალი წყლისთვის ადგილი აღარ რჩება. ქანი წყალგაუვალაა,  
თუმცა პორიანი.

ბა ნაწილობრივ და წარმოშობს წყლის ფენას, რომელსაც ნი ა დ ა-  
გ ი ს წ ყ ა ლ ს უწოდებენ.

ჰუმუსიან ნიადაგს ქვევით მოსდევს ფიტვიითი ქერქის ლორღი,  
ორგანიული ნივთიერებისგან თავისუფალი ან ღარიბი. რაკი მარცვ-  
ლებს შუა პორები ორგანიული ნივთიერებით ამოვსილი არ არის,  
წყალგამტარობა გაცილებით მეტია. ნიადაგიდან წყალი აქეთკენ „წვე-



თავს“. ეს ქვევითყენი მოძრაობა გაგრძელდება სიღრმეში, სანამ წყალს რაიმე დაბრკოლება არ შეხვდება — წყალაუქვალ ან მცირედ გაშტარი ფენა. აქ მოძრაობა შეჩერდება ან შენელება და წყალი დაგროვებას იწყებს. წარმოიშობა ისევ წყლიანი ფენა, რომელშიც გრუნტის წყალი არის მოთავსებული. რაკი ვერტიკალურად ქვევითყენ მოძრაობა შეფერხებული არის, გრუნტის წყალი 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 გაქვნილი, შავრამ 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> უწოდებენ. 3. შემდეგ იქნება გრუნტის წყლის ფენა ანუ გაჯერების ზონა, რომელშიც პორები მთლიანად წყლით არის ავსილი და ჰაერი მხოლოდ წყალში გახსნილი გვხვდება (სურ. 95).

გრუნტის წყლის ზედაპირს გრუნტის წყლის სარკეს უწოდებენ, თუმცა იგი სარკის ზედაპირით მკვეთრი როდია. პირიქით, კაპილარობის გამო უსწორმასწოროა და თანდათანობით გადადის აერაციის ზონაში. მეორე მხრივ, ეს ზედაპირი მრუდვც არის: ზოგან ამღლებული და ზოგან დადაბლებული. მისი ასეთი რელიეფი მკიდროდ არის დაკავშირებული ტოპოგრაფიულ რელიეფთან: ბორცვებს ქვეშ მაღალია და ხეობებში დაბალი, თუმცა ორივე შემთხვევაში ტოპოგრაფიას ჩამორჩება, ნაკლებ კონტრასტული არის (სურ. 95).

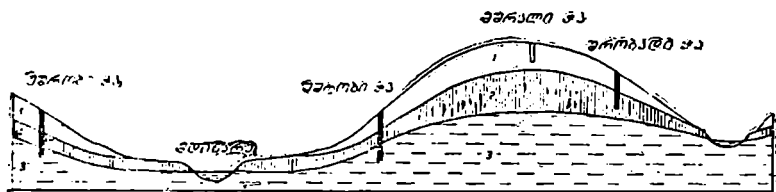
გრუნტის წყლის დონის (სარკის) მდებარეობას განსაზღვრავენ არა მისი ტოპოგრაფიული სიმაღლით, არამედ მისი დაშორებით ტოპოგრაფიული ზედაპირისგან, ე. ი. სიღრმით. ნესტიანი ჰავის პირობებში, სადაც წყალი უხვად ჩაჟონავს მიწაში, გრუნტის წყლის დონის სიღრმე მცირეა, მშრალ ჰავაში შეიძლება ძლიერ დიდი იყოს (ასეული მეტრები უდაბნოში).

დროის განმავლობაში გრუნტის წყლის დონე უცვლელი არ არის. ნალექების ნაკლებობის პირობებში დონე ქვევით დაიწევს და შეიძ-

<sup>1</sup> Aer, ლათ. — ჰაერი. „აერაცია“ — ჰაერის მიდინება.

ლება ზოგი კის და წყაროს დაშრობა გამოიწვიოს. ზევითკენ აწევის. შემთხვევაში გრუნტის წყლის დონე შეიძლება ნიადაგის წყლის ფენას შეერთოს. აერაციის ზონა გამოითიშება და უბნის დაჭაობება მოხდება. შეიძლება ტბაც წარმოიშვას.

უფრო რთულია მიწასქვეშა წყლის ქვედა საზღვრის საკითხი. გრუნტის წყალი პირველსავე წყალგაუფალ ფენასთან გათავდება. მაგრამ წყალი ხომ იმ ფენას ქვეშაც შეიძლება იყოს და არის კიდევაც. ნავთობის ძიების პროცესში წყალს ხვდებიან ყველა სიღრმეზე, სადა-



სურ. 95. აერაციის ზონა — გრუნტის წყალი. 1 — ნიადაგის წყალი; 2 — გრუნტის წყლის ქანაობის ზონა (ფრეატული ზონა); 1 და 2 — აერაციის ზონა; 3 — გრუნტის წყალი.

მდეც 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 ძიქასქვეშა წყლის დინება ძლიერ ნელია, ჩვეულებრივ თითქმის შეუმჩნეველი, რაც პაწია პორებში ხახუნის წინააღმდეგობით აიხსნება. მართალია, სარწმუნოდ გაზომილი მაქსიმალური სიჩქარე აღწევს 250 მეტრს დღეღამეში, მაგრამ ეს განსაკუთრებული შემთხვევა არის, არაჩვეულებრივ ხელსაყრელ პირობებში. საშუალო მაქსიმუმში არის 5 მეტრი და მინიმუმში 1,5 სანტიმეტრი დღეღამეში. საკმაოა მოვიგონოთ ჩვენი მდინარეები, რათა დავინახოთ, თუ რამდენად მცირეა ეს სიჩქარე მათ სიჩქარესთან შედარებით.

გრუნტის წყლის ძებნისას ჰებს და ბურღვლებს იყენებენ. სანამ კის ორმო აერაციის ზონაში არის, შიგ წყალი არ იქნება, რადგან ქვევითკენ წვეთავს თავისუფლად, მაგრამ როგორც კი ჰა გრუნტის-

წყლამდე მიიღწევს და შიგ ჩაიჭრება, ჰაში ფსკერიდან და გვერდები-  
დან წყალი შემოვა. მისი ზედაპირი გრუნტის წყლის სარკის დონეზე  
დადგება და მასთან ერთად იქანავებს.

ამგვარად იმისათვის, რომ მოქმედი ჰა მივიღოთ, საჭიროა გრუნ-  
ტის წყლის სარკე გადავკვეთოთ. ასევე ხდება ბუნებაში წყლის  
წარმოქმნა. წყაროები იქ ჩნდებიან, სადაც გრუნტის წყლის  
სარკე ტოპოგრაფიული ზედაპირით გადაიკვეთება. თუ ჰა მით უფრო  
მისწვდება წყალს, რაც უფრო ღრმა არის იგი, ასევე იქნება წყარო-  
ების შემთხვევაშიც: მათი გამოდინება მით უფრო მოსალოდნელია,  
რაც უფრო ღრმად არის ჩაჭრილი ტოპოგრაფიული ზედაპირი. ამი-  
ტომ არის წყაროების სიმრავლე მდინარეების პირას, სადაც კი ქანები  
წყალგამტარია. ბევრი წყარო მდინარის კალაპოტშიც ამოდის, მაგრამ  
მათ ჩვენ ვერ ვხედავთ.

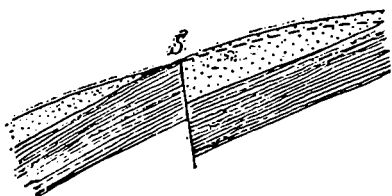
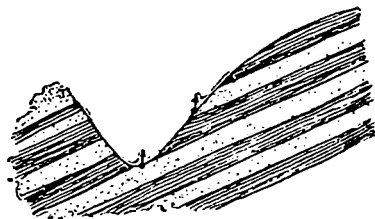
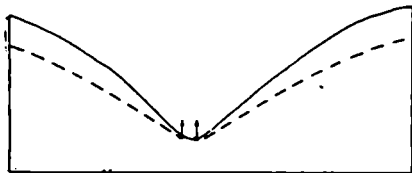
მიწასქვეშა წყალი ჰკვებავს მდინარეებს წყაროების მეშვეობით  
და უშუალოდაც. ეს იქნება მისი ხარჯი. ხარჯის ასანაზღაურებლად  
აუცილებელია შემოსავალი, თორემ ბოლოს წყაროებიც დაშრებოდ-  
ნენ და მიწასქვეშა წყალიც. ამ შემოსავალს მიწასქვეშა წყალს, რო-  
გორც ვიცით, ატმოსფერული ნალექები აძლევენ. ის ფართობი, სა-  
იდანაც ამ ნალექების შეკრება ხდება, იქნება წყაროების კვების  
უბანი (სურ. 96).

ყოველთვის და ყოველგვარი მიწასქვეშა წყალი როდი ჰკვებავს  
მდინარეს. გარკვეულ გეოლოგიურ პირობებში ზოგჯერ საწინააღმდე-  
გოც მოხდება. მდ. არაგვი სოფელ მისაქციელთან მუხრანის ველზე  
გამოდის. ველი მდინარეული რიყით, ხეინჭით, ქვიშიანი თიხით არის  
დაფარული. მდინარიდან დიდძალი წყალი ამ უაღრესად წყალგამტარ  
ნალექებში გადის, რადგან მდინარე უფრო მაღლა მდებარეობს, ვიდ-  
რე გრუნტის წყლის დონე. წარმოებს არაგვიდან მუხრანის ველისკენ  
წყლის ინფილტრაცია<sup>1</sup>. ამგვარად გამდიდრებული გრუნტის  
წყალი სამხრეთისკენ მოძრაობს ისევე, როგორც მდინარე. მაგრამ  
კვერნაქის ქედთან მდინარეული ნალექების საფარი თავდება, გრუნ-  
ტის წყალს წინ წყალგაუვალი ქანები ელობება და გზას უჭრის. ამის  
გამო შეგუბებული გრუნტის წყლის დონე აწეულია უფრო მაღლა,  
ვიდრე წყლის დონე არაგვიში. აქ უკვე გრუნტის წყალი მიედინება  
არაგვისკენ. ამგვარად წარმოშობილიყო არაგვის ჰალაში უხვი წყა-  
როები, რომელთაც ნატანტარის წყაროებს უწოდებდნენ. დღეს ეს

<sup>1</sup> Filtreer, ფრანგ.—წურვა. „ინფილტრაცია“ — შიგჩაქონვა.

წყაროები და კაპტაჟეზული<sup>1</sup> არიან ბურღვილებით და თბილისის 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



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 მომწყვდეულია წყალგაუვალ ფენებს შუა. წყაროები გამოდის, სადაც რელიეფს წყალგაუვალი ფენა გაუკვეთია და წყლიანში შესულა (უკანასკნელი ზევითკენ გაშიშვლებულია და წყალს აქედან იღებს, ეს არის მისი კვების უბანი). ქვედა ნახაზზე ასეთივე ფენები ნახსლეთით არიან ზედაპირზე ამოტანილი.

არის და მოკლე ბურღვილმა იქამდე ვერ მიადწია. მდინარეს ქვეშ აერაციის ზონა არის და მდინარიდან ქვევითკენ წყალი განუწყვეტლივ წვეთავს. ამგვარად გრუნტის წყლის სარკე მდინარეს ქვეშ არის საკმაოდ ღრმად, ხოლო წყლის დინება მდინარის პარალელურია. ამაზედ იტყვიან ხოლმე, მიწასქვეშა არაგვიანო.

<sup>1</sup> Capter, ფრანგ. — დაჭერა. „კაპტაჟი“ — მიწასქვეშა წყლის ხელოვნურ სადგენში მოკრება, ე. ი. „დაჭერა“ არის.

ასევე, როდესაც სოხუმთან მდინარე გუმისთის ქალაში 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 ნატანტარის წყაროების უბანში.

მიწისქვეშა წყლის მოქმედებაზე უკვე გვქონდა ლაპარაკი. აღნიშნავდით გახსნისა და ქიმიური რეაქციების მოვლენებს ფიტვის პროცესში. ახლა ამას უნდა დავუმატოთ დალექვის მოვლენები. თუ წყალი თავისთავად და კიდევ მეტად წყალში გახსნილი CO<sub>2</sub>-ის და მისთანათა მეოხებით დიდ ენერჯიას იჩენს სხვადასხვა მინერალების გახსნის მხრივ, სამაგიეროდ, როდესაც გახსნილი ნივთიერებით დატვირთული წყალი ორთქლდება ან CO<sub>2</sub>-ს ჰკარგავს, დალექვა უნდა მოხდეს. ასე, რომ თბილის-ორჯონიკიძის შოსის პირას, ჯვარის გადასავალს რომ გავსცდებით, არ შეიძლება ყურადღება არ მივაქციოთ, რომ წყაროს დაულექავს 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 სილიციუმეანგას 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 ნავთლუღის გ ა ჯ ი ს 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 ტ ა ც ი ა<sup>3</sup>, გამოუწვევია: რიყისა და ხვინჯის ნაცვლად დღეს კონგლომერატი გვაქვს. ცემენტაცია იმდენად მტკიცეა, რომ მუშები არჩევენ მკვიდრი ქვიშაქვების გაჭრას, ვიდრე ამ კონგლომერატებისას. ცემენტაციის პროცე-

1 ძვ. ლათინური lapis tiburinus. აქედან იტალიური travertino.

2 ძვ. ლათინური სიტყვაა. ნიშნავდა ვულკანურ ტუფს.

3 Caementum, ლათ. — როქი. აქედან თანამედროვე „ცემენტი“, დუღაბის მნიშვნელობით.

სი ფართოდ მიმდინარეობს სიღრმეში. ნალექების დიაგნეზისის ერთი მთავარი ნაწილი სწორედ ეს არის და მისი უზრუნველყოფა მიწასქვეშა წყლის საქმეა.

ნალექვა შეიძლება ნაპრალებში ხდებოდეს და ამგვარად წარმოიშობა ძ ა რ ლ ვ ე ბ ი: კალციტის, კვარცის და სხვა. ნაპრალებსა და



სურ. 97. კვარცის კრისტალების დრუზა.

სხვა სიღრუეებში ნალექვა შეიძლება მკაფიო კრისტალები გამოჰყოს. ამგვარად წარმოიშობა კრისტალების თავისებური ჯგუფები, ანუ დ რ უ ზ ე ბ ი<sup>1</sup> (სურ. 97). უცნაური ფორმა აქვს ე. წ. დ ე ნ დ რ ი ტ ე ბ ს<sup>2</sup> (სურ. 98). ეს არის რკინის ან მანგანუმის ქანგების ნალექი შრის ზედაპირზე ან ნაპრალის კედელზე. კაცს ეგონება მცენარის ანაბეჭდიაო.

არტეზიული წყალი. აქამდე ჩვენ ვეცნობოდით მიწასქვეშა წყლის ერთ სახეს მხოლოდ. ისეთს, როდესაც წყალი ჭაში ან ბურღვილში, რა სიღრმეზედაც გამოჩნდება, იქვე დგას. სხვა არის მ ო მ წ ყ ვ დ ე უ ლ ი წყალი. ვთქვათ, არის წყალგაუვალი და სინკლინურად ჩაზნექილი შრეები 3 და 5 და მათ შუა მოთავსებულია წყლიანი შრე 4. (სურ. 99). რაკი წყალს მოძრაობის თავისუფლება არა აქვს და სიმძი-

<sup>1</sup> Druse, გერმან. — ჭირყვალი. აქედან კრისტალებით ამოვსებული დრუ ქანში.

<sup>2</sup> „დენდრონ“, ბერძნ. — ხე. „დენდრიტი“ — ხისებური (მცენარისებური).

მის ძალას ვერ მიჰყვება, მისი ზედაპირი ჰორიზონტალური ვერ იქნება. იგი მორგებულია წყალგაუვალ შრეებს და, მაშასადამე, ისევე ჩაზნექილი. სინკლინის შუა ნაწილში რომ ბურღვილი გავატაროთ და წყლიან ფენამდე მივიდეთ, ბურღვილში წყალი შემოვა, მაგრამ იქვე კი არ დადგება, ზევით ამოიჭრება და აქ შადრევანის სახით ამოხეთქს. ეს იმიტომ, რომ ჰიდროსტატიკური წნევა ბურღვილის ძირში უდრის მომწყვდეული წყლის ვერტიკალური სვეტის წონას და ჰიდროსტატიკური წონასწორობის მისაღწევად წყალმა ბურღვილში ამდენადვე უნდა აიწიოს.

ასეთ წყალს, რომელიც ჭაში თუ ბურღვილში ზევით ამოდის საკუთარი ძალით, წ ნ ე ვ ი ა ნ ი ა ნ უ ა რ ტ ე ზ ი უ ლ ი ჰქვია. ხოლო ჭას — არტეზიული ჭა. სახელწოდება არტეზიული მომდინარეობს საფრანგეთის კუთხიდან არტუა (Artois), სადაც ევროპის პირველი ასეთი ჭა გაიჭრა. ძველ ეგვიპტეში და ჩინეთში არტეზიული ჭები უხსოვარი დროიდან იყვნენ ცნობილი.



სურ. 98. მ ა ნ გ ა ნ უ მ ჟ ა ნ გ ი ს დ ე ნ დ რ ი ტ ი ნ ა პ რ ა ლ ის ზ ე ლ ა პ რ ზ ე.

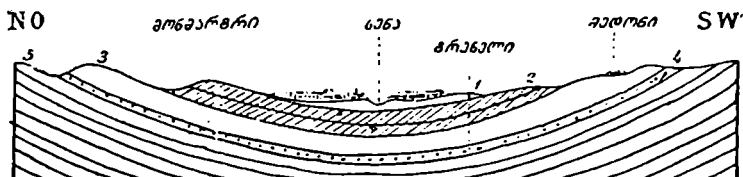
არტეზიული წყალი მაინცდამაინც სინკლინურ სტრუქტურას როდი ჰგულისხმობს. საკმაოა მომწყვდეული წყლიანი შრე დაქანებული იყოს: თუ წყალგაუვალი სახურავი გავკვეთეთ, ისევე წნევიან წყალს მივიღებთ.

წნევიან ფენაში წყალი სადმე ზევიდან უნდა ჩადიოდეს გრავიტაციის წესით. ეს იქნება მისი კ ვ ე ბ ი ს უ ბ ა ნ ი. ქვევით შეიძლება წყალს გაძნელებული გასაავალი ჰქონდეს. ეს იქნება გ ა ნ ტ ვ ი რ თ ვ ი ს უ ბ ა ნ ი. განტვირთვა შეიძლება იქვე ხდებოდეს, საიდანაც კვება წარმოებს. მაშინ წყლიან ფენაში წყალი უძრავი იქნება, სანამ ჭა არ 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 ჰებისა.

წნევიანი წყალი და აღმავალი წყაროები ხშირი მოვლენა არის. უფრო იშვიათია არტეზიული აუზები, ე. ი. წნევიანი წყლის ისეთი



სურ. 99. პარისის არტეზიული აუზი, მეოთხეული (1), მესამეული (2) და ცარცული (3, 4, 5) ნალექები სინკლინურად არიან ჩაზნექილი. წყალგამტარი შუაყარცული (4) წყალგაუვალ შრეებს შუა (3 და 5) არის მოქცეული და მასში მომწყვდელი წყალი წნევიანია, იკვებება აუზის კიდეებიდან, სადაც 4 ზედაპირზე ამოდის. გრენელის არტეზიული ჰა 550 მეტრის სიღრმემდე ჩადის და დღე-ღამეში 3.106 ლიტრ წყალს იძლევა.

უბნები, რომელთაც დიდი ფართობი უჭირავთ. როგორც მაგალითი, შეიძლება დავასახელოთ შიგნით კახეთი. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს არტეზიულ წყლებს უდაბნოებში.

თერმული და მინერალური წყლები. გრუნტის წყლის ტემპერატურა დამოკიდებულია შემცველი 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 მინც დაბალი რჩება, რადგან ზედაპირამდე მოსვლამდე წყალი ცივდება და ტემპერატურა წლიურ საშუალოს უახლოვდება.

სულ სხვაა, თუ წყალი ნაპრაღში მოძრაობს. ამ შემთხვევაში მოძ-



რაობის 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 თერმულ უწოდებენ. ცნობილია თბილისის თერმები ლელვთა-ხევის ხეობაში და მტკვრის მარცხენა ნაპირზედაც. ამ თერმების წყლის ტემპერატურა  $41^{\circ}$ -მდე აღწევს; მაშინ როდესაც ჰაერის წლიური საშუალო თბილისში  $12,6^{\circ}$  არის.

სადაც თერმული წყალი არის, მისი ზედაპირზე გაუცივებლად ამოყვანა უფრო ადვილია ხელოვნურად. მაგალითად, სამეგრელოში სოფ. ცაიშთან ნახშირის ძებნის პროცესში გაქრილი ბურღილი შემთხვევით წყლიან პორიზონტს წააწყდა. იფეთქა ცხელი წყლის შადრევანმა, რომლის ტემპერატურა  $81^{\circ}$  არის. ცხადია, ზედაპირზე ამოძვალა თერმული წყალი წნევიანი უნდა იყოს და წყარო აღმავალი<sup>1</sup>. თანასწორი სიღრმის პირობებში წყლის ტემპერატურა მით უფრო მაღალი იქნება, რაც უფრო დიდია ადგილობრივი გეოთერმული გრადიენტი. ამიტომ განსაკუთრებით ხშირია თერმული წყლები ვულკანურ მხარეებში, ხოლო გეიზერებში წყლის ტემპერატურა  $100^{\circ}$ -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 მინერალური წყალი. ჩვენში მინერალურ წყალს ხალხი ვეძას 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 სახელითა აღნიშნავენ: ბორჯომის წყალი, საირმის წყალი და სხვა.

აქვე უნდა მოვიხსენიოთ დენაწყვეტილი წყაროებიც. საგულისხმო მოვლენაც. ეს არის წყაროები, რომელნიც ხან გადმოდიან, ხშირად შადრევანის სახით, და ხან სრულიად შეწყდებიან და ასეთელი მათი არსებობის მანძილზე. განსაკუთრებით საჩინო მაგალითს წარმოადგენენ გეიზერები. (იხ. ვულკანიზმი).

<sup>1</sup> დიდი მთის შიგნით ტემპერატურა მაღალი არის. ამიტომ ასეთი მთის ძარას თერმული წყალი დაღმავალიც შეიძლება იყოს, თუ ნაპრალს მიჰყვება და ჩქარო ღინება აქვს.

კარსტული მოვლენები. აქამდე ჩვენ პორებში და ბზარებში მოძრაე მიწასქვეშა წყალს ვიხილავდით. ამის გვერდით ძლიერ გავრცელებული არის ნაპრალებში მოძრაე წყალი. მას შეიძლება ნ ა პ რ ა ლ უ რ ი მიწასქვეშა წყალი ვუწოდოთ.

ნაპრალები ქანებში ვითარდებიან ან ფიტის გამო განწევრების ბზარების გაფართოების გზით, ან ტექტონიკური რღვევების შედეგად გრუნტის წყლის დონეს ქვევით ისინი წყლით არიან სავსე და წყალგაუვალ ქანებში, როგორც არის გრანიტი, მკვრივი კირქვა და მისთანები, ეს იქნება წყლის ცირკულაციის ერთადერთი გზა.

თუ ნაპრალები უხსნად ქანში არიან, მიწასქვეშა წყლის მოძრაობა მათ აფართოებს, შეიძლება ამოავსოს კიდევ ქიმიური ან მექანიკური ნალექით. მაგრამ თუ ქანი ხსნადია, ნაპრალების კედლები იხსნებიან და ნაპრალი თანდათან ფართოვდება ქანის ხსნადობის და წყლის სიუხვის შესაბამისად.

ბუნებაში ფართოდ გავრცელებული ქანებიდან წყალში საკმაო ხსნადობით გამოირჩევიან: თაბაშირი, კირქვა და დოლომიტი. როგორც კარგად ცნობილია, წყლის გამხსნელობა ძლიერ იმატებს, თუ კარბონატებში ნახშირჟანგით დატვირთული წყალი მოძრაობს. ნაპრალები ფართოვდებიან, წარმოიშობა სხვადასხვა სახის დიდი და პატარა სიღრუეები ზედაპირზე და მიწას ქვეშ და მივიღებთ კირქვიანი მზარეებისთვის უაღრესად დამახასიათებელ თავისებურ რელიეფს, რომელსაც კ ა რ ს ტ უ ლ ი 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 და თარაზული ან სუსტად დანაოჭებული. ჩვენში ასეთი პირობები გვაქვს რაჭა-ლეჩხუმის და აფხაზეთის დიდ ნაწილში.

სადაც კი ასეთ პირობებში კირქვა გაშიშვლებულია და ზედ ზეწრული ჩამონადენი მოძრაობს, ქანის ზედაპირი დადარულია ძლიერ თავისებური ნარვალებით, რომელნიც ზოგან უფრო გაფანტული არიან (სურ. 100), სხვაგან კი მჭიდროდ შეჯგუფებული (სურ. 101). ამ ღარებისათვის, რომელთაც ალაბებში კარს ან ლაპიეზს უწოდებენ, დამახასიათებელი არის გლუვი ზედაპირი, რომელიც აშკარად მოწმობს მოძრაე 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,

უკანასკნელთ, მექანიკური მოქმედება უმნიშვნელოა და ძირითადი როლი გახსნას დარჩენია. ის ღარები ღვარული ნაკადების კვალია.

ძლიერ მსგავსი რამ შეიძლება მოგვეცეს პატარა მდინარემატ, თუ მისი კალაპოტი კირქვებშია გაჭრილი. მდინარე პატარა უნდა იყოს, რათა კალაპოტი მოტასილმა ლორღმა არ ამოავსოს და ქიმიური მოქმედება მექანიკურმა არ დაჩრდილოს. ასეთია ხევი წყალწითელა ქუ-

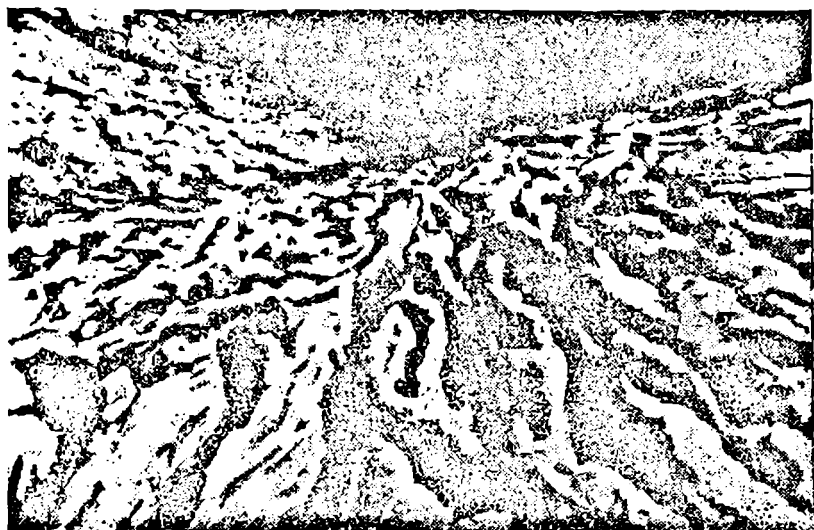


სურ. 100. წყლის ნადინები კირქვაზე.

თაისთან (სურ. 102): მასივ კირქვებში წყალს ვიწრო და ღრმა ხეობა გაუჭრია, ლორღი (ქვიშა და რიყე) თითქმის არ არის და კალაპოტი ლიბ კირქვებში არის მოთავსებული.

მთავარი მაინც სხვა არის. კარსტული მხარეები სწორედ მდინარეების სიკოტავით გამოირჩევიან: წყალი ქვევით ჩადის ბზარებში. სადაც კი ასეთი ჩადინება ხდება, ბზარები ქანის გახსნის გამო ფართოვდებიან და: ვითარდებიან ნაპრალებზე. თუ ერთ ადგილას რამოდენიმე ნაპრალი იყრის თავს და წყლის ჩადინებაც უფრო ინტენსიურია, აქ მასის დანაკლისი დიდი იქნება, ადგილი გათავისუფლდება და ქანი საკუთარი სიმძიმის გავლენით ჩაწეება და წარმოიშობა მეტ წილად ძაბრისებური ორობი, რომელსაც სასულეს უწოდებენ

(სურ. 103). კარსტული სასულის დიამეტრი შეიძლება ერთი მეტრი იყოს, ათიოდ მეტრი და ბევრად მეტიც. სასულის ცენტრში საწყლევ ნაპრალები (პონორები) შეიძლება ღია ჩანდეს და შეიძლება დაფარულიც იყოს კირქვის გახსნის შემდეგ დარჩენილი წითელი მიწით და



სურ. 101. კარული (დაღარული) ლანდშაფტი

სხვა ღორღით. წვიმის დროს სასულეში წყალი ჩადის. კარგ ამინდში იგი მშრალია, როგორც წესი, თუმცა არის ისეთი სასულეებიც, რომლებშიაც პატარა ნაკადული იყარება.

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 ნაკადები წარმოიშობიან. წყალი აქაც განაგრძობს კირქვის გახსნას და ისე აფართოებს თავის გზას, რომ პირველ ხანად პატარა, ძლიერ უსწორმასწორო გვირაბები შეიძლება დიდი გამოქვაბულებით შეიცვალოს. ბოლოს წყალი გრუნტის წყალს ერთვის სადმე დაბლობში ან ზედაპირზე ამოდის და უახლოესი მდინარისკენ მიემართება. ასეთი კარსტული წყაროები ზოგჯერ ადვილი გამოსაცნობი არიან იმით, რომ წვი-

მების შემდეგ აიძვრებიან. რადგან ნაპრალებში ფილტრაცია არ ხდება. მეორე მხრით ამ წყაროების დებიტიც ძლიერ ცვალებადია და ბევრი მათგანი წვიმებსა და წვიმებს შუა სავსებით შრება კიდევ. მაგალითად, რიონის მარჯვენა ნაპირზე სოფ. ტვიშს ზემოთ მშრალი ხევი არის კირქვის ლოდებით სავსე. ჩვეულებრივ ხევში წვეთი წყალი არ



სურ. 102. მდ. წყალწითელას კალაპოტი  
მოწამეთასთან. ფოტო ვ. ქოიავასა.

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 აქ-

ლევენ. უფრო პატარა სასულეები ადვილი სანახავია. ქუთაისის მიდამოშიც. ზოგი სასულე თითქმის კიდემდე მიწით არის ამოვსილი, ზედ ნაყოფიერი ნიადაგი განვითარებულა და ჩინებულ პატარა რგვალ ყანას წარმოადგენს. ხროვი კირქვით გარემოცულს. ასეთ დეპრესიებს იუგოსლავები დოლინას უწოდებენ. არის უფრო დიდი დეპრესიებიც, რომელნიც მიწასქვეშა გამოქვაბულების ქერის ჩაქცევას უნ-



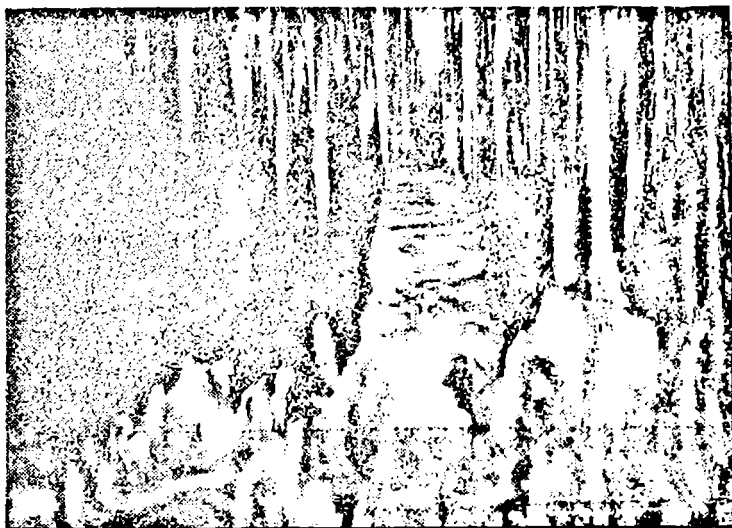
სურ. 103. კარსტული სასულე. მიზიგანი.

და წარმოეშვა. ეს არის იუგოსლავური პოლე. ასეთი პოლე უნდა იყოს სოფ. ზე-ღვარდიის ტაფობი ქვემო რაქაში და სხ.

მღვიმეები დაკარსტულ მხარეებში ჩვეულებრივი მოვლენა არის. ხშირად ეს არის არა ერთი მღვიმე, არამედ გვირაბებით ერთმანეთთან დაკავშირებული მღვიმეების ჯგუფი ან მწკრივი. ქუთაისში შეიძლება აღვნიშნოთ სათაფლიის გვირაბი და იასონის გამოქვაბული წყალწითელის პირას. ქუთაისშივე რიონჰესის ხელოვნური გვირაბის გაქრის დროს მიწას ქვეშ წააწყდნენ დიდ ბუნებრივ გვირაბს. გამოქვაბულებიც მრავლადაა ცნობილი როგორც რაქა-ლეჩხუმში, ისე აფხაზეთში. ზოგი მათგანი მრავალსართულიანი და მრავალთვალიანი არის, მაგრამ ვერც ერთი მათგანი ვერ შეედრება მამონტის გამოქვაბულს თუ გამოქვაბულთა სისტემას ჩრდილო ამერიკაში, რომლის ხეულების საერთო სიგრძე 200 კმ უდრის.

საცა ასეთ გამოქვაბულებში ქერიდან წყალი ეონავს, ჰაერზე გამოსვლისას იგი გახსნილ ნახშირეანგას ჰკარგავს. ამის გამო წყლის გახსნისუნარიანობა კირქვის მიმართ მცირდება და კირქვა, რომელიც

წყალს CO<sub>2</sub>-ის მეოხებით გაეხსნა, ახლა გახსნილი ველარ დარჩება და ილექება. წარმოიშობა კერზე ყინულის სვინტორივით მიმაგრებულა სტალაქტიტი. იატაკზედაც, სადაც ნაწვეთავი ეცემა, კირქვა ილექება და აქ იზრდება სტალამიტი ქვევიდან ზევით. ზოგჯერ (სურ. 104) ზრდის პროცესში სტალაქტიტი სტალამიტს შეუერთდება და ჩნდება კირქვის სვეტი. სტალამიტი ფორმით საკმაოდ ჰგავს



სურ. 104. სტალაქტიტები და სტალამიტები კარსტულ მღვიმეში.

სტალაქტიტს, მაგრამ გარჩევა ადვილია, რადგან სტალაქტიტი ყოველთვის გახვრეტილია სიგრძივ საწვეთავი მილით, სტალამიტს კი ასეთი მილი არა აქვს.

მღვიმეების განვითარების ორი სტადია. კარსტული მღვიმის განვითარება ადგილ-ადგილ უფრო ხსნადი უბნების არსებობას ჰგულისხმობს კირქვებში. იმისათვის რომ ასეთ უბანში მღვიმე ჩაისახოს და იზარდოს, საჭიროა სათანადო სიღრუე წყლით იყოს სავსე. წყალი უნდა ეხებოდეს კედლებსაც და კერსაც და თან მოძრავი იყოს და გახსნილი მასალა გაჰქონდეს, ე. ი. მღვიმიდან დინება უნდა წარმოებდეს. ასეთი იქნება პირობები გ რ უ ნ ტ ი ს წ ყ ლ ი ს დ ო ნ ე ს ქ ვ ე ვ ი თ.

როდესაც სტალაქტიტებისა და სტალაგმიტების განვითარება იწყება, მღვიმე წყლისგან ცარიელია და მხოლოდ ფსკერზე შეიძლება იყოს დარჩენილი წყალგამყვანი ნაკადი — მღვიმე გრუნტის წყლის დონეს ზევით არის. ასეთია მღვიმეები, რომლებშიაც ტურისტები შედიან.

ამის მიხედვით ამერიკელი მეცნიერი დ ე ვ ი ს ი (Davis) არჩევს კარსტული მღვიმეების განვითარების ორ სტადიას. პირველი იქნება, როდესაც მღვიმე გრუნტის წყლის დონეს ქვევით მდებარეობს, — მიმდინარეობს გამოქვაბულის ზრდა. მეორე დაიწყება, თუ მღვიმე გრუნტის წყლის დონეს ზევით მოექცევა, — წარმოებს სტალაქტიტების და სტალაგმიტების განვითარება. სტადიების ცვლას გრუნტის წყლის დონის გადაადგილება იწვევს, ე. ი. ჰავის შეცვლა ან მიწის ზედაპირის მოძრაობა: თუ ადგილმა ზევით აიწია, გრუნტის წყლის დონე ქვევით დაიწევს, და პირიქით.

ზოგჯერ მღვიმის განვითარების პირველი სტადია შეიძლება გრუნტის წყლის დონის ზევითაც მიმდინარეობდეს. ასე მოხდება, თუ რამე მიზეზმა ნაპრალებში მოძრავი წყალი შეაგუბა.

როგორც აღვნიშნეთ, სასულეებში წვიმის წყალი ჩადის და ზოგჯერ პატარა ნაკადულებიც. არის ისეთი შემთხვევებიც, როდესაც ამგვარად მიწას ქვეშ იკარგება მთელი მდინარეები. მაგალითად, მდ. ტყიბულა, ნაქერალიდან ჩამომდინარი, მთლიანად იკარგება, როდესაც ცარცულ კირქვებს მიაწყდება სამხრეთისაკენ. ამიტომ უწოდებენ ამ ადგილს წყალდასავალს. შემდეგ იგივე მდინარე მზა-მზარეული გამოდის კლდიდან სოფ. ძევრთან. ახლა მას უკვე ძევრულა 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 გაჭრილი ხელოვნური გვირაბის გავლით ტყიბულში გადმოდის და ელექტრულ სადგურს ამუშავებს — კარსტის მეურნეობაში ადამიანი ჩაერია.

**მიწასქვეშა წყლის მნიშვნელობა.** მიწასქვეშა წყალს დ ი დ ი გ ე რ ო ლ ო გ ი უ რ ი მ ნ ი შ ვ ნ ე ლ ო ბ ა აქვს. ჭერ ერთი ის არის ფიტვის მთავარი აგენტი, რომელიც დიდ როლს თამაშობს ქანების მექანიკურ (ყინული) და ქიმიურ დაშლაში. არანაკლებ მნიშვნელოვანია



მისი შემოქმედებითი აქტივობა: ჯერ დალექვა და ნალექები, როგორც კირქვის ტუფი და ტრავერტინი, სილიციუმქანგა და სხ., განსაკუთრებით კი კლასტური ნალექების შეცემენტება. ამ მხრივ დანალექი ქანების დიაგნეზისში 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 კომპონენტი და, გარდა ამისა, საოცარი სიჩქარით იზრდება მიწასქვეშა წყლის გამოყენება როგორც სარწყავი და ტექნიკური წყლისა. ბევრ შემთხვევაში მოჩამარება 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, შოპოვებას და გამოყენების რაციონალიზაციას.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რით მტკიცდება, რომ მიწასქვეშა წყალი ზევიდან არის ჩანაენი? რას ჰქვია ვადოზური წყალი? იუვენური წყალი? რაში მდგომარეობს წყლის ცირკულაცია მიწაზე? რა არის ბრკეული წყალი და თავისუფალი წყალი? წყალგაუვალი და წყალგამტარი ქანი? რა არის ნიადაგის წყალი, აერაციის ზონა და გრუნტის წყალი? როგორ ხდება ადგილის დაკაობება? რა დამოკიდებულება არის რელიეფსა და გრუნტის წყლის სარკეს შორის? როგორ არის, რომ ზოგ ქაში 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 საჭირო, რათა თერმული წყალი ზედაპირზე თბილი ამოდიოდეს? რა არის თერმული წყალი, მინერალური წყალი?

რა არის ნაპრაღური წყალი? რა არის კარსტი? თუ გინახავთ ასეთი რამე? დასახელებთ კარსტული მდინარე რომელიმე. რა არის და როგორ წარმოიშობა კარსტული სასულე („ძაბრი“), სტალაქტიტი, სტალაგმიტი?

## მდინარი წყლის მოქმედება

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 ხსენებული სამი სახის გამიჯვნა ძლიერ პირობითია: მიწასქვეშა წყალი ჰკვებავს მდინარეებს და პირიქითაც, აორთქლებასაც ადგილი აქვს მდინარიდანაც და ამიტომ წყლის თითოეული კატეგორიის ოდენობა მხოლოდ მიახლოებით შეიძლება გაირკვეს, მაგრამ თვისებრივად 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 **წ ე წ რ უ ლ ი** ჩამონადენი ზედაპირული წყლის საწყისი 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. თქემის 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. ვ ე ლ უ რ ი წ ყ ლ ე ბ ი**.

მაგრამ ნესტიანი ჰავის პირობებში არ შეიძლება ასეთი მდგომარეობა დიდ ფართობს დიდხანს შერჩეს. მიწის ზედაპირზე ყოველთვის შეირჩევა წყლის მოძრაობისთვის რამდენადმე უფრო მოხერხებული მიმართულებები. წყალი უპირატესად მათ გაჰყვება, ხოლო თუ მიწის ზედაპირი ფხვიერი ფიტვითი ქერქით არის დაფარული ამ მასალის მიმოდქრით და გატანით სადინებელ გზას აუმჯობესებს კიდევ და ამიტომ შემდეგშიც მას გაჰყვება. წარმოიშობა მუდმივი ნარვალი, რომელშიც წყალი ყოველი წვიმის დროს იდინებს, შემდეგ კი დაშ-

რება ახალ წვიმამდე. თუ ნარვალის საკმაოდ გაღრმავდა. 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 ე ბ ს<sup>1</sup> და ბოლოს მ დ ი ნ ა რ ე ე ბ ს.

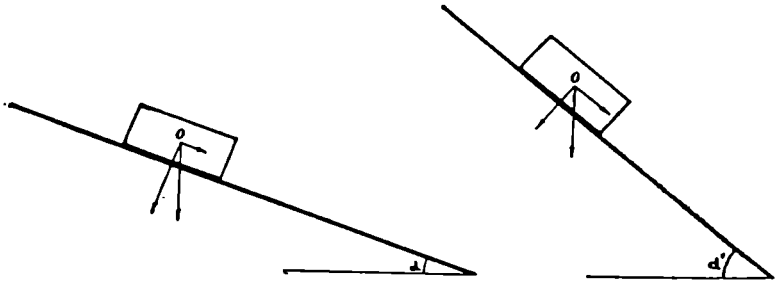
რატომაა, რომ ყოველთვის შერთვა ხდება და, თუ მოხდა, მუდმივი რჩება? ეს რომ გავარკვიოთ, საჭირო იქნება წყლის დინების მექანიზმს გადავავლოთ თვალი. წყალმა რომ იმოძრაოს, საჭიროა ენერჯია. ამ ენერჯიას სიმძიმის ძალა იძლევა. ყველაზე მარტოვი შემთხვევა იქნება წყლის ვარდნა ჩაჩქერში. ვთქვათ, ჩაჩქერის სიმაღლე 10 მ არის. ზედა კიდიდან რომ ჩაჩქერის ფსკერზე დაეცეს, წყალმა ეს მანძილი უნდა გაიაროს. ამ გადაადგილების პროცესში მალა მდებარე წყლის პოტენციური ენერჯია გადადის კინეტიკურში. მოძრაობა აჩქარებული იქნება და წყალი მიწას დიდი სიჩქარით დაეცემა. თუ ჰაერის წინააღმდეგობას მხედველობაში არ მივიღებთ და წყლის მასას 1 კგ ვივულისხმებთ, განვითარდება კინეტიკურში ენერჯია 10 კილოგრამმეტრი.

სხვა იქნება დაქანებულ ზედაპირზე წყლის დინების შემთხვევაში. ჭერ 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 მით უფრო დიდი იქნება, რაც უფრო დიდია დაქანება. დაცოცება ამ შემადგენელმა უნდა გამოიწვიოს. მაშასადამე, სხეულს ამოძრავებს არა სიმძიმის ძალა მთლიანად, არამედ მისი ნაწილი მხოლოდ. მეორე მხრივ ნათელია, რომ ეს ნაწილიც მთლიანად კინეტიკურ ენერჯიაში კი არ გადადის, ძირითადად ხახუნზე დაიხარჯება.

<sup>1</sup> იმერეთში ამბობენ დ ე ლ ე ო.

ახლა ავიღოთ წყალი ნარვეალში. დაქანება, ცხადია, შვეული არ იქნება. წყალს ამოძრავებს არა მთლიანი სიმძიმე, არამედ მისი ნაწილი მხოლოდ და ეს ნაწილი მით უფრო დიდი იქნება, რაც უფრო დიდია დაქანება. ასევე იქნება წყლის სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია.

მეორე მხრით წყლის დინება ხომ არც უბრალო ცოცვა არის. აქ წყლის ყოველი ნაწილაკი მეზობელი ნაწილაკის მიმართ გადაადგი-



სურ. 105. ცოცვა სიმძიმის გავლენით. აღვილი დასანახავია, რომ, რაც უფრო დიდია დაქანება, მით უფრო დიდია სიმძიმის შემადგენელი, რომელიც ცოცვის ზედაპირის პარალელურია და ცოცვას იწვევს.

ლებას განიცდის და ეს იწვევს ნაწილაკებს შორის ე. წ. შინაგან ხახუნს, რომელიც ენერგიას ხარჯავს (სითბოდ გარდაქმნის) და სიჩქარეს ამცირებს. მთავარი კი მაინც 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, მოძრაობის სიჩქარე და კინეტიკური ენერგია. მაგრამ იმავე დროს გაიზრდება კალაპოტიც და მისი ფსკერის და გვერდების ფართობი, რაც ხახუნის გაზრდას და სიჩქარის შემცირებას ნიშნავს. წყლის მასის მატება და ხახუნის მატება რომ ერთი პროპორციით ხდებოდეს, სიჩქარეები უცვლელი დარჩებოდა, მაგრამ, მიახლოებით რომ ვთქვათ, წყლის მასის ზრდა კალაპოტში კუბური შეფარდებით ხდება, ხახუნის 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 კინეტიკურ ენერ-

გიათა ჯამი. ამიტომ ნაკადების შერწყმა კინეტიკური ენერჯის შეფარდებითს მატებას ნიშნავს და განვითარებაც ბუნებრივად აქეთვენი შიღის, რადგან უფრო ძლიერი ნაკადი უკეთ იკვლევს გზას 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. ხახუნის ზედაპირი, მაგრამ პირველის ზრდა უფრო დიდია და ამიტომ იზრდება სიჩქარე.

მაშ, ნაკადების შეერთება და დიდი მდინარეების წარმოშობა სრულიად კანონზომიერი, ენერგეტულად დაპირობებული 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, ე რ ო ზ ი ა ს<sup>1</sup> უწოდებენ. ზეწრული ჩამონადენის შემთხვევაში ფ ა რ თ ო ბ უ ლ ი ე რ ო ზ ი ა გვექნება, დიდი თუ პატარა ნაკადების შემთხვევაში — ხ ა ზ ე ბ რ ი ვ ი ე რ ო ზ ი ა.

**ფართობული ეროზია** უსწორმასწორო რელიეფის პირობებში ძლიერ გავრცელებული მოვლენა არის. მას ჩვენ უკვე შევეხეთ გრავიტაციულ დენუდაციასთან დაკავშირებით. ზეწრული ჩამონადენი გრავიტაციის ხელშეწყობით 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, არსებითად უცვლელი რჩება. სადაც მკვიდრი ქანი გაშისვლებულია, როგორც, მაგალითად, ქარაფებში, იქ ნაპრალებით გათვისებული ნატეხების ჩამოგორება მიმდინარეობს, დიდის და პატარის, და, თუ ქანი ხსნადია, როგორც კირქვაა, — გახსნაც.

თუ ფერდობი მდინარის ან ხევის კალაპოტამდე ჩადის, ჩამონარეცხი მასალაც იქ ჩაიტანება და მას მდინარე დაეპატრონება. თუ ფერ-

<sup>1</sup> Erosio, ლათ. — მოჭმა, მოცვეთვა.

ღობის ძირას დაეკება არის, მაგალითად, მდინარის ტერასი, მაშინ იქ ღვარები ძალას ჰკარგავენ და ჩამონარეცხი მასალა ადგილზე რჩება და გროვდება. ასე წარმოშობილან ფერღობის ღვარნალექი კალთები თბილისის შიდადომში.

ფართობული ეროზია პირველ რიგში ნიადაგის ფენას ანადვურებს, თუ იგი შიშველია. ეროზია 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 დაგეგმილ ღონისძიებებს მიმართონ ნიადაგის დასაცავად.

**ხაზებრივი ეროზია.** მაინც მთავარი მოწესრიგებულად მდინარე წყალი არის. ეს იქნება ნ ა კ ა დ უ ლ ე ბ ი, ხ ე ვ ე ბ ი, მ დ ი ნ ა რ ე ბ ი, დიდი და პატარა<sup>1</sup>.

თითოული ნაკადის შემთხვევაში არჩევენ ს ა თ ა ვ ე ს, საიდანაც ნაკადი იწყება, და შ ე ს ა რ თ ა ვ ს, სადაც იგი ერთვის უფრო დიდ ნაკადს, ტბას ან ზღვას. არტერია, რომელიც სხვას ერთვის, მისი შ ე ნ ა კ ა დ ი იქნება. თვით ხევის თუ მდინარის გასწვრივ არჩევენ ზ ე მ ო წ ე ლ ს, შ უ ა წ ე ლ ს, ქ ვ ე მ ო წ ე ლ ს, საზღვარი მათ შორის პირობითია ისევე, როგორც ხეებისა და მდინარეების გარჩევა.

იმ არხს, რომელსაც წყალი მიჰყვება და მეტ-ნაკლებად ავსებს წყალმცირობის დროს, კ ა ლ ა პ ო ტ ი ჰქვია. წყალდიდობის პირობებში მდინარე ამ კალაპოტს ავსებს, სცილდება მის კიდეებს და იჭერს უფრო დიდ არხს, რომელსაც დ ი დ კ ა ლ ა პ ო ტ ი შეიძლება ვუწოდოთ. დიდკალაპოტი ხშირად ისევე მკვეთრად არის გამოსახული, როგორც მცირე კალაპოტი. ასე არის დიდი მდინარეების, მაგალითად, მტკვრის შემთხვევაში. დიდკალაპოტის ფსკერს, მდინარისავე ნალექით მოფენილს და წყალმცირობისას მშრალს, კ ა ლ ა ჰქვია. ხშირად იგი ტყით არის დაფარული. როგორც კალაპოტი, ისე დიდკალაპოტი, ორივე მხარეზე მეტნაკლებად მაღალი, მეტნაკლებად ციცაბო კბოდეთი ისაზღვრება. კბოდეს შემდეგ იწყება ხეობის ფ ე რ დ ი (ზოგჯერ ტერასი).

<sup>1</sup> შემდეგში ჩვენ ხშირად ტერმინს მ დ ი ნ ა რ ე ვიხმართ საერთოდ მდინარე წყლის, როგორც საკუთრივ მდინარის, ისე ხევის და ნაკადულის, აღსანიშნავად.

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.

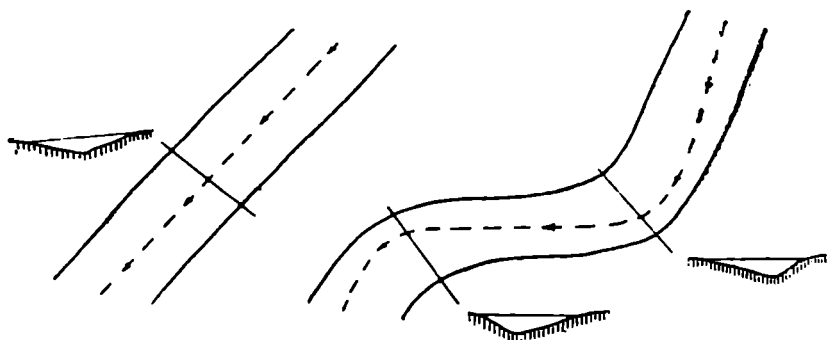
ყოველი მდინარის კალაპოტი მიჰყვება ფერდობებს შუა გამოკვეთილს, მეტად თუ ნაკლებად ღრმა დაბლობს. ეს არის მდინარის ხეობა. დაბლობი კოჯორსა და ქაშვეთის მაღლობს შუა მტკვრის ხეობის ნაკვეთი იქნება: თბილისი მტკვრის ხეობაში არის მოთავსებული.

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 ტროპიკულა წვიმების ზოლში მდებარეობს.

კიდევ მეტად განსხვავებიან მდინარეები ერთმანეთისგან რეჟიმის მხრით. ზოგი ხევი სულ შრება პერიოდულად. სამაგიეროდ თქემის შემდეგ ისე აზვირთდება, რომ ლამის ყველაფერი წალეკოს თავის გზაზე. მოზრდილი ხევები და მდინარეები გვალვის დროსაც არ შრებიან, რადგან მათ მიწასქვეშა წყალი და, თუ მთებში არიან, მყინვარებიც ასაზრდოებენ. სამაგიეროდ წყალმცირობა 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 ენერჯიაც. არანაკლებ საგულისხმოა სიჩქარეთა განაწილება თვით მდინარეში და მოძრაობის ხასიათი. იმ ხახუნის

გამო, რომელიც წყალსა და კალაპოტის ფსკერსა და გვერდებს შუა მიმდინარეობს, სიჩქარე მდინარის კიდეებზე და ძირში ნაკლები არის, ვიდრე შუაში ზედაპირთან. ამიტომ, თუ კალაპოტი სწორხაზობრივი არის და კრილი წესიერი აქვს, უდიდესი სიჩქარე მდინარის შუაში იქნება და თვითონაც სწორ ხაზს გაჰყვება. უნდა დავუმატოთ, რომ მკესიმალური სიჩქარე იქნება არა წყლის ზედაპირზე, არამედ ცოტა ქვევით, რადგან ზედაპირსა და ჰაერს შორისაც ხახუნის წარმოებს და წყლის სიჩქარეს ამცირებს (უქარო ამინდში; ქარის შემთხვევაში ქარის მიმართულებაც უნდა მივიღოთ მხედველობაში). თუ კალაპოტი შიშობვეულია, უდიდესი სიჩქარე ისწრაფის ინერციის თანახმად მიმართულება შეინარჩუნოს და ამიტომ კონვექსური ნაპირისკენ გადაიწევს (სურ. 106).



სურ. 106. ნაკადის უდიდესი სიჩქარე სწორხაზობრივ და მიშობვეულ კალაპოტში. გვერდით კალაპოტის კრილი.

გემსავალი მდინარეების დინების სიჩქარე არ აღემატება 2—5 კმ. საათში. სამაგიეროდ მთის ადიდებულ ხეებში ამ სიჩქარემ შეიძლება საათში 35—45 კილომეტრამდე მიაღწიოს.

რაც შეეხება მოძრაობის ხასიათს, მდინარის შუა ზოლში წყლის ნაწილაკები სწორხაზობრივად მოძრაობენ, დინების დაღმა ერთმანეთის პარალელურად — მოძრაობა ლამინარული არის. შეხების ზედაპირის უსწორმასწორობისა და ხახუნის გამო ნაპირებსა და ფსკერთან წესიერი დინება შეუძლებელია, წარმოიშობა მობრუნალები, დინება ტურბულენტური არის (სურ. 107). ამას ძლიერ დიდი მნიშვნელობა აქვს მდინარეთა გეოლოგიური მოქმედების თვალსაზრისით.



ბუნებრივია, რომ, როდესაც მდინარე წყლის მოქმედებაზე ვმსჯელობთ, არსებითად მექანიკური მოქმედება გვაქვს მხედველობაში, ხოლო, თუ გავითვალისწინებთ მოძრავი წყლის უზარმაზარ მასებს და დიდ სიჩქარეებს, ადვილი წარმოსადგენი იქნება, რამდენად დიდი ენერგია არის ამ საქმეში ჩაბმული და რამდენად დიდი უნდა იყოს მისი ეფექტი. მდინარი წყლის ქიმიური მოქმედება და კერძოდ გახსნა ამასთან შედარებით უმნიშვნელო არის. მარ-



სურ. 107. ტურბულენტური დინება.

თალია, მდინარის წყალში გახსნილი ნივთიერებაც არის (კალციუმ-კარბონატი, მაგნიუმკარბონატი, სილიციუმის უანგი 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 ვიხმაროთ, ტრანსპორტი და დალექვა.

ეროზია მდინარის მუშაობის ძირითადი სახე არის და საწყისი სტა-

დია. საკმაოა აღინიშნოს, რომ ხეობები ეროზიის შედეგი არიან. წინათ წარმოედგინათ, მდინარეები ადრე არსებულ გზას მოჰყვებიანო. დღეს საყოველთაოდ დადასტურებულია, რომ მდინარე კი არ მიჰყვება ხეობას, ხეობა განვითარებულია იქ, სადაც მდინარეს უვლია. ქაშვეთის მაღლობზე მტკვრის ნარიყალი ანუ ალუვიონი არის, მაშასადამე, მტკვარი ერთ ღროს იქ გადადიოდა და მთელი აწინდელი ხეობა მიწას ქვეშ იყო. ასეთივე ალუვიონი არის მახათაზე — მტკვარი უფრო ღრმად ჩაჭრილია მიწაში და მახათაზე მიედინებოდა; შემდეგ ლოტკის გორაზე, უფრო გვიან საბურთალოზე, მერე დიდუბეზე და ბოლოს თანამედროვე ქალაში. მთელი ხეობა მდინარის გაჭრილია თანდათან უფრო ღრმად. ასევეა სხვა ხეობებიც. წყლის ასეთი მოქმედება მდინარის კალაპოტს მიჰყვება და ამიტომ უწოდებენ მას ხაზებრივ 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. ამას ხელს უწყობს დიდი დაქანებები, დინების შესატყვისად დიდი სიჩქარეები და ქანების გაშიშვლებულობა. პირველ რიგში უნდა აღვნიშნოთ ფიტვითი ღორღის ჩამორეცხვა. ამ მხრივ მდინარის მოქმედება მკიდროდ არის დაკავშირებული გრავიტაციულ დენუდაციასთან. ქვების ცვენა, ზვავები, მეწყრები, მელორი იმავე მუშაობას ეწევიან. თავისი წვლილი შეაქვს ფართობულ ეროზიასაც.

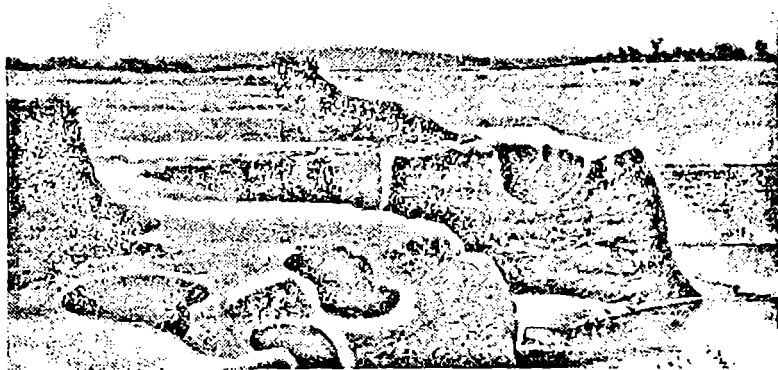
განსაკუთრებით შესამჩნევია ჩამორეცხვა წყალდიდობისას, რადგან ამ ღროს წყალი მეტია და ამიტომ სიჩქარეც დიდი. ხშირად გაკვირვებას იწვევს პატარა ხეების მიერ დაძრული უზარმაზარი ლოდები, სიდიდით მრავალი კუბური მეტრი. ამ მოვლენის გასაგებად საჭიროა ისიც მოვიგონოთ, რომ აღიდებული წყალი მღვრიეა. მაშასადამე, უფრო, მძიმე და დიდი სიჩქარის გვერდით ესეც მატებს მას ენერჯიას და ზიდვის უნარს. განსაკუთრებულ ძალას იჩენს ლაფის დეარები.

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 დანაპრალიანებულ კლდეებს არღვევს და შემდეგაც კალა-

პოტში გაშიშვლებულ ქანებს ამსხვრევს ან სცვეთავს. ამისათვის 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 ცილინდრული ქვაბისებური ღრუები ქანში, რომელთა კედლები და ფსკერა უსწორმასწორო, მაგრამ სრულიად გლუვი არიან (სურ. 108). ასეთი



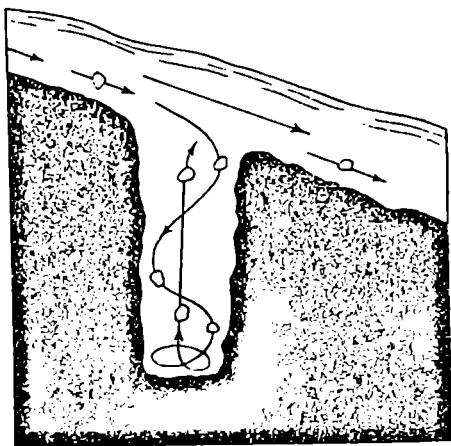
სურ. 108. დევის ქვაბები.

ქვაბების ფსკერზე ჩვეულებრივ ერთი-ორი დიდი ქვარგვალუ გდია. ტურბულენტობის დროს ეს ქვები ეჯახება კედლებს და ფსკერს და ავითარებს ქვაბს. მოძრაობა არის არამართო იქეთ-აქეთი, არამედ აღმა ვერტიკალურიც და ხშირად საკმაოდ დიდი (სურ. 109).

განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობები არის დევის ქვაბების განვითარებისათვის ჩაჩქერების ძირში. ოკრიბაში სადგურ ორპირთან წყალწითელაში ორიოდ მეტრის სიმაღლე დამბა აეგოთ წისქვილისათვის წყლის გადასადგებად. დამბაზე მდინარე ჩაჩქერის სახით გადმოლიოდა. და აი დამბის ძირში ბაზალტში ისეთი ქვაბები წარმო-

შობილიყო, ალბათ რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე, რომ შეიძლებოდა შიგ კაცი დამხრჩვალყო. იმავე მდინარეში მოწამეთასთან, აქ უკვე კირქვებში, დევის ქვაბები ხშირ მოვლენას წარმოადგენენ და აქ დახრჩობის შემთხვევებიც იყო.

**ტრანსპორტი.** გაბმული ეროზია იმიტომ არის შესაძლებელი, რომ ნგრევეთი ღორღი წყალს ქვემოთ მიაქვს და ეროზიას მისადგომს უთავისუფლებს. ეს მასალა მდინარეში გახსნილი, ატივტივებული (სუსპენზია) ან ფსკერზე მდებარე არის.



სურ. 109. დევის ქვაბის განვითარების მექანიზმი: ჩქარი წყლის ტურბულენტური მოძრაობა აჭახებს ქვაბში მოქცეულ ქვას თუ ქვებს აქეთ-იქეთ და აღმა-დაღმა და აფაროებს და აღრმავებს ქვაბს.

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 მიწასქვეშა კვება ჭარბობს, მარილიანობა მეტია, წვიმებისა ან თოვლის დნობის პერიოდში — ნაკლები. მაინც ურიცხვ მდინარეებს ოკეანეებში.

<sup>1</sup> „კონსტანტი“ ლათ. ნიშნავს მედეგს, არცვალებადს.

დიდძალი გახსნილი ნივთიერება შეაქეთ. ეს არის ხმელეთის და, კერძოდ, მთების გამოტუტვის შედეგი. რაც ზღვას ემატება, ის მთას აკლდება.

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, 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 ჰაერშივე რჩებიან დაღხანს ნისლის სახით. თანაც ჰაერის უმცირესი მოძრაობა საკმაოა, რათა ეს პაწია წვეთები ზევითაც აიტაცოს.

წყალმცირობის დროს მდინარის დინების სიჩქარე და ტურბულენტობა მცირეა, ატივტივებული მასალა ილექება და წყალი წმინდაა. წყალდიდობის დროს ტურბულენტობა დიდია, პაწია ნაწილაკები აიტაცებიან და წყალი იმღვრევა.

ბარად ჩასული მდინარე ნელა მოძრაობს და უფრო მსხვილმარცვლოვან სუსპენზიას ლექავს. ეს მოვლენა განსაკუთრებით თვალში საცემია მთის ხეების 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 გ ა მ ო ზ ი დ ვ ი თ ს კ ო ნ უ ს ს (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 მდინარეს ზღვამდისაც მიაქვს და საკმაოდ შორს თვით ზღვაში, რადგან მდინარის წყალი უფრო მსუბუქია, ვიდრე ზღვისა და ერთხანს ზედაპირზე რჩება, სანამ ტალღები წყალთა შერევის არ გამოიწვევენ.

რაც შეეხება ფსკერის მასალას, მისი გადატანა ფსკერზევე მიმდინარეობს ცოცებით, გორებით და სალტაციით<sup>1</sup>.

ვთქვათ, მასალა მსხვილმარცვლოვანია. სათავის უბანზე ეს იქნება უმთავრესად დიდი და პატარა კუთხედი ქვები და ლოდები. ქვე-



სურ. 110. გამოზიდვის კონუსი.

მოთკენ, სადაც წყლის სიჩქარე ნაკლებია, მარცვლის სიდიდეც კლებულობს, რადგან წყლის ზიდვის უნარი მცირდება. ეს კია, რომ მსხვილი მასალა მდინარეში ქვემო წელშიაც შეიძლება იყოს, თუ იგი რომელიმე შენაკადს შემოაქვს. დაღ ქვებს ტურბულენტური წყალი ფსკერზე მიაცოცებს ბიძგებით. ასეთი მოძრაობისას ქვა ქვას ეჯახება ან ნაპირის კლდეს და აქედან არის ის ყრუ ხმაური, რომელიც წყალდიდობისას ზოგი მდინარის პირას შეიძლება 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 ხტომა-ხტომით მოძრაობას ეწოდება სალტაცია.

ყველა ჩამოთვლილ შემთხვევაში ქვა ქვას ეჯახება ან კალაპოტის კლდეს. ქვების კუთხეები და გარეთ წამოჩრილი წვეტები, როგორც უფრო სუსტნი, იმტერევიან, იცვითებიან და ამგვარად წარმოიშობა

<sup>1</sup> Saltus, ლათ.—ტეკვა, ხტუნვა, ნახტომა.

რიყის თუ ხვინჭის ქვარგვალე ბი. ქვარგვალეების ფორმა სხვადასხვაა: თითქმის იზოდიამეტრული, წაგრძელებული, ბრტყელი. ქვიშის წმინდა მარცვალი, რომელიც წყალს თითქმის ატივტივებულ მიაქვს, დარგვალეებს არ განიცდის.

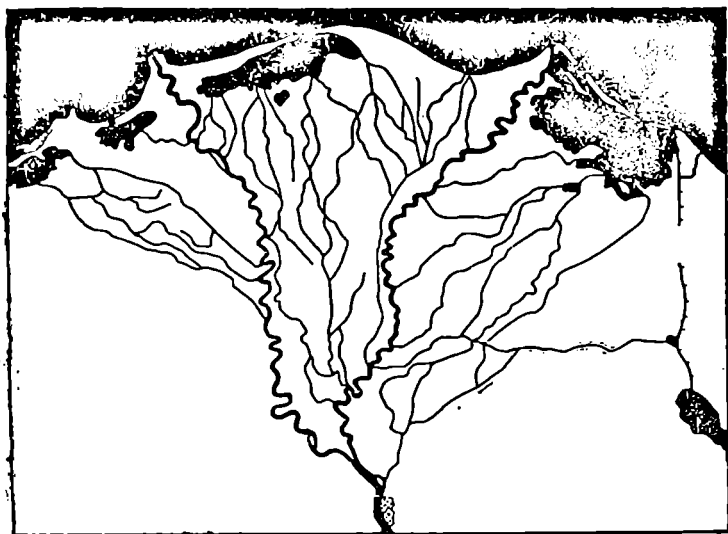
რაც უფრო დიდია მარცვალი, მით უფრო დიდი სიჩქარეა საჭირო, რომ წყალმა მისი დაძვრა შეძლოს. გაზომეს, რომ წმინდამარცვლოვანი ქვიშის შემთხვევაში კმარა სიჩქარე 0,2 მ/სეკ., მსხვილმარცვლოვანი ქვიშისათვის — 0,3 მ/სეკ., წვრილი ხვინჭისათვის — 0,7 მ/სეკ. მუხუდოს ოდენისთვის — 0,9 მ/სეკ. და მტრედის კვერცხის ოდენისთვის — 1,6 მ/სეკ.

**დალექვა.** რადგან დაღმა მიმართულებით მდინარის დაქანება და მასთან ერთად წყლის სიჩქარე თანდათან მცირდება, ამავე მიმართულებით ტრანსპორტს დალექვა უნდა ახლდეს აუცილებლად. მართალია, იმავე მიმართულებით მდინარის წყლიანობაც მატულობს, რაც სიჩქარეს ზრდის, მაგრამ დაქანების კლების ეფექტი სქარბობს. განსაკუთრებით მკაფიოდ ჩანს ეს, როდესაც მთის ხევი შედარებით დიდს და მცირედ დაქანებულ მდინარეს ერთვის. აქ ხევის დაქანება უეცრად მცირდება და წარმოიშობა მდინარისკენ გაშლილი გამობიძვრის კონუსი.

მდინარეში ჯერ უფრო მსხვილი მასალა ილექება, უფრო ქვემოთ — თანდათან უფრო წვრილი. პირველ ხანად ეს დალექვა დროებითია, უახლოესი ძლიერი წყალდიდობა მასალას ისევ დაძრავს, რადგან დალექვა წყლის კლების პროცესში არის მომხდარი, მაგრამ ბოლოს ნალექს უძლიერესი წყალდიდობაც ველარ დაძრავს. მისი დაბინავება, ასე ვთქვათ, საბოლოოა. მდინარის ამ ნალექს ალუვიონი 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 წელი 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 წყ-

დება, დალექვაც ზღვის წყალში უფრო უშუალოა და ამიტომ მდინარეთა შესართავები ჩვეულებრივ ინტენსიური დალექვის ადგილს წარმოადგენენ. ეს კია, რომ აქ უნდა გავარჩიოთ შესართავების ორი ტიპი: ესტუარი<sup>1</sup> და დელტები<sup>2</sup>. თუ მდინარე გაშლილ ზღვას, ოკეანეს ერთვის, იქ მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი იქნება მიმოქცევის ტალღა. ზღვის წყლის ეს ყოველდღიური მოძინება და უკუქცევა შესართავს რეცხავს და მდინარის მოტანილი მასალა ზღვაში გააქვს. — შესართავში ნალექი ვერ დაბინავდება. ასეთ შესართავს ესტუარს უწოდებენ. დასავლური ევროპის მდინარეები, მაგალითად, სეხა და ტემზა, ესტუარებით ბოლოვდებიან.



სურ. 111. ნილოსის დელტა. ნელა მოძრავი მდინარე თავისსავე ნალექებს ვეღარ ერევა. ეძებს იოლ გზებს და იტოტება. ზოგან წარმოიშობა ტბებიც.

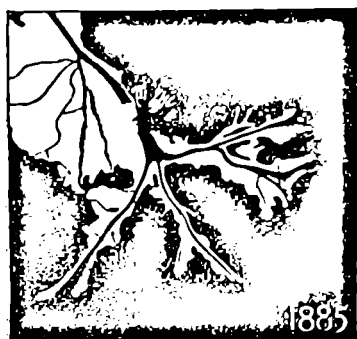
თუ, პირიქით, მდინარე შიგა ზღვაში შედის, როგორც ნილოსი, იქ ზღვის მიმოქცევა შეუმჩნეველია და შესართავში ნალექის დაგროვება შეუფერხებლად მიმდინარეობს, — წარმოიშობა დელტა (სურ. 111). ამაზონის შესართავი ესტუარი არის და უფრო ზღვის უბეს ემ-

<sup>1</sup> Aestuarium, ლათ. — მდინარის შესართავი, რომელშიც ზღვის უბე შემოქრალა. Aestus ლათინურად — ზღვის მოქცევას ნიშნავს, აქედან — aestuarium.

<sup>2</sup> „დელტა“ ბერძნულ ასო დონს ჰქვია. ნილოსის დელტას სამკუთხედის ფორმა აქვს და ძლიერ წააგავს ასომთავრულ დელტას.



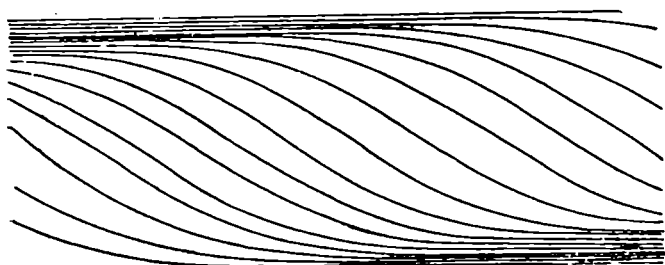
სგავსება, მისისიპის კი მექსიკის შიგა ზღვაში უზარმაზარი დელტა წარმოუშვია (სურ. 112).



სურ. 112 მისისიპის დელტა. (როგორც დელტები საერთოდ, იგი გამუდმებით იზრდება ზღვისკენ. მექსიკის უბისაკენ). მარცხნივ დელტა 1885 წელს; მარჯვნივ იგივე 1935 წელს.

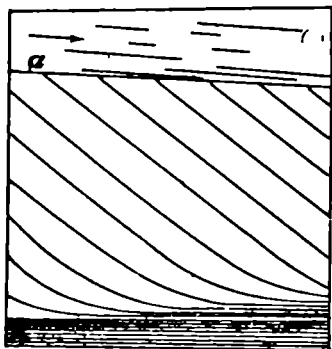
რადგან დელტურ ნალექებს ძლიერ თავისებური აგებულება აქვთ და გეოლოგიურ წარსულშიც ხშირად გვხვდებიან, საჭიროა მათ უფრო ახლო გავეცნოთ.

თვით მდინარის შესართავში ალუვიონი კორიზონტულად ილეკება (სურ. 113). ზღვისკენ, სადაც სიღრმე სწრაფად მატულობს, ბე-



სურ. 113. დელტური დალექვა (სქემა). ზევით ნალექის დაახლოებითი კორიზონტული და თხელი ფენები; წინ, კონტინენტურ ბექობზე სქელი და ძლიერ დაქანებული ფენები; ზღვის ფსკერზე ისევ თხელი და სუბკორიზონტული ფენები.

ქობი არის და ნალექს დიდი დაქანება აქვს. ბოლოს წმინდამარცვლოვანი მასალა ზღვის ფსკერზე მეტნაკლებად პორიზონტულად გაიშლება ისევ. რადგან დელტა თვით დალექვის ხასიათის მიხედვით მუდამ წინ მიიწევს ზღვისკენ, უკან ნალექების დონემ ზევით უნდა აიწიოს ჰიფსომეტრიულად. თუ ამას შემდეგ გადარეცხვა მოჰყვა (ვთქვათ, უჩვეულო წყალდიდობის ან ხმელეთის აზვევების გამო), დელტის



სურ. 114. დელტური დალექვა (გაგრძელება). მომხდარა ზედა ფენების გადარეცხვა და დალექილა ახალი, პორიზონტული. წარმოშობილია ირიბი შრეებრივობა.

ზედა ფენებიც გადაირეცხებიან და ახალი ნალექი კუთხური უთანხმოებით განლაგდება პირდაპირ ბექობის დაქანებულ ფენებზე—წარმოიშობა დელტური ნალექებისათვის დამახასიათებელი ირიბი ანუ დიაგონალური შრეებრივობა (სურ. 114).

ხეობის განვითარება. მდინარეული ეროზიის მნიშვნელოვანი შედეგი არის ხეობის განვითარება. ამ მოვლენის შესწავლა გეომორფოლოგიაში<sup>1</sup> ამოცანა არის. თუმცა დღეს ცნობილი დიდი ხეობები მრავალი მილიონი წლისანი არიან და მათი ისტორიული უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელი არის, ისეთი ხეობებიც უთვალავია, რომლებიც ჩვენ თვა-

ლწინ იბადებიან და იწყებენ ზრდას. ისევე როგორც ბოტანიკოსი ტყეში ახალგაზრდა და ხანდაზმულ ხეებს აკვირდება და ხის განვითარების ისტორიას აღადგენს, გეომორფოლოგსაც შეუძლია განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე მყოფი ხეობები შეისწავლოს და ხეობის განვითარების ტიპური სქემა მოგვეცეს.

მაგალითად, თბილისთან წყნეთის შოსედან რომ მდ. ვერის 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 იბა-

<sup>1</sup> „გე“ — მიწა, „მორფე“, ბერძნ. — ფორმა; „ლოგია“ (ბერძნულიდან *logos*) — მეცნიერებას აღნიშნავს.

<sup>2</sup> ლათინურად — დაბადების მდგომარეობაში.

დებიან. ზევით ძველი ნამდინარევი დავაკება არის, წინ მას ბექობი საზღვრავს და სწორედ ამ ბექობში შეკრილა ახალი ხეობის ჩანასახი. ხრამი ძირში (აქ ისევ უფრო დავაკებული ფერდია) ფართოა და ღრმად შეკრილი. ზევითკენ კი თანდათან მიიღევა და ზემოხსენებულ ზედა დავაკებაზე მისი კვალიც აღარ ჩანს (სურ. 115). გვერდით მე-

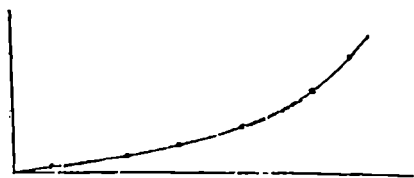


სურ. 115. მდინარის (ხეების) ჩანასახები.

ორე ხრამია, უფრო განვითარებული. მისი ქვემო ბოლო პირველზე უფრო გაფართოებულა, ხოლო მისი ზემო წვერი ვაკეზე შეკრილა და საკმაოდ შორს წასულა აღმა მიმართულებით. ბოლოს ისიც მიიღევა. ეს უკვე პაწია, მაგრამ ტიპიური მშრალი ხევი არის. ეკვი არ იქნება, რომ ეს ხევიც ისე დაწყებულა, როგორც მის გვერდით მდებარე პატარა ხრამი. ესეც იმის მსგავსი იყო და მხოლოდ შემდეგ შეიჭრა თანდათანობით ზემოთ, სათავესკენ მდებარე დავაკებაში, ქვემო საზღვარი კი უცვლელი დარჩენილა. ამგვარად, ეს პატარა დაკვირვება ნებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ ახალგაზრდა ხევი აღმა, სათავე ისკენ იზრდება. მცირე მოფიქრება საკმაოა, რათა დავინახოთ, რომ სხვაგვარად არც შეიძლება მომხდარიყო. მართლაც, აღმა ხევის დაქანება მეტია, ეროზია უფრო ინტენსიური და ხრამი ზემო-

თვენ უნდა წაიზარდოს. ეს საერთო კანონია დიდი თუ პატარა მდინარეებისთვის. გეომორფოლოგები ამას უკუსვლითს ეროზიას უწოდებენ. მოვლენა უეჭველად უპირისპირად 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) აღმაგანვითარება.

ხეობის განვითარების უფრო მარჯველ ასაწერად კარგ დახმარებას გაგვიწევს მდინარის გრძივი და განივი პროფილის ცნება. გრძივი პროფილის მისაღებად უნდა მდინარე სწორხაზებრივად გაემართოს და თითოეული წერტილიდან (პრაქტიკულად წერტილების



სურ. 116. ხეობის გასწვრივი პროფილი.

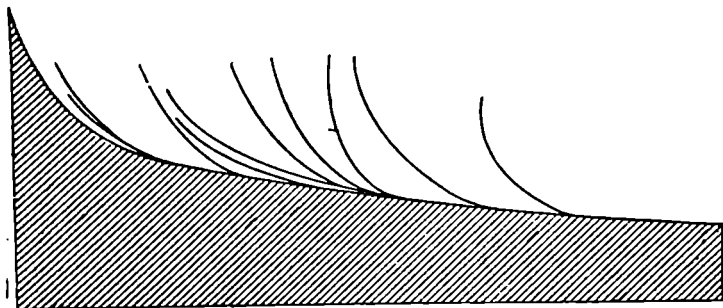
გარკვეული რიცხვიდან) ავმართოს ამ წერტილის სიმაღლის შესატყვისი მართობი. ამ მართობთა თავების გადაბმა მოგვცემს გრძივ პროფილს (სურ. 116). ანალოგიური წესით მიიღება განივი პროფილიც.

გამოიჩქვა, რომ გრძივი პროფილი ყოველთვის მრუდეა და თან, მთლიანად აღებული, ქვევითკენ ჩაზნექილი (სურ. 117). დაქანება მინიმალურია შესართავთან, მაქსიმალური — სათავეში. ე. ი. როგორც უნდა იყოს აღმა განვითარების (უკუსვლითი ეროზიის) შემთხვევაში: რაც უფრო შორს არის წასული ხეობის განვითარება, მით უფრო ნაკლები იქნება დაქანება, ჯერ ქვემოწელში და შემდეგ სათავისაკენ, რომელიც თანდათან აღმა მიიწევს. პროფილს, რომლის პირობებშიც ეროზია თითქმის აღარ წარმოებს, წონასწორობის პროფილს უწოდებენ.

განივი პროფილი დასაწყისში ლათინურ ასოს V-ს მოგვაგონებს. ფერდები ზევეითკენ კონვექსური (ამოზნექილი) არიან და თითქმის უშუალოდ მდინარის კალაპოტში ჩადიან. შემდეგ მდინარე ქალას წარმოშობს. ფერდები ფართობული ეროზიის გამო უკან იხევენ და

პროფილი  $U$ -ს ფორმას ღებულობს. ამბობენ.  $U$ -სებური პროფილი, მაგრამ ეს შედარება ნაკლებად შეეფერება სინამდვილეს.

როგორც უნდა იყოს მდინარის გრძივი პროფილი, ერთი ცხადია: მისი ბოლო, ე. ი. შესართავი, ეროზიის პროცესში უცვლელი არის. ხეობის გამოკვეთა აქედან წარმოებს და ეს განსაზღვრავს მთელი



სურ. 117. მდინარის პროფილის განვითარება უკუსვლის წესით.

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.

განვითარების 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 მეტნაკლებად ახალგაზრდა ხეობებში არის შესაძლებელი. მოხუც ხეობაში ტბა შეიძლება მხოლოდ ეროზიისთვის უცხო რაჟე მიზეზმა წარმოშვას. ამ მხრივ გამონაკლისია მდინარეს მოწყვეტილი შენდრები (იხ. ქვემოთ).

ანალოგიურია ჩაჩქერების ბედი. ჩაჩქერში წყლის დინება ვარდ-  
ნით არის შეცვლილი (სურ. 118). საფეხური, საიდანაც ვარდნა წარ-



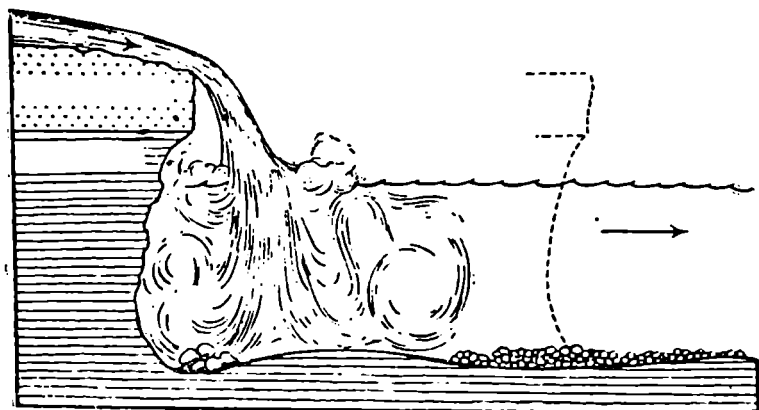
სურ. 118. ნიაგარის ჩაჩქერი.

მოებს, გამუდმებით ნგრევას განიცდის (სურ. 119). უკვე გასული სა-  
უკუნის პირველ ნახევარში ლ ა ი ე ლ მ ა გამოიანგარიშა, რომ ნი-  
აგარის 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 ჩაჩქე-  
რები მხოლოდ გეოლოგიურად ახალგაზრდა ხეობებში არის შესაქ-  
ლებელი. მ ო წ ი ფ უ ლ ხ ე ო ბ ა შ ი ტბები და ჩაჩქერები აღარ  
არის, განივი პროფილი ფართოა და დაბალი.

დასასრულ, მ ო ხ უ ც ი ხ ე ო ბ ის ქვემო წელი ფართო ალუ-  
ვიურ ველს წარმოადგენს, გრძივი პროფილი წონასწორულია ან უახ-  
ლოვდება მას და მდინარე მეანდრებით მიიკლავნება ზანტად და ფარ-  
თო დ ი ვ ა გ ა ც ი ა ს<sup>1</sup> აწარმოებს, ე. ი. ხან ალუვიური ველის ერთ-  
კიდისკენ გადაიწევეს და ხან მეორისკენ.

<sup>1</sup> Divagari, ლათ. — ხეტიალი.

მეანდრები<sup>1</sup> მარტო მოხუცი მდინარის კუთვნილება არ არის. მათ ვხვდებით უეჭველად ახალგაზრდა ხევებშიც, როგორც, მაგალითად,



სურ. 119. ჩ ა ჩ ქ ე რ ი ს მ ო ქ მ ე დ ე ბ ი ს ს ქ ე მ ა. ნიაგარის ჩაჩქერი.

მტკვრის შენაკადი ვერე არის. კარგად განვითარებული მეანდრები ახალიათებს ზოგ ჩვენს მდინარეს (სურ. 120).



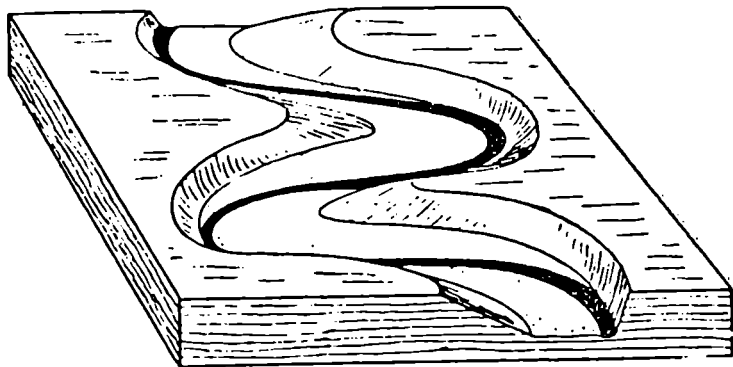
სურ. 120. ხ ო ფ ი ს წ ყ ლ ი ს მ ე ა ნ დ რ ე ბ ი.

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 ვეღარ ერევა და იძულებულია ხან იქეთ მიუხვიოს, ხან აქეთ. მეანდრში წყლის უდიდესი სიჩქარე გარეთკენ გამოზნეკილ ნაპირს აწყდება. აქეთ ეროზია წარმოებს და მეტად თუ ნაკლებად შვეული ბეჭი წარმოიშვება. შიგნით გამოზნეკილ ნაპირზე სიჩქარე მცი-

<sup>1</sup> მ ე ა ნ დ რ ი მ ცირე აზიის ერთი მდინარის სახელია.

რეა და დალექვა მიმდინარეობს. აქ ვითარდება წერილმარცვლოვანი მასალის დაბალი, მდინარისკენ დაქანებული შვერილი (სურ. 121).

იგივე სურათი გვიჩვენებს, რომ, რადგან მეანდრის გარეთ გამოზნეპილი კავის ქვემო ბეპი უფრო ძლიერ ეროზიას განიცდის, ვიდრე ზემო ბეპი, განუწყვეტლივ მიმდინარეობს მ ე ა ნ დ რ ე ბ ი ს ნ ე ლ ა



სურ. 121. დალექვა მეანდრში: გამოზნეპილ ნაპირთან სიჩქარე დიდია და ეროზია მიმდინარეობს; შეზნეპილ ნაპირზე სიჩქარე მცირეა და გაძლიერებული დალექვა ხდება.

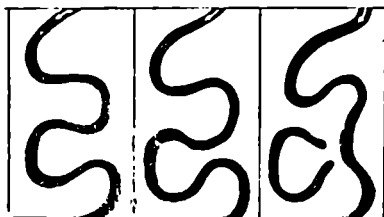
გადაადგილება ქვემოთკენ. ეს ხელს უწყობს ალუვიური ვაკის თუ ჭალის მოვაკებას, თითქო ლარი გადაავლესო.

მონდება ხოლმე, რომ ადიდებული მდინარე ორ მეანდრს შუა ვიწრო ყელს გადაჰკვეთს და მოკლე გზით იწყებს დინებას (სურ. 122). მოწყვეტილ მეანდრში შეიძლება წყალი დარჩეს და ამგვარად წარმოიშობა ნალისებური ფორმის უცნაური ტბა. ეს მოვლენა არც თუ იშვიათია. ქვემო იმერეთში მსგავს ტბებს ნ ა რ ი ო ნ ა ლ ს უწოდებენ (სურ. 123).

დივაგაცია ჰქვია მდინარის კალაპოტის ქანობას ჭალის თუ ალუვიური ველის ერთი კიდიდან მეორისაკენ. ესეც ხელს უწყობს ალუვიონის ზედაპირის მოსწორებას. მეორე მხრით, თუ მდინარე ვთქვათ, მარცხენა ნაპირისაკენ მიიწევს, მის მიერ გადავლილი ზედაპირი მარცხნივ იქნება ოდნავ დაქანებული. თუ ახლა მდინარე მარჯვენა ნაპირისაკენ წამოვიდა, ახალი ზედაპირიც მარჯვნივ იქნება დაქანებული და ეს ტ ე რ ა ს ი ს წარმოშობას გამოიწვევს.

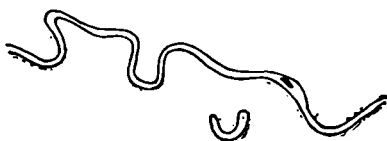


ეროზიას მდინარე აწარმოებს, მაგრამ შედეგი არანაკლებ არის. დაძოკიდებული ქანების რაგვარობაზე, პ ე ტ რ ო გ რ ა ფ ი ა ზ ე. თუ ქანი გამძლეა ეროზიის მიმართ, პროცესი ნელა მიმდინარეობს. თუ ქანი რბილია ან ფხვიერი, ეროზია გაცილებით უფრო ეფექტიანი იქ-



სურ. 122. მ ე ა ნ დ რ ი ს მ ო წ-  
ყ ვ ე ტ ა. ორი მეანდრი შეიძლება  
ერთმანეთს მიუახლოვდეს და შეერ-  
თდეს. მდინარე გაიმართება ამ ადგი-  
ლას, ხოლო მოწინააღმდეგე მხარის  
მეანდრი მოწყვეტილი დარჩება.

ნება. კიდევ უფრო თავისებურ შედეგს მივიღებთ, თუ ქანი მტკიცეა, მაგრამ ნაპრალიანი: ეროზია ნაპრალებს გაჰყვება და წარმოიშობა ვიწრო და ღრმა ხეობები, თითქმის ვერტიკალური ფერდებით. ასეა



სურ. 123. ნ ა რ ი ო ნ ა ლ ი.

ხოლმე კირქვის და განსაკუთრებით ლაგური ზეწრების შემთხვევაში. საკმაოა მოვიგონოთ მტკერის ხეობა ვარძიასთან ან მდ. წყალწითელას ხეობა ქუთაისთან. საერთოდ ყველა ქანს ან ამ მხრივ მსგავსი ქანების ჯგუფებს თავისი უაღრესად 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 შევული 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. შეიძლება გვეფიქრა, გორა უფრო გამძლე ქანებით არის აგებული, მაგრამ ქანები ისეთივეა, როგორც გარშემო. მხოლოდ ეს არის, რომ სუსტ ქანებს თავზე ვულკანური ზეწარის მტკიცე საფარი ხურავს. აი ამ ზეწარს დაუცავს ქვეშ მდებარე გორა გადარეცხვისაგან. მსგავს გორებს მ ე ზ ა ს უწოდებენ (სურ. 124).

ამ მოვლენის კიდევ უფრო უცნაური გამოხატულებაა კარგად ცნობილი თ ი ხ ი ს ს ვ ე ტ ე ბ ი აღმოსავლურ ალპებში. ასეთი სვეტე-

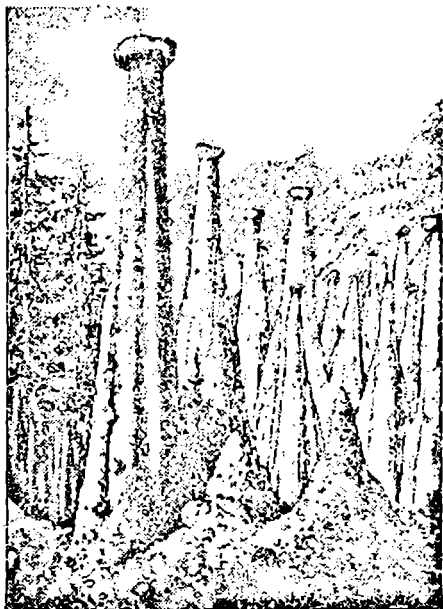


სურ. 124. მ ე ზ ა. ეროზიისადმი სუსტ ქანებს ხურავს გამძლე ვულკანური ზეწარი. ამას დაუცავს ქვეშმდებარე ნალექები გადარეცხვისგან და წარმოშობილა თავისებური ვაკე მაღლობი.

ბის არსებობა შესაძლებელი გამხდარა იმის გამო, რომ თითოეულ 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).

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 გარდიგარდმო, რაც დამოკიდებული არის მდინარის და ნაოჭების მიმართუ-



სურ. 125. თიხის სვეტები. სვეტს ეროზიისადმი გამძლეობას აძლევს იმ ლოდის სიმძიმე, რომელიც მას თავზედ ადევს. აღმოსავლური ალპები.

ლებაზე. ჭერ არჩევენ (ნაოჭების მიმართ) გასწვრივ მდინარეებს. მტკვარი მცხეთიდან თბილისამდე ჩათვლით გამკვეთი არის, რადგან მისი მიმართულება დაახლოებით მერიდიანულია, ნაოჭებისა კი განედურს უახლოვდება. გამკვეთი არიან ქსნიასა და არაგვის ხეობები ან თერგისა ყაზბეგს ქვემოთ. გასწვრივია მტკვრის ხეობა შიგა ქართლში ან კიდევ რიონისა ქვემო რაჭაში.

გასწვრივ ხეობებს თავის მხრივ კიდევ ჰყოფენ ანტიკლინურ, სინკლინურ და იზოკლინურ ხეობებად. ანტიკლინური ისინის

ნახეობარი თბილისში, დღეს უკვე დამშრალი. ასევე მშრალი სინ-კლინიური ხეობაა საბურთალო-დელისის დაბლობი, ხოლო მდ. ვერეიზოკლინიურ ხეობას მოჰყვება. პირველი დაკავშირებულა-ლისის ანტიკლინთან, მეორე საბურთალოს სინკლინთან, ხოლო 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 ეროზიისადმი გამძლეობის თვალსაზრისით. ვთქვათ, შრეების დაქანება ჩრდილოურია და ორი წყება გაირჩევა: ქვეშ რბილი, თიხიანი ქანები და ზევით მტკიცე, მაგალითად კირქვების შრენარი. იზოკლინურ ხეობას მიმართულება განედური ექნება. წარმოვიდგინოთ, რომ მდინარის კალაპოტი ქვედა, თიხიან შრეებში არის ჩასული. ამ რბილ ქანებში ხეობა ადვილად ღრმავდება და ხეობის სამხრული ფერდიც ერთგვაროვნად იქნება დახრილი მდინარისაკენ. სამაგიეროდ ჩრდილო ფერდი კირქვებისაგან იქნება აგებული. მდინარე ქვემდებარე თიხიან წყებაში აღრმავებს კალაპოტს. და N-კენ დაქანებულ კირქვებს ძირს უთხრის; ხეობის ეს ფერდი ჩამოკვეთილი კირქვის შრეებისაგან იქნება შემდგარი და თან მეტნაკლებად ციცაბო. ვითარდება სპეციფიური რელიეფი, რომელსაც კუესტა<sup>1</sup> უწოდებენ. კუესტები კარგად არიან ცნობილი კავკასიონზე და ბევრგან სხვაგან.

როგორც პეტროგრაფიული, ისე ტექტონიკური პირობები მხოლოდ პატარა ხეობებში შეიძლება იყოს ერთგვაროვანი. დიდი მდინარეების შემთხვევაში ერთიც და მეორეც ძლიერ ცვალებადია. მტკვარი ხერთვისიდან ქვიშხეთამდე გამკვეთია, შემდეგ მცხეთამდე, როგორც აღვნიშნეთ, გასწვრივი და მცხეთიდან თბილისამდე — ისევ გამკვეთი. ასევე რიონის ორ სათავეს, ქეშურას და გლოლის წყალს, გასწვრივი დინება აქვთ, რუბოძალიდან ონამდე გამკვეთი, ონიდან — გასწვრივი და ა. შ. იქ, სადაც მდინარე მტკიცე ქანებს ჰკვეთს, ვიწრო კლდეკარი, ანუ მარტივად კარიან კიდევ ორპირი წარმოიშობა. ასეთია ბორჯომის ხეობა და მრავალი სხვა. თუ კლდეკარებს 'შუა სუსტი ქანები არის მოთავსებული, აქ ხეობა შესამჩნევად გაფა-

<sup>1</sup> Cuesta, ესპან. — ფერდობი.

ართოდება. წარმოიშობა შ ი გ ა ბ ა რ ი. ასეა ქვემო რაქა ხიდისკარ-  
სა და საირმეს შუა, ასევეა ლეჩხუმის მთავარი ნაწილი მურის კლდე-  
კარსა და სარეწკელის კლდეკარს შუა.

როგორც ვიცით, იმ ფართობს, რომელიც მდინარეს და მის შენა-  
კადებს უჭირავს, მდინარის აუზი ჰქვია. ხმელეთის მთელი ზედაპირი,  
უდაბნოებს თუ არ მივიღებთ მხედველობაში, აუზებს შორის არის გა-  
ნაწილებული 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 წ ყ ა ლ-  
გ ა მ ყ ო ფ ი ხ ა ზ ი. წყალგამყოფი ხაზი აუცილებლად მეტად ან  
ნაკლებად ამაღლებული უნდა იყოს, რათა წყლის დინება აქედან ორი  
საწინააღმდეგო მიმართულებით წარმოებდეს. განსაკუთრებით თვა-  
ლსაჩინოა 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 წყა-  
ლალმა, ე. ი. მეზობელი აუზისაკენ გადასწიოს თავისი საზღვარი  
(სურ. 126). ასევე იქცევა მეზობელი მდინარეც. ასე რომ წყალგამყო-  
ფი ხაზი იმავე დროს ა უ ზ ი ს ა თ ვ ი ს ბ რ ძ ო ლ ი ს ხაზი არის.



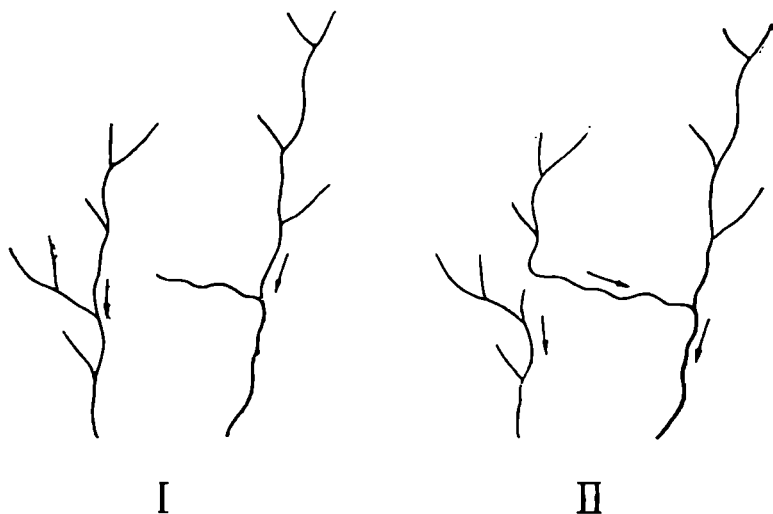
სურ. 126. ა უ ზ ი ს ა თ ვ ი ს ბ რ ძ ო ლ ა. უკუსვლითი ეროზიის პროცესში ორივე  
მდინარე ისწრაფის მეზობლის ხარჯზე გააფართოოს თავისი აუზი. ამ შემთხვევაში  
მარცხენა მდინარე, რომელსაც უფრო დაბალი ბაზისი აქვს, უძლიერესი არის და  
თანდათან ავიწროებს მარჯვენა მეზობელს.

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 წყალგამყოფი ხაზი  
სუსტი მდინარისკენ გადაიწევს, ძლიერის აუზი გაიზრდება. ეს იმას

ნიშნავს, რომ გაიზრდება მისი წყალშემკრები ფართობი და მდინარე უფრო წყალუხვი გახდება და უფრო ეროზიისუნარიანი. მეზობელ მდინარეს, პირიქით, წყალი მოაკლდება და იგი კიდევ მეტად დასუსტდება. შემდეგში პირველი მდინარის მოძალევა კიდევ მეტი იქნება.

ეს პროცესი ნელა მიმდინარეობს, მაგრამ ზოგჯერ შეიძლება ძლიერ ეფექტური სახე მიიღოს. ასე მოხდება, თუ უფრო ძლიერმა მდინარემ მეორის კალაპოტამდე მიაღწია (სურ. 127). მაშინ უკანასკნე-



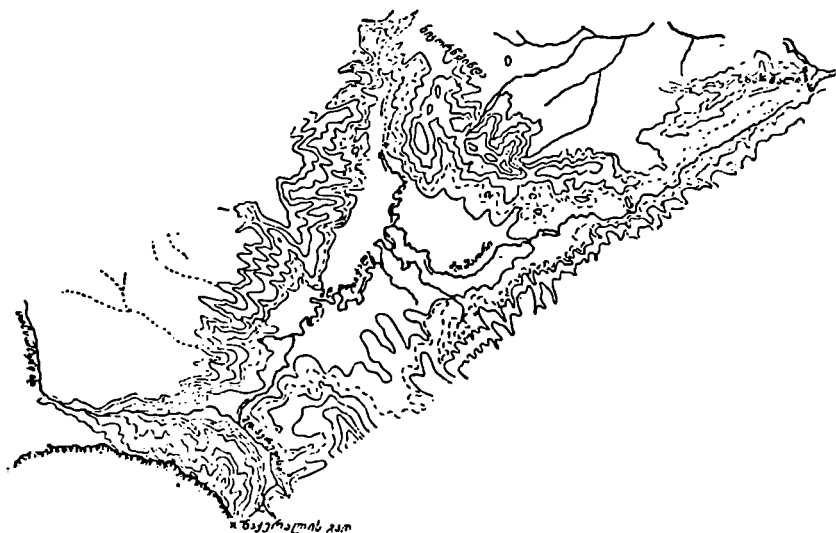
სურ. 127. მდინარის მიტაცება. I. მარჯვენა მდინარე, კერძოდ ერთი მისი შენაკადი, უფრო ჩქარ ეროზიას აწარმოებს. მისი სათავე მარცხნივ მიიწევს. II. ხსენებულმა შენაკადმა მარცხენა მდინარის კალაპოტამდე მიაღწია და ახლა ამ მდინარის ზემო წელი მარჯვენა მდინარეს შეერთო, მან მიიტაცა.

ლი მდინარის ამ წერტილს ზემო ნაწილი პირველს შეერთვის და ამერიდან მისი შენაკადი გახდება. ამას ჰქვია მდინარის მიერ მდინარის მიტაცება. მდინარის მიტაცების მაგალითი მცირე მაშტაბით თბილისშიაც გვაქვს. ლისის ძველი ხევი იმიტომ დამშრალა, რომ მისი წყალი დიღმის წყალს და საბურთალოს ხევს წაუტაცია, ხოლო უკანასკნელი — ძველ ვერეს.

აუზისათვის ბრძოლა და მდინარეთა მიტაცება ფართოდ გავრცე-

ლებული და უადრესად მნიშვნელოვანი მოვლენა არის. საკმაოა მოვიგონოთ ჰიმალაის ქედი. თითქო მდინარეები ქედის ორივე ფერდზე უნდა ჩამოდროდეს, ჩრდილოეთით და სამხრეთით. ნამდვილად კი ორივე ფერდის ჩამონადენი სამხრეთით იყრის თავს ინდუსსა და განგეს-ბრამაპუტრაში. ამის მიზეზია შშრალი ჰავა ჩრდილო ფერდზე და უადრესად ნესტიანი სამხრულზე. გარდა ამისა, სამხრეთისაკენ სიმაღლეთა სხვაობაც ძლიერ დიდია, ჩრდილოეთისკენ კი ჰიმალაის ტიბეტის ზეგანი საზღვრავს. ამის გამო აუზისათვის ბროლა სამხრული მდინარეების სასარგებლოდ წამართულა.

ხეობის ევოლუციაში შეიძლება კიდევ უფრო უცნაური რამეებიც მოხდეს. მაგალითად, მდ. დიდჭალა ნაქერალის გადაღმა რაქაში, როგორც ყველაფერიდან ჩანს, ერთ ღროს აღმოსავლეთისაკენ მიედინებოდა, როგორც ჩვენს ღროში წყალსაცავის აგებამდე, მაგრამ გაცილებით უფრო შორს (სურ. 128, 129). ჩრდილოეთიდან მას ერთვო-



სურ. 128. შორის მიტაცება მიწასქვეშა მდინარის მიერ. ზევით მდ. დიდჭალა და შორი მიტაცების შემდეგ: შეერთებული მდინარე იკარგება კარსტულ სასულეებში ხევაგასთან.

და სოფ. ნიკორწმინდიდან ჩამომდინარი შენაკადი. შენაკადი ცარცულ ნალექებზე მიმდინარეობდა. სანამ ეს ნალექები მერგელები იყო, ყველაფერი წესიერად მიდიოდა, მაგრამ როდესაც შენაკადი

კადმა ხეობა კირქვებამდე ჩაჰკვეთა, კირქვებში კარსტული სასულე-  
ები გაჩნდა და ხევი მიწას ქვეშ დაიკარგა. კიდევ მეტი: ამ სასულე-  
ებმა დიდჭალაც მიიზიდა და მდინარემ ახლა აქეთ იწყო დინება შენა-  
კადის კალაპოტით, მაგრამ საწინააღმდეგო მიმართულებით. დიდჭა-



სურ. 129. იგივე მდინარეები შიტაცებამდე.

ლის ქვემოწელი უწყლოდ უნდა დარჩენილიყო, მაგრამ აქ რაქა-იმე-  
რეთის ქედიდან მთელი რიგი ხევები ჩამოდის. თუმცა ნაკლები, კა-  
ლაპოტში წყალი დარჩა მაინც და ერთხანს ძველი მიმართულებით  
შოედინებოდა აღმოსავლეთისკენ. ამ დროს აქ, მდინარის შესართა-  
ვისკენ, 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. სპეცია-  
ლური დამბით მდინარეს სასულეებისაკენ გზა გადაუჭრა და დაგუ-  
ბებული წყალი გვირაბით მთლიანად ტყიბულში გადმოიყვანა და  
ელექტროსადგური აამუშავა.

მდინარეთა მოქმედების მიმართულება სავსებით გარკვეული რამ  
არის. ცალკეული მდინარის ხეობის განვითარება წონასწორობის პრო-



ფილის გამომუშავებით უნდა დამთავრდეს, ხოლო მდინარეთა საერთო ქსელი ხმელეთზე ყველა მალლობებს მოასწორებს და ბოლო ანგარიშში წარმოშობს თითქმის ვაკეს, რომელსაც ამერიკელმა გეომორფოლოგმა დ ე ვ ი ს მ ა პ ე ნ ე პ ლ ე ნ ი<sup>1</sup> უწოდა. პენეპლენიზაცია, ე. ი. პროცესი, რომელმაც დასასრულ პენეპლენი უნდა მოგვცეს, ყველასათვის უცილობელი მოვლენა არის, მაგრამ დასრულებული პენეპლენის არსებობა ბევრს საეჭვოდ მიაჩნია და ეს იმიტომ, რომ პენეპლენის ბოლომდე განვითარებას წელთა მილიონების ათეულები და ეგებ მეტიც კი სჭირდებოდა. 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 არ არის, მაგრამ, სანამ ასეთი დრო გაივლიდეს, უეჭველად აიწვევს სადმე მთები ან მოხდება კონტინენტის ნაწილების აზვეება და საქმე თითქო თავიდან დასაწყები გახდება.

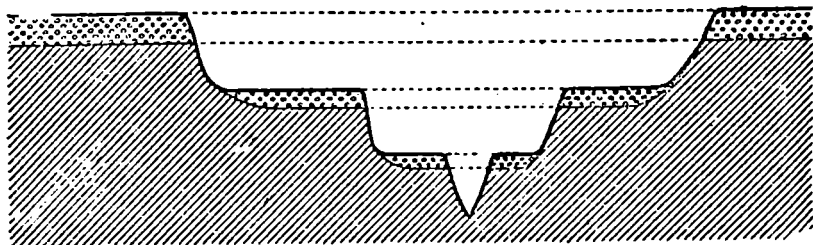
**ეროზიის ციკლები.** ეროზიის პროცესის ასეთი მსვლელობის აღსანიშნავად ჩვეულებრივ ე რ ო ზ ი ის ც ი კ ლ ე ბ ზ ე ლაპარაკობენ: მიმდინარეობდა ერთი ციკლი და განახლებულმა ეროზიამ დაიწყო მეორე. ეს კია, რომ აქ ერთგვარი დაზუსტება არის საჭირო. ნამდვილი ციკლები გვექნებოდა, რომ ეროზიას მობრუნალის ხასიათი ჰქონდეს: მიმდინარეობს ეროზია, აღწევს ბუნებრივ 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 დაწვეამ, ან სათავეების აზვეებამ.

ვთქვათ, მდინარეს წონასწორობის პროფილი გამომუშავებული აქვს, ზღვასთან ალუვიური ველით ან ფართო ჭალით თავდება, და ამ დროს ზღვის დონის დაწვევა მოხდა რაიმე მიზეზით ან ხმელეთის აზვეება, 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 გაიზრდება და აქ ეროზია დაიწყება. ახალი ხეობის ჩანასახი უფრო ვი-

<sup>1</sup> ინგლისური peneplain: ლათ.-დან: paene — თითქმის და planum — ვაკე.

წრო 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 აიწიეს. ამ შემთხვევაში ერო-



სურ. 130. ტერასები.

ზიის ინტენსივობა ქედის ზოლში გაიზრდება 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 ფერდზე მიბჯენილ საფეხურებს წარმოადგენენ, დაფარული არიან ალუვიონით და ეს ალუვიონი (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 დიდუბის ტერასი. შემდეგი, უფრო მაღალი, იქნება საბურთალოს ტერასი, მერმე ლოტკის გორის და დასასრულ — მახათასი. ალუვიური საფარი არის უფრო მაღალ ქაშვეთის გორაზედაც, მაგრამ ის ხეობის ფერდზე მიბჯენილი არ არის. ეს არის ძველი ალუვიური ველის ნაშთი, რომელსაც სამგორის ველი განაგრძობს.

<sup>1</sup> ფრანგული terrasse.

შიღებულის ტერმინოლოგიის თანახმად დიდუბის ტერასი იქნება პირველი ქალისზედა ტერასი, საბურთალოსი მეორე ქალისზედა, ლოტკის გორისა მესამე და მახათასი მეოთხე. ყველაზე ახალგაზრდაა დიდუბის ტერასი, ყველაზე ძველი მახათასი და, საერთოდ, ის ტერასი არის უფრო ძველი, 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 აზევების გამო?

ამ საკითხის გადაჭრა ძნელი არ არის. თუ ზღვის დონის დაწვევა მოხდა, ახალი ხეობა ყველაზე მეტად ზღვასთან შესართავთან იქნება ძველის ფსკერში ჩაჭრილი. აქ იქნება ტერასის შეფარდებითი სიმაღლე მდინარის კალაპოტიდან უდიდესი. თუ, პირიქით, მთების აზევებასთან გვაქვს საქმე და ეროზიის ბაზისი უცვლელი არის, ხეობა აზევებულ 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 აზევების შედეგი არის.

მაგრამ რატომ არის ტერასი ოთხი და არა ერთი? ამ საკულისხმო კითხვაზე პასუხი ასეთია: მთების აზევება ნელი და ხანგრძლივი 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.

საკულისხმოა კითხვა: თუ მტკვარმა თრიალეთის ქედი გაჰკვეთა და ღრმად ჩაიჭრა შიგ, როგორც დღეს ვხედავთ, მანამდე, როდესაც ქედი ჭერ კიდევ ხელუხლებელი იყო, მტკვარი ხომ უნდა დაგუბებულყო ქედს ზემოთ, მუხრანის ველზე? ასეც ფიქრობდნენ დიჯანა, 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 ჭერ კიდევ მაშინ,

როდესაც უკანასკნელი ოდნავ თუ ამოწევებულიყო 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 აუწევეია 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 ხეობების 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 ნელ-ნელ. ასევეა ქედის შემთხვევაშიცო.

შედარება უეჭველად გონებამახვილია, 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 ადრინდელ პირობებს და შემდეგ სულ სხვა გარემოში შენარჩუნებულა. ამის გამოსახატავად იტყვიან, მტკვრის ხეობა ანტეცედენტური<sup>1</sup> არისო.

ანტეცედენტური ხეობები გავრცელებული მოვლენა არის და მარტო ახალგაზრდა მთებში როდი გვხვდება. არის ძველი მოვაკებული და ამაღლებული მხარეები და ზედ მდინარე, რომელიც სრულიად მოულოდნელ ხვეულებს აკეთებს. მათი მოხაზულობა თანამედროვე პირობებში გაუგებარი ჩანს, მაგრამ ყველაფერი ნათელი ხდება, თუ აღვადგენთ იმ პირობებს, რომლებშიაც ხეობა განვითარდა. თანამედროვე აზრევა შემდეგი მოვლენაა. ხეობა ანტეცედენტური არის.

თუ ვიწრო და ღრმა ხეობა მეტად თუ ნაკლებად მაღალ ვაკე ზეგანში არის ჩაჭრილი, ეს იქნება კ ა ნ ი ო ნ ი (სურ. 131). პატარა კანიონები საკმაოდ გავრცელებულ მოვლენას წარმოადგენენ, მაგრამ თავისი გრანდიოზული ზომებით და მკვეთრი განვითარებით ცნობილია კოლორადოს კანიონი ჩრდილო ამერიკაში.

<sup>1</sup> Antecedens (ante—ადრე, წინ და cedere—სვლა), ლათ.—წინმავალი, ადრინდელი.

მდინარე წყლის მოქმედების გეოლოგიური მნიშვნელობა საკმაოდ ნათელი არის. მდინარეები და ზედაპირული ღვარები აწარმოებენ დენუდაციას, ე. ი. ფიტვითი ქერქის ჩამორეცხვას მაღლობებიდან, უზრუნველყოფენ მასალის ჩამოტანას დაბლობებში, ნალექის უზარმაზარ რაოდენობას მიმოაფენენ ხმელეთზე ალუვიონის სახით და არანაკლები შეაქვთ ზღვაში.

დიდია მდინარეების როლი მიწის ქერქის რელიეფის გამოკვეთის მხრივაც. აქ მათი მუშაობა ორს, თითქო ერთიმეორის საწინააღმდეგო



სურ. 131. კოლორადოს კ ა ნ ი ო ნ ი. დაეკებულ ზეგანში ჩაპრილი ვიწრო და ღრმა ხეობა.

ეფექტს იძლევა. ერთი არის ზედაპირის დასერვა ურიცხვი ხეობებით და კონტრასტული რელიეფის შექმნა, მეორე — თანდათან პენეპლენიზაცია და რელიეფის გათანაბრება.

ნაკლები არ არის მდინარეების სახალხომეურნეობრივი მნიშვნელობაც. ჯერ ხომ მდინარის წყალს, დაწმენდილს თუ უშუალოდ, დიდი ადგილი უჭირავს მეურნეობაში, როგორც სასმელს ადამიანისა და საქონლისათვის და როგორც სარწყავს. დიდი მდინარეები მიმოსვლის მნიშვნელოვან საშუალებას წარმოადგენენ. დიდია აგრეთვე მდინარეების ენერგეტიკული როლი, რასაც მოწმობს ჰიდროელექტრული მშენებლობის თანამედროვე გაქანება.

## ზოგი კითხვა და რჩევა

ადიდებისას წყლის სიჩქარე მდინარეში იგივეა, რაც წყალმცირობისას თუ მ-  
ტი (დააკვირდით უახლოეს მდინარეს)? რატომ არის ასე?

რატომ არის, რომ ხევეები ერთდებიან და შერე ალარ იყოფიან? რატომ იყოფა  
მდინარე დელტაში მრავალ ტოტად?

როგორია სიჩქარეთა განაწილება სწორხაზებრივ მდინარეში? მიმობვეულ ა-  
ლაპოტში?

რას ჰქვია მდინარის სისტემა და აუზი? ჰიდროგრაფიული ქსელი? რა არის  
ეროზია, ფართობული ეროზია, ხაზებრივი ეროზია?

ხეობა და მისი განვითარება? ჩაჩქერები და ტბები? რა არის უკუსვლითი  
ეროზია, ახალგაზრდა და მოწიფული ხეობა? გრძივი პროფილის აგება?

როგორ მიმდინარეობს მდინარეული ტრანსპორტი, დალექვა? როგორ არის რი-  
ყის და ხეივანის ქვეები შეტანალებად შომრგვალებული? როგორ წარმოიშობა დევის  
ქებაები, ალუვიური ველი და დელტა? დალექვა დელტაში.

როგორ მიმდინარეობს აუზისთვის ბრძოლა? როგორ ხდება მდინარის მი-  
ტაცება?

ასწერეთ ტერასების განვითარება, მეანდრები. დიკაგაცია.

რა არის პენეპლენი, პენეპლენიზაცია და ეროზიის ციკლი?

## მყინვარების მოქმედება

წყლის ცირკულაცია და მყარი წყალი. ატმოსფეროდან წყალი  
მარტო თხევადი სახით არ ილექება. მნიშვნელოვანი წილი უღევს  
მყარ წყალსაც. ასეთია რ თ ვ ი ლ ი. თ ო ვ ლ ი. ხ ო შ კ ა კ ა ლ ი,  
ს ე ტ ყ ვ ა. მაგრამ ეს არის მხოლოდ სწრაფწარმავალი ეპიზოდი  
წყლის ცირკულაციაში: წვიმის ნაცვლად თოვლი მოვიდა ან სეტ-  
ყვა, რომლებიც მალევე ღნებთან და უერთდებიან მიწასქვეშა წყალს  
ან ზედაპირულ ჩამონადენს. წყლის ცირკულაციაში ყველაფერი  
უცვლელი რჩება, მხოლოდ ეს არის, რომ მიწაში ჩაყონვა უფრო  
უხვი იქნება, რადგან თოვლის დნობა ნელი პროცესი არის. თა-  
ნაც, დნობა ძირითადად გაზაფხულს უკავშირდება და იწვევს წყალ-  
დიდობას, რომელსაც სეზონური ხასიათი აქვს.

სულ სხვაა მყინვარის შემთხვევაში. მყინვარი, ხანიერი მოვ-  
ლენაა და თვითონ აწარმოებს გეოლოგიურ მუშაობას, რომელიც  
არსებითად განსხვავდება მდინარი წყლის მოქმედებისგან და ამი-  
ტომ სპეციალურ შესწავლას მოითხოვს, რაც ფიზიკური გეოგრა-  
ფიის და დინამიური გეოლოგიის დამოუკიდებელი დისციპლინის,  
გ ლ ა ც ი ო ლ ო გ ი ი ს ამოცანას შეადგენს.

მარადი თოვლი. ცნობილია, რომ თოვლი ზომიერ ჰავაში  
მხოლოდ ზამთრობით ჰფარავს 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 ღნება, როგორც ჩვენს პირობებში, მაგრამ თოვა სქარბობს ღნობას და თოვლის საფარი არ აიღება. აკვითონ თოვლა კი სულ ახალი და ახალი არის, როგორც წყალი მდინარეებში. მარადი თოვლი არის არა თოვლის თავისებური რამ სახე, არამედ ისეთი შეფარდება თოვასა და ღნობას შორის, რომლის პირობებში თოვლი არ აიღება. უფრო სწორი იქნებოდა გვეთქვა „მარადი თოვლიანობა“.

მარადი თოვლიანობის ზოლს თოვლეთი ჰქვია, თოვლეთის ქვედა საზღვარს კი — მარადი თოვლიანობის ხაზი. ეს ხაზი იქნება იქ, სადაც თოვა ზუსტად უფრის ღნობას. 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 თოვლიანობის 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 ეწაზღვრება და არიდული არის, ხოლო სამხრული ფერდი, სადაც ნალექების რაოდენობა 10 მ აღემატება წელიწადში, მიწის ყველაზე ნესტიან მხარეებს მიეკუთვნება. ამიტომ ჩამოდის მარაღა 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.

**მყინვარები.** ყოველ შემთხვევაში, მარადი თოვლის ხაზზე თოვა და დნობა ერთიმეორეს უდრის. ხოლო მას ზევით მეტს თოვს, ვიდრე იქაურ პირობებში შეიძლება გადნეს. ეს ახვაობა საერთოდ მით მეტი იქნება, რაც უფრო მაღლა ავიწევთ. ცხადია, თოვლეთში ყოველწლიურად თოვლს თოვლი უნდა ემატებოდეს, მისი სისქე უნდა მატულობდეს და უნდა იზრდებოდეს მთების სიმაღლე. ვინ იტყვის, წელთა ათასეულებში და ათიათასეულებში როგორ სიმაღლეს მიაღწევდა თოვლიანი მთების მწვერვალები?

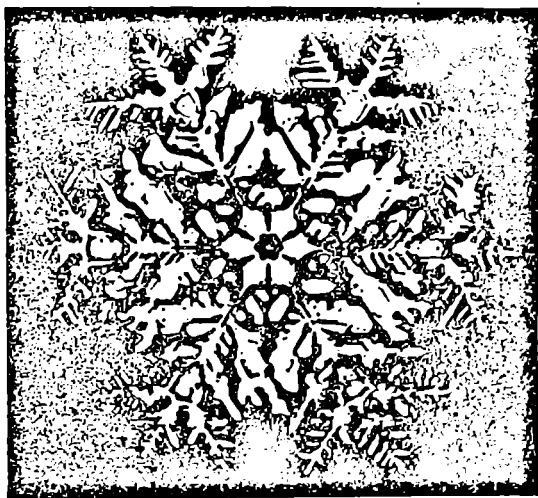
მაგრამ არაფერი ამის მსგავსი ბუნებაში არ ხდება. მერე როგორ უნდა აეხსნათ ეს? თითქო ერთადერთი გამოსავალი ის არის, რომ რაღაც თოვლეთში სიბო არ კმარა, ზედმეტი თოვლი თოვლეთის საზღვარს ქვევით ჩაღიოდეს და იქ დნებოდეს: იმისათვის, რომ თოვლეთში თოვლის რაოდენობა უცვლელი რჩებოდეს, აუცილებელია თოვლეთის განტვირთვა კარბი თოვლისაგან. როგორ არის ეს შესაძლებელი?

ერთი იქნება შვაცი. როდესაც ძლიერ დაქანებულ ზედაპირზე თოვლი გროვდება, იგი მერყევი წონასწორობის მდგომარეობაში არის. საკმაო თოვლის პატარა გუნდა დაიძრას, რომ შვავი წარმოიშვას. მზარდი სიჩქარით მოძრავი შვავი თოვლის ახალ და ახალ მასას წაიტაცებს, შემდეგ ქვას და ღორღსაც თან წაიტანს და დიდ სიჩქარითა და ძალით ენარცხება ქვევითკენ, უახლოეს დაბლობში. პატარა შვავების სათავე და ბოლოც შეიძლება თოვლეთშივე იყოს, მაგრამ დიდი შვავები ხშირად მარადი თოვლის ხაზს ქვევით ჩამოდიან საკმაოდ დაბლა და ამგვარად ჩამოტანილი თოვლი ახალ პირობებში მალე უნდა გადნეს (ზამთარში შვავები მარადი თოვლის ხაზს ქვევითაც წარმოიშობიან, მაგრამ საკითხისათვის, რომელსაც აქ ვეხებით, მათ მნიშვნელობა არა აქვთ).

მანც ეს მექანიზმები (შვავები) მეორეხარისხოვან როლს თამაშობს და თოვლეთის განტვირთვის მთავარ ფაქტორს წარმოადგენენ მყინვარები, რომლებიც თოვლის ხარჯზე ვითარდებიან. თოვლის ფიფქი წარმოადგენს ყინულის ჰექსაგონური ნემსისებური კრიტალების 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. ასეთი თოვლი 20-ჯერ უფრო მსუბუქია, ვიდრე წყარ



ლი. 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 ნემსაკების ნაცვლად ყინულის პა-წია მარცვლები ვითარდებიან. მარცვლაკების ზრდასთან ერთად მიმ-



სურ. 132. თოვლის ფიფქი. წარ-  
მოადგენს ყინულის ნემსისებური წვრი-  
ლი კრისტალების დაჯგუფებას.

დინარეობს მათი შემჭიდროება და თოვლის პორიანობის შემცირე-  
ბა. ასეთ მარცვალა თოვლს, რომელიც პირვანდელის გარდაქმნის.  
შედეგი არის, ფირნი ჰქვია, ხოლო ფირნით დაფარულ ფარ-  
თობს — ფირნის ველები (სურ. 133). ჩვეულებრივ ეს არის  
არამარტო თვით ფირნის ველზე თოვის შედეგად დაგროვილი მასა,  
არამედ ქარის მიერ ფერდობებიდან ჩამოხვეტილი ნაშქერიც.

დაგროვილი ფირნის საკუთარი სიმძიმე და დნობა-შეყინვა იწ-  
ვევს მზარდი მარცვლების პროგრესულ შემჭიდროებას. როდესაც:  
პორიანობა იმდენად შემცირდება, რომ ჰიმკვრივე დაახლოებით  
0,8-ს გაუტოლდეს, ეს იქნება უკვე ყინული ანუ, უკეთ, მყინვა-  
რის ყინული (სურ. 134). ასეთი დაზუსტება იმიტომ არის სა-

ქირო, რომ მყინვარის ყინულის სტრუქტურა სულ სხვაგვარი არის. ვიდრე ტბის ან ზღვის ყინულისა. ტბის ყინული შედგება ნეჰსისებური პრიზმული კრისტალებისაგან, რომელნიც წყლის ზედაპირის მართობულად არიან განლაგებული, მჭიდროდ ეკვრიან ერთმანეთს და კრისტალოგრაფიული ორიენტაციაც ერთი აქვთ. მყინვა-



სურ. 133. ფირნის ველი. სვანეთი. ფოტო დ. წერეთლისა.

არის 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 აქვთ. ფირნი კვარცის ქვიშას შეიძლება შევადაროთ, ხოლო მყინვარის ყინული კვარციტს. გარდა ამისა, ზღვის ყინულის მაქსიმალური სისქე, მეტრობით 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 თოვლებს გარეთ გა-  
ტანება.

ამჟამად მომყინვარებული ფართობი მიწაზე დაახლოებით  
17 000 000 კმ<sup>2</sup>-ზე მეტი არის, ე. ი. ხველეთის მთელი ზედაპირის  
11%-ს უღრის. ძირითადად ეს არის ანტარქტიკის და გრენლანდის



სურ. 134. მყინვარის ყინული. ჩანს ყინულის  
ფენობრივობა.

უზარმაზარი მყინვარები, რომელთაც ემატება მთების მყინვარები.  
უკანასკნელთ ვხვდებით ალპებში, კავკასიონზე, ჰიმალაიზე და სხვა  
შალალ მთებში. პირველ რიგში ანეთი მყინვარები დეტალურად იქ-  
ნა 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 ციცაბო  
კლდეებით არის გარშემორტყმული. ხოლო ერთი მხარე ღია აქვს.

სწორედ აქეთკენ გადმოდის მყინვარის ტანი. უკანასკნელი მოძრაობის ხეობაში მდინარის მსგავსად და, როგორც ვთქვით, შეიძლება არაერთი კილომეტრით ჩასცილდეს თოვლეთის საზღვარს.

საგულისხმოა, რომ მყინვარის მოძრაობა უშუალოდ როდი ჩანს. დიდი ხნის განმავლობაში დარწმუნებულიყ კი იყვნენ, რომ მყინვარები უძრავი არიან და სპეციალური დაკვირვებები გახდა საჭირო



სურ. 135. მყინვარი Mer de glace (ყინულის ზღვა) ფრანგულ ალპებში. სათავეში ჩანს კარგად გამოსახული ცირკი.

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, ირკვევოდა, 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 არამართო ის, რომ მყინვარი მოძრაობს, არამედ ისიც, რომ ეს მოძრაობა ისეთივეა, როგორც წყლის: ხახუნის გამო შემცირებული სიჩქარე კიდეებთან, უღიდე-

სი სიჩქარე შუაში; მსგავსება ამითაც არ თავდება: თუ მყინვარი კავილებს აკეთებს, მაქსიმალური სიჩქარე გარეთკენ გამოზნექილი ნაპირისაკენ გადაიწევს, როგორც მდინარეებში ხდება. აქედან უნდა დავასკვნათ, რომ მყინვარი კი არ მიცოცავს დაღმა.— წყლის მსგავსად მიედინება, თუმცა მისი სიბლანტე ბევრად უფრო დიდია.

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.

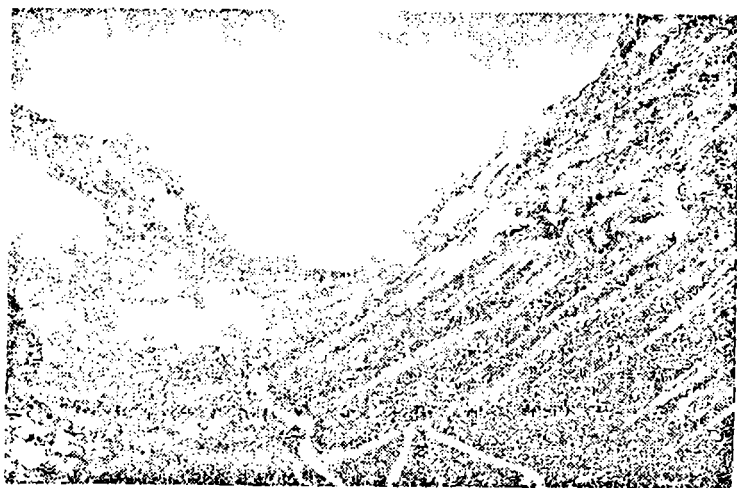
მიედინება კი მყინვარი, მაგრამ ძლიერ ნელა. გაზომვებმა ნათელპყო, რომ მოძრაობის სიჩქარე არის ორი-სამი სანტიმეტრიდან რამდენიმე მეტრამდე დღელამეში, იმისათვის, რომ ცირკში მოსულმა თოვლმა მოზრდილი მყინვარის ბოლომდე მიაღწიოს, არაერთი წელიწადი არის საჭირო. სიჩქარე მით მეტია, რაც მეტია ყინულის სისქე (შეადარე მდინარე) და ფუძის დაქანება. თუ მყინვარის ზემო ნაწილი მაღალია და ყინულის სისქე დიდი, მყინვარს შეუძლია მცირე აღმართიც გადაიაროს. ამგვარად, მყინვარის გზაზე სუსტი ქანების ადგილას წარმოიშობა ჩაღრმავებული უბნები.

მყინვარის ნაპირებს კიდევებს უწოდებენ, მის ბოლოს უწოდებს ანუ ფრონტს. რადგან მყინვარი მარადი თოვლის ზაზს ქვევით არის ჩამოსული, ყინულის რაოდენობა მასში თანდათან მცირდება დნობისა და აორთქლების გამო. თუ დნობა-აორთქლებამ გადააჭარბა ყინულის მოდინებას, მყინვარის ფრონტი უკან დაიხევს, თუ მოდინება ჭარბობს, 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 უეჭველად აღრინდელი მდინარის ხეობები არიან, მაგრამ მყინვარს მათთვის დამახასიათებელი, ასომთავრული ლათინური U-ს მაგვარი ჭრილი მიუცია. ასეთ მყინვარეულ ხეობას ტროგს<sup>1</sup> უწოდებენ (სურ. 136).

<sup>1</sup> Trog, გერმ. — გობი.

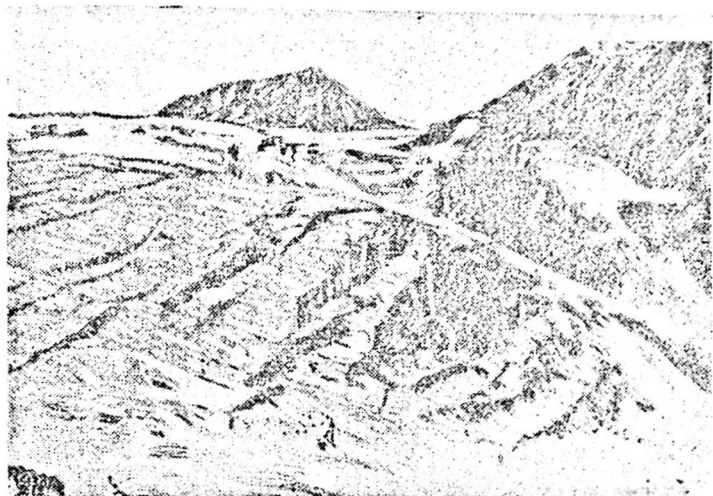
მოდრაობის პროცესში მყინვარის ტანში შეიძლება ნაპრალები გაჩნდეს. ასე მოხდება, მაგალითად, თუ მყინვარის სავალზე დაქანების გადატება (უეცარი ზრდა) არის. ასეთ შემთხვევაში ნაპრალები მყინვარის გარდიგარდმო წარმოიშობიან. იქ, სადაც



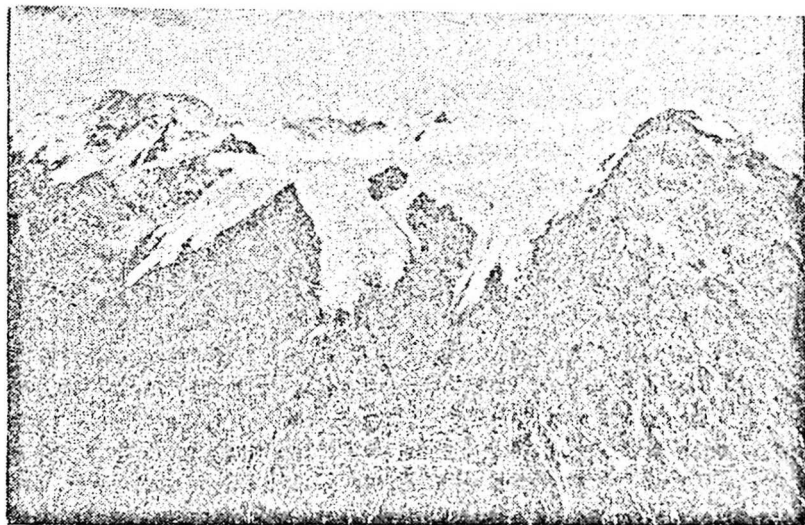
სურ. 136. ტროგი, ნორვეგია.

მყინვარი ვაწრო ყელიდან ფართო კალაპოტში გადის, ვითარდებიან რადიალური ნაპრალები (სურ. 137) და ა. შ. საგულისხმოა, რომ როდესაც მყინვარი ასეთ ადგილებს გააცდება, ნაპრალები ისევ შეიკვირიან და შეიზრდებიან ისე, რომ მათი კვალიც არ რჩება. რაც შეეხება ნაპრალებს სიღრმეს, ფიქრობენ, რომ ყინულის პლასტიურობის გამო იგი 100 მეტრს ვერ გადააჭარბებს. ამ ზედა ასმეტრიონ ფენას უწოდებენ მყინვარის ქერქს.

მთის მყინვარს სხვადასხვაგვარს არჩევენ. ტაპიური ხეობის მყინვარის გვერდით, რომელიც ფრონტით ბოლოვდება, აღნიშნავენ მყინვარებს, რომელნიც ციკაბო კოეეს წასწუდომიან და უეცრად თავდებიან. მათ დაკვიდებულს უწოდებენ (სურ. 138). რადგან მყინვარი წინ მიიწევს განუწყვეტლივ, მას ბექის გასწვრივ დიდი და პატარა ნაკვეთები სწყდება და ცვივა ქვევით. თუ ნაწყვეტები ხშირია და დიდი, მათი შეზრდით კოეეს ძარში შეიძლება ახალი მყინვარი წარმოიშვას.



სურ. 137. ხაპრალეზი ხეობის მყინვარში.

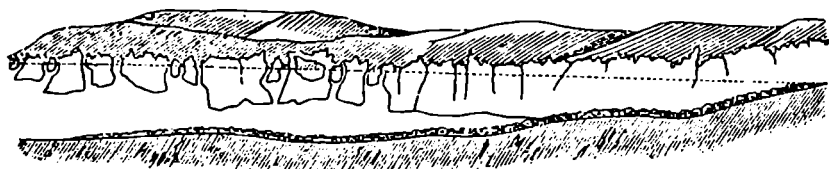


სურ. 138. გადმოკიდებული მყინვარი.

სკანდინავიური ტიპის მყინვარში ერთი დიდი ფირნის ველიდან რამდენიმე მყინვარი გამოდის მეტ-ნაკლებად რადიალურად.

როდესაც ხეობის მყინვარები მთის ძირამდე ჩადიან და იქ ვაკეზე ოშლებიან, 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, ასეთი მყინვარი ფსკერს ეყრდნობა და ფსკერზე მოძრაობს, მაგრამ როგორც კი სიღრმე ყინულის სისქის ცხრა მეათედს (ასეთია მყინვარის ყინულის სიმკვრივე) გადააჭარბებს, მყინვარი ატივტივდება. ატივტივებულ მყინვარს ზღვის ლელ-



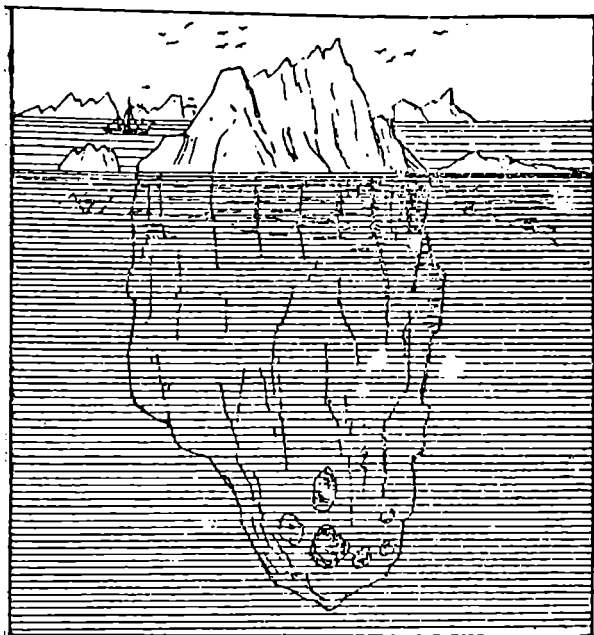
სურ. 139. ზღვაში შესული მყინვარი.

ვა აქანავებს და ამ მოძრაობის პროცესში ჩნდება ნაპრალები. ამ შემთხვევაში ნაპრალმა შეიძლება მთელი ყინული გაჰკვეთოს 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 ანუ აისბერგი<sup>1</sup> (სურ. 140). რაც უფრო დიდია ყინულის გორა. მით უფრო დიდ ხანს იტურებს ზღვაზე, სანამ გაღნებოდეს. გრენლანდის ნაპირებიდან მოწყვეტილი უზარმაზარი აისბერგები ატლანტურ ოკეანეში განედის 30°-მდე აღწევენ და მეზღვეობისათვის დიდ საფრთხეს წარმოადგენენ (სურ. 141).

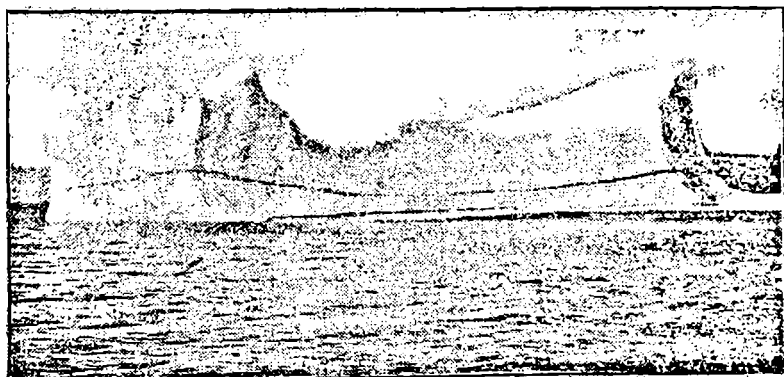
დასასრულ, მთის მყინვარებს შეიძლება დავუპირისპიროთ მყინვარები, რომელნიც თვალუწვდენელ სივრცეზე მთას და ბარს ერთიანად ჰფარავენ: ცალკეული ბაღლობები და მწვერვალები თუ ვადარჩენიან გადაფარვას. ეს არის ზეწრული მყინვარები,

<sup>1</sup> Eis, გერმ. — ყინული, Berg — გორა.





სურ. 140. აისბერგი.



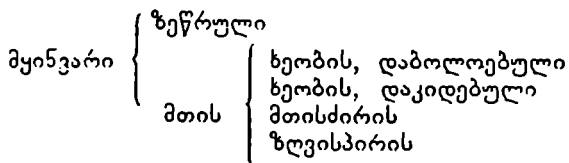
სურ. 141. აისბერგი.

რომელთა ქვეშ დამარხულა ანტარქტიისი და გრენლანდი (სურ. 142).. ზოგჯერ ამბობენ კონტინენტური მყინვარიო, მაგრამ ასეთ-მა ტერმინმა შეიძლება გაუგებრობა გამოიწვიოს, რადგან მდებარეობით ყველა მყინვარი კონტინენტური არის.



სურ. 142, ზეწრული მყინვარი ანტარქტიის ზე-  
ყინულს მთელი კონტინენტი დაუფარავს. მოჩანს მხოლოდ ცალკეული  
მწვერვალები (ნუნატაკები). წინ და მარჯვნივ ნაპრალები.

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 მყინვარული-

დენუდაციის რეალობა და მნიშვნელობა ექვს აღარ იწვევს. დასა-  
ზუბტებელია მხოლოდ ამ პროცესის ინტენსივობა.

ეს კი ცხადია, რომ ყინულის სოლისებურ მოქმედებას (გაყინ-  
ვა-გაფართობება), რომელიც კარგად არის ცნობილი ზომიერ ჰავა-  
შიც, განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს თოვლეთში. საცა აწვე-  
ტილი კლდეები შიშველი არიან, ყინულის სოლებით დედაქანს მო-  
წყვეტილი ლოდები და უფრო წვრილი მასალა თავისთავად ცვივა  
ქვევით და მყინვარზედ ეცემა. მეორე მხრით, მყინვარის ფსკერ-  
სა და გვერდებს თვით მყინვარი აცლის ასეთ მასალას.

მაგრამ მყინვარის აქტივობა ამით არ ამოიწურება. იგი თვით  
აღსხვრევს და თითქოს ჰქლიბავს ქანებს, რომლებზედაც მოძრაობს.  
რბილ ყინულს იმიტომ შეუძლია შეუდარებლად უფრო მაგარი ქა-  
ნების მოცვეთა, რომ ყინულში შეტაცებული არის ქანების მსხვრე-  
ვის მასალა და სწორედ მას იყენებს მყინვარი როგორც ნაუდაკის  
ფხვნილს. მყინვარის ასეთი მოქმედება, რომელსაც ეგზარა-  
ცია<sup>1</sup> ჰქვია, სავსებით თვალსაჩინო ხდება, სადაც კი მყინვარის  
ქველი ფსკერი გაშიშვლებული არის: მისი ზედაპირი მოსწორებუ-  
ლია და ხშირად მოლიპულიც და ამ ფონზე მკვეთრად გამოირჩევა  
მრავალრიცხოვანი ნაკაწრები (სურ. 143). უქანასკნელები გაუფ-  
ლია ყინულში მოქცეულ მაგარი ქანის ნატეხებს, რომელთაც მყინ-  
ვარი დიდი ძალით აწეება და თან ქვემოთკენ მოაცოცებს. ნაკაწრე-  
ბი ზოგი უფრო ღრვაა, ზოგი ნაკლებ, მაგრამ ყველა უახლოებით ერ-  
თიმეორის პარალელური, რაც მყინვარის მოძრაობის მიმართულების  
მაჩვენებელი არის.

ეგზარაციის შედეგად ქანების უფრო რბილი უბნები ქვაბუ-  
ლივით ჩაღრმავდება, მაგარი უბნები ამობურცული და თან მო-  
ლიპული არიან. წარმოიშობა ე. წ. ვერძის შუბლები ის  
ლანდშაფტი. ვერძის შუბლს სწორედ ამ ამობურცულ უბნებს ამ-  
სგავესებენ (სურ. 144).

ვერძის შუბლის ფორმა ასიმეტრიული არის (სურ. 145). მყინ-  
ვარის მოძრაობის აღმა მას მცირე დაქანება აქვს, დაღმა კი მკვეთ-  
რი საფეხურით თავდება. ეს გარემოება მყინვარის მოძრაობის  
დამხრობის საშუალებას იძლევა. მართლაც, ნაკაწრები გვატყობი-  
ნებენ, თუ როგორ იყო მიმართული მოძრაობა, მაგრამ არაფერს

<sup>1</sup> Exaratio, ლათ. — გაღახვა.

გვეუბნებიან იმის შესახებ, თუ საით მოძრაობდა მყინვარი ამ ხაზის გასწვრივ. ვერძის შუბლები ამ ცნობასაც გვაწვდიან.

ნგრევას მიღებული მასალის ტრანსპორტი უნდა მოჰყვეს ამ ფუნქციას მყინვარი სულ სხვაგვარად ასრულებს, ვიდრე მდი-



სურ. 143. ძველი მყინვარის მიერ მოლიუღ-დაკაწრული რელიეფი. ნორვეგია.

ნარე; ფსკერის და გვერდების მასალას დიდი ძალით აწევა და მიატოცებს, მყინვარის ზედაპირზე მღებარე კი მიაქვს, როგორც ტივი წაიღებდა. დიდი და პატარა, მძიმე და მსუბუქი მასალის გადატანა სრულიად ერთგვარად მიმდინარეობს და არაერთგვარად დახარისხება არ წარმოებს.

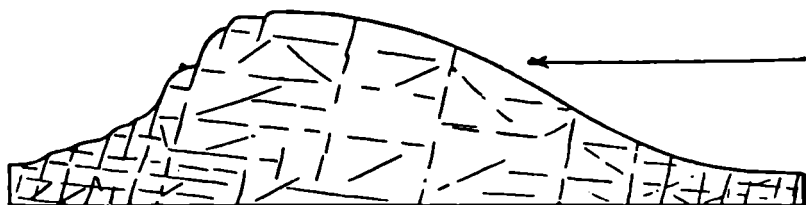
მასალას, რომელსაც მყინვარი მიეზიდება, მორენი ჰქვია. მისი დამახასიათებელი სწორედ ის არის, რომ დიდი ლოდები, თხის უწმინდესი მარცვლები, თუ როჭკი უწესრიგოდ არის ერთმანეთში არეული. არც ქვარგვალეებია შიგ, თუ ადრინდელი ნალექებიდან არ მოხვდა (სურ. 146).

არჩევენ მორენის რამდენიმე სახეს: ზედა მორენი კიდის და შუა, ქვეშა მორენი, შიგა მორენი.

ზედა მორენი ეწოდება მორენს, რომელიც მყინვარის ზედაპირზე დევს. სწორედ ის არის, რომ მყინვარს მიაქვს თითქო ტივს. ეს მასალა მყინვარზე ზევიდან ცვივა, კლდეებიდან, რომელნიც მას დაჰყურებენ. ზედა მორენი ორი სახისაა: კიდის და შუა.



სურ. 144. ვერძის შუბლები.



სურ. 145. ვერძის შუბლის მორფოგენეზი. მყინვარის მოძრაობის აღმა (აქ მარჯვნივ) ქანის მოცვეთა-მოლიბვა ხდება, დაღმა (წინ) — წაწვერება.

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 ლაპლაჟა სუფთა ზედაპირზე და ალბათ ამიტომ არის, რომ რაჭაში მორენს სკორეს უწოდებენ.

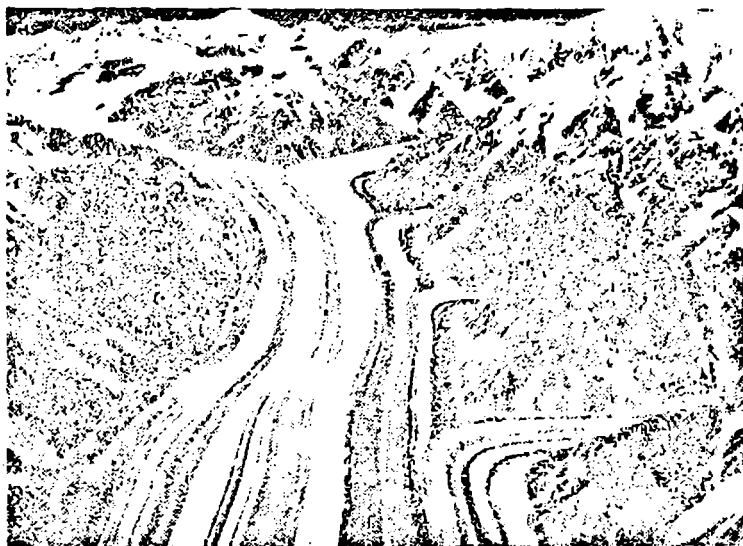
მაგრამ როგორ-ღა ჩნდება შუა მორენი? გვერდიდან ჩამოცვენილი მასალა რომ აქამდე მოსულიყო, მაშინ ხომ მთელი



სურ. 146. ძირის მორენი. მასალა კუთხედია და დაუხარისხებელი.

მყინვარი უნდა დაფარულიყო მორენით, სინამდვილეში კი კილის მორენსა და შუა მორენს ყინულის სუფთა ზედაპირი ჰყოფს. საკითხი აქაც მარტივად წყდება: როგორც ორი მდინარე, ისე ორი მყინვარიც შეიძლება ერთმანეთს შეერთოს: ასეთ შემთხვევაში ერთის მარცხენა კილის მორენი და მეორის მარჯვენა ერთმანეთს შეერთდებიან და წარმოიშობა ერთი მორენი, შენაერთი მყინვარის ზედაპირის შუა ზოლში მოთავსებული (სურ. 147). აქედან ადვილად დავასკვნით, რომ შუა მორენი ყველა მყინვარს არ ექნება; თუ აქვს, მყინვარი შენაერთია, და ცხადია ისიც, რომ შესაძლებელია, მყინვარს რამდენიმე შუა მორენი ჰქონდეს, იმდენი, რამდენჯერაც შეერთება მომხდარა.

ფსკერის მორენს შეადგენს მყინვარის მიერ ძირში წათრეული მასალა. იგი კედებზედაც გრძელდება და ზედაპირულ კილის მორენს უერთდება. ამიტომ არის, რომ შუა მორენიც. რომელიც ორი კილის მორენის შეერთებით წარმოიშობა, მყინვარის ტან-



სურ. 147. მყინვარების შერთვა და შუა მორენის წარმოშობა.

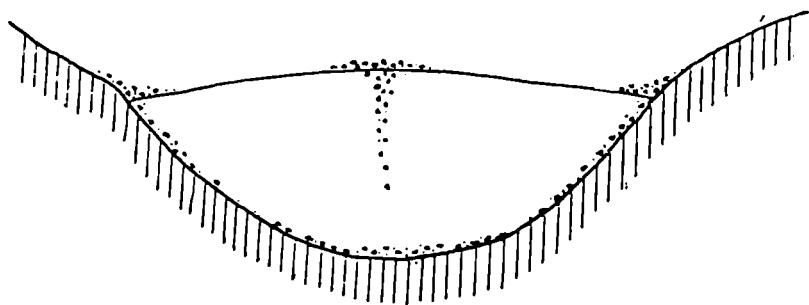
ში გრძელდება ფსკერამდე. ეს არის შიგა მორენი (სურ. 148). ამგვარად, ზედა მორენი და შიგა მორენი მჭიდროდ არიან ერთმანეთთან დაკავშირებული. მყინვარში შეიძლება მოექცეს აგრეთვე ნაპრალებში ჩაცვნილი მასალა.

შუბლის მორენის ბუნება განსხვავებული არის. აქ ყინული მთლიანად დნება-ორთქლდება და მოტანილი მასალა მიწაზე რჩება. ყინული მას ვეღარ დასძრავს, თუ ჰავის შეცვლამ მყინვარის წინსვლა არ გამოიწვია. მაშასადამე, აქ საქმე გვაქვს უკვე მასალის დალექვასთან.

შუბლის მორენს რკალური ფორმა აქვს, როგორც თვით მყინვარის შუბლს. უკანასკნელი გარემოება გამოწვეულია იმით, რომ მყინვარის შუა ნაწილი უფრო სქელია, უფრო გვიან დნება და მეტ-

ზე წაიწევს წინ. შუბლას მორენი შეიცავს ყველა მორენის მასალას, დიდი ხნის მანძილზე დაგროვებულს და ამიტომ ბევრად უფრო სქელს. მყინვარის უკან დახევის შემთხვევაში აქ, შუბლის მორენს უკან, შეიძლება ტბა დაგუბდეს.

ამით თავდება საკუთრივ მყინვარის მოქმედება, მაგრამ ამით არ თავდება მორენების ისტორია. უკან დახევის პროცესში და მა-



სურ. 148. მორენების სახეები (სქემა).

ნამდევ მყინვარებიდან წყალუხვი ნაკადები გამოდის. მათ ყინულის დნობის წყალი ასაზრდოებს. ზოგი მათგანი მყინვარის ზედაპირზეც მიედინება მეტად თუ ნაკლებად ღრმა ნაპრალში. ზოგი გვირაბებს მიჰყვება მყინვარის ტანში და ზოგიც კიდევ ყინულქვეშ მყინვარის ფსკერზე დის. ეს ნაკადები მორენულ მასალას ეპატრონებიან, გააქვთ ქვემოთ და ფართო ველებზე შლიან სხვა მასალასთან ერთად. ამ ნალექებს, რომელთა მასალა მყინვარეულია ძირითადად და რომელთა ტრანსპორტს და დალექვას მდინარი წყალი აწარმოებს, ფლუვიუს-გლაციუს<sup>1</sup> უწოდებენ. მათი გამორჩევა წმინდა მდინარეული ნალექებისგან ხშირად არც კი ხერხდება.

მეორე მხრით, მყინვარეული ნალექი მარტო შუბლის მორენით არ ამოიწურება. უკან დახევისას მყინვარი ნალექის სახით სტოვებს ფსკერის მორენს, შიგა მორენს და ზედაპირულ მორენებსაც.

დასასრულ, მყინვარეული ტრანსპორტის და დალექვის საგულისხმოდ სახეს იძლევიან აისბერგები. როგორც დავინახეთ, აისბერგები

<sup>1</sup> Fluvius, ლათ.— მდინარე, glaciers — ყინული. მდინარეულ-მყინვარეული. უფრო სწორი იქნებოდა, გვეთქვა გლაციუს-ფლუვიუსი.



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 გამოარკვეის, რომ სამხრულ ოკეანეში ასეთი ნალექები, ანტარქტისიდან მოტანილი, მნიშვნელოვან როლს თამაშობს. უფრო მცირეს, მაგრამ მსგავს როლს ასრულებს გრენლანდის აისბერგები ჩრდილო ატლანტიკაში.

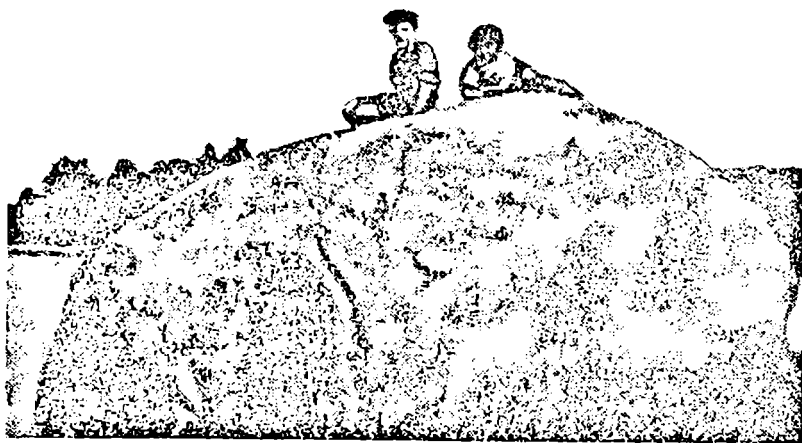
ანტარქტისის და გრენლანდის ზეწრულ მყინვარებს უზარმაზარი ფართობი უჭირავთ. ანტარქტისზე ეს არის დაახლოებით 16. 10<sup>6</sup> კმ<sup>2</sup> და გრენლანდზე — 1,6. 10<sup>6</sup> კმ<sup>2</sup>. ამის შესაფერაა ყინულის სისქეც. სეისმომეტრიული მეთოდით ანტარქტისზე გაზომილია 4000 მ-ზე მეტი. რა თქმა უნდა, ასეთი სისქე ყინულს ყველგან არა აქვს, მაგრამ უმაღლესი მწვერვალების გამოკლებით ყველაფერი ყინულს ქვეშ იფარება (სურ. 142). გრენლანდზეც არას გაზომილი 3000 მეტრის სისქე ყინული.

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 მდქმედების 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 წარმოშობასაც ალპების ძირში და განსაკუთრებით დამფიქრებელი იყო ე. წ. ერატული<sup>1</sup> ლოდები, რომელთაც, დიდსა თუ პატარას, მრავალგან ჰპოულობდნენ (სურ. 149). ეს არის ქვები, რომელთა დედა ქანი ან არ ჩანდა, ან ისე შორს და ისეთ ადგილას, რომ წყლის მიერ იქედან მათი მოტანა ძნელი წარმოსადგენი იყო.

კიდევ უფრო უცნაურად გამოიყურებოდა მდგომარეობა ჩრდილო გერმანიაში, სადაც დღეს მყინვარი არსად მოიპოვება. იქაც პოულობენ, ზოგჯერ უზარმაზარ, ერთულ ქვებს, რომელთა მსგავსი მკვიდრი ქანი გერმანიაში არსად ჩანს. კიდევ მეტი, გამოირკვა, რომ

<sup>1</sup> Erraticus, ლათ. — გადაბნეული.

ამ ლოდების დედა ქანი სკანდინავიაში არის. მერე როგორ უნდა მოხვედრილიყვნენ ისინი გერმანიაში? სწორედ ამ თავსამტვრევი ამოცანის ამოსახსნელად შექმნა ლაიელმა თავისი დრიფტი<sup>1</sup> თეორია. ამ თეორიის მიხედვით ერატული ლოდები



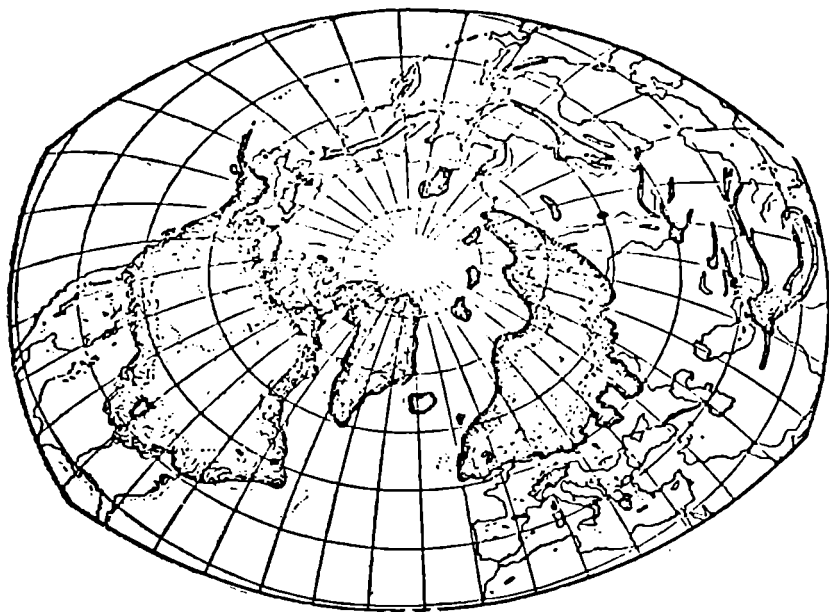
სურ. 149. ერატული ლოდი.

სკანდინავიიდან გერმანიაში ყინულის გორებს (აისბერგებს) უნდა მოეტანოთ. უეკველად გონებამახვილი ჰიპოთეზა<sup>2</sup>, მაგრამ გამოირკვა, რომ ერატული ქვები ზღვიურ ნალექებთან როლი არიან დაკავშირებული, როგორც ამას თეორია ჰგულისხმობს.

შხოლოდ გასული საუკუნისავე 70-იან წლებში მოხერხდა იმის დასაბუთება, რომ ეს ლოდები სკანდინავიიდან ზეწრული მყინვარი! მიერ არიან მოტანილი, რომ იმ დროს ევროპის ჩრდილო ნაწილი 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 შევიცარის დაბლობში და სამხრეთით ლომბარდში ჩამოდიოდნენ. კავ-

<sup>1</sup> Drift, ინგლ. — ძვრა, ზიდვა.  
<sup>2</sup> „ჰიპოთესის“, ბერძნ. — წარმოდგენა, ვარაუდი.

კასიონზეც მყინვარების განვითარება მეტი იყო, ვიდრე დღეს. მყინვარებს იმ დროს ხმელეთის ზედაპირის 30% უნდა სჭეროდა დაახლოებით (სურ. 150).



სურ. 150. მეოთხეულის მომყინვარების რუკა.

დღეს ყინულის ამ უზარმაზარი საფარიდან მხოლოდ გრენლანდის და სკანდინავიის მთების მყინვარები დარჩენილან. სწორედ ეს გარემოება იძლევა საშუალებას ამჟამად მყინვარების მიერ მიტოვებულ სივრცეებზე დაუბრკოლებლივ შევისწავლოთ ზეწრული მყინვარის მოქმედების თავისებურებანი.

მთელი ეს სივრცე მორენული ნალექების ნაწყვეტებით არის მოფენილი. ეს არის ფსკერის მორენი, რომელსაც მყინვარის დნობისა და უკან დახვევის დროს შიგა და ზედაპირული მორენებიც ემატებოდა. შემდეგ მორენული საფარის ნაწილი გადარეცხილა (ამიტომ აქვს მას წყვეტილი სახე), ნაწილი უფრო ახალგაზრდა ნალექებს დაუფარავს, ტბიურს ან მდინარეულს, მაგრამ მორენის გამოცნობა მაინც მეტ შემთხვევაში ძნელი არ არის: 1. მას ფენობრი-

ვობა არა აქვს; 2. მასალა დახარისხებული არ არის და მეტ წილად არც დარგვალებული; 3. ფსკერის მორენში გვხვდება ზედაპირ-მოლოპული და დაკაწრული ლოდები; 4. შიგ ნამარხები არ არის ან, თუ არის, მყინვარული ჰავის წარმომადგენლები არიან.

მორენული საფარი სრულიად უწყვეტი არც თავიდან ყოფილა. სადაც ფუძის რელიეფი ცოტა მაღალი იყო და თან მაგარი ქანებისგან აგებული, მყინვარულ ეგზარაციას (იხ. ზემოთ) თავისი კვალი მოლოპულ-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 დაიხევდა 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, მკირედ ამალღებული 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 უკანდახევის 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 (ვენკი და ბრუკნერი): ყველაზე ძველია გუნცური, მას მოჰყვება მინდელური, შემდეგ რისული და ბოლოს ვურმული. რუსეთში დღეს ზოგი სპეციალისტი ოთხ სტადიას არჩევს, ზოგი მეტსაც. აქ ყველაზე ძლიერი იყო დნეპრული მომყინვარება (სურ. 151).

მარტო შუბლის მორენის მიხედვით რომ ვიმსჯელოთ, კაცი იფიქრებდა, რომ მომყინვარების სტადიები მხოლოდ უკანდახევის 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



ფინება. შიგ მცენარეების და ცხოველების ნაშთებიც მოექცევა ნა-  
მარხების სახით. თუ ახლა მყინვარი ისევ წინ წამოვიდა, ამ ნალე-  
ქებს მორენის ახალი ფენა გადაეფარება. მივიღებთ სურათს: 1. მორ-  
ენი; 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. სა-  
დაც ეს წინსვლა შეჩერდება, წარმოიშობა ბოლო მორენი. მხოლოდ  
ეს კია, რომ წინსვლის დროს შუალედი შესვენებები კვალს ვერ დას-  
ტოვებს.

ამგვარად არის დადგენილი, რომ ზემოხსენებული სტადიები წარ-  
მოადგენენ არა მყინვარის უკანდახვევის ინტერვალებს, არამედ უკან-  
დახვევის 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 ათ-  
ბობა და მყინვარის უკან დახვევა 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. თითოულ ასეთ დროს მოსაზღვრე  
მომყინვარებათა მეშვეობით აღნიშნავენ. ალპური მომყინვარების  
შემთხვევაში ეს იქნება გუნც-მინდელის, მინდელ-რისის და რის-  
ვურმის 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  
ჰაეის ხასიათის, ათბობის და აცივების, უწყვეტი ქანაობა. ამიტომ  
დღეს გადაჭრით ვერ ითქმის, დამთავრებულია, თუ არა, ეს პროცე-  
სი. 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, ოდნავ  
ქვემოთკენ დაქანებული რელიეფით ხასიათდება. მასალის კომპლექსი  
მორენიდან დაშორებისას თანდათან მცირდება და იმავე დროს  
ფლუვიურ-გლაციურ ნალექებს თანდათან წმინდა მდინარეული  
სცვლის.

ზანდრების ზოლში ხშირია დაბალი, მაგრამ წაგრძელებული  
ბორცვები ანუ დ რ უ მ ლ ი ნ ე ბ ი. დრუმლინები დაკავშირებული

<sup>1</sup> Sand, გერმ. — ქვიშა. აქედან ეს ტერმინიც.

არიან მტკიცე მკვიდრი ქანების აზევების პატარა უბნებთან და რამდენადმე ვერძის შუბლებს ემსგავსებოან. 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.

კამები ათიოღე მეტრის და ნაკლების სიმაღლე ბორცვებს წარმოადგენენ. ისინი აგებული არიან ფენობრივი ქვიშებისაგან. რომლებშიაც უფრო მსხვილი მასალაც გამოერევა. და ფურცელა თინებისგან. შიგ გამოერევა ჩვეულებრივი მორენული მასალაც. ფიქრობენ, რომ კამები დალექილან პატარა ტბებსა და გუბებში. რომელნიც მყინვარის უკანდახევისას დარჩენილან.

ოზები<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 კი იყოს. მათი გაგრძობა ხან სწორხაზებრივია და ხან შეანდრებისებურად მიმოხვეული. აგებული არიან ფენობრივი ქვიშით, ხვინჭით და რიყით. ფენობრივობა ხშირად დიაგონალური არის. ოზების წარმოშობა მყინვარსქვეშა და მყინვარსშიგა ნაკადებთან უნდა იყოს დაკავშირებული.

დასასრულ, ნამყინვარევი ლანდშაფტისათვის დამახასიათებელი არიან დიდი და პატარა ტბები, რომელნიც კარგად არიან ცნობილი ფინეთ-სკანდინავიასა და ჩრდილო ამერიკაში. ისინი ჩამდგარი არიან მყინვარის მიერ ზეჩაღრმავებულ უბებში 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 არაერთხელ ჰქონია ადგილი, მაგალითად, პალეოზოური ერის ბოლოს, შუა პალეოზოურში, პალეოზოურის დასაწყისში და უფრო ადრეც. მათი დამადასტურებელი არის განამარხებული მორენული ნალექები ანუ ტილიტები<sup>2</sup> და სხვა თანამგზავრი ნიშნები. ამას უწოდებენ ძველ მომყინვარებებს. გამორკვეულად უნდა

<sup>1</sup> ოზები—შედურად ნიშნავს სერს.

<sup>2</sup> Tillit, ინგლის. — ლოდებიანი თიხა.

ჩაითვალოს. რომ მიწის ისტორიაში მომყინვარება არის არა შემთხვე-  
ვითი რამ. არამედ კანონზომიერი მოვლენა, რომელიც პერიოდუ-  
ლად მეორდება. სამწუხაროდ, დღემდე რამდენადმე მაინც დამა-



სურ. 152. ოზი.

კმაყოფილებლად ცნობილი არ არის. თუ რა ადგილი უჭირავს ამ  
მოვლენას მიწის ყოფაში და როგორია მისი გამომწვევი მიზეზები.

**მუდმივი მზარალობა.** იმისათვის, რომ მიწის ზედაპირის ამა თუ  
იმ უბნის მომყინვარება მოხდეს, ორი პირობა არის საჭირო: ტემპე-  
რატურის წლიური საშუალო 0°-ზე დაბალი უნდა იყოს და ატმოს-  
ფერული ნალექების რაოდენობა უნდა აღემატებოდეს დნობა-აორ-  
თქლებას რაოდენობას. მხოლოდ, მყინვარის დინების პირობებში შე-  
იძლება იგი ასეთი უბნის გარეთაც გავიდეს, როგორც ხეობის  
მყინვარების შემთხვევაში დავინახეთ, მაგრამ ეს იქნება მეორადი  
მოვლენა, ადგილისთვის უცხო.

თუ ტემპერატურა დაბალია, მაგრამ სინესტე მცირე და ნალექას  
რაოდენობა შესაძლებელ დნობა-აორთქლებაზე ნაკლები, მიწა ზამ-  
თარ-ზაფხულ თოვლ-ყინულით დაფარული ველარ იქნება. ასეთ პი-  
რობებში 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 ამ მოვლენის გავრცელება 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 გაყინულია, ანუ, უკეთ რომ ვთქვათ, გაყინულია წყალი, რაც კი შიგ არის. ეს მზრალი ფენა გრძელდება სიღრმეში მანამდე, სანამდეც ტემპერატურა ნულზე დაბალია. ქვევითკენ, როგორც ყველგან მიწაში, ტემპერატურა თანდათან მატულობს და ნულს რომ ასცილდება, მზრალობაც თავდება, — წყალი თხევადია და ასევე რჩება მუდმივ. მზრალი ფენის სისქე ცვალებადია ჰავის შესაბამისად: ზოგან იკვ 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 (იქ რომ თავისუფალი ადგილი ყოფილიყო, წყალი აავსებდა და გაიყინებოდა). წყალმა იქ მხოლოდ მუდმივ მზრალი ფენის თავზე შეიძლება იმოძრაოს დაქანების შესაბამისად და ასაზრდოოს 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 ნამარხ ყინულს უწოდებენ. იგი შეიძლება ძლიერ ძველი იყოს, როგორც ამტკიცებს დღეს იმ მხარეებში და ზოგჯერ საერთოდ მიწაზე გადაშენებული ცხოველებისა და მცენარეების ნაშთები ყინულში. ამ თავისებურ პირობებში მეოთხეული დროის ნამარხი ცხოველები ზოგჯერ თითქმის გაუზარწნელი შენახულან.

აქტიურ ფენაში წყლის გაყინვა-გადნობას გაფართოება და შეკუმშვა ახლავს. ეს, რა თქმა უნდა, ნიადაგის აგებულებაზე გავლენას ახდენს: მარცვლოვანი ქანების ნაწილაკები ერთიმეორის მიმართ

თანდათან გადაადგილებას განიცდიან. ეს იწვევს სიდიდის მახედვით მათ გადაჭფუფებას და წარმოიშობა მსხვილი მასალის (ქვების) განლაგება მწკრივებად და რგოლებად.

იგივე მოვლენა (გამეორებული გაყინვა-გადნობა) იწვევს ნიადაგის ზედაპირზე ვერტიკალური ბზარების გაჩენას. ბზარები ზევით ნელ-ნელა ფართოვდებიან ნაპრალებად. ქვევითკენ კი შეკრული რჩებიან. ეს თავისებური ნაპრალები გვერდებიდან ჩამოცვენილი მსხვილი მასალით ივსებიან და ამგვარად წარმოიშობა თავისებური, სოლის მსგავსი სხეულები, რომელნიც შეიძლება ხშირიც იყვნენ და ერთიმეორეს ჰკვეთდნენ, — ვითარდება მოზაიკური ნიადაგი.

გაყინული კლასტური მასის გაღვებობა ხელს უწყობს მის ამოძრავებას: მარცვალთა კავშირი სუსტდება, წყლის გავლენით მცირდება ხახუნიც და იწყება ნელი დინება. გაყინული გრუნტი კარგად 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 უჭირავს დღეს. კიდევ მეტი იყო მისი გავრცელება მეოთხეულის მომყინვარების დროს: ევროპაში მას ეჭირა ჩრდილო რუსეთი და სკანდინავიისა და ალპების მყინვარებს შუა მოქცეული შუა ევროპა.

მუდმივი მზრალობისა 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 ქვეშიდან მიიღება... ნიადაგის გაყინვა-დნობა 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 ასე დიდია.

მყინვარების მნიშვნელობა მყინვარეულ ეგზარაციას, ტრან-

სპორტს და სედიმენტაციას დიდი მნიშვნელობა აქვს მიწის ზედაპირის განვითარებაში. გარდა ამისა მყინვარები ძლიერ დიდ როლს თამაშობენ მიწაზე წყლის ცირკულაციაში. მყინვარებს ყინული წყლის დიდ მარაგს აგროვებს, შემდეგ, დნობის პროცესში, ნელ-ნელ ათავისუფლებს 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 შიკითხვა 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 დამოკიდებულებაა მყინვარის დინებასა და მის წინსვლა-უქანდაბევის 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 დალექვა?

ჩამოსთვალეთ და ასწერეთ მყინვარების სახეები. ასევე მორენების სახეები. რა არის ზღვიური მყინვარები და აისბერგები? გამოხაზეთ ერთიც 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 ერატული ლოდები? როგორი იყო ამ მომყინვარების გავრცელება?

ასწერეთ ჩრდილო ევროპის მყინვარული რელიეფი. რა არის დრუმლანჯბი, კამები, ოზები?

როგორ მიმდინარეობს მომყინვარება: გლაციური, ინტერგლაციური, პოსტგლაციური ფაზები და ჰავის 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? სა-

იდან 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 ღროიდან 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 პირობითია. 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 ჰიდროსფეროს სახელით.

მსოფლიო ოკეანეში საკუთრივ ოკეანეების (წყნარი, ატლანტური, ინდოეთის, ჩრდილო ციხლოვანი) გვერდით გამოჰყოფენ ზღვებს. უკანასკნელთ კიდური მდებარეობა აქვთ და მოთავსებული არიან კონტინენტურ შეღწეზე (ბარენცის ზღვა, ჩრდილო ზღვა) ან ღრმად შეჭრილან თვით კონტინენტებზე ან კონტინენტებს შუა (ბალტიური, ხმელთაშუა, შავი ზღვა). როგორც ოკეანეს ზღვები, ისევე ზღვასაც შეიძლება ახლდეს ხმელეთზე უფრო შორს შეჭრილი მცირე უბნები — ეს იქნება ზღვის უბეები. თავისი კონტურებითა და გენეზისით გამოირჩევიან ფიორდები (მაგალითად, ნორვეგიის), რომელნიც უბეების თავისებურ სახეს წარმოადგენენ (სურ. 153). სრუტეები ოკეანეებს (ბერინგის სრუტე), ზღვას და ოკეანეს (გიბრალტარის სრუტე) ან ზღვებს (ბოსფორი, დარდანელი) აკავშირებენ ერთმანეთთან.

<sup>1</sup> „ოკეანოს“ — ძვ. ბერძნების ერთ-ერთი ღმერთის სახელია. შვილი იყო ჯრანისა და გეასი.

მსოფლიო ოკეანეს მიწის ზედაპირის 71% უჭირავს და, როგორც ზემოთ დავინახეთ, 3800 მ საშუალო სიღრმე აქვს. ამ უზარმაზარ სათავესოში მოქცეულია 1375. 10<sup>6</sup> კმ<sup>3</sup> წყალი. ე. ი. მიწის მთელი მასის 0,03%. ხოლო, თუ მხედველობაში გვექნება არა საკუთ-



სურ. 153. ფიორდი. მეოთხეული მომყინვარების დროს ზღვაში შემდინარი მყინვარის მიერ გაფართოებულ-გალრმავებული. ფიორდი შეიძლება წარმოიშვას ვიწრო მდინარეული ხეობის დაძირვის შედეგად.

რივ მსოფლიო ოკეანე, არამედ მთელი ჰიდროსფერო, ამას უნდა მიეუმატოთ 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

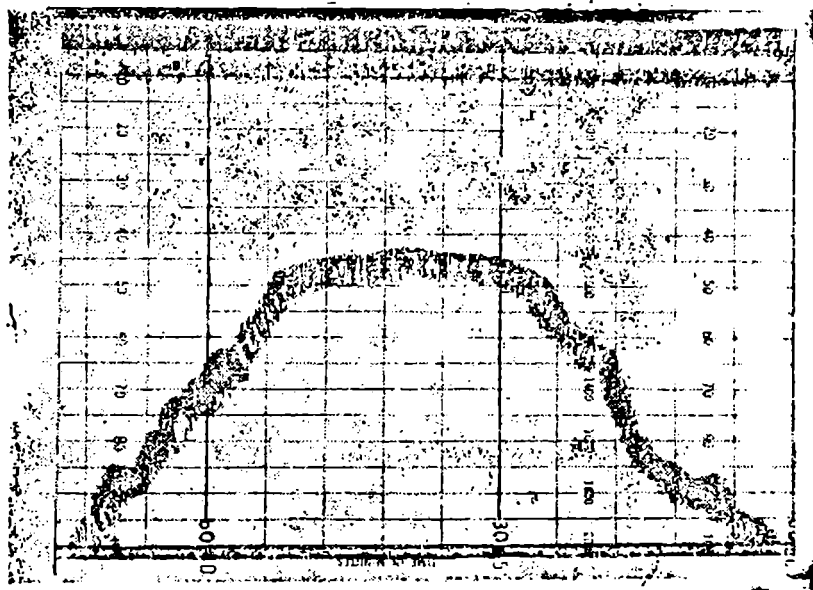
ფართოდ გამოყენება უხდება. საკმაოა აღინიშნოს, რომ დანალექი ქანების უდიდესი ნაწილი სწორედ ზღვაში წარმოიშობა და მათ თავისებურებათა გაგება ოკეანოლოგიის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა. ამიტომ ზღვის გეოლოგიური მოქმედების შესწავლა, ზღვის შესწავლა როგორც გეოლოგიური აგენტისა, იმავეთვე გეოლოგიის ერთ-ერთ ძირითად ნაწილს წარმოადგენდა.

ბოლო დრომდე გეოლოგიის კავშირი ოკეანოლოგიასთან ამით ამოიწურებოდა კიდევ. მაგრამ ზღვის ფსკერი ხომ მიწის ქერქის ნაწილს წარმოადგენს და თანაც უდიდესს თავისი გავრცელებით. იგი თითქო გეოლოგიური კვლევის ობიექტადაც უნდა გამხდარიყო. უკანასკნელ 2—3 ათეულ წლებამდე ეს ობიექტი მეცნიერებისათვის თითქმის მიუწვდომელი იყო. გასულ საუკუნემდე ზღვის სიღრმეს თუ ზომავდნენ სადმე, მხოლოდ მარჩხ აღვარებში, ისეთი წყალქვეშა კლდეების და მონალექთა გამოსავლინებლად. რომელნიც საფრთხეს უქმნიდნენ მეზღვეობას. ინგლისის საკვლევო გემის „ჩალენჯერის“ ექსპედიციამ 1872—76 წლებში ახალი ერა დაიწყო ოკეანოლოგიაში და ეს საქმე შემდეგ სხვა საკვლევო ექსპედიციებმა განაგრძეს. მაინც ასეთი შემთხვევები მცირერიცხოვანი იყო და მათთან დაკავშირებული საკვლევო შესაძლებლობები ძლიერ შეზღუდული. სიღრმის გასაზომავად მავთულზე დაკიდებულ სიმიძმეს უშვებდნენ ზღვაში. გარდა იმისა, რომ ასეთი გაზომვა საკმაოდ ზუსტი ვერ იქნებოდა, ადვილი წარმოსადგენია, 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 სინჯების მოპოვება მხოლოდ წამხვეტი მოწყობალობით (დრაგით) ხერხდებოდა და, მაშასადამე, ეს იყო მარტოოდენ სულ ზედა თხელი ფენის სტრუქტურადაკარგული, არეული ნიმუშები.

მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ მდგომარეობა რადიკალურად შეიცვალა. სიღრმეების გაზომვა არამარტო დაზუსტდა, შეუდარებლად 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, ბგერითი ტალღის მოგზაურო-

ზის ხანგრძლივობა ზუსტად არის ცნობილი. რაკი ზღვის წყალში ბგერის გავრცელების სიჩქარე აგრეთვე ცნობილია, ისღა დაგვრჩენია, რომ ეს სიჩქარე გასულ დროზე გავამრავლოთ, და მივიღებთ გავლილ მანძილს (გზა მიის-მოს). ამ მანძილის ნახევარი ზღვის სიღრმე იქნება.

ამ დაკვირვებათა წარმოება და შედეგის გაანგარიშება საკმაოდ რთვად 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) გავლილი გზის შესაბამისად.



სურ. 154. ექოლოტის ჩანაწერი. წარმოადგენს თავკეთილ გორას, ალბათ აბრაზიისგან მოვყებულ და შემდეგ დაძირულ ვულკანს.

ამგვარ გაზომვებს დღეს მრავალრიცხოვანი გემები აწარმოებენ გზადაგზა, სათანადო ცენტრებში მიმდინარეობს მიღებული მასალის შეჯამება და გასაგებია სპეციალისტების აზრი, რომ აქვამად ზღვის

ფსკერის რელიეფი ზოგან უკეთ არის ცნობილი. ვიდრე ხველეთისაო.

მეორე მხრით უკვე ხერხდება ზღვის ფსკერიდან დრავით მოხვეტილი სიჩხის ნაცვლად 20—30 მეტრის სიგრძე მთლიანი კერნის<sup>1</sup> მიღება, რომელშიც ნალექის სტრუქტურა უცვლელად არის დაცული. უკანასკნელად შესაძლებელი გახდა ადამიანის ჩასვლაც მარჩხი ზღვის ფსკერამდე სკაფანდრით<sup>2</sup> ან ბათისკაფით<sup>3</sup> და იქ უშუალო დაკვირვებების წარმოება და ფოტოსურათების გადაღება.

ასეთ პირობებში შესაძლებელი შეიქმნა ზღვის ფსკერის გეოლოგიაზე ლაპარაკი. საფუძველი ეყრება გეოლოგიის ახალს და უაღრესად მნიშვნელოვან უბანს, რომელიც ალბათ ახლამომავალში ძლიერ გაამდიდრებს ჩვენს მეცნიერებას და ეგებ ბევრი აქამდე კანონად მიჩნეული წარმოდგენები ძირითადად შესცვალოს კიდევ. მაინც ეს მომავლის საქმეა და ჩვენ აქ ლაპარაკი გვექნება არსებითად არა ზღვის ფსკერის გეოლოგიაზე, არამედ ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაზე.

მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფის შესახებ ზოგი რამ უკვე ზეპოთ აღვნიშნეთ. ოკეანური აუზები კონტინენტური ზეგნებისაგან მკვეთრად არიან გათვისებული როგორც ღრმა საცავეები, რომელნიც ადვილი გასარჩევი იქნებოდნენ, კიდევ რომ შიგ წვეთი წყალი არ ყოფილიყო. ოღონდ ეს კია, რომ ხმელეთის და წყლის საზღვარი იგივე არ არის, რაც მორფოლოგიური კონტინენტის და ოკეანისა. კონტინენტებს ოკეანისაგან საზღვრავს მეტად ან ნაკლებად ფართო არშია (სურ. 155), რომელიც, თუმცა წყლით არის დაფარული, ჯერ კიდევ კონტინენტს ეკუთვნის. ამ ზოლს შეეღს<sup>4</sup> უწოდებენ. შელფი უჭირავს მარჩხ ზღვას, რომლის სიღრმე ოკეანისკენ თანდათან მატულობს და ბოლოს 200 მეტრამდე აღწევს საშუალოდ: ზოგან ცოტა მეტია, 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, მაგა-

<sup>1</sup> Kern, გერმ. — შიგა ნაწილი, „გული“.

<sup>2</sup> Scaphandre, ფრანგ. — წყალში ჩასასვლელი საცმელი.

<sup>3</sup> „ბათოს“, ბერძნ. — სიღრმე, „სკაფე“ — ნავი. წყალქვეშ ჩასასვლელი ნავი.

<sup>4</sup> Shelf, ინგლ. — საყრდენი ფიცარი, თარო, მოსილული სიბრტყე.



ლითად ევროპისა და აზიის ჩრდილოეთით ყინულოვანი ოკეანის-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.



სურ. 155. კონტინენტები და შელფი.

შელფის კიდიდან იწყება კონტინენტური ბექობი. მისი საშუალო დაქანება შეუდარებლად უფრო დიდია და უდრის  $4^{\circ} 17'$ -ს. სიღრმისაკენ კონტინენტის ბექობის საზღვარი ნაკლებ მკაფიოა, თუმცა დაახლოებით 1000 მეტრის სიღრმემდე კი აღწევს. ზოგან უფრო ღრმადაც მიდის. შემდეგ იწყება საკუთრივ ოკეანის ფსკერი.

უკანასკნელი ბოლო დრომდე წარმოედგინათ როგორც ერთგვაროვანად ვაკე. ხშირად იტყოდნენ, კონტინენტების ზედაპირი ქედებით და ხეობებით არის დასერილი, ოკეანის ფსკერი კი სწორიაო, და ეს თითქო სავესებით ბუნებრივი ჩანდა, თუ მხედველობა-

ში მივიღებთ მთების წარმოშობას ძირითადად კონტინენტებზე და ქარის, მდინარი წყლისა და მყინვარების მოქმედებას. მაგრამ უკვე „ჩალენჯერის“ და შემდგომმა ოკეანოგრაფიულმა ექსპედიციებმა გამოარკვეეს, რომ ოკეანის კიდევებზე, ძირითადად წყნარ ოკეანეში, განლაგებულია გრძელი ღრმა როფები, ანუ ღრმაობები. ასეთი არის ატაკამის ღრმაობი სამხრული ამერიკის ანდების გასწვრივ ოკეანეში, გვატემალის — მექსიკის დასავლურ ნაპირებთან, ალექსანდრიის ამავე სახელწოდების კუნძულების გასწვრივ, კურილების, იაკონიის, მარიანების, პალაუს, ფილიპინების, ახალგვინეასოლომონის კუნძულების, ტონგა-კერმადეკის (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 ღრმაობში გაზომილია სიღრმე 11, 521 კმ.

ინდოეთის ოკეანეში ცნობილია იავის ღრმაობი სუმატრა-იავის სამხრეთ-დასავლეთით, ხოლო ატლანტიურ ოკეანეში პორტორიკოსი შუა ამერიკის ანტილების ძირში და სამხრული სანდვიჩების ამავე წოდების არქიპელაგის წინ. მაშასადამე, აქაც ღრმაობები კუნძულთა რკალებთან, ე. ი. ახალგაზრდა მთებთან არიან დაკავშირებული.

დანარჩენი ოკეანე ისევ ვაკედ წარმოედგინათ, მაგრამ მალე აღმოჩენილ იქნა ე. წ. შუა ატლანტიური ქედი, რომელიც მთელ ამ ოკეანეს გასდევს ჩრდილოეთიდან სამხრეთამდე. მისი სიგრძე 11 000 კმ აღემატება (სურ. 157) და განიც რამდენიმე ასეული კილომეტრია. საერთოდ, ქედი წყლით არის დაფარული და ოკეანის ზედაპირზე მის არსებობას არაფერი მოწმობს, თუმცა მისი საშუალო სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან 1 800 მეტრს აღემატება. მაინც ცალკეულ ადგილებში სიმაღლე იმდენად დიდია, რომ ქედი წყლის ზედაპირამდე აღწევს და კუნძულებს აჩენს. ეს არის ვულკანური კუნძულები: ასორების კ. (ასორი მიმინოს ჰქვია ერთ-ერთ იქაურ ენაზე), სან პაულუ, ამალეების კუნძული, ტრისტან-დაკუნია, დიეგო ალვარეს და ბუვე. გარდიგარდმო მიმართულებით ქედში 5 ზოლს არჩევენ. შუაში არის უმაღლესი და თანაც ციცაბო კლდოვანი ზოლი, სადაც ვრუპტიული ქანები გაშიშვლებული არიან.

ამ ცენტრულ ზოლს იქეთ-აქეთ მიუყვება უფრო დაბალი „ტერასების“ და შემდეგ „წინა მთების“ ორი ზოლი. აქ, კერძოდ „ტერასების“ ზოლში, მკვიდრი ქანები ოკეანური ნალექებით არის დაფარული. „წინამთებს“ ორივე მხარეზე, ე. ი. ქედის აღმოსავლეთით და

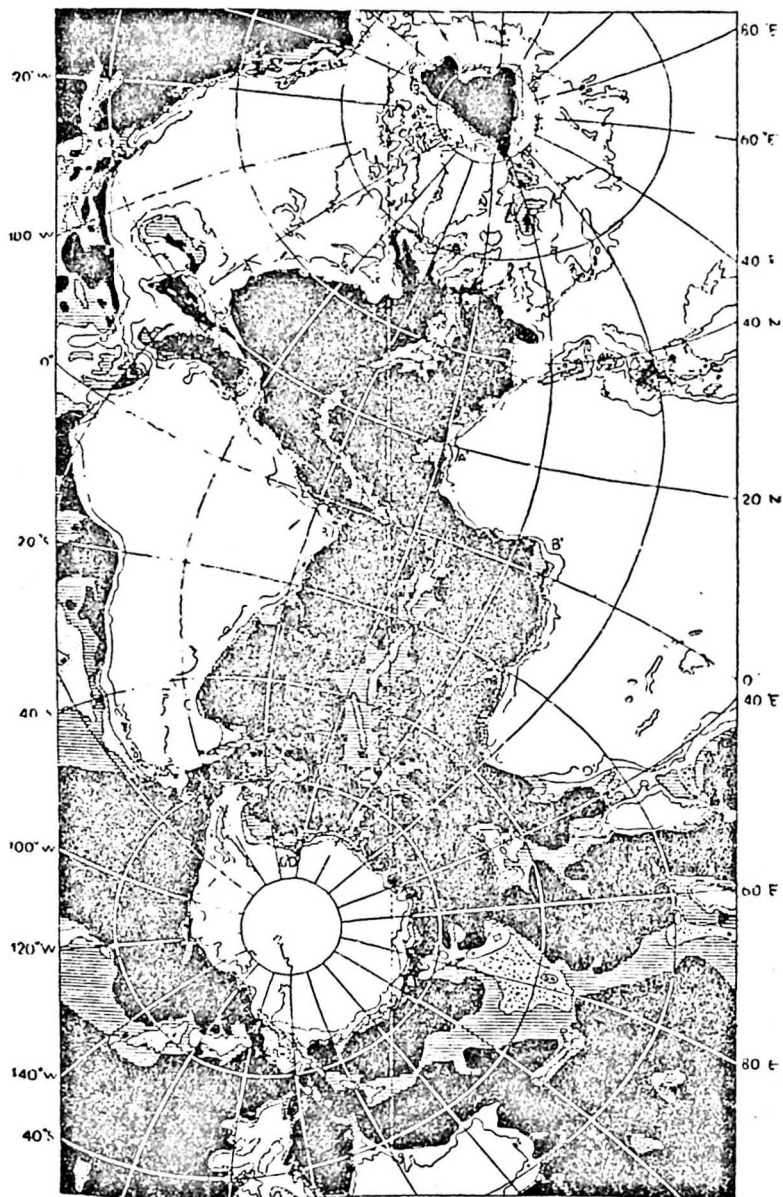


სურ. 156. ოკეანური ღრმაობები (შავად).

დასავლეთით მოჰყვება ოკეანური ტაფობები, სადაც სიღრმე 4—6 კილომეტრია.

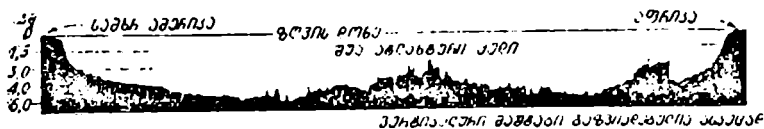
აღსანიშნავია ქედის თავისებური მოხაზულობა: იგი ლათინურ S-ს მოგვაგონებს და აშკარად პარალელურია ოკეანის ნაპირებისა, ე. ი. ერთი მხრით ევროპა-აფრიკის და მეორე მხრით ორი ამერიკის კონტინენტების კიდეებისა. ამ გარემოებას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა.

ჩრდილოეთით შუა ატლანტური ქედი მიაწყდება ისლანდს და იმ



სურ. 157. შუა ატლანტური ქედის გავრცელება.

შარჩხ ზღურბლს, რომელიც ნიუფაუნდლენდს და ევროპას აერთებს და რომელზედაც მდებარეობს თვით ისლანდიც. ქედის სამხრული ბოლო აფრიკას უკლის და, როგორც ფიქრობენ, ინდოეთის ოკეანის შუაოკეანურ ქედს უკავშირდება. მკაფიო ტოტი აკავშირებს



სურ. 158. ატლანტური ოკეანის ფსკერის კრილი აფრიკიდან შუა ამერიკამდე. იკვებება შუა ატლანტური ქედი.

მას (შუა ატლანტურ ქედს) სამხრული აფრიკის დასავლურ კიდესთანაც.

შუაოკეანური ქედები არის ინდოეთის (როგორც ესაა აღვნიშნეთ) და წყნარ ოკეანეშიც, მაგრამ ისინი ჯერჯერობით 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 პასეჟისკენ და აქედან ერთი ტოტი მიდის ჩილის სანაპიროსკენ, ხოლო მეორე — გალაპაგოსის კუნძულებისა და მექსიკის სანაპიროსკენ. კარგად გაშოსახულ და დეტალურად შესწავლილ ქედზედ არის მოთავსებული ჰავაიის 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 სწორია, დაქანება 1 მეტრს არ აღემატება კილომეტრზე. ეს არის ე. წ. ღრმაოკეანური ვაკეები. ოკეანური ნალექებით დაფარული ფიქრობენ, რომ ამ ნალექებს უნდა ამოევსო ზედაპირის პირვანდელი უსწორ-მასწორობა.

როდესაც წყალქვეშა ქედებზე ვლაპარაკობთ, არ შეიძლება არ მოვიხსენიოთ ე. წ. კუნძულთა რკალები. კუნძულთა ხაზობრივი მწკრივები, როგორც, მაგალითად, ალუტური კუნძულები,

მიჰყვებიან წყალქვეშა ქედს, რომლის უმაღლესი მწვერვალები წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ. ასეთსავე სურათს მივიღებდით 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: ალუტების რკალი ალასკიდან კამჩატკამდე, ბონინის, მარიანების, ფილიპინების, კიუსიურ-რიუკიუ-ტიანანის და სხვა. ატლანტურ ოკეანეში ძლიერ საყურადღებოა ანტილური რკალი შუა ამერიკის წინ და სამხრული ანტილების რკალი, რომელიც ცეცხლის მიწას და ანტარქტიკის კუნძულებს აკავშირებს. ინდოეთის ოკეანეში შეიძლება დავასახელოთ დიდი (სუმატრა, იავა) და მცირე ზონდის კუნძულების რკალი.

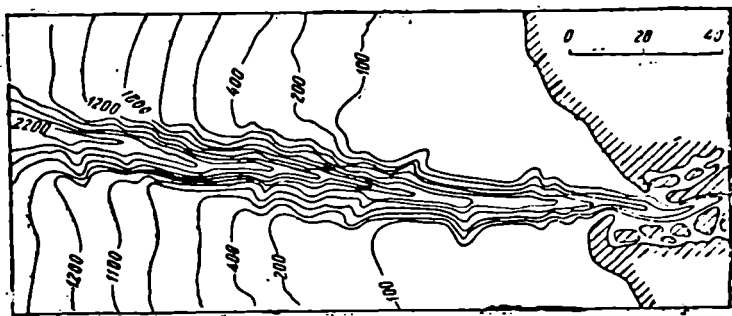
კუნძულთა რკალების გამოზნექილი მხარე ოკეანისკენ არის მიქცეული და მას წინ უდევს ზემოთ აღწერილი ღრმაობები.

ოკეანის ფსკერის რელიეფის სახეები შუაოკეანური ქედებით და ღრმა ვაკეებით არ ამოიწურება. ოკეანეებში, კერძოდ წყნარ ოკეანეში, გაფანტულია მრავალრიცხოვანი განცალკევებული გორები, რომელთა მწვერვალები ზოგ შემთხვევაში წყლის დონეს ასცილებიან და კუნძულებს წარმოადგენენ, უმეტეს შემთხვევაში კი 1000—2000 მეტრის და მეტის სისქე წყლით არის დაფარული. ამათ შორის განსაკუთრებულ ყურადღებას იპყრობს კონუსებრივი გორები, რომელთა მწვერვალი აბრაზიულად მოვაკებულია. ასეთი თავკვეთილი წყალქვეშა გორები მეორე მსოფლიო ომის შემდეგ გახდა ცნობილი წყნარ ოკეანეში და მათ გიიოს (გიიოტს) უწოდებენ<sup>1</sup>. დღეს გიიოებს უკვე ასობით ითვლიან. ეს უეჭველად ვულკანური გორები უნდა იყვნენ, რომელთა მწვერვალები ზღვის დონეს ასცილებიან და ამიტომ ზღვის ტალღების მიერ გადარეცხილ-მოვაკებული არიან. შემდეგ მომხდარა მათი ფუძის დამატებითი იზოსტაზიური დაძირვა და დღეს ისინი წყალქვეშა გორებს წარმოადგენენ.

კონტინენტური ბექობი, კუნძულთა რკალები, აბისური ვაკეები, წყალქვეშა ქედები, გიიოები — ასეთია ოკეანის ფსკერის რელიეფის მთავარი დიდი ელემენტები, მაგრამ ამ რელიეფის თა-

<sup>1</sup> Guyot შვეიცარიელი გეოლოგის გვარი არის.

ვისებურება არც ამით ამოიწურება. მათ გვერდით უნდა აღინიშნოს უამრავი წყალქვეშა კანიონი. პირველი ზღვას ქვეშა კანიონები უკვე კარგა ხანია ცნობილია. ასეთია კონგოს კანიონი (სურ. 159) აფრიკის დასავლურ ნაპირთან, ჰუდსონის კანიონი ამე-



სურ. 159. კონგოს წყალქვეშა კანიონი. იზობათები გვიჩვენებენ, როგორ ღრმად არის ჩაჭრილი კონტინენტურ ბეჭობში კანიონი, რომელიც მდ. კონგოს ხეობას განაგრძობს.

რიკის NO ნაპირთან და სხ. მაგრამ უკანასკნელ წელთათეულებში, ექოლოტის გამოგონების შემდეგ, მათი რიცხვი შეუღარებლად გაიზარდა და იზრდება დღითი-დღე. ისინი ძირითადად კონტინენტურ ბეჭობაზე არიან მოთავსებული, მაგრამ გვხვდებიან ოკეანის ღრმად ფსკერზედაც.

პირველად აღმოჩენილი ზღვასქვეშა კანიონები (კონგოსი, ჰუდსონის და სხ.) ხმელეთის მდინარეების შესართავთან არიან დაკავშირებული და ამიტომ დასაწყისში ფიჭრობდნენ კიდეც, რომ ისინი ხმელეთზე არიან წარმოშობილი, იმ მდინარეთა ხეობების გავრძელებას წარმოადგენენ და მხოლოდ შემდეგ დაძირულანო (რამდენიმე ათასი მეტრით), მაგრამ დღეს ცნობილია მრავალი კანიონი, რომლის სათავე კონტინენტურ ბეჭობაზე 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 ვაკეზე.

**ზღვის წყალი.** ზღვის წყალი ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად მარილიანია. მსოფლიო ოკეანის წყლის ნორმული მარილიანობა არის 3,5%, ე. ი. 100 გრამ წყალში 3,5 გრამი სხვადასხვა ნივთიერებაა გახსნილი. ამიტომ არის, რომ იგი სასმელად არ ვარგა. ზოგ ზღვაში მარილიანობამ შეიძლება 4,7%-მდეც მიაღწიოს. სხვაგან კიდევ მეტი თუ ნაკლები განმარილიანება ხდება. ერთიცი 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 პრომილეს (pro mille, ე. ი. ერთეული ათასზე), რაც დაიწერება—35‰. ამგვარად, ნაწევრების ნაცვლად მთელ ერთეულებზე შეიძლება ლაპარაკი.

ოკეანის წყალში გახსნილი მარილების საერთო რაოდენობა უზარმაზარია. აღნიშნავენ, რომ ოკეანე რომ აორთქლებულიყო, ფსკერზე 56 მეტრის სისქე მარილების ფენა დაჩრებოდა. 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	— 1,60
CaCO <sub>3</sub>	— 0,04

რომელთაც უნდა მიუვმატოთ 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. როგორც ვხედავთ, მთელი ამ რაოდენობის თითქმის 4/5 ჰალიტი (სუფრის მარილი) არის. სხვა მარილების მონაწილეობა შეუდარებლად 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 ხვედრი სითბოტევადობა რამდენიმეჯერ მეტია, ვიდრე ხმელეთის ქანებისა: წყლის სითბოტევადობა არის 1,00, ხოლო, მაგალითად, კვარცის — 0,17. ცხადია, წყლის გასათბობად შესაბამისად მეტი 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 დღელამური ამპლიტუდი ოკეანის ზედაპირზე 1°-ს არ აღემატება, მაშინ როდესაც ცხელ უდაბნოში ჰაერის ტემპერატურის ქანობა დღელამეში 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 ტემპერატურის ასეთი მცირე ცვლა გაშლილი ოკეანისთვის არის ძირითადად დამახასიათებელი. სანაპირო და შიგა ზღვებში უფრო საგრძნობია ხმელეთის გავლენა და ზოგი სპეციფიური პირობები. შავ ზღვაში წყლის ზედაპირული ფენის ტემპერატურა ზაფხულში 24° არის, ხოლო ზამთარში 6°-7°, მაგრამ ნაპირთან ქერჩის სრუტის მიდამოში და ჩრდილო-დასავლეთის ლიმანებში წყალი შეიძლება კიდევ გაიყინოს.

უფრო მოულოდნელია სხვა გარემოება. თითქო ოკეანის ფსკერის ტემპერატურა მაღალი უნდა ყოფილიყო დადი სიღრმის შესაბამისად და წყალიც უნდა გაეთბო. მაგრამ გამოირკვა, რომ ოკეანის წყლის ტემპერატურა ფსკერთან თვით ტროპიკულ სარტყელშიც კი დაახლოებით 2°-ია. ამას იმით ხსნიან, რომ ეკვატორული ზოლიდან თბილი და, მაშასადამე, მსუბუქი წყალი ზედაპირულ დინებებს პოლუსებისაკენ მიაქვთ. იქ წყალი ცივდება და მძიმდება, რასაც ისიც უწყობს ხელს, რომ, თუ გაყინვა დაიწყოს, ყინულს ქვეშ წყლის მარილიანობა იზრდება (გაყინვისას ხომ მარილი წყალში რჩება). დამძიმებული ცივი წყალი ნელ-ნელ იძირება და ფსკერის

გასწვრივ ეკვატორისკენ მოძრაობს. ტროპიკულ ზოლში ოდნავ შემ-  
თბარი ეს წყალი ზევით ამოდის იმ წყლის სანაცვლოდ, რომელაც  
პოლუსებისკენ მიედინება. ამგვარად წარმოიშობა ოკეანის წყლის  
ორი დიდი მობრუნალი: ეკვატორიდან ზედაპირული ფენის თბილი  
წყალი მიედინება პოლუსებისკენ, ხოლო აქედან გაცივებული  
წყლის სიღრმული დინება მიემართება ეკვატორისკენ.

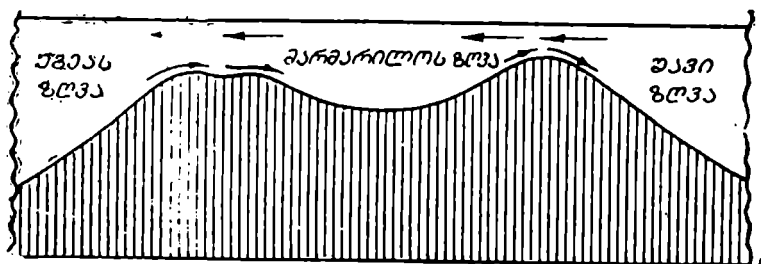
როგორც ხმელეთი, ისე ოკეანის წყალი მის შემხებ ჰაერსაც ათ-  
ბობს. ამის მიხედვით ნათელია, რომ ჰაერის ტემპერატურის ცვლაც  
ოკეანეზე ნაკლებად მკვეთრი იქნება, ვიდრე კონტინენტებზე. კი-  
დეც მეტი, ოკეანეები თვით კონტინენტების ჰაერზედაც ახდენენ  
გავლენას: ატმოსფერულ ცირკულაციას ოკეანური ჰაერი კონტინენ-  
ტზე გადააქვს და პირიქით. ამის შედეგად ზაფხულში ოკეანე მოსახ-  
ლვრე კონტინენტური მხარეების გავრილებას იწვევს, ხოლო ზამ-  
თარში სიცივეს ანელებს. ამგვარად ოკეანე სითბოს ეკონომიის დი-  
დი რეგულატორია მიწის მთელ ზედაპირზე.

წყლის მოძრაობა ოკეანეში. ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ კონვექ-  
ციური დინებები ოკეანეში, ტემპერატურის და მარილიანობის კონ-  
ცენტრაციის ცვალებით გამოწვეული. მეორეგვარ მოძრაობას გან-  
საზღვრავს ზღვის დონის სხვადასხვაობა (აწევა და დაწევა).  
სხვადასხვა ადგილას, მაგალითად, შავ ზღვაზე ატმოსფერული ნა-  
ღებების და შემდინარი წყლის რაოდენობა მეტია, ვიდრე აორთქ-  
ლება. ამას მოჰყვება წყლის დონის სათანადო აწევა, უფრო მაღლა,  
ვიდრე ეგეის ზღვაშია. ამით აიხსნება ზედაპირული წყლის განუწყ-  
ვეტლივი დინება შავი ზღვიდან ეგეის ზღვისკენ ბოსფორით და  
დარდანელით (სურ. 160). ამ დინებას ქვეშ საკომპენსაციო დინება  
მოდის ეგეის ზღვიდან შავ ზღვაში. ეს წყალი უფრო მარილიანია და  
უფრო მძიმე.

პირიქით, ხმელთაშუა ზღვაში აორთქლება სჭარბობს ნაღებების  
რაოდენობას და ზღვის დონე ქვევით იწევს. ამიტომ ატლანტურა  
ოკეანიდან გიბრალტარით ხმელთაშუა ზღვაში მუდმივ მოედინება  
ოკეანის წყალი. დინების სიჩქარე 4,5 კილომეტრამდე აღწევს საათ-  
ში. აქაც ამ ზედაპირულ დინებას ქვეშ არის უფრო ღრმა საკომპენ-  
საციო დინება ხმელთაშუა ზღვიდან ატლანტურისკენ (სურ. 161).

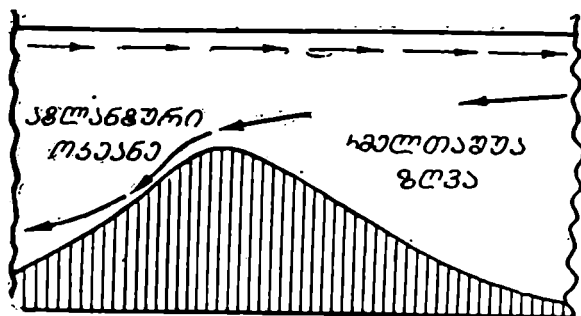
სულ სხვაა პირობები მდინარეების მოძრაობა.  
ჯერ ერთი, მას პლანეტური ხასიათი აქვს და მეორეც — რეგულარუ-  
ლად პერიოდულია. ზღვის მოქცევას და მიქცევას იწვევს მთვარის  
და მზის მიერ მიწის მიზიდება, უმთავრესად მთვარისმიერი მიზიდე-

ბა, რადგან ეს ჩვენი თანამგზავრი, მართალია, ბევრად უფრო პატარაა მზეზე, მაგრამ სამაგიეროდ შეუდარებლად უფრო ახლოა მიწასთან. მიწის იმ მხარეზე, რომელიც მთვარისკენ იყურება, მთვარის მიზიდების გამო წყლის დონე ზევით იწევს. საწინააღმდეგოდ, მთვა-



სურ. 160. მთვარისა და მზის მიზიდების ურთიერთობა. ისრებით ნაჩვენებია ზედაპირული და ქვედა დინებები სრუტეებში.

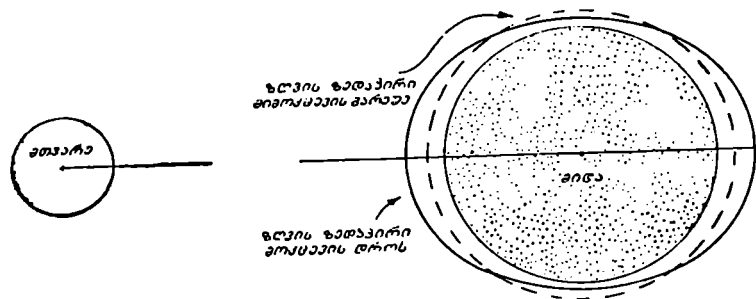
რეს დაშორებულ მხარეებზეც დონე ზევით აიწევს მთვარისმიერი მიზიდების შემცირების გამო, თუმცა ნაკლებად. შუა ზოლში დონე



სურ. 161. ატლანტიკური ოკეანე და ხმელთაშუა ზღვა. ისრებით აღნიშნულია დინებები გიბრალტარის სრუტეში.

დაბლა დაიწევს და ამგვარად წარმოიშობა ორი უზარმაზარი ტალღისებური ამალღება (სურ. 162). რადგან მიწა ბრუნავს, მთვარისკენ მიმართული მისი მხარე თანდათან დასავლეთისაკენ გადაინაცვ-

ლებს და მიმოქცევის ორივე ტალღა გადაადგილდება მიწის ბრუნვის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ამგვარად, ოკეანის ყოველ წერტილში დღელამის განმავლობაში ორი მოქცევის ტალღა გაივლის, რომელთაც შესაბამისი მიქცევა (დონის დაწვევა) მოჰყვება თითოულს, თუ მზეც იმავე მხარეზეა მიწისგან. როგორც მთვარე



სურ. 162. მიმოქცევის ტალღა.

(ახალმთვარობა), ერთის მოქმედება მეორისას მიემატება და მოქცევა ძლიერია. როდესაც მთვარე და მზე მიწის მიმართ საწინააღმდეგო მხარეებზე მოქცევიან (სრულმთვარობა), მზის მოქმედება მთვარისას გამოაკლდება და მოქცევის ტალღა სუსტია.

გაშლილ ოკეანეში მოქცევის ტალღის სიმაღლე ერთ მეტრს არ აღემატება, მაგრამ სულ სხვაა სანაპირო ზღვებში შეღფზე. სადაც კი ზღვის სიღრმე ძლიერ მცირდება, ოკეანიდან მოდინებული წყალი ადგილს ვეღარ პოულობს და ტალღის სიმაღლე იზრდება. კიდევ უფრო ძლიერია ეს ეფექტი ოკეანესთან დაკავშირებულ ვიწრო უბნებში და სრუტეებში. აღმოსავლურ კანადაში ცნობილია უბე, სადაც მოქცევის ტალღის სიმაღლე 18 მეტრამდე აღწევს. ეს გამონაკლისი შემთხვევაა, მაგრამ შედარებით მაღალი მოქცევა ბევრგან არის, მაგალითად, ლამანშის უბეში.

შიგა ზღვებში, როგორცაა შავი ან კასპიური, მიმოქცევა შეუმჩნეველია. წყლის მასის სიმცირის გამო გრავიტაციული ძალის ქანობა წყლის ზედაპირის უმნიშვნელო დეფორმაციას იწვევს მხოლოდ. ასევეა ტბებში.

მიმოქცევას დიდი მნიშვნელობა აქვს მეზღვეობისათვის. ადვილი წარმოსადგენია, თუ რა იქნება ზღვის დონის აწევ-დაწვევა

ვთქვათ, 10 მეტრით დღეღამის განმავლობაში ორჯერ, მაგრამ დღია მიმოქცევის გეოლოგიური მნიშვნელობაც სანაპირო ზღვებში, სადაც მიმოქცევის დინებებს შეუძლიათ ნალექების გადაადგილება სამი-ოთხი ასეული მეტრის სიღრმემდე. გასაგებია, რომ მიმოქცევის პირობებში მდინარეები თავდებიან არა დელტით, არამედ ესტუარიით (იხ. თავი — მდინარი წყლის მოქმედება).

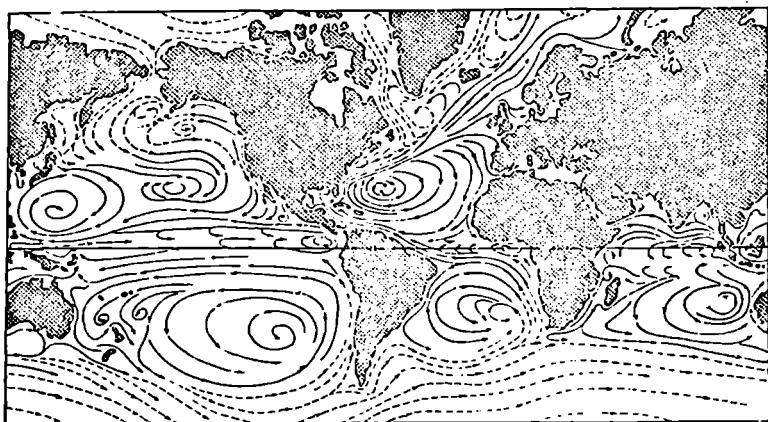
მიმოქცევა ტალღებრივი მოძრაობა არის. დინების სახეს იგი მხოლოდ შელფზე ღებულობს, სადაც წყლის სიღრმე ნაკლებია, ვიდრე მოქცევითი ტალღის სისქე. აქ მოძრაობას გადაადგილების ხასიათი აქვს: ხმელეთისკენ და უკან. მაგრამ არის ოკეანეში ნამდვილი დინებებიც, მუდამ ერთი მიმართულებით. ამის მაგალითია კარგად ცნობილი გოლფსტრიმი. ეს დინება ატლანტურ ოკეანეში იწყება ჩრდილო ტროპიკულ ზოლში. ფიქრობენ, რომ მისი მამოძრავებელი ძირითადად პასატებია, პასატები ჩრდილო ნახევარსფეროში NO-დან ქრიან და წყალს SW-კენ მიადინებენ. კორიოლისის ძალის გავლენით მოძრაობა თანდათან მარჯვნივ იხრება, განედურ მიმართულებას ღებულობს და მექსიკის 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 O-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 (ნახ. 163).

ყველაზე მკვეთრად გოლფსტრიმი მექსიკის უბიდან გამოსვლისას ფლორიდის სრუტეში არის გამოსახული. სახელიც („უბის დინება“) მას ამის მიხედვით მიეცა. აქ დინების ვანი 75 კმ-ია, 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. ისევ ფლორიდასთან ამ დინების დებიტი 2160 კმ<sup>3</sup> უდრის დღე-ღამეში.

ე. ი. 20-ჯერ მეტია, ვიდრე ხმელეთის ყველა მდინარეების დები-  
ტი ერთად აღებული.

გოლფსტრიმის მნიშვნელობაც შესაფერად დიდია. მას სამ-  
ხრეთიდან NO-კენ მიაქვს თბილი წყლის უზარმაზარი რაოდენო-  
ბა და, მამასადამე, დიდძალი სითბო, ე. ი. დაგროვილი მზის ენერ-  
გია. წყალი ჰაერსაც ათბობს შესაბამისად და რადიკალურად



სურ. 163. ოკეანური დინებები ზედაპირზე. გოლფსტრიმი და სხვ.

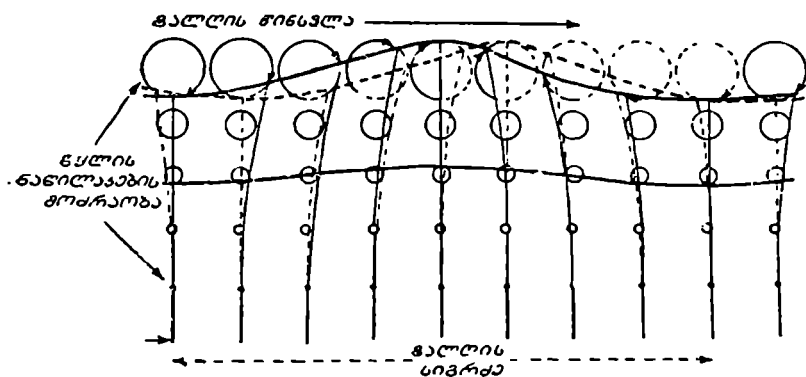
სცვლის ჰავას. ნორვეგიის ზღვაში იანვრის საშუალო ტემპერატუ-  
რა 25-ოდე გრადუსით უფრო მაღალია, ვიდრე უნდა ყოფილიყო  
ამ განედებზე. ნორვეგიის და მით უმეტეს კოლის ნახევარკუნძუ-  
ლის ჰავა გრენლანდის მსგავსი უნდა ყოფილიყო, მაგრამ მურმან-  
სკის პორტი არც კი იყინება ზამთრობით. რასაკვირველია, დიდ გავ-  
ლენას ახდენს გოლფსტრიმი ცოცხალი ორგანიზმების განაწილება-  
ზედაც 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. კარგად  
ცნობილი კურო-შივო, სამხრულ ოკეანეებში კიდევ სხვა. დინე-  
ბათა მიმართულების გადახრა სამხრულ ნახევარსფეროში მარც-  
ხნივი იქნება (საათის ისრის წინააღმდეგი).

სულ სხვაგვარი მოძრაობაა ზღვის დეღვა. ზღვაში რომ ნავი

იდგეს და ტალღა 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 აიმატება 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 ღრმაობის წარმოსაშობად საჭიროა ნაწილაკების ქვევით დაწვევა და თან უკან. ამგვარად, თითოეული ნაწილაკი წრიულ გზას გაივლის (სურ. 164). რაც უფრო დიდია წრის



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 მიიღევა — ლეღვა აღარ იგრძნობა. მანძილი ტალღის ერთი ძირიდან შემდეგ ძირამდე იქნება ტალღის სიგრძე. დიდი წრეხაზის დამეტარი წარმოადგენს ტალღის სიმაღლეს ზედაპირზე. წვეტილი ხაზი ზევით გვიჩვენებს ტალღის გადაადგილებას.

დამეტრი, მით უფრო მაღალი იქნება ტალღა; რაც უფრო ნელია ნაწილაკის მოძრაობა, მით მეტი იქნება ტალღის სიგრძე. ტალღის სიმაღლეს უწოდებენ ვერტიკალურ მანძილს ჩაზნექილი ნაწილის ძირიდან ბურცობის ქედამდე; ტალღის სიგრძე იქნება უმოკლესი მანძილი ერთი ქედიდან შემდეგ ქედამდე. ადვილი დასანახავია, რომ ტალღის სიგრძე იგივეა, რაც ერთი ბურცობის და ერთი ღრმაობის საერთო განი.

ტალღის სიმაღლე ნულიდან იწყება. ოდნავ შესამჩნევი ტალღები იწვევენ 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 სიღრმეზე ტალღა თუ არის, ეს იქნება სიღრმეშივე წარმოშობილი ტალღა, მაგალითად, მიწისძვრის ან წყალქვეშა მეწყრის მიერ გამოწვეული.

დრო, რომელიც საჭიროა, რათა ტალღამ ერთი ქანაობა (ერთი აწევა და ერთი დაწევა) დაასრულოს, იქნება ტალღის პერიოდი. ზღვის დღევის ასეთი პერიოდი არის 17—18 სექუნდი.

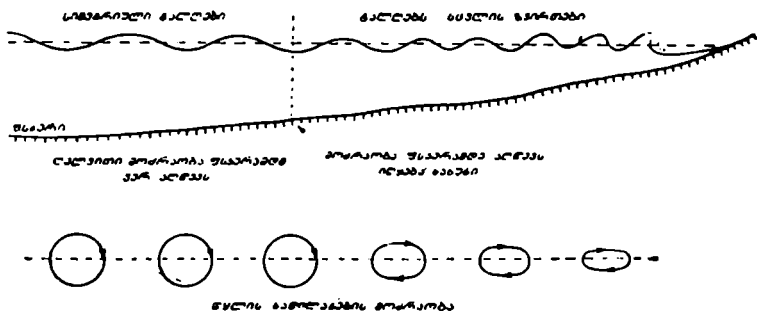
ყოველდღიური დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ ზღვის დღევისა და ჰაერის მოძრაობა, ქარი იწვევს. ცნობილია, რომ, როდესაც ერთი მოძრაობა გარემო (გაზი, ქვიშა) მეორეს ეხება და ერთ-ერთი ან ორივე მოძრაობს მეორის (ან ერთიმეორის) შესახებ, მათ შორის ხახუნი წარმოებს. ეს იწვევს შეხების ზედაპირის კანონზომიერ დეფორმაციას, სახელდობრ, ტალღების გაჩენას.

ასე ხდება, როდესაც მდინარის წყალი ფსკერზე გაშლილ ქვიშაზე მოძრაობს: წარმოიშობა ქვიშის „ტალღები“, რომელთა მოხაზულობა გვერდის ნეკნებს მოგვაგონებს და რომელთაც რიპელმარკებს უწოდებენ; რიპელმარკები წარმოიშობა ქვიშიან უდაბნოშიც, სადაც მოძრაობს 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 და ღრუბელი წარმოიშვა,



იგი ღრმაობებში მოიყრის თავს და ისევ რაპელმარკებივით გაპენტელ თეთრ ღრუბლებს მოგვცემს: სწორედ ასევე წარმოშობს ქართალლებს 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



სურ. 165. ღელვა მარჩხ ნაპირზე.

იქნება, ვიდრე ღელვის სიღრმე, თანდათან დაიწყება ხახუნი, მით უფრო დიდი, რაც უფრო ნაკლებია ზღვის სიღრმე. ამის გამო წყლის ნაწილაკების ქანობითი 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, რადგან ტალღის სიგრძე პერიოდის მატებასთან ერთად იზრდება. ხოლო ცალკეული ტალღის წინა მხარე უფრო ციცაბო იქნება, ვიდრე უკანა (ზღვისკენი) — ტალღა ასიმეტრიული შეიქნება. ბოლოს ტალღის ზედა ნაწილი იმდენად წაასწრებს ქვედას, რომ ტალღა ნაპირისაკენ „წაიქცევა“, ნაპირს მიეხეთქება. მივიღებთ ტალღის ცემას, ან როგორც შვეიზღვისპირეთში ამბობენ, ფურთვანას (სურ. 166). თუ გაშლილ ზღვაში ტალღის გავლისას მოტივტივე სხეული ადგილზე აიწევა და დაიწევა მხოლოდ, აქ მას ტალღა ნაპირს მიაჯახებს, ზოგჯერ ნაპირზე გადაისვრის.

როდესაც ტალღა ნაპირს აწყდება, წყალი ნაპირზე გადადის მეტად თუ ნაკლებად შორს. შემდეგ სიმძიმის გავლენით წყალი ისევ

ზღვაში ჩაიწრიტება, უკან მოძრაობს ფსკერის გასწვრივ. წარმოებს ორმაგი დინება: ჭერ ნაპირისკენ, შემდეგ ზღვისკენ.

ასე იქნება, თუ ქარის მიმართულება დაახლოებით ნაპირის პერპენდიკულარულია. მაგრამ მოხდება ხოლმე, რომ ქარი და, მასთან-დამე, ტალღაც ნაპირს ირიბულად ხედებიან. თუ კუთხე ქარის მიმარ-



სურ. 166. ფ უ რ თ ვ ნ ა.

თულებასა და ნაპირს შუა საკმაროდ მცირეა, არეკლებული მოძრაობა ნაპირს გაპყვება, ხოლო თუ ასეთი ქარი გაბატონებული ქარია, შეტნაკლებად გამძლე სანაპირო დინება წარმოიშობა. ასეთი დინებები ბევრ ადგილას მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ სანაპირო ზოლის განვითარებაში.

ქარისმიერი ღელვა ტალღებრივი მოძრაობის მთავარი სახეა, 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 აღვილას მოგვიხდება ბაასი.

ამით შეიძლებოდა კიდევ დაგვეთავებია ოკეანის წყლის მოძრაობის სახეების გაცნობა, მაგრამ უკვე რამდენიმე ათეული წელიწადია, რაც განსაკუთრებული ყურადღება მიიპყრო ზღვის წყლის დინების თავისებურმა სახემ, რომელსაც სიმღვრიის დეარება უწოდებენ და რომელსაც უკანასკნელ ხანად ძლიერ დიდ მნიშვნელობას მიაკუთვნებენ ოკეანის გეოლოგიაში.

ჯერ კიდევ XIX საუკუნის მიწურულში შეამჩნიეს, რომ, როდესაც თოვლისა და მყინვარების დნობისას აღივებული მდინარე რონა ენევის ტბაში შედის, იგი ტბის ზედაპირზე კი არ გაიშლება, როგორც მოსალოდნელი იყო, არამედ ფსკერს გაჰყვება წყალქვეშა მდინარის სახით. ამ უცნაური მოვლენის ახსნა ძნელა არ იყო: რონის ცივი და მღვრე წყალს საგრძნობლად უფრო მძიმეა, ვიდრე ტბის წმინდა წყალი, და ამიტომ უნდა დაძირულიყო.

შემდეგში, როდესაც ზღვასქვეშა კანიონებს მიექცა ყურადღება (და იმ დროს ცნობილი კანიონები მეტწილად ხმელეთის მდინარეების ხეობების გაგრძელებაა წარმოადგენენ), 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 სუსპენზიით დატვირთული მღვრია ნაკადების წყალი უფრო მძიმე იქნებოდა, ვიდრე ოკეანის წყალი, და წყალქვეშა ღვარებს წარმოშობდა ენევის ტბის მსგავსად. წყალქვეშა კანიონების გათხრა სწორედ ამათი საქმე არისო.

ამ ჰიპოთეზს ერთხანს დიდი მოწონება ხვდა წილად, მაგრამ შემდეგ გამოიჩვენა, 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 დელისეული ახსნა მხოლოდ ზოგ შემთხვევაში შეიძლება იქნეს გამოყენებული.

ასეთ პირობებში წარმოიშვა ახალი ჰიპოთეზი, რომლის თანახმად მღვრია ღვარები ოკეანის ფსკერზე ავტოქტონური (აღვილზე წარმოშობილი) მოვლენაა. მოხდება ხოლმე, რომ კონტინენტურ ბეჭობზე, რომელიც ჯერ შეუმტკიცებელი ნალექებით არის დაფარული, ზვავ-მეწყერი მოწყდება. ეს ზვავი ფერდობზე თავისებურ ხრამს

გაჰკვეთს, თანაც ნალექი და წყალი ერთმანეთში აირევა, მიღებულ ბიძგის გამო იმავე მიმართულებით დაიძვრის და ლაფის ნაკადს, შემდეგ სიმღვრიის ღვარს წარმოქმნის. ჰერ ეს ღვარი კანიონის ჩაქრას აწარმოებს. შემდეგ, დაეკებაში რომ გადავა, მოძრაობის სიჩქარე იკლებს და წამოღებული მასალის დალექვა დაიწყება. წარმოიშობა ფართოდ გაშლილი „დალექვის კონუსი“.

წყალქვეშა კანიონების რიცხვის მიხედვით ეს მოვლენა კონტინენტურ ფერდობზე საკმაოდ ხშირი უნდა იყოს. ზევე-მეწყრის 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 ზევის მოწყვეტა, რომელსაც მოჰყვა ლაფის ღვარი და შემდეგ სიმღვრიის ნაკადი ყველა დამახასიათებელი ნიშნებით. დღეს შეიძლება ითქვას, რომ სიმღვრიის ნაკადების როლი ზღვასქვეშა კანიონების წარმოშობაში არის არა გონებამახვილი ჰიპოთეზი, არამედ დაკვირვებისათვის მისაწოდომი მოვლენა.

სიცოცხლე ზღვაში. რიგი გარემოების გამო ფიქრობენ, რომ სიცოცხლე ჩვენს პლანეტაზე წყალში უნდა წარმოშობილიყო. მაშაჰადამე, არსებითად ზღვაში. ამიტომ მსოფლიო ოკეანეს სიცოცხლის აკვანს უწოდებენ. ხმელეთზე ცოცხალი ორგანიზმების ნაწილი უფრო გვიან გადასულა, ხოლო ზოგი მათგანი შემდეგაც უბრუნდებოდა წყალს. ასეა, მაგალითად, ვეშაპისნაირები, რომელნიც ფილტვებით სუნთქავენ.

დღესაც ზღვის ცოცხალი მოსახლეობა ძლიერ შრავალრიცხოვანი 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 ორგანული ნივთიერებით (მაშასადამე, ენერჯით) სარგებლობენ. მზის სხივები წყალში მხოლოდ ორიოდვე ასეულ მეტრამდე ატანს. ამიტომ

ამაზე უფრო ღრმად აღარც ფოტოსინთეზი არის შესაძლებელი და აღარც სათანადო წყალმცენარეები.

ცხოველები საარსებო ენერჯიას მზისგან უშუალოდ არ იღებენ, ისინი მცენარეების მიერ ორგანული ნივთიერების სახით დაგროვილი მზისავე ენერჯიით სარგებლობენ და სინათლეზე უშუალოდ დამოკიდებული არ არიან. ისინი ზღვის ზედა ფენებშიც უხვად არიან და უდიდეს სიღრმეებშიც გვხვდებიან. ცხოვრების რავგარობის მიხედვით მათ და წყალმცენარეებს სამ დიდ ჯგუფად ჰყოფენ: პირველს შეადგენენ წყალში მოტივტივე ორგანიზმები როგორც, მაგალითად, ფორამინიფერები, დიატომეები, ზოგი კიბოსნაირი და მისთანანი. ცურვა მათ არ შეუძლიათ, წყალს მიმოაქვს ნებაზე. ეს არის პლანქტონი<sup>1</sup>.

მეორე იქნება აქტიურად მცურავი ორგანიზმები, როგორც თევზები, ზოგი მოლუსკი, ვეშაპები და სხ. ეს არის ნექტონი<sup>2</sup>.

მესამეს მიეკუთვნებიან ისეთები, რომელნიც ფსკერზე ცხოვრობენ. ასეთი არიან მიმაგრებული უმაღლესი წყალმცენარეები, მიკროსკოპული წყალმცენარეები (ისევე დიატომეები და სხ.) და ცხოველთა თითქმის ყველა ჯგუფის წარმომადგენლები, მათ შორის ნაწლავალრუიანები (მარჯნები), ბრაქიოპოდები, მოლუსკები, ზღარბები, კიბოსნაირები, კიები, ზოგი თევზი... ამთგან ნაწილი ფსკერზე დევს უძრავად ან თითქმის, ნაწილი ღოღავს, სხვები ჩაფლული არიან გრუნტში მეტ-ნაკლებად ან მტკიცედ მიზრდიან გრუნტს (ბევრი ღრუბელი, მარჯანი, ზოგი მოლუსკი). ესენი შეადგენენ ბენტოსს<sup>3</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 ორგანიზმებია დაშვებულნი. ადვილი გასაგებია, რომ სითბოს მოყვარული ორგანიზმები თბილ წყალთან იქნებიან დაკავშირებული, სხვები კი დევნი წყალთან. ცნობილია, მაგალითად, რომ რიფის მშენებელი მარჯნები 20—21 გრადუსზე დაბალ ტემპერატურას ვერ უძლებენ და ამი-

<sup>1</sup> „პლანქტონი“, ბერძნ. — მობორილე.

<sup>2</sup> „ნექტონი“, ბერძნ. — მცურავი.

<sup>3</sup> „ბენტონი“, ბერძნ. — სიღრმე.

ტომ მხოლოდ ეკვატორული სარტყლის ზღვებში გვხვდებიან. ასეთივე მნიშვნელობა აქვს აუზის სიღრმეს. იგივე რიფისმშენებელი პოლიპები 50—60 მეტრზე მეტ სიღრმეს ვერ იტანენ. ბენტონის ორგანიზმებისათვის 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>1</sup> თავისებურებათა გარკვევისათვის. არანაკლებ დიდია მისი მნიშვნელობა გეოლოგისათვისაც. იმ ბიოცენოზის მიხედვით, რომელსაც გეოლოგი პოულობს ამა თუ იმ ადგილის ძველ ზღვიურ ნალექებში, მას შეუძლია აღადგინოს პირობები, რომელნიც იმ ქანების დალექვის ღრის იმავე ადგილას იყვნენ გაბატონებულნი.

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>2</sup> არ უცხოვრიათ: მათი ნაშთი წყლის მიერ მოტანილი შეიძლება იყოს

<sup>1</sup> „ოიკოს“, ბერძნ. — სახლი, ბინა.

<sup>2</sup> „ბიოს“, ბერძნ. — სიცოცხლე და „ტოპოს“ — ადგილი. ბიოტოპი არის ამა თუ იმ ორგანიზმის თუ ორგანიზმების ცხოვრების ადგილი.

მეზობელი ბიოტოპიდან. ამიტომ არის რომ ნამარხების შემთხვევაში ლაპარაკობენ არა ბიოცენოზზე, არამედ თ ა ნ ა ტ ო ც ე ნ ო ზ ე<sup>1</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 ნაქუქები და სხ.), ცხოველის სიკვდილს შემდეგ დალექილი.

ზღვის გეოლოგიურ მოქმედებაში ისევე, როგორც მდინარეთა ან მყინვარის მოქმედებაში, შეიძლება გავარჩიოთ ნგრევა, ვადატანა და დალექვა.

ნ გ რ ე ვ ა ს ძირითადად ზვირთები აწარმოებენ. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გაშლილ ზღვაში, ე. ი. ნაპირიდან დაშორებით, წყლის ნაწილაკები ღელვის დროს მხოლოდ ქანაობას (ოსცილაციას)<sup>2</sup> განიცდიან, მაგრამ ნაპირის მიახლოებისა და აუზის გამარჩხების პირობებში, ე. ი. ფუტონის ზოლში წყლის მოძრაობა ღინების ხასიათს იღებს (ტრანსლაციური<sup>3</sup> ხდება) და წყალი ნაპირს ეკახება. მეტნაკლებად დიდი ძალით იმის მიხედვით, თუ რამდენად ძლიერია ღელვა და როგორია ქარის მიმართულება. შესაფერ პირობებში ტალღისცემის პიდრავლიკური<sup>4</sup> ძალა შეიძლება უზარმაზარი იყოს. ხშირად აღნიშნავენ, რომ ჩრდილო შოტლანდში ძლიერმა შტორმმა რკინაბეტონის საცავე 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.

ზვირთისცემა ყველგან და ყოველთვის ასეთი არ არის, მაგრამ ნათელია, თუ რამდენად დიდი შეიძლება იყოს ზღვის წყლის მოქმედება სანაპიროზე. თუ ნაპირი კლდოვანია, ქანი ბზარების გასწვრივ იშლება და კუთხედი ლოდები, დიდი და პატარა, ძირს ცვივა. საგულისხმოა, რომ წყლის დარტყმა ქანის ნაპრალებში ჰაერის ძლიერ შეკუმშვასაც იწვევს, რაც ნაპრალების გაფართოებას უწყობს ხელს. ჩამოქცეულ ლოდნარს ზვირთი ახლა იყენებს როგორც ნგრე-

<sup>1</sup> „თანატოს“, ბერძნ. — სიკვდილი და „კოინოს“ — საერთო.

<sup>2</sup> Oscillation, ფრანგ. — ქანაობა.

<sup>3</sup> Translatio, ლათ. — ვადატანა, გადაადგილება.

<sup>4</sup> „პიდორ“. ბერძნ. — წყალი და „აულოს“ — მილი. პიდრავლიკა ნყენიერება სითხეთა მოძრაობის შესახებ.

ვის იარაღს, აიტაცებს და ახლის ნაპირის კლდეს და ერთმანეთსაც. ამ პროცესში ნაპირიც ინგრევა და მასალაც დარგვალებას განიცდის ისევე, როგორც მდინარეში (სურ. 167).

აღვლი დასანახავია, რომ, რაკი ზვირთის ძალა სიღრმისკენ სწრაფად კლებულობს, ეს ნგრევა ქვევითკენ შორს ვერ წავა და ზე-



სურ. 167. ლოდნარი ზღვის პირს, ტალღისცემის შედეგი.

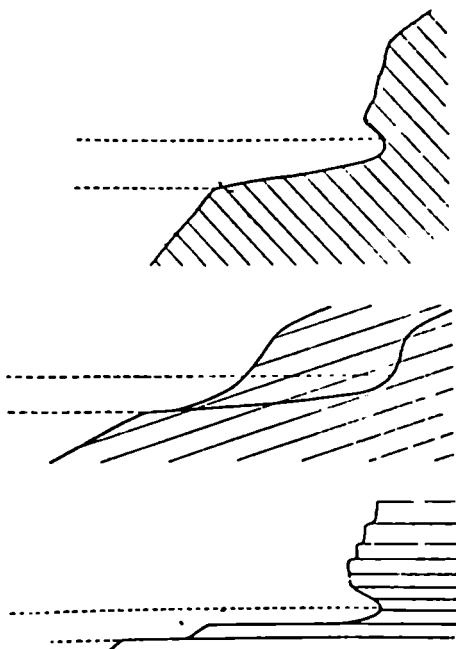
ვითკენაც ზვირთისცემა შედარებით მცირე სიმაღლემდე აღწევს. ამგვარად, კლდეში წარმოიშობა ნაპირის გასწვრივი ღრუ, რომელსაც წინწამოწეული მასივი გადმოაწვება (სურ. 168). უკანასკნელი, რაკი მას საყრდენი თანდათან ეცლება, ბოლოს საკუთარი სიმძიმის გავლენით ჩამოიქცევა.

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 რბი-

<sup>1</sup> Abrasio, ლათ. — მოფხევა



ლი, წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად მაღალი შეეული ბექობი. როგორც ეს ცნობილია ლამანშის ნაპირებზე. თუ ქანი მაგარია და არაერთგვაროვანი, მივილებთ თავისებურ სვეტებს. — უფრო გამძლე

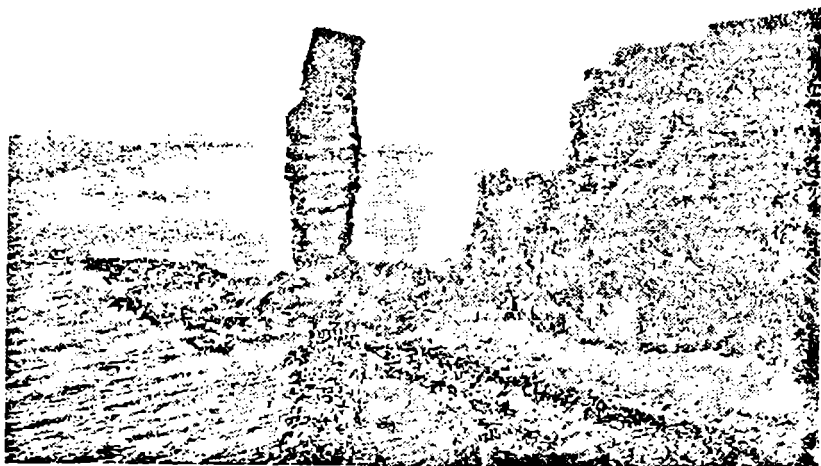


სურ. 168. ა ბ რ ა ზ ი ა. ზედა წვეტილი ხაზი წარმოადგენს ზღვის დონეს, ქვედა — ეფექტიანი ტალღური მოძრაობის სიღრმეს. მოცემულია აბრაზიის მსვლელობა სხვადასხვა სტრუქტურულ პირობებში; კორიზონტული შრეები, დაქანება ზღვისკენ, დაქანება ხმელეთისკენ.

ქანის ნაკვეთებს (სურ. 169), — მღვიმეებს და არკებს. მაგრამ ეს მხოლოდ გარდასვავალი ეტაპია აბრაზიის განვითარებაში. ბოლო შედეგი ერთია — ნაპირის მოვაცემა 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 შესაძლებელი. 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 უფ-

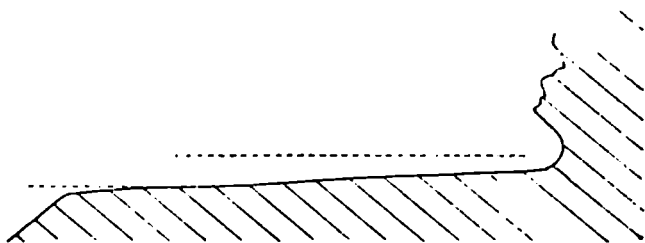


სურ. 169. აბრაზიული მოწამე, რომელიც მალე წაირეცხება.

რო შორსაა წასული აბრაზია, მით უფრო ნაკლებია აბრაზიული ზედაპირის სიღრმე, ნაკლებია ფურთვნა 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, მაშასადამე, აბრაზიის წონასწორობის პროფილი ისევე, როგორც ეროზიული წონასწორობის პროფილი. აბრაზია წყდება, როდესაც კი ამ მდგომარეობას მიაღწევს.

მაგრამ ასეთი წონასწორობა მხოლოდ მანამდეა შესაძლებელი, სანამ ზღვის ღონე უცვლელია. წარმოვიდგინოთ, რომ ხმელეთმა ძირს დაიწია (ან, რაც ამ შემთხვევაში იგივე იქნება, ზღვის ღონემ აიწია ზევით). ახლა აბრაზიული ტერასის ზღვისკენი კიდე ღელვის. მისაწვდომს ქვევით იქნება. ხახუნი უფრო ზევით დაიწყება, უფ-

რო ახლოს ნაპირთან. ზვირთები ნაპირს ნაკლებ შესუსტებული მი-  
 აღწევენ და მათი აბრაზიული მოქმედება განახლებდა. დაიწყება  
 ზღვის წინსვლა ანუ ტრანსგრესია. ეს კია, რომ ტრანსგრესია შეიძ-  
 ლება მოხდეს თითქმის უაბრაზიოდაც. თუ ნაპირები ვაკე დაბლობს



სურ. 170. აბრაზიული წონასწორობის პროფილი.

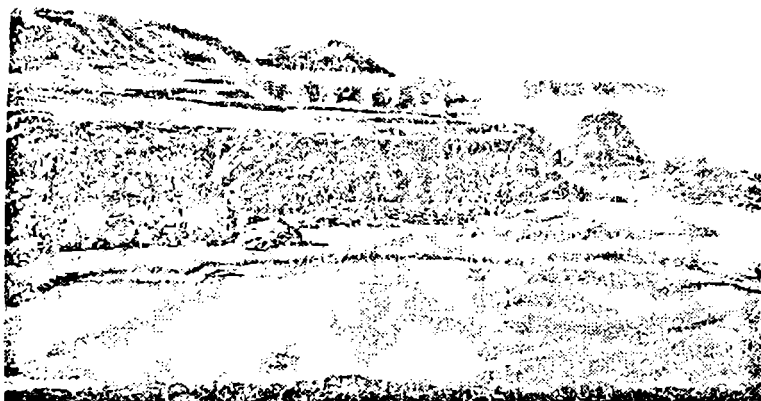
წარმოადგენენ, და, მეორე მხრით, ტრანსგრესია შეიძლება განვითა-  
 რდეს მაშინაც, როდესაც აბრაზიული წონასწორობის პროფილი გა-  
 მომუშავებული არ არის.

შეიძლება მოხდეს ისეც, რომ ხმელეთმა ზევით აიწიოს (ან  
 ზღვის დონემ დაბლა დაიწიოს). ეს იქნება ზღვის უკან დახევა, ანუ  
 რეგრესია. ასეთ შემთხვევაში ძველი აბრაზიული ზედაპირი მთლიან-  
 ნად ან ნაწილობრივ წყალზევით მოექცევა და დაიწყება თვით ამ  
 ზოლის აბრაზია უფრო დაბალი დონიდან (სურ. 171). ძველი აბ-  
 რაზიული ზედაპირი, ანუ იგივე ფსკერი, წყალზევით აღმოჩნდება.  
 ასეთ უბნებს ზღვიურ ტერასებს უწოდებენ. მათი გამოც-  
 ნობა შეიძლება საფეხურისებური რელიეფით და განსაკუთრებით კი  
 იმით, რომ ზედ შერჩენილია ხოლმე ზღვიური ნალექები და ნამარ-  
 ხები, როგორც ეს ხშირია შავი ზღვის ნაპირებზე.

აბრაზიის პროცესში წარმოსობილი მასალა — მსხვილი, წვრი-  
 ლი თუ წმინდა — იმავე დროს ტრანსპორტსაც განიცდის.  
 ეს ღორღი რომ ადგილზე დარჩენილიყო, აბრაზია სწრაფად შეწყ-  
 დებოდა. მაგრამ ზვირთი რომ ნაპირს მოაწყდებდა, წყალი აღმა მოძ-  
 რაობს ხმელეთისკენ და, თუ დღევა ძლიერია, არა ერთი მეტრით ას-  
 ცილდება ზღვის დონეს. აღნიშნავენ შემთხვევებს, როდესაც ფურ-  
 თენას დამახვრეული გემის მოზრდილი ნაწილები რამდენიმე ათე-  
 ული მეტრის სიმაღლეზე აუტანია. შემდეგ მოძრაობის კინეტიკუ-

რი ენერგია იღვევს და წყალი სიმძიმის ძალის გავლენით უკანვე ბრუნდება ზღვისკენ, რადგან ნაპირის დაქანება ასეთი არის.

პირველი მოძრაობისას წყალს ლორღი ნაპირზე ამოაქვს, მით უფრო მსხვილი და მით უფრო შორს, რაც უფრო ძლიერია ფერ-



სურ. 171. ზღვიური ტერასი.

თვნა. გაბრუნებული წყალი კი მასალას უკან წაიღებს. ამრიგად, აქ გადატანა ორმხრივია.

შესაფერი რელიეფის პირობებში მოხდება ხოლმე, რომ ზვირთები საკმაოდ მსხვილ ლორღს ნაპირიდან დაშორებით ამოიტანენ ხმელეთზე, ხოლო გაბრუნებული წყლის უფრო სუსტი დინება მას ველარ 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 ლორღის მოძრაობა ხმელეთისკენ და ზღვისკენ ერთმეორეს 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 თანაწორი არ არის. ნაპირისკენ მოძალბულ 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 შემდეგი 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 მიადწევს, საიდანაც ის ჩვეულებრივ პირობებში აღარ დაიძვრის, — მასალა დაბინავებული აღმოჩნდება.

გასაგებია, რომ ასეთი დაბინავება ჯერ უფრო მსხვილი მასალისა 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 დარგვალებაც: ზღვაც ისევე არგვალებს ღორღს, როგორც მდინარე. აქაც შეიძლება გავარჩიოთ როყნარი, როქნარი, რიყე, ხვინჯა, ქვიშა. უფრო წვრილი მასალა დარგვალბული აღარ იქნება ან თითქმის. ზოგჯერ გამოსთქვამენ აზრს, რომ ზღვიური ქვარგვალბები შეიძლება ფორმით გამოვიცნოთ მდინარეულისაგან, მაგრამ გარკვეული რამ ამ მხრივ ძნელი სათქმელია. ეს კი შეიძლება აღენიშნოთ, რომ ეოლოურ დარგვალბებს 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, ანგარიშგასაწევია ორგანოგენული მასალაც, თვით ზღვაში წარმოშობილი, როგორცაა, მაგალითად, მოლუსკების ნიჟარები და მათი ნამსხვრევები.

მეორე მხრით, ზღვის ღელვა ყოველთვის ნაპირის მართობულად როდია მიმართული. როგორც დავინახეთ, არის შემთხვევები, როდესაც გაბატონებული ქარის მიხედვით ზვირთები ნაპირს ირიბულად ხვდებიან. ასეთ პირობებში ანარეკლი მოძრაობა ნაპირს შეიძლება ვაპყვეს 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 საეკვო არ არის.

დასასრულ აღსანიშნავია ამ მხრივ მყინვარული ტრანსპორტის დიდი მნიშვნელობა. როგორც უკვე დავინახეთ, ჩრდილო ატლანტიურ ოკეანეში და განსაკუთრებით სამხრულში უამრავი დიდი და პატარა ყინულის გორა (აისბერგები) შემოდის გრენლანდიდან და ანტარქტიდიდან. ისინი შორს მიდიან ორივე მხრიდან ეკვატორისაკენ და თან მიაქვთ მორენული მასალა, რომელიც ყინულის გადნობის შემდეგ ზღვაში ცვივა.

დალექკვა (სედიმენტაცია) ზღვაში ისე მჭიდროდ არის ნგრევასა და ტრანსპორტთან დაკავშირებული, რომ მათი ცალ-ცალკე განხილვა არც კი ხერხდება. მაგალითად, ჩვენ უკვე გვეჩვენა ლაპარაკი სანაპირო ბურცობზე და ეს კი უთუოდ დალექკვის მოვლენაც არის. ასევე შევეხეთ მასალის დაბინავენას, ე. ი. დალექკვას მარჩხ ზღვაში ან შელფზე: ნაპირთან მახვილი მასალა, შემდეგ უფრო და უფრო წვრილი.

გარკვეული სიმაღლის მქონე მასალა გარკვეულ მანძილზე ნაპირიდან და გარკვეულ სიღრმეზე უძრავი, ე. ი. დაბინავებული არის, მაგრამ ეს დაბინავება შეიძლება დროებითი გამოდგეს: ჩვეულებრივი ლელვა მას, მართალია, ვერ დასძრავს, მაგრამ განსაკუთრებულმა რამე ტალღამ, მაგალითად სეისმურმა, შეიძლება ადგილი გადაანაცვლებინოს. კიდევ უფრო მოსალოდნელია ეს ზღვის დონის შეფარდებითი გადაადგილების შემთხვევაში. ზღვის დონე რომ დაიწვევა ფსკერი აიწვეს, დაბინავებული ნალექი ნაკლებ სიღრმეზე და ამიტომ უფრო ძლიერი ლელვის მისაწვდომზე აღმოჩნდება და ამოძრავდება. მასალის ახალი გადანაწილება მოხდება. მაინც ბოლოსდაბოლოს ნალექის შემტყიცება (დიაგენეზისი) მოხდება და განაწილება საბოლოო აღმოჩნდება. თანაც ფენას ახალი ფენები დაჰფარავს. ამგვარად წარმოიშობა უხეში სანაპირო (ლიტორული<sup>1</sup>) ნალექები. ასე უწოდებენ ნაპირის იმ ზოლის ნალექებს, რომ-

<sup>1</sup> Litoralis, ლათ. — სანაპირო.

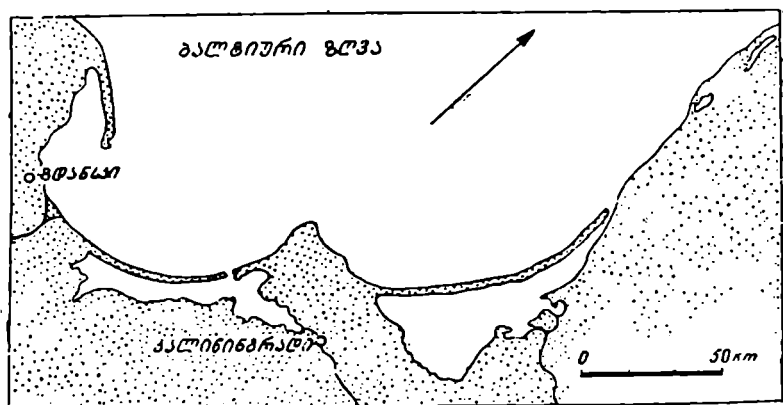
მელიც წყლის მაღალი დონის პირობებში (ზღვის მოქცევა) და დღევანდელ დროს წყლით იფარება, ხოლო დაბალი დონის პირობებში კი შიშველია. ამას მოჰყვება ქვესანაპირო (სუბლიტორული) მარჩხი ზოლი და შემდეგ ნერიტული, რომელიც კონტინენტური შელფის კიდემდე გრძელდება, რაც უფრო შორსაა ნაპირიდან, მით უფრო წვრილია მასალა. კონტინენტურ ბექამდე, როგორც წესი, მხოლოდ წმინდა მასალა, თხა აღწევს. ეს იქნება ბათილური ნალექები.

ეს კია, რომ ნალექების ასეთი განაწილება შელფზე და კონტინენტურ ბექობზე მხოლოდ ზოგადად არის რეალური. სინამდვილეში შელფის ზედაპირი მთლად სწორი როდია და არც ერთგვარადაა დაქანებული ზღვისაქენ: გვხვდება მეტად თუ ნაკლებად ამღლებული და ჩაღრმავებული უბნები, შელფის 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 ასცილდეს და წარმოქმნას თავისებური დამბა, ვიწრო და გრძელი, რომელიც გაშლილი ზღვისგან ნაწილობრივ ან მთლიანად მოსწყვეტს ვიწრო ზოლს ან მთელ უბესაც. ასეთ ბუნებრივ დამბას რუსულად ტрещи-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 რთულია აბისური 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 კლასტური მასალა, კოსმიური მტვერი, მყინვარული (გლაციალური) ღორღი. სპეციალურად აღსანიშნავია ორგანოგენული მასალა, ოკეანური პლანქტონის ხარჯზე წარმოშობილი. ფორამინიფერების, რადიოლარიების, დიატომების და მისთანათა ნაჭუჭები ცხოველის თუ წყალმცენარის სიკვდილის შემდეგ ნელ-ნელა იძირება და გროვდება ფსკერზე.

ამ თავისებურ ნალექებს აბისურ შლამს უწოდებენ. თუ შლამში ფორამინიფერების ნაჭუჭები კარბობს, მას ფორამინიფერებიანს ეტყვიან, ასევე არჩევენ რადიოლარიებიან, დიატომებიან<sup>1</sup>, კოპეპოდებიან<sup>2</sup> შლამს. აქ უნდა



სურ. 172. ნალექების ზღურბლი, დინების მიმართულებით წაწვდილი.

აღვნიშნოთ, რომ ეს პაწაწინა სხეულები ძლიერ ნელა იძირებიან წყალში და ბევრი მათგანი გზაშივე იხსნება. რადგან კალციტის ხსნადობა უფრო დიდია, ფორამინიფერების ნაჭუჭები ძლიერ დიდ სიღრმეებამდე ვერ აღწევენ და ასეთ ადგილებში უპირატესად რადიოლარიები გროვდებიან, რომელთა სკელეტი  $SiO_2$ -გან შედგება და ნაკლებად ხსნადია. კიდევ უფრო ღრმად აღარც ესენი არიან და რჩება ე. წ. უფსკრულის წითელი თიხა. წითელი მას ჩალენჯერის ექსპედიციის შემდეგ შეერქვა, თორემ დღეს ცნობილია, რომ იგი სხვადასხვა ფერის შეიძლება იყოს. უფსკრულის თიხის დამახასიათებელია მარგანეცის თავისებური კონკრეციები.

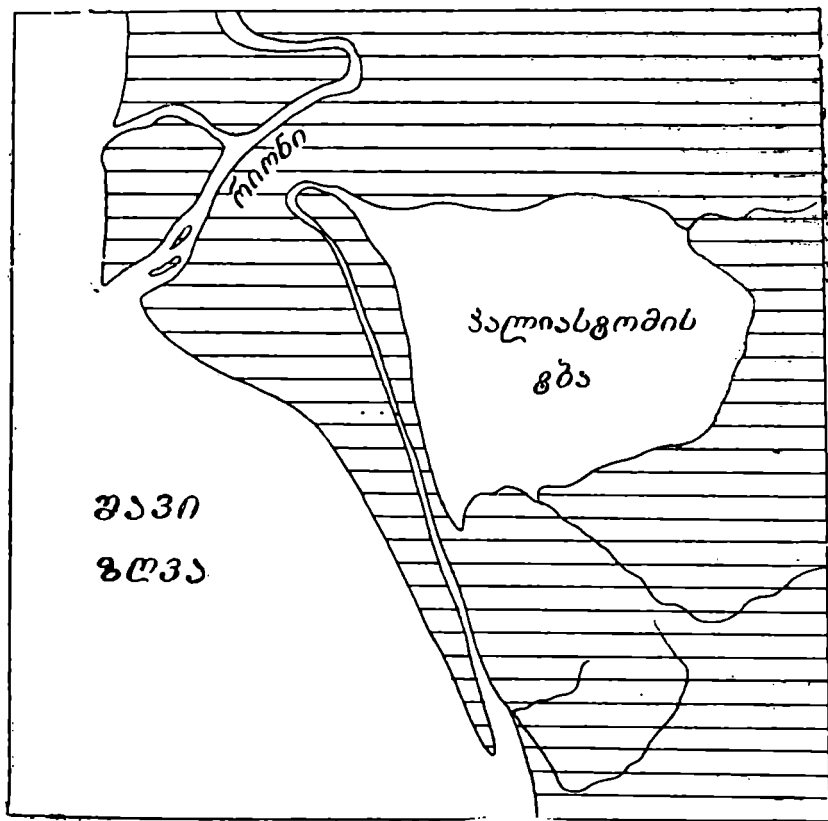
თქმულის მიხედვით ადვილი წარმოსადგენია, რომ უფსკრულის ნალექები უკიდურესად ნელა გროვდებიან და ამ მხრივ მათი შედარება ნერიტულ ან ბათიალურ ნალექებთან არ შეიძლება. სეისმო-

<sup>1</sup> სილიციუმოქანგის ნაჭუჭიანი წყალმცენარეებია.

<sup>2</sup> პლანქტონური მოლუსკებია, გასტროპოდების ჯგუფისა.



მეტრიული მონაცემების მიხედვით მათი სასქე ოკეანეთა ფსკერზე 1 კილომეტრს არ აღემატება და ეს მასალა წელთა ასეული მილიონების მანძილზე არის დაგროვილი. ამას უნდა დაეუმატოთ, რომ

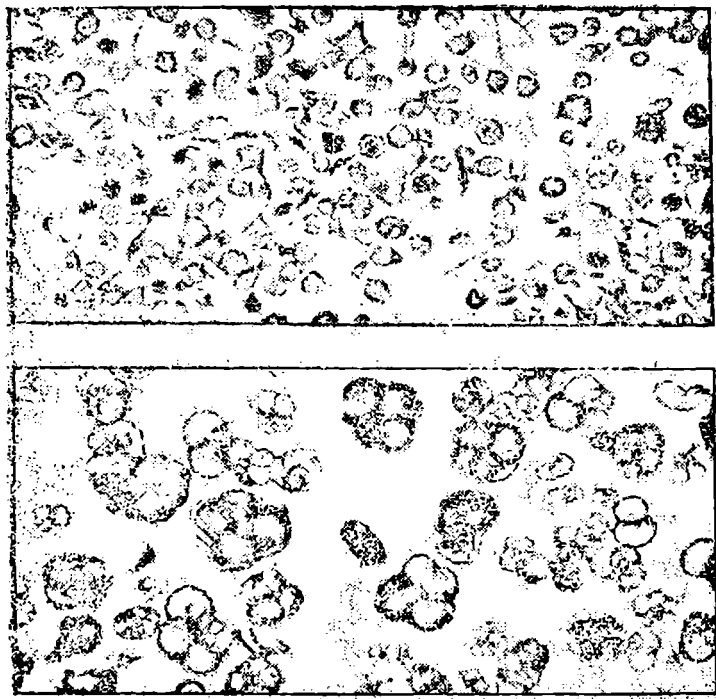


სურ. 173. პალიასტომი და შავი ზღვა. ჩანს, როგორ გადაუადგილებია სამხრეთისაკენ პიკორის შესართავი ზღვის წყლის და ნალექების მოძრაობას.

უფსკრულის შლამის დიდ ნაწილს (ზოგჯერ 80%-მდე) წყალი შეადგენს.

ოკეანის ფსკერის დიდი ნაწილი და კერძოდ უზარმაზარი ოკეა-

ნური ვაკეები აბისური ნალექებით არიან დაფარული. წყალქვეშა მთები და საერთოდ ციკაბო მალლობები შიშველ კლდეებს, ბაზალტური ჯგუფის ვულკანური ქანებისგან შემდგარს, წარმოადგენენ. კლდეების სიშიშველეს იმით ხსნიან, რომ დაქანებულ ზედაპირზე



სურ. 174. აბისური ნალექები. ჩანს მიკროორგანიზმების სიმრავლე.

აბისური ნალექი ფეხს ვერ იკიდებს და იმეწყრება, 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-მარცვლო-

ვანი მასალა სილის და ქვიშის სახით. როგორ უნდა მომზადარიყო მისი აქ მოტანა? მასალა უეჭველად კონტინენტურია, მაგრამ შესატყვისი მულმივი დინებები არსად ჩანს. ამიტომ წარმოიშვა ჰიპოთეზი, რომ ნალექი წყალქვეშა ლაფის ღვარების მოტანილია. კონტინენტურ ბექობზე მოწყვეტილი უზარმაზარ მეწყერ-ზევები იქ ზღვასქვეშა კანიონებს აჩენენ, ხოლო, ოკეანის ფსკერზე მიღწეული, კიდევ შორს განაგრძობენ ღინებას და თან დიდძალი მასალა მიაქვთ სიმღვრივის სახით. თანდათან დინების სიჩქარე მცირდება სრულ შეწყვეტამდე და იმავე დროს მიმდინარეობს დაღევეა, 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 დაღევეა გარკვეული წესის მიხედვით უნდა მოხდეს: ჭერ უფრო მძიმე და მსხვილი ნაწილაკები უნდა დაილექოს, შემდეგ თანდათან უფრო და უფრო წვრილი. ნალექი ვერტიკალურად ახარისხებულ იქნება. ექსპერიმენტიც ამ მართვად ვარაუდს სავეებით ადასტურებს. მეორე მხრით ზემოხსენებული ნალექებიც ყოველთვის ვერტიკალურად ახარისხებულია (სურ. 175). თეორიული წარმოდგენა, დაკვირვება და ექსპერიმენტი სავეებით ეთანხმება ერთიმეორეს.

ამას უნდა დაუმატოთ, რომ ოკეანის ფსკერიდან ამოკვეთილი კერნები გვიჩვენებენ, რომ იქ წარმოდგენილია ახარისხებული ფენები, რომლებთანაც ნორმული აუხარისხებელი ვენები მორიგეობენ. ჩრდილო ატლანტურ ოკეანეში უკანასკნელთა დათარიღებაც კი ზერხდება ნამარხების მიხედვით როგორც მეოთხეულის. აქედან ნათელია, რომ მიმდინარეობდა ნორმული სედიმენტაცია და დროგამოშვებით მას სცვლიდა ახარისხებული ნალექის დაგროვება, ე. ი. მოვლენას ეპიზოდური (დროგამოშვებითი) ხასიათი ჰქონდა. მაშასადამე, ეს არ იყო კანონზომიერი მულმივი დინება.

მაგრამ აქ ასეთი საკითხიც შეიძლება დაიბადოს: თუ მღვრია წყლის ნალექი ახარისხებულია, რატომ ასევე ახარისხებული არ უნდა იყოს ჩვეულებრივი აბისური შლამიც? იგიც ხომ სუსპენზიიდან ილექება?

საქმე ის არის, რომ მღვრია წყალში ილექება მასალა, რომელიც შიგ თავიდან იყო და ახალი არაფერი ემატება, ოკეანეში კი ნორმულ პირობებში მასალის მოღინება, მსხვილის და წვრილის, უწყვე-

ტია და უცვლელი. ერთი ქალაქიდან მეორეში რომ ათი ქვეითი გავიდეს და ათი ცხენოსანი, ცხადია, ჯერ ცხენოსნები მივლენ და მერე ქვეითები. პირველი ქალაქიდან მეორეში რომ ყოველ საათში ათი ქვეითი და ათი ცხენოსანი გადიოდეს, დაუსრულებლად, მეორე ქალაქშიც ყოველ საათში ათ-ათი ქვეითი და ცხენოსანი მივა,

თუმცა ისინი ერთდროულად წამოსული არ იქნებიან. აქაც კარგად ჩანს ახარისხებულ ნალექის წარმომშობი ფაქტორის ეპიზოდურობა.

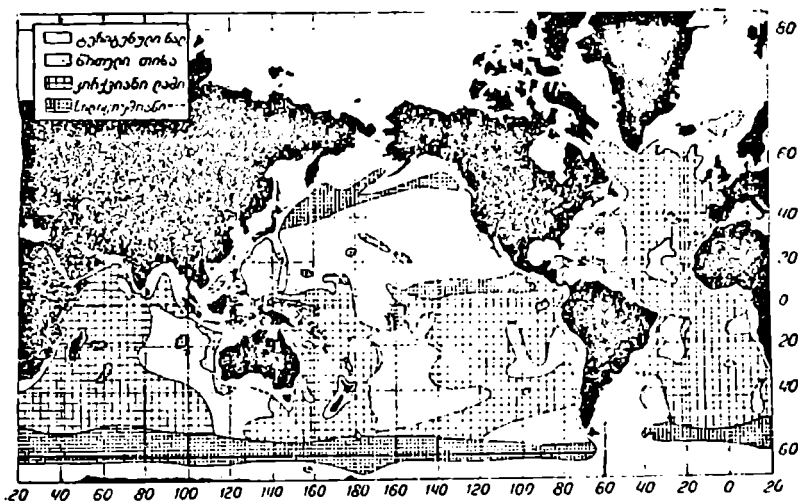


სურ. 175. ახარისხებული ნალექი. მარცხლის სიმახო კანონზომიერად კლებულობს ქვევიდან ზევით.

როგორც დავინახეთ, ჩალენჯერის ექსპედიციის შემდეგ ცნობილი არის, რომ აბისური ნალექების შედგენილობაში ორგანოგენული მასალა დიდ როლს თამაშობს. მერე იმ ფორამინიფერებიანი, რადიოლარიებიანი, კოპეპოდებიანი ლამის გეოგრაფიული 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 ბათიალურ, ნერიტულ, სუბლიტორულ თუ ლიტორულ ზონაში არანაკლებ გავრცელებული არიან, თუმცა სხვა მასალის სიჭარბის გამო შეუშინეველი რჩებოდნენ დიდი ხნის განმავლობაში. დღეს გამოყენებითმა გეოლოგიამ, კერძოდ ნავთობის გეოლოგიამ, აუცილებელი და შესაძლებელი გახადა მათი გულდასმით კვლევა, რაც ძლიერ შრომატევად მუშაობას ჰგულისხმობს. წარმოიშვა პალეონტოლოგიის ახალი მიმარ-

თულება. მიკროპალეონტოლოგია. შეისწავლება არა ახალგაზრდა ნალექების მიკროორგანიზმები, არამედ უკვე დიდი ხნის შემტყიცებული ქანებისა. სათანადო ყურადღება ექცევა მც-



სურ. 176. აბისური ნალექების გავრცელება.

ხარულ მასალასაც (სპორებს, მტვერანას ეს არის პალინოლოგია<sup>1</sup>).

მაინც არააბისური ნალექებისთვის მთავარი არის მსხვილი ორგანიზმები, მაკროფაუნა: დიდი ფორამინიფერები (ნუმულიტები და სხ.). ნაწლავლრუიანები, ეკალკინიანები, ასოსახსრიანები, მოლუსკოიდები, მოლუსკები და სხ. მოხდება ხოლმე, რომ ქანი თითქმის მთლიანად ამა თუ იმ ორგანიზმის ან ორგანიზმების ნაშთებისაგან შედგება: ნუმულიტებიანი კირქვა, ნიყარებიანი კირქვა და სხ. მაშინ ორგანიზმს (თუ ორგანიზმებს) ქანმაშენს უწოდებენ.

სპეციალურად უნდა აღინიშნოს რიფული კირქვები. 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 კლდე-

<sup>1</sup> „პალინე“ ბერძნ. — წმინდა მტვერი.

ების აბრაზიის პროცესში წარმოიშვას, მაგრამ არის რიფები. რომელთაც ორგანიზმები აშენებენ. ასეთი იქნება მარჯნული რიფები.

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 ქანებისათვის დამახასიათებელ შრეებრივობას და მასიური ტექსტურა აქვს. მარჯნულ-რიფული კირქვები მასიური კირქვები არიან.

მარჯნული პოლიპები (კორალები) რიფის მშენებელი კი არიან, მაგრამ არა ერთადერთი. მათ გვერდით მნიშვნელოვანი მონაწილეობა მიეკუთვნებათ, ზოგჯერ უპირატესიც, კირქვის სკელეტის გამოჰყოფ წყალმცენარეებს, სტრომატოპორებს (ნაწლავაღრუიანეზია), ხავსცხოველებს და სხ.

მარჯნული პოლიპების ცხოვრების პირობები ძლიერ შეზღუდულია. 20—21 გრადუსზე დაბალი ტემპერატურის ატანა მათ არ შეუძლიათ. ნორმულად მარლიანი წყალი ძლიერ სუფთა უნდა იყოს და თან ინტენსიურად მოძრავი, რათა კარგი აერაცია და ჟანგბადის მიწოდება უზრუნველჰყოს. ამიტომ არის, რომ 50-ოდე მეტრზე უფრო ღრმა წყალში პოლიპი ვერ იზვირებს.

ამგვარად, რიფის მშენებელი პოლიპები ვითარდებიან ნაპირის ახლოს მარჩხ ადგილებში და თან ისეთში, სადაც ახლოს რაიპე მდინარის შესართავი არ არის, რომ წყალი აემღვრია. ფსკერზე დაახლებული კოლონია ზევითკენ იზრდება, სანამ ზედაპირს არ მიაღწევს. აქ შემდეგი ზრდა შეწყდება, რადგან ხანმოკლე გაშიშვლების ატანა (მაგალითად, ზღვის მიქცევის დროს) კორალს კი შეუძლია, მაგრამ მუღმივის 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 დარვინმა შემდეგი ჰიპოთეზი წამოაყენა. ვთქვათ, 30 მეტრის სიღრმეზე მარჩხ

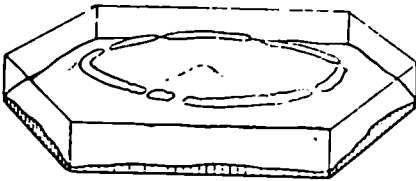
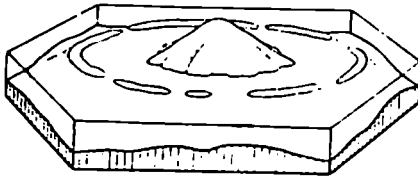
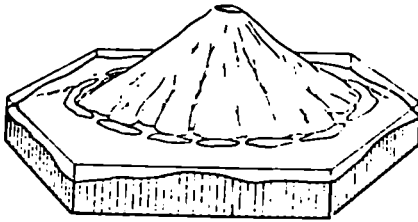
ზღვაში მარჯნის პოლიპები დასახლდნენ და იწყეს განვითარება. მათი ნაგებობა რომ ზედაპირამდე მიაღწევს, ზრდა შეწყდება, მაგრამ ეს-  
იმ შემთხვევაში, თუ ფსკერი უძრავია. წარმოვიდგინოთ, პირიქით,  
რომ ფსკერი დაძირვა. ასეთ შემთხვევაში რაფი წყლის ზედაპირს  
ქვევით დარჩება და ზრდა გაგრძელდება. თუ ფსკერის დაძირვა და-  
რიფის ზრდა თანაბარი ტემპებით იწარმოებს, ზრდას საზღვარი აღარ  
ექნება.

მაგავსი არის რიფული ბარიერების და ატოლების წარმოშობის  
ახსნაც. ზემოხსენებული პირობების მიხედვით მარჯნული ნაგებობა  
კონტინენტის კიდეზე, ნაპირთან იწყებს განვითარებას. ეს იქნება  
ს ა ნ ა კ ი რ ო რ ი ფ ი, რომლის მაგალითი ბევრია ცნობილი. რო-  
დესაც 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, რი-  
ფი ზღვისკენ უფრო მაღალი იქნება. ხმელეთისკენ უფრო დაბალი.  
თუ ასე გაგრძელდა, რიფისწინა, ამაღლებულ 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 აქა 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 გა-  
ფართოვდება ხმელეთის ხარჯზე, რიფის ზრდაც ზღვისკენ იწარ-  
მოებს, რადგან ლაგუნისკენ პოლიპების განვითარების პირობები არა-  
ხელსაყრელია, და ამგვარად მივიღებთ ბ ა რ ი ე რ უ ლ რ ი ფ ს,  
რომლის კარგ ნიმუშს წარმოადგენს დიდი ბარიერული რიფი ავსტ-  
რალიის ჩრდილო-აღმოსავლური ნაპირის გასწვრივ. ამ რიფის სიგრ-  
ძე 2300 კილომეტრს აღემატება და ზოგ ადგილას იგი 30—140 კი-  
ლომეტრით არის კონტინენტს დაშორებული.

ახლა წარმოვიდგინოთ, რომ რიფი კუნძულის გარშემო ვითარდე-  
ბა. ჯერ ეს იქნება სანაპირო რიფი. თუ ფსკერის დაძირვა დაიწყოს,  
სანაპირო რიფს ბარიერული შესცვლის. შემდეგი დაძირვის პირობე-  
ბში რიფსშიგა ლაგუნი თანდათან გაფართოვდება, კუნძულის ფარ-  
თობი კი შემცირდება და მოიკლებს მისი ჰიპსომეტრიული სიმაღ-  
ლეც. ბოლოს საქმე შეიძლება იქამდე მივიდეს, რომ კუნძული მთლი-  
ანად დაიფაროს. წყლით. დარჩება მხოლოდ მეტ-ნაკლებად წრეული

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) დაძირ-



სურ. 177. ატოლის განვითარება დარკინის 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.

ვა ხდებოდეს. ეს, რა თქმა უნდა, აშკარა შეცდომა იქნება. არის რიფები, რომელთაც, პირიქით, აზვევება განუცდიათ და დღეს რამდენიმე ასი მეტრის და მეტის სიმაღლიდან დაჰყურებენ ოკეანეს. ცხადია, ეს არის მკვდარი რიფები.

დარკინის ჰიპოთეზს დღესაც იზიარებენ, თუმცა ზოგი შეზღუდვით.

ზღვისა და ოკეანის მოქმედების დიდ მნიშვნელობას მიწის ქერქის გეოლოგიურ განვითარებაში მტკიცება არ სჭირდება. პილროსფეროს ხომ მიწის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი უჭირავს და თვით კონტინენტებიც ძირითადად ზღვაში დალექილი ქანებით არიან აგე-



ბული. უზარმაზარია ზღვების მნიშვნელობა ადამიანის პრაქტიკაში. როგორც სიახლე, შეიძლება აღინიშნოს, რომ ზღვის ფსკერზე თანდათან მისაწვდომი ხდება და ისეთი სასარგებლო ნამარხი, როგორც არის ნავთობი, უკვე დღეს ბევრ შემთხვევაში ზღვასქვედან მიიღება. უნდა ვითქვით, რომ მომავალში ზღვის ფსკერია გეოლოგია თანდათან მეტ ადგილს დაიჭერს მეცნიერებაში და პრაქტიკაში.

## წოვი შეკითხვა და რჩევა

რას პქვია მსოფლიო ოკეანე? რას ემყარება ასეთი ერთობილი ოკეანის წარმოდგენა? რა არის ზღვა, უბე (ყერძოდ ფიორდი), სრუტე? როგორ ზომავდნენ ზღვის სიღრმეს წინათ და როგორ ზომავენ ახლა? როგორ მიიღებოდა ზღვის ფსკერის სინჯები წინათ და როგორ ახლა?

როგორ გაირჩევიან კონტინენტები და ოკეანური აუზები მორფოლოგურად? ემთხვევა თუ არა ხმელეთი კონტინენტს? რა არის შელფი, კონტინენტური ბექობი, ოკეანის ფსკერი?

რა არის და სად მდებარეობს ოკეანური ღრმაობები (დასახელებთ)? რა არის კუნძულთა რკალები (დასახელებთ)? რა არის ოკეანური ქედები? ასწერეთ შუა-ატლანტური ქედი. როგორია ამ ქედების პეტროგრაფიული შედგენილობა? რა არის ვიიოები? რას უწოდებენ ოკეანურ ვაქსს? 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 მოძრუნალი ჩრდილო და სამხრულ ნახევარსფეროში.

როგორ წარმოიშობა მიმოქცევის ტალღები? რამდენი მოქცევის ტალღა გვიღის დღე-ღამეში ერთ ადგილას? რატომ არის მოქცევა უფრო ძლიერი მარჩხნაპირზე და სრუტეებში?

როგორ ვითარდება ჩვეულებრივი ტალღა? რით განსხვავდება დინებისაგან? რით განსხვავდება ზვირთი ტალღისაგან? რა მოსდის ტალღას სიღრმისკენ?

ასწერეთ გოლფსტრიმი.

რა არის ნექტონი, პლანქტონი, ბენტონი? ბიოცენოზი, თანატოცენოზი?

რა არის და როგორ ვითარდება აბრაზია? აბრაზიული წონასწორობა? ზღვიური ტერასები (როგორ წარმოიშობიან, როგორ გამოიყვანებიან)? როგორ წარმოებს აბრაზიული მასალის ტრანსპორტი? დალქვა? რა არის სანაპირო ბუჩკობი? ნერუნგი? როგორ იცვლება ნალექის ხასიათი შელფზე?

რა არის ლიტორული, სუბლიტორული, ნერატული, ბათიალური და აბისური ნალექები? რა არის აბისური შლამი (ფორამინიფერებიანი, რადიოლარიები-)

ანი და სხ.)? უფსკრულის წითელი თიხა? რატომ არ არის უღრმეს ადგილებში ფორამინიფერებიანი შლაში?

როგორ ხსნიან აბისურ ზონაში მსხვილმარცვლოვანი ნალექის არსებობას ზოგან?

რიფული კირქვების წარმოშობის პირობები. როგორ უნდა მოქცეულიყვნენ: რიფული კირქვები მაღალ კუნძულებზე ან დიდ სიღრმეებში? როგორ წარმოადგენენ დარვინის მიხედვით ატოლის განვითარებას?

## ტბები და ჭაობები

ტბები. ტბა არის ხმელეთის მეტად თუ ნაკლებად დიდი ჩაღრმავება, რომელშიც წყალი დგას და ზღვას კი არ ეერთვის. ზღვასთან. კავშირი, თუ არის, ხორციელდება ტბიდან გამომავალი მდინარის საშუალებით. მაგალითად, ლადოგის ტბას მდინარე ნევა აკავშირებს ფინეთის უბესთან. პალიასტომიდან გამომდინარე კაპარჭა 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 არაა. სამაგიეროდ პატარა ტბები ძლიერ ხშირია. მათი საერთო რიცხვი მთელ ხმელეთზე ერთი მილიონის რიგისაა. 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 ჭაობში 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. როდენ-

<sup>1</sup> „ლიმნე“, ბერძნ. — ტბა

საც გახსნილი ნოვთიერება 0,10%-ზე მეტია და 0,35%-ზე ნაკლები, ტბას მარილიანს ეტყვიან, და 0,35%-ს ზევით — მლაშეს.

გახსნილი ნოვთიერების რაგვარობის მიხედვით მარილიანი (და მლაშე) ტბები იყოფიან: კარბონატულ ანუ სოდიანებად, სულფატურებად და ქლორიდულებად. კარბონატული (სოდიანი) ტიპის ტბების წყალში არის  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  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



სურ. 178. ამთხელის ტბა.

ქლორიდულებში —  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ . თითოეულ შემთხვევაში არის, რა თქმა უნდა, სხვა მინარევებიც.

ქიმიზმის მიხედვით ძლიერ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან გამდინარე და გაუღინარე ტბები. გამდინარე იქნება ტბა, თუ მას განაკადი აქვს. მაგალითად, გამდინარე არის ბაიკალის ტბა, საიდანაც გამოდის მდინარე ანკარა. ანკარა ამ ტბის განაკადია. გამდინარეა ლადოგის ტბა და ნევა — მისი განაკადი. პირიქით, კასპიური და არალის ტბები გაუღინარე არიან: იქედან მდი-

ნარე არ გამოდის. გაუდინარი 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 დაგროვება არ ხდება და ტბა მტკნარი არის. გაუდინარ ტბაში შენაკადებს მუდამ შეაქვთ მარილები, რაგინდ ცოტა, ხოლო გატანა კი არ წარმოებს: შესული წყალი ორთქლდება, მარილი კი ტბაში რჩება და გროვდება — გაუდინარი ტბები ყოველთვის მარილიანია. თათქო არის გამონაკლისები, მაგრამ მოჩვენებითი. მაგალითად, ცნობილი ჩადის ტბა საპარის უდაბნოში „გაუდინარია“ და იმავე ღროს 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 უწყვეტლივ: 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 ნაპირებს ვეღარ გასწვდება და უკან დაიხევს: ტბის ზედაპირი შემცირდება და შემცირდება აორთქლებაც — ისევ წონასწორობა დამყარდება ახალ ცვლილებამდე. ამგვარად, გაუდინარი ტბის ზედაპირის ფართობი წყლის მოდინებასა და აორთქლებას შორის ცვლებადი წონასწორობის გამო მხატველია.

ადვილი დასანახავია, რომ გაუდინარი ტბის თვით არსებობასაც კი ჰავის პირობები (ნალექების რაოდენობა, აორთქლების ინტენსივობა) განსაზღვრავენ. მაგალითად, ნესტიან ჰავაში გაუდინარი ტბა შეუძლებელია, რადგან, რაკი ნალექების რაოდენობა სჭარბობს აორთქლებას, დეპრესია, რაგინდ დიდი, ბოლოს და ბოლოს წყლით აივ-

სებოდა და ტბას განაკადი გაუჩნდებოდა. მშრალი ჰაერის პირობებში, პირიქით, თუ აორთქლება ძლიერ ჰარბობს, ტბა მთლიანად დაშრება. ასე ხდება დროებითი ტბების შემთხვევაში. თუ ტბა, მაგალითად, ზაფხულში შრება და ზამთარში ისევ აღდგება, ეს იქნება პერიოდული, სეზონური ტბა.

წყლის ტემპერატურა ტბაში სსვადასხვაა. არის ცხელი ტბებიც, ძლიერ იშვიათი.

**ტბების კლასიფიკაცია.** ტბების სხვადასხვაობა წარმოშობის მიხედვით ძლიერ დიდია და საჭიროს ხდის მათ კლასიფიკაციას. პირველ რიგში შეიძლება გავარჩიოთ ზღვეული და ხმელეთური ტბები. განსხვავება გენეტურა თვალსაზრისით უქვეყლად დიფერენციალურია, თუმცა ამ ტიპის ტბების ერთმანეთისგან გარჩევა ხშირად გაძნელებულია. როგორც ზღვიური წარმოშობის მაჩვენებელს, ჩვეულებრივ აღნიშნავენ ზღვიური ცხოველების გადმონაშთს ტბაში, ანუ რელიქტურ ზღვიურ ფაუნას, მაგრამ ეს საბუთი ბევრს დამაჯერებლად არ მიაჩნია: ასეთი ფაუნა ზღვის აწლო მდებარე ხმელეთის აუზშიც შეიძლება გავითარებულაყო. ზღვიდან როგორმე გადმოსულიყო. მაგრამ ეს არ ნიშნავს. რომ ზღვეული ტბები საერთოდ არ არსებობდეს. მათი გამოცნობაა მხოლოდ ძნელი. ზღვეული ტბის საუკეთესო მაგალითი არის კასპიური ტბა. იგი რომ გეოლოგიურად აწლო წარსულში ოკეანესთან შეერთებულ ზღვას წარმოადგენდა, ეს აშკარად მტკიცდება მთელა ამ მხარის გეოლოგიური წარსულით. ზღვეული ტბების წარმოშობა მცირე მამტაბით „ჩვენ თვალწინაც“ ხდება, კერძოდ, როდესაც ლავუნი ზღვასთან კავშირს ჰკარგავს. საეჭვო არ არის, რომ პალიასტომის ტბა ერთ დროს ზღვასთან იყო უშუალოდ დაკავშირებული.

ხმელეთური ტბების წარმოშობის საკითხი მათა დეპრესიის წარმოშობის საკითხია. ყველაზე მარტივი შემთხვევაა დაგუბებითი ტბები, იქნება ეს ზვავ-მეწყრის მიერ დაგუბება თუ მყინვარის ან ლავის ნაკადით გამოწვეული. როგორც უკვე აღინაშნა, თოვლეთის ხაზს ქვევით ჩამოსულმა მყინვარმა, რომელიც ხეობას მიჰყვება, შეიძლება ვზა გადაუჭრას ხეობის შენაკადს და ტბა დააგუბოს. ასევე შეიძლება დააგუბოს წყალი ხეობაში გვერდიდან შემოჭრილმა ლავის ნაკადმა.

ზვავ-მეწყრით დაგუბებული ტბები ხშირია მთიან მხარეებში. ასეთია ქვედის ტბა ზემო რაჭაში, ასეთად სთვლიან რიწის ტბასაც აუხაზეთში.

სხვა არის ზეჩაღრმავეებითი დეპრესიები. ქლინარე თუ ხეობაში უფრო სუსტ ქანებს მიჰყვება და წინ მაგარ ქანებს წააწყდა, 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 გავრცელებულია ე. წ. სუფოზური<sup>1</sup> ტბები. ასეთი იყო სამი ტბა აწინდელი „თბილისის ზღვის“ ადგილას, ასეთია გლდანის ტბა, კუმისის ტბა და სხ. აქ ნიადაგქვეშა მკვიდრი ქანები ხსნად ნივთიერებას შეიცავენ უხვად. მიწაქვეშა წყლები ამ მარაღებს ხსნიან და გააქვთ. ქანებს მოკულობა დააკლდება და მიწა ჩაჭდება. წარმოიშობა დეპრესია, რომელშიაც წყალი გროვდება.

დასასრულ მოვიგონოთ, რომ ტბები ჩნდება მდინარის დივაგაციის პროცესშიც, თუ მას მუდმივი მოსწყდა. ყველა ეს ტბები ეგზოგენური ხასიათისაა (ლავის ნაკადით დაგუბებულს თუ გამოვრიცხავთ). მათ გვერდით უნდა მოვიხსენიოთ ენდოგენური ტბებიც. ასეთი იქნება კრატერის ტბები, მარები (იხ. ვულკანური მოვლენები) და ტბები, რომელნიც ლავეური ზეწრების უწორმასწორ ზედაპირზე ჩნდებოან, როგორც ჭავახეთის და მეზობელი მხარეების ზოგი ტბა.

ენდოგენურ ტბებში სპეციალურად უნდა აღინიშნოს ტექტონიკური 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 თბილისთან, თუმცა სუფოზური, 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

<sup>1</sup> Suffosio, ლათ. — ძირის გამოცლა.

კლასტური მასალა განიცდის ტრანსპორტს და თან დაქუცმაცება-დარგვალებას. მასალა ილექება, როგორც წესი, მით უფრო შორს ნაპირიდან, რაც უფრო წვრილია იგი.

პატარა ტბების შემთხვევაში ეს პროცესი თანდათან უფრო უმნიშვნელო ხდება და მთავარია შენაკადის თუ შენაკადების მოქმედება. როგორც უკვე აღვნიშნეთ (იხ. ზემოთ), გაზდინარი ტბის შემთხვევაში განაკადი უწყვეტლივ აწარმოებს ტბიდან გამოსავალში თავისი კალაპოტის გაღრმავებას. ამის შედეგად განაკადის კალაპოტი დაბლა იწევს, ღრმავდება და, ცხადია, უნდა დაიწიოს წყლის დონემაც როგორც განაკადში, ისე ტბაშიც. ეს კი ტბის ფართობის შემცირებას ნიშნავს და, ადრე 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, გამოჯის, რომ 27 000 წელიწადი კმარა, რათა ჩაჩქერმა ტბამდე მიღწიოს 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 მიახლოება 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 ბასი.

**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 ა თ ვ ის <sup>1</sup>. ლაგუნა ჰქვია ზღვის უბეს, რომელ-

<sup>1</sup> იტალიური laguna წარმომდგარია ლათინურისაგან: lacus — ტბა.

საც 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 გადაძვავალი საფეხური ზღვიდან ტბისაკენ. ეს კია, რომ ლაგუნას უწოდებენ აგრეთვე მარჯნულ ატოლებში მოქცეულ აუზებს, რომელთა ბუნება მრავალი მხრით განსხვავებული არის.

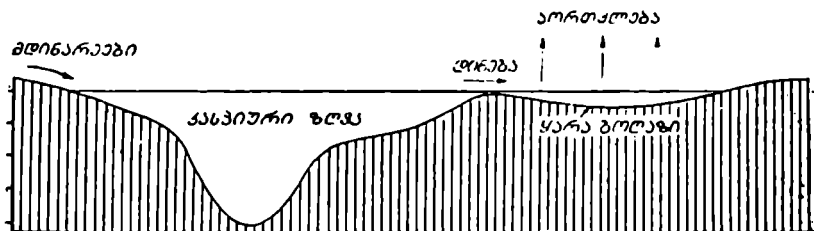
როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ტბებში შემომდინარე წყალს, მდინარე იქნება ეს, ზეწრული ჩამონადენი, თუ მიწასქვეშა წყალი, გახსნილი ნივთიერება შემოაქვს. წყლის უწყვეტი აორთქლების გამო მარილების რაოდენობა თანდათან მატულობს და ბოლოს შეიძლება გაჭერებას მიადწიოს. ამის შემდეგ დაიწყება დალექვა. პირველ ხანად მას სპორადული ხასიათი ექნება: მშრალ სეზონში გაჭერებული წყლის აორთქლება დალექვას გამოიწვევს; ნესტიან სეზონში წყლის მოდინება არა თუ დალექვას შეწყვეტს, უკვე დალექილიც შეიძლება გაიხსნას. სანამ „თბილისის ზღვა“ აიგებოდა, ადვილი სანახავი იყო, როგორ მოიფინებოდა იქაური ტბების გაშიშვლებული ნაპირებზე მარილების თეთრი ფიფქით ზაფხულში, ხოლო შემოდგომაზე წყალი იმატებდა და მარილი იხსნებოდა. არგენტინის პამპასებში ერთი-ორი კვირის ცხელი უწყვიმარი ამინდი კმარა, რათა თვალუწვდენელი ველები მარილების ბრჭყვიალა ფიფქით დაიფაროს.

უფრო მშრალ ჰავაში ერთხელე დალექილი მარილები აღარ გაიხსნება, მთლიანად მაინც. 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 კპოულობენ: მარილები უდავოდ ზღვის წყლის აორთქლების შედეგად არიან დალექილი, ე ვ ა პ ო რ ი ტ ე ბ ს წ ა რ მ ო ა დ გ ე ნ ე ნ .

ამ წინააღმდეგობათა ასსნა ყარა ბოლაზის უბის (ლაგუნის) თავი-



სებურ ხასიათში კპოულობს ერთგვარ დასაყრდენს. ეს უბე კასპიური ზღვისგან თიხა-სილის ვიწრო ზღურბლით გამოიყოფა (სურ. 179). ზღვათან კავშირი მხოლოდ მცირე სრუტით არის უზრუნველყოფილი, თანაც წყლის დინება მარტო ზედა ფენაში შეიძლება, რადგან სრუტე ძლიერ მარჩხი არის.



სურ. 179. ყარა ბოლაზი.

ყარა ბოლაზი მოთავსებულია ცხელსა და მშრალ 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. ყარა ბოლაზიდან 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 რომ გავრძელდეს, ყარა ბოლაზში კასპიური ტბის მთელი მარილები შეიძლება დალექილიყო. მხოლოდ ეს კია, რომ ყარა ბოლაზი, როგორც არის, ბევრ მარილს ვერ დაიტევს. საჭირო იქნებოდა მისი ფსკერი იძირებოდას. ასეთ პირობებში რომელიმე უბე რომ ზღვას და ოკეანეს ერთ-

ვოდეს, დალექვას პრაქტიკულად საზღვარი არ ექნებოდა. მსგავს პირობებში უნდა იყოს წარმოშობილი ევაპორიტების<sup>1</sup> ზემოთ ხსენებული საბადოებიც.

უკანასკნელ წელთათეულებში 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 ყარაბოღასისებური პირობები უნდა ყოფილიყო და თან ლაგუნის ფსკერის დიდი დაძირვა, მარილის დალექვასთან ერთად მიმდინარე. სანამ დაძირვა ლაგუნის და ოკეანის შემაერთებელ სრუტეს არ შექმნებოდა, 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 თითოეულ რაოდენობაზე. ხსნადობაზე, მარილების ურთიერთგავლენაზე და ტემპერატურაზე. საერთოდ, ზღვიური ტბის წყალში ჭერ 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, მცენარეულობით არის დაფარული. ეს მცენარეულობა ორგვარად მიიწევს ტბის შიგნით. ერთი მხრით მცენარეული ნაშთების დაგროვება ფსკერზე სხვა ნალექებთან ერთად ხელს უწყობს ნაპირის შიგნითკენ გადაწევას. ეს პროცესი ბოლო ანგარიშში ტბის დაჭაობებით უნდა დამთავრდეს.

<sup>1</sup> Evaporare, ლათ. — აორთქლება. ევაპორიტი ეწოდება მარილიანი წყლის აორთქლების შედეგად წარმოშობილ ნალექს. ეს შეიძლება იყოს ანჰიდრიტი, ქვამარილი და სხვა ასეთი.

მეორე მხრით, იგივე მცენარეულობა ტბისკენ შეიძლება ისეთ-  
ვევარადაც წაიზარდოს, რომ ფსკერთან დაკავშირებული თითქმის  
ალარ იყოს: მცენარეებისათვის, ბუჩქებისა და ბალახისათვის საჭირო  
მკვებავი მიწა თვით მცენარეების ფესვებს უჭირავთ შეკრული. ასეთი  
მცენარეები ქარის შემთხვევაში შეიძლება კიდევ მოსწყდნენ ნაპირს  
და ტბაში შეეცურონ, სანამ ქარი მათ ისევ ნაპირთან არ გაიტანს.  
ამათ უწოდებენ ჩილეებს. მაგალითისთვის შეიძლება დავასახე-  
ლოთ ჰელიალელის ტბა სოფ. ნიკორწმინდათან (რაჭა). ჩილეების  
ფესვები და მათში მოყოლილი მიწა ქვევითკენ იზრდება და ბოლოს  
მტკიცედ უკავშირდება ფსკერს — ტბის მკვიდრი ნაპირი შიგნითკენ  
გადაიწვეს. ამის გამო თვით ჩილეების განვითარებაც წინ მიიწვეს  
ტბაში და ავიწროებს მას. იმავე დროს მცენარეული მასალა ფსკერ-  
ზედაც გროვდება და მისი სისქე ზევითკენ იზრდება.

როგორც უნდა იყოს დაგროვების პროცესი, ტბაში დაგროვე-  
ბული მცენარეული მასალა შემდეგ გარდაქმნას განიცილის ქანგბა-  
დის ნაკლებობის პირობებში და ამგვარად წარმოიშობა ტბიური  
ტორფი, რომლის სისქემ შეიძლება რამდენიმე მეტრს მიაღწიოს. ეს  
ნაპირისაკენ ტბის ამოვსება-დაქაობებას და ბოლოს დაშრობას ნიშ-  
ნავს.

მეორე მხრით, ტბაში არის მდიდარი პლანქტონი და ბენტოსი. გა-  
დასული პლანქტონი ფსკერზე იძირება და ბენტოსთან ერთად შექა-  
ნიკურ ლამში გროვდება. ამგვარად წარმოიშობა თავისებური ნალე-  
ქი, რომელსაც ს ა პ რ ო პ ე ლ ი ' ჰქვია. საპროპელი ჯერ მეტწილად  
წყლისაგან შედგება, მაგრამ ზევითკენ ახალი ფენების დაგროვების  
კვალობაზე ქვედა ფენები მკვიდროვდებიან და მკვრივდებიან. წარმო-  
იშობა 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  
ანუ კ ე ნ ე ლ ი. თუ მინერალური მინარევი, თიხა და მერგელი, ქარ-  
ბობს, მივიღებთ სხვადასხვა ს ა წ ვ ა ე ფ ი ქ ა ლ ს, რომელიც, ქვა-  
ნახშირის გვერდით, გავრცელებულია ტყიბულშიც.

ჭაობები. ტბის ამოვსება, თუ მისი ფსკერი საკმაოდ ვაკეა, ადგი-  
ლის დაჭაობებით თავდება. ჭაობი ჰქვია ისეთ ადგილებს; სადაც ნია-  
დაგი ზედაპირამდე წყლით არის ქარბად გაჭერებული. ასეთი პირო-  
ბები ვითარდება, საცა კი ჰავა იმდენად ნესტიანია, რომ ატმოსფე-

1 „საპროს“, ბერძნ. — დამპალი, „პელოს“ — ლაფი.

რული ნალექების ოდენობა აღემატება აორთქლებას და თან წყლის ზედაპირული და მიწასქვეშა გაღინება იმდენად სუსტია (ან სულ არ არის), რომ განტვირთვის ვერ უზრუნველყოფს. აქედან ნათელია, რომ ჭაობის განვითარება ვაკე ადგილებთან არის დაკავშირებული და შეიძლება განისაზღვროს, როგორც გრუნტის წყლის დონის აწევამიწის ზედაპირამდე. ისიც მოხდება, რომ, თუ ქანები საკმაოდ წყალგამტარი არიან, ჭაობს ახლობელი მდინარე ან ტბა ჰკვებავდეს. ვრცელი ჭაობებით იყო დაფარული კოლხეთის ალუვიური დაბლობი.

დიდი გავრცელება აქვს თავისებურ ჭაობებს ტროპიკულ სარტყელში ზღვების და ოკეანის მონაპირე დაბლობებში, ტროპიკული წვიმების პირობებში. თუ მოქცევის დროს ასეთ დაბლობებში ზღვისწყალი შემოდის, ჭაობი მარილიანი იქნება, თუ ვერა— მტკნარი. ეს ჭაობები დაფარულია ე. წ. მანგროვული ტყეებით. მ ა ნ გ რ ო ვ ი<sup>1</sup> ამ თავისებურ პირობებს შეგუებული ხეების მცირერიცხოვანი სახეებისგან შედგება. ასევე ღარიბია და დაჩაგრული იქ ბუჩქნარი და ბალახიც.

თუ რელიეფი დავაკებული არის და სინესტეც საკმაოა, დაჭაობება შეიძლება მაღლობებზედაც მოხდეს, კერძოდ მთებში. ასეთი მაღალჭაობები ჩვეულებრივად წყალგამყოფებზედ არის განლაგებული. გასაგებია, რომ მაღალჭაობების მცენარეულობა სხვა შედგენილობის არის, ვიდრე დაბალჭაობებისა. სწორედ მაღალჭაობებს ახასიათებს ხავსი Sphagnum, რომელსაც ხშირად იხსენიებენ როგორც ჭაობის თანამგზავრს.

ამგვარად, შეიძლება გავარჩიოთ მაღალჭაობები (Hochmoir) და დაბალჭაობები, უკანასკნელთა შორის ზღვისპირა ჭაობები (მარილიანი და მტკნარი), ტბისპირა ჭაობები, ჭალის ჭაობები. რამდენადმე ცალკე რჩებიან ჭაობები, რომელნიც საკუთრივ მიწასქვეშა წყლით იკვებებიან. როგორც შემდეგ დავინახავთ, არის კიდევ თავისებური დროებითი ტბები და ჭაობები უდაბნოში.

ჭაობის არსებითი თვისება არის, რომ იქ მღორე წყალი დგას და აერაცია არ არის ან ძლიერ სუსტია. ჟანგბადის ნაკლებობა დიდია და ზოგჯერ წყალი გოგირდწყალბადითაც (H<sub>2</sub>S) კია მოწამლული. ამიტომ არის ჭაობის ცოცხალი სამყარო, მცენარეებიც და ცხოველებიც, ისეთ რიგად დაჩაგრული და ღარიბი. ასეთ პირობებში სიცოცხლის განვითარება ხომ გაძნელებულია და წყალქვეშე ჟანგბადის ნაკ-

<sup>1</sup>Mangrove, ინგლ. — იგივე მნიშვნელობა.

ლებობის პირობებში მკვდარი მცენარეების და ცხოველების ხრწნაც ვერ იქნება ნორმული და სრული. სრული დაეანგვის ნაცვლად, როგორც პაერზე ხდება, აქ გადასული მცენარეების ორგანული ნივთიერება მხოლოდ ნაწილობრივ გარდაქმნას განიცდის და ამგვარად წარმოიშობა ჭაობისათვის დამახასიათებელი ტორფი, რომელშიაც მცენარეული სტრუქტურები ჯერ კიდევ შესამჩნევი რჩება. ტორფი თანდათანობით გროვდება ჭაობის 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 ჭაობებში ტორფის სისქე დაახლოებით 7 სანტიმეტრით იზრდება 100 წელიწადში.

თუ ტორფის დასტა სქელია, მისი ქვედა, უფრო ღრმა ფენები, რომელთაც ზედა ფენები აწვება და ამჟიდროვებს და რომელნიც ყანგბადსაც უფრო და უფრო არიან მოკლებული, პროგრესიულ განახშირებას განიცდის, ტორფი მურა ნახშირის თვისებებს იძენს. ძირითადად ამგვარად ჰგულისხმობენ ქვანახშირის წარმოშობას. მხოლოდ, იმისათვის, რომ სრული განახშირება მოხდეს, საჭიროა, ტორფი (და მასასადამე ჭაობიც) მოჰყოლ ნალექებს ქვეშ დაიძიროს და ღრმად დაიმარხოს დიდი ხნით. კარგად არის ცნობილი კარბონული ასაკის ნახშირის საბადოები, მაგალითად, დასავლური გერმანიის რურის აუზში ან დონეცის აუზში, სადაც არაერთი ათეული ნახშირის ფენა არის და თითოეულ დასტას ასეთი უნამარხო ნალექები მოსდევს. ორივე ამ შემთხვევაში ჭაობები ზღვისპირული ყოფილა და ნახშირის დასტებზეა ნალექებში ზღვიურ ნამარხებს პოულობენ. ასეთ ქვანახშირს პ ა რ ა ლ უ რ ს<sup>1</sup> უწოდებენ.

პარალური ნახშირების წარმოშობა ზღვისპირის ჭაობებში იწყება, კერძოდ მანგროვული მცენარეების ხარჯზე. მაგრამ მცენარეული ნივთიერების (ტორფის) დაგროვებას ხმელეთის დაძირვა მოსდევს და ჭაობი ზღვით იფარება. გარკვეული დროის მანძილზე მიმდინარეობს ნორმული ზღვიური უნახშირო ნალექების დაგროვება. შემდეგ მხარე ისევ აიწვეს, ადგილი დაჭაობდება და ასე მრავალჯერ. მხარე განუწყვეტლივ ვერტიკალურ ქანაობას განიცდის.

მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ნახშირის დაგროვება-განვითარება ხმელეთზე მიმდინარეობს მთლიანად. ასეთ შემთხვევაში ჭაობის ნა-

<sup>1</sup> „პარა“, ბერძნ. — ახლო, „პალს“ — ზღვა. ზღვის ახლო.

ლექები (ტორფი) ჩვეულებრივ კონტინენტურ (ტბიურ თუ მდინარე-ულ) ნალექებს ქვეშ იმარხება და ნახშირდება. აქაც მიწის ზედაპირის აწვევა-დაწვევასთან გვაქვს საქმე, მაგრამ ზღვის დონეს ზევით. აქაც ეს პროცესი მრავალჯონის შეიძლება გამეორდეს. 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.

ჭაობის რელიეფი ისეთია, რომ იქ ეროზია და მასალის მექანიკური გადატანა არ წარმოებს. არც მექანიკური ნალექი არის. მხოლოდ წვიმის ღვარებს თუ შემოაქვთ ჭაობის კიდევებში ცოტაოდენი სუსპენზია და გახსნილი ნივთიერება. უფრო მნიშვნელოვანია ამ მხრივ ნიადაგის წყლის ხსნარები. ჭაობის ორგანულ 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. ჭაობის მურა რკინობს ჩვეულებრივ ჭაობის მადანს უწოდებენ. ზოგჯერ მისი რაოდენობა ისეთია, რომ მას სამრეწველო მნიშვნელობა ეძლევა.

ჭაობებს დიდი გავრცელება აქვთ. მთელ მიწაზე მათ 175 მილიონი ჰექტარი უჭირავთ. გეოლოგიური თვალსაზრისით განსაკუთრებით აღსანიშნავი არის მათი როლი ტორფის და შემდეგ ქვანახშირის წარმოშობაში.

დიდია ჭაობების სახალხო-მეურნეობრივი მნიშვნელობაც. რუსეთში ფართოდ წარმოებს ტორფის მოპოვება. იგი იხმარება როგორც ადგილობრივი მდარე ხარისხის საწვავი, როგორც ქიმიური ნედლეული სხვადასხვა ქიმიკატების მისაღებად, როგორც სითბობა დაუცავი საშენი მასალა და სხ.

მაინც მოსახლეობისათვის და სახალხო მეურნეობისათვის ჭაობი დიდი ბოროტებაა და არა უპირატესობა რამ. ამიტომ წარმოებს ენერგიული ბრძოლა დაჭაობების წინააღმდეგ. დაჭაობებას იწვევს ორი ფაქტორი: უხვი ატმოსფერული ნალექები და წყლის გადინების უკმარობა. პირველთან ბრძოლა, რაც ჰავის შეცვლას ნიშნავს, ჯერჯერობით პრაქტიკულად შეუძლებელი არის. ამიტომ მიმართავენ მეორე გზას, ე. ი. წყლის გადინების უზრუნველყოფას ანუ დრენაჟს. ამგვარად მიმდინარეობს კოლხეთის ჭაობების დაშრობა.

ტბების, ლაგუნების და ჭაობების მნიშვნელობა საკმაოდ დიდია.

მიწის რელიეფის განვითარებაში. მნიშვნელოვანია მათი როლი სახალ-ხო მეურნეობაშიც. ამ მხრივ ევაპორიტების და საპროპელიტების გვერდით უნდა მოვიხსენიოთ ტბის თუ ქაობის რკინის მადანი. შეიძლება აღინიშნოს ისიც, რომ დღეს თანდათან უფრო ხშირი არის ხელოვნური ტბები, რომელთაც ადამიანი აგებს წყლის ენერჯის გამოყენების მიზნით (პილროტექნიკური მშენებლობა) და სახნავ-სამთესი მიწების მელიორაციისათვის.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რას ჰქვია ტბა? გამდინარი და გაუდინარი ტბა? მაგალითები.  
როგორ არჩევენ მტკნარ, მარილიან და მლაშე ტბებს?  
ტბების რა და რა გენეტურ ტიპებს არჩევენ? რა არის ლაგუნა?  
როგორია ტბების გეოლოგიური მოქმედება და ხანგრძლივობა;  
რა არის ევაპორიტები? ასწერეთ ყარა ბოლაზის მაგალითი.  
რა არის და როგორ წარმოიშობა ქაობი? როგორ ხდება ტორფის განვითარება ქაობში?

### 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 ა ნ უ ნ ი ა ე ი, განსაკუთრებით ძლიერზე იტყვიან გ რ ი გ ა ლ ი ო. წყალნარევი (წვიმანარევი) იწოდება ქ ა რ ი შ ხ ა ლ ა დ, ხოლო თოვლნარევი — ბ უ ქ ა დ. შესაძლებელია მტერის ბუქიც.

ქ ა რ ი ს მ ი მ ა რ თ უ ლ ე ბ ა განისაზღვრება იმ მხარის მიხედვით, ს ა ი დ ა ნ ა ც 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 გ ა ბ ა ტ ო ნ ე ბ უ ლ ი ქ ა რ ი ო.

ქარის ძალა დამოკიდებულია მის სიჩქარეზე, უკანასკნელი კი ძლიერ ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. არის ძლივს შესამჩნევი სიოც და იმავე დროს ცნობილია შემთხვევები, როდესაც გრივალი ქარის სიჩქარეს საათში 300 კილომეტრისთვის გადაუქარბებია (ანტარქტიკაზე).

რეჟიმის მიხედვით არჩევენ პასატებს, მუსონებს, ბრიზებს, ფონებს და მრავალ სხვას.

ქარს იწვევს ატმოსფერული წნევის სხვადასხვაობა მიწის ზედაპირის მეზობელ უბნებში, ხოლო თვით წნევა დამოკიდებულია ჰაერის ტემპერატურაზე: საცა ტემპერატურა დაბალია, ჰაერი შეკუმშულია და მძიმე, საცა მაღალი — გაფართოებული და მსუბუქი. ჰაერის მოძრაობა პირველი ადგილიდან მეორისაკენ იწარმოებს. ცხადია, რომ, რაკი ჰაერს მზე და მზის მიერ გამთბარი მიწა ათბობს, ქარის მამოძრავებელი ენერგია მიწას მზისგან მოსდის. ამიტომ არის, რომ ქარის გეოლოგიური მოქმედება გარედინამიურ 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 სიმტკიცედაკარგული, 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, ნელი მაგრამ შორსმწვდომი მოცვეთა, თითქოს ხეხვის პროცესში. ქარის მოქმედების ამ მეორე სახეს კორაზია<sup>2</sup> უწოდებენ. რა თქმა უნდა, საკუთრივ მტერის საშუალებით ინტენსიური კორაზია შეუძლებელი იქნებოდა, მაგრამ მტერთან ერთად ქარი ამოძრავებს უფრო მსხვილსა და მძიმე მასალასაც — სილას, ქვიშას და, ძლიერი გრიგალის შემთხვევაში, ხვინჭასაც კი. ესენი აძლევენ მას უნარს მტკიცე ქანებიც კი მოსცივოს.

დეფლაციას, კორაზიას და სხვა ქარისმიერ მოვლენებს ეოლოურს<sup>3</sup> უწოდებენ. ცხადია, რომ ეოლოურ ნგრევას სუსტი ქანები

<sup>1</sup> Deflatio, ლათ. — ჩამობერვა, ჩამონიაება.

<sup>2</sup> Corrasio, ლათ. — ფხეკა, ხოწვა.

<sup>3</sup> „ეოლოს“ — ქარის ღმერთი ძველ საბერძნეთში.



უფრო მეტად განიცდიან, მაგრამ მას ექვემდებარებიან უმტკიცესი ქანებიც. ეს კია, რომ დეფლატია-კორაზიის ინტენსივობა ძლიერ განსხვავებული არის სხვა პირობების მიხედვითაც. ერთი ასეთი პირობა არის ქარის ძალა: რაც უფრო ძლიერია ქარები, მით უფრო შედეგია იქნება ეს პროცესი. მაგრამ ქარის სიჩქარე და, მაშასადამე, ძალაც უშუალოდ მიწასთან საგრძნობლად ნაყლები არის, ვიდრე უფრო მაღლა, და თან მოძრაობას ტურბულენტური ხასიათი აქვს. ამის მიზეზი არის მოძრავ ჰაერსა და მიწის ზედაპირს შუა ხახუნი. 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 შეხებისაგანაც. თანაც ბალახის ფესვები ნიადაგის ფხვიერ მააალას ამჭიდროებენ 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 ეოლური 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 კვალსაც აღარ სტოვებს. ამიტომ ეოლური მოვლენების შესასწავლად მიმართავენ არიდულ<sup>1</sup> მხარეებს და კერძოდ უდაბნოებს, სადაც ქარის მოქმედება მთავარ როლს თამაშობს და განსაკუთრებით მკაფიოა.

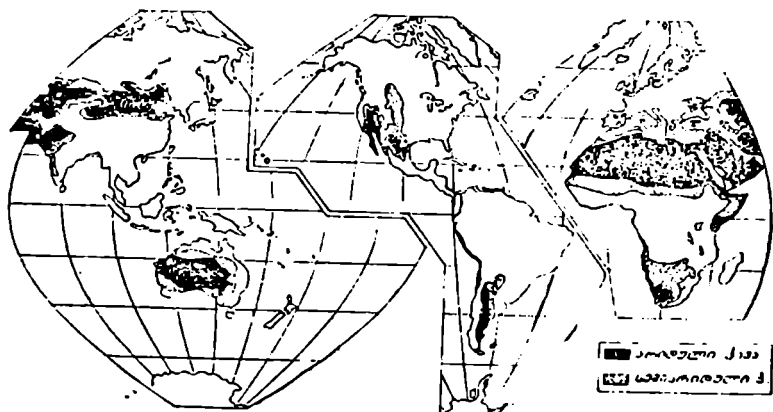
**უდაბნოები.** უდაბნოს რომ ვიტყვი, ჩვენს კლიმატურ პირობებს შეჩვეულებს რაღაც საიშვიათო და სიცოცხლეს მოკლებული მხარეების წარმოდგენა გვებადება. ნამდვილად კი უდაბნო არც სავსებით სიცოცხლემოკლებული არის და არც იშვიათი რამ: მიწის ზედაპირის საგრძნობ ნაწილს წარმოადგენს. საკმაოა ითქვას, რომ უდაბნოებს მთელი ხმელეთის ფართობის ერთი მეოთხედი უჭირავს დაახლოებით და ამას შეიძლება მიემატოს ნახევრადუდაბნოები და სტეპები<sup>2</sup>. უდაბნოები გამონაკლისს რასმე კი არ წარმოადგენენ, ეს არის

<sup>1</sup> Aridus, ლათ. — მშრალი, გამომშრალი.

<sup>2</sup> სტეპი ეწოდება რუსეთის უტყეო, ბალახით დაფარულ მშრალ ველებს. დღეს ამავე ტერმინით აღნიშნავენ სემიარიდულ (ნახევრად არიდულ) ველებს ყველა კონტინენტზე.

კანონზომიერი კლიმატური მოვლენა, რომელსაც მთელი მიწის გარშემო ორი მკაფიოდ გამოხატული ფართო სარტყელი უჭირავს (სურ. 180).

თუმცა უდაბნოს შესახებ ჩვენი წარმოდგენა მაღალ ტემპერატურასთან არის დაკავშირებული, ეკვატორულ ზოლში უდაბნოები:



სურ. 180. არიდული (უდაბნოს) და სემიარიდული (სტეპების) ჰავის გავრცელება მიწაზე. მკაფიოდ ჩანს შორალი 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).

არსად არის. ერთი უდაბნური 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 ზღვასგალმა მხარეში (ყარაყუმი, ყიზილყუმი და 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. მაქსიმალური 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 საშუალო 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 სწრაფი აცივება მზის ჩასვლისას მიზეზებია იმისა, რომ არსად ქანების ტემპერატურული სკდომა და დაქუცმაცება ისე ძლიერი არ არის, როგორც უდაბნოში.

რაც შეეხება მცენარეულობას, ტყეები უდაბნოში ხომ არ არის და ბალახი და ბუჩქებიც მხოლოდ ქვიშიან უდაბნოში თუ იქნება, ისიც აქა-იქ გაფანტული. ბალახის საფარი მხოლოდ უდაბნოს გარეთ, სტეპებისკენ 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 ეფემერები<sup>1</sup>. არის ისეთი მრავალწლიანი მცენარეებიც, რომელნიც გვალვის პერიოდში „ძილის“ მდგომარეობაში გადადიან. ბუჩქები იმით ებრძვიან გვალვას, რომ გრძელი ფესვების საშუალებით

<sup>1</sup> „ეფემეროს“, ბერძნ. — სწრაფწარმავალი.

ღრნად ეჭებენ წყალს. ეგრეთ წოდებული ხორცოვანი მცენარეები (კაქტუსები. აგავები) კი, პირიქით, სინესტეს თავის სხეულში იმარაგებენ (სურ. 181). ყველა ეს მცენარეები გვალვას შეგუებულნი ანუ ქსეროფიტები<sup>1</sup> არიან. მეორე მხრით უდაბნოს მცენარეები უნდა შეეთიხონ მარილოვან ნიადაგსაც. — ესენი იქნებიან ჰალოფიტები<sup>2</sup>.



სურ. 181. უდაბნოს მცენარე Cereus.

ასევე ღარიბია და თავისებური უდაბნოს ცხოველთა სამეფო. უდაბნოს ცხოველთა მეტი წილისათვის დამახასიათებელია მსუბუქი და ჩქარი მოძრაობა. რაც იმასთან არის დაკავშირებული, რომ წყალი შორსა აქვთ საძებარი და არც მტრისაგან თავშესაფარი მოეპოვებათ (ჭეირასი და სხ.). ზოგჯერ სხეულში სინესტის დაგროვებაც ზდება (აქლემის კუჭი). სპეციალურად აღსანიშნავი არიან ორგვარად მსუნთქავი თევზები. ეს თევზები დროებითს წყლებში ცხოვრებას შეჰკუებიან. სანამ წყალი, ვთქვათ ტბა, არ დამშრალა. თევზი ლაყუჩებით სუნთქავს წყალში, როგორც ყოველი სხვა თევზიც. მაგრამ როდესაც გვალვა იწყება, იგი ლაშში ჩაფლვის და ჰაერით სუნთქავს. სუნთქვის ორგანო ამ შემთხვევაში თევზის სატივტივო ბუშტი არის. ასეთია Neoceratodus ავსტრალიაში, Lepidosiren ამერიკაში, Protopterus აფრიკაში. დღეს ეს თევზები უდაბნოს გარეც ცხოვრობენ, მაგრამ უდაბნოდან

(ნახევრად უდაბნოდან) უნდა იყვნენ გამოსული. 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

<sup>1</sup> „ქსეროს“. ბერძ. — მშრალი, „ფიტონ“ — მცენარე.

<sup>2</sup> „ჰალს“, ბერძნ. — მარილი და „ფიტონ“.

ლორლი, მსხვილი და წმინდა მტვერამდე. ქარი ადვილად ეპატრონება ამ ფიტვითი ქერქის წვრილმარცვლოვან მასალას და მოაქვს ან მიწის ზედაპირზე სალტაციით, ან ჰაერში ზეატაცებული მტვრის სახით (სურ. 182). ეს არის დეფლაცია.



სურ 182. მტვრის ბუქი უდაბნოში.

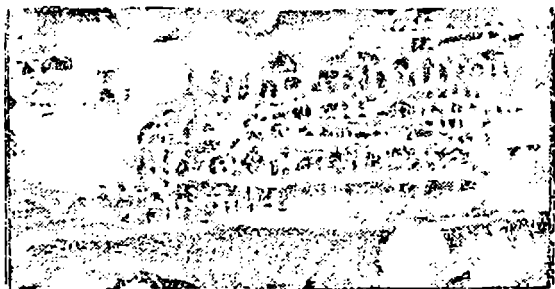
ამგვარად დაძრული მასალის რაოდენობა უდაბნოში სწორედ რომ უზარმაზარია. მოხდება ხოლმე, რომ მტვრის ქარბუქი მზეს აბნელებს რამდენიმე ხნით. ასეთ ბუქს წმინდამარცვლოვან მასალასთან ერთად მოაქვს დიდძალი სილაც. რაც შეეხება გადატანის მანძილს, ცნობილია, რომ არც ისე იშვიათად საჰარის მოწითალო მტვერი ქარს იტალიაში მოაქვს ხმელთაშუა ზღვის გადმოვლით და აქ წვიმას წითელ ფერს აძლევს. ამაზედ ამბობენ. სი ს ხ ლ ი ს წ ვ ი მ ა ო . კიდეც უფრო შორს, 2500 კილომეტრის მანძილზე უდაბნოდან, აღნიშნავენ საჰარის 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 ერთმანეთს ახლის და ამრგვალებს. ეს, რა თქმა უნდა, შეეხება სილას და წვრილ ქვიშას და

არა მტვერს. აღსანიშნავია, რომ ქარი სილის ისეთ პატარა მარცვლებსაც ამრგვალებს, რომელნიც წყალში კუთხედი დარჩებოდნენ. ეს იმით აიხსნება, რომ წყალში ასეთი მარცვლები სუსპენზიაში იმყოფებიან, ერთმანეთს ნაკლებ ეჯახებიან და ვერ დამრგვალდებიან. სწორედ ამით, დამრგვალებული მარცვლების მცირე ზომით, სარგებლობენ გეოლოგები 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 სიმაგრის მქონე ნაწილებისგან შედგება, ნაკლებად მტკიცე უბნები უფრო მეტად მოცვედება და წარმოიშობა პატარა ფოსოები, რომლებიც ქანის ზედაპირს ფიქსიებურ ფორმას აძლევენ. ამას ეწოდება ფიქსიებური ანუ სარაჯისებური გამოფიტვა (სურ. 183). იავე ქანის შე-



სურ. 183. ფიქსიებური გამოფიტვა.

მადგენელი ნაწილების მეტ-ნაკლებ გამძლეობაზედ არის დამოკიდებული ფიტვის მიერ გამოკვეთილი უცნაური სოკოსებური მოწამეები (სურ. 184). კლდოვან უდაბნოში (ჰამადაში) 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 უწორმასწორობის და ქანის არათანაბარი სიმაგრის გავლენით ზედაპირი დაიღაროს კარსტული „ქარების“ მსგავსად. ჩრდილო აფრიკაში ასეთ რელიეფს იარდანგებს ეწოდებენ (სურ. 186).

კორაზიის შედეგად მოლიპვას განიცდის არა მარტო მკვიდრი ქანების შიშველი ზედაპირი, არამედ ზედ მდებარე ცალკეული ქვებიც. ამგვარად წარმოდგება მოლიპული წახნაგი, ხოლო თუ ქარის მიმარ-

ათულება შეიცვალა ან რაიმე მიზეზით ქვა შებრუნდა, ჩნდება მეორე. ზოგჯერ მესამე წახნაგიც. წარმოიშობა წახნაგიანი ანუ, როგორც



სურ. 184. სოკოსებური გამოფიტვა.



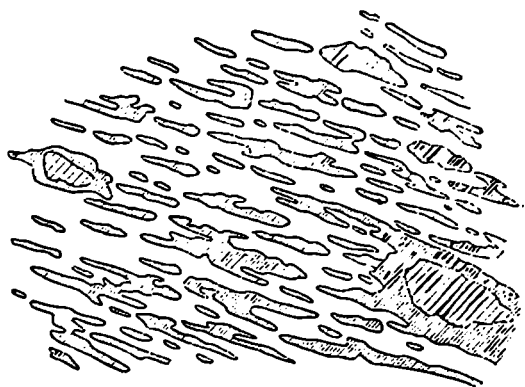
სურ. 185. მაგიდისებური გამოფიტვა.

ოტყვიან, ფაცეტური<sup>1</sup> ქვები (სურ. 187). გერმანელები ასეთ ქვებს კანტიანსაც (ქიმიანს) უწოდებენ. ფაცეტური ქვებზე ისევე, როგორც სილის დამრგვალებული წვრილი მარცვლები, ქარიშხლის მოქმედების გამოსაცნობ ნიშნად იხმარება.

ჰამადა და ერგი. ქარი ფიტვის ხელშეწყობით და დეფლაციისა და კორაზიის გზით ქანების ნგრევას და რელიეფის დენუდაციას აწარმოებს. ამ პროცესში წარმოშობილი ფხვიერი მასალა ქარსვე გააქვს — ეს იქნება ეოლური ტრანსპორტი — და, დასასრულ, ამ მასალის დაბინავება ანუ დალექვა ხდება. ამ პროცესში უფრო მაღალ ადგილებში ზედაპირი შიშვლდება, ხოლო შედარე-

<sup>1</sup> Facette, ფრანგ. — ზედაპირის პატარა ბრტყელი უბანი.

ბითი დაბლობები ქვიშა-სილით იფარება. ეს ქვიშა შეიძლება ღალე-  
ქილად მივიჩნიოთ. რადგან მისი ქვევით ჩამოტანა ბევრად უფრო



სურ. 186. ზევით — იარდანგები კრილში.  
ქვევით — იარდანგები ზევიდან.



სურ. 187. ფაცეტიანი ქვები.

ადვილი არის, უკან ზევითკენ წაღება კი გაძნელებული. ასე წარმოი-  
შობა უდაბნოების ორი მთავარი სახეობა: შედარებით უფრო მაღალად



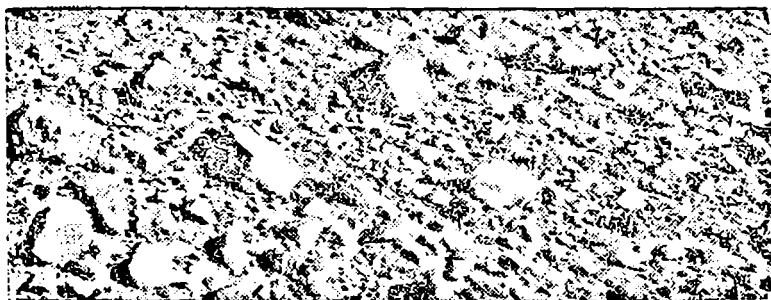


სურ. 188. ქაშადა.



სურ. 189. ერგო. კალიფორნია.

კლდოვან-ქვიშიანი უდაბნო, ანუ ჰამადა, და ქვიშიანი უდაბნო, რომელსაც ჩრდილო აფრიკაში ერგან, 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 დამახასიათებელია 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 დაარჩენილა, ქარს გაუტანია, რის დაძვრაც კი შეეძლო. ზოგჯერ ასეთ უბნებს ეოლური ქვაფენილს უწოდებენ (სურ. 190).



სურ. 190. ეოლური ქვაფენილი კალიფორნია.

სულ სხვაა ქვიშიანი უდაბნო ანუ ერგანი. ეს არის შეფარდებითი დებრესიები, მთლიანად ქვიშისა და სილის სქელი საფარით 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).

<sup>1</sup>გოხი (კოხი) მაგარ ქვას ჰქვია. ამიტომ დაურქმევიათ იმერეთში სეტყვისათვის გოხი.

ქვიშის უდაბნოს ზედაპირი უსწორმასწოროა. ბორცვოვანი: ესეც ქარის საქმე არის. ამიტომ ხშირად ბორცვების ზედაპირიც მშვენივრად გამოსახული რიპელმარკებით არის ალივლივებული.



სურ. 191. ბარქანი.



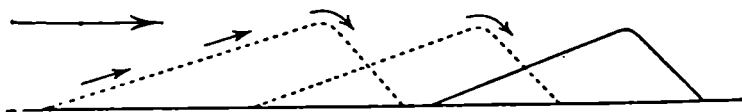
სურ. 192. ბარქანების ჭგუფი. მაურიტანია NW აფრიკაში.

ძლიერ გავრცელებულია უდაბნოში თავისებური ფორმის პატარა ბორცვები, რომელთაც შუა აზიაში ბარქანებს უწოდებენ (სურ. 191). ფორმით ბარქანი ახალ მთვარეს მოგვაგონებს. მისი გა-

მოზნეკილი მხარე ქარადმა იყურება და ქარისკენ არის დახრილი. შეზნეკილი მხარე ქარადმა არის დახრილი და თან უფრო ციცაბოა. დახრილობის კუთხე აქ მასალის (ქვიშის) ბუნებრივი ფერდის კუთხეს უდრის.

ბარქანის ქარადმა მხარეზე ქარს ქვიშა და სილა განუწყვეტლივ ზევით შიაქვს, ბარქანის მწვერვალისკენ. მწვერვალს გადასული მარცვლები ქარის ჩრდილში ექცევიან და სიმძიმის გავლენით ქვევით ცვივიან. ამიტომ არის ამ მხარის დაქანება ბუნებრივი დაფერდების კუთხის ტოლი. რადგან ბარქანის ქარადმა მხარეს ქარის საწინააღმდეგო დაქანება აქვს, ქარია მოქმედება აქ გაძლიერებულია და მეტი ქვიშა და სილა აიხვეტება. ვიდრე შოატანება. ქარადმა მხარეს, პირიქით. ახალი მასალა მოსდის. ამის გამო პირველი თითქო ცვდება, მეორეს კი ახალ-ახალი ფენები ემატება. შედეგი ის არის, რომ ბარქანი განუწყვეტლივ წინ მიიწევს. რადგან ბარქანის ფორმა უა 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.

იმიტათვის. რომ ბარქანი წარმოიშვას, საჭიროა, რომ ქვიშის მოძრაობა რაიმე დაბრკოლებას წააწყდეს, მცირე რამ ბუჩქს, ქვას-ან



სურ. 193. ბარქანის მოძრაობა.

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 გარეთკენ თანდათან ისოლებიან, სწორედ ამის გამო უფრო მოძრავი არიან და ოდნავ წინ უსწრებენ ბარქანის ცენტრულ ნაწილს.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ ყოველი დიუნის განვითარება ბარქანით იწყება. ამიტომ ბარქანად საერთოდ ახალგაზრდა და მაშასადამე, პატარა დიუნი იგულისხმებოდა. შემდეგ გამოირკვა, რომ ბარ-

ქანი ბატარა და ახალგაზრდაც შეიძლება იყოს და დიდიც. ეს არის არა დიუნის საწყისი ფორმა, არამედ დიუნების გარკვეული სახეობა.

დიუნებს ყოველთვის ბარქანის წესიერი ფორმა როდი აქვს. ეს არის მოძრავი ქვიშის ბორცვები. რომელნიც ზვეულებრივად ქარის მიმართულებას მართობულად არაან მეტ-ნაკლებად წაგრძელებული და რომელთა ქარადმა მხარე სუსტად არის ქარისკენ დაქანებული, ხოლო ქარადმა ფერდი ცვაბობა. დიუნებს შორის არის ისეთებიც. რომელთა მხრები წინ კი არ არაან წაწვდილი. როგორც ბარქანის შემთხვევაში. არამედ უკან. ქარისკენ არაან მიმართული (სურ. 194). მათი წარმოშობის მექანიზმი კარგად გამოკვლეული არ არის.

დიუნის (ბარქანის) მოძრაობის აღწერიას აღვნიშნეთ. რომ ქარადმა ფერდზე ფენა ფენას ემატება. ეს ფენები ერთმეორას პა-

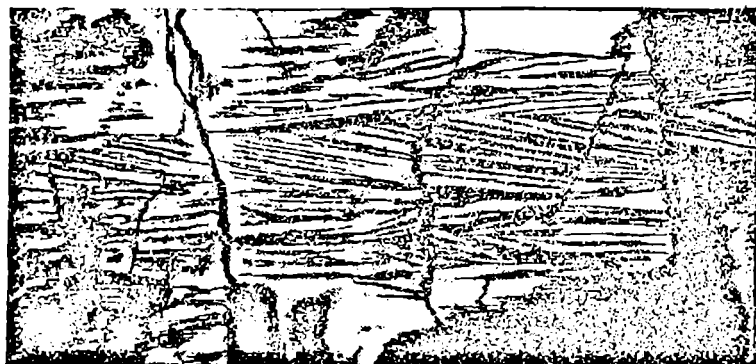


სურ. 194. წალი სებური ბარქანები. ჩრდილო ამერიკა.

რალეღური ვერ იქნებიან, რადგან გაბატონებული ქარის მიმართულება რამოდენადმე ცვალებადი არის და თვით დიუნას ზრდა და გადაადგილება მისი შემადგენელი ნაწილების ორიენტაციას სცვლის (მაგალითად, ადრინდელი მხრები გაზრდილი დიუნის ცენტრულ ნაწილში მოექცევიან, და სხვა 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

დელტებში არის ცნობილი; ეს სხვათა შორის ძველი ეოლური ნა-  
ლექების გამოცნობის ერთ-ერთი საშუალებაც არის.

ბარქანები და დაუნები ქვიშიან უდაბნოში ზოგჯერ გაფანტული  
გეხვდებიან, უფრო ხშირად კი ისინი მეტნაკლებად მჭიდროდ შექ-



სურ. 195. ხ ლ ა რ თ უ ლ ი შ რ ე ბ რ ი ე ბ ა .

გუფებული არიან. ყველაზედ მარტივი შემთხვევაა გაბატონებულ  
ქარის მართობულად განლაგებული მწკრივები.

ლოესი. ქარინშიერი დეფლაცია და კორაზია ქანებს აშიშვ-  
ლებს და სცევთ. ეს არის ანალოგი იმ ეროზიისა და ნგრევისა, რო-  
მელსაც მდინარი წყალი აწარმოებს. ამ მოვლენას ხშირად დ ე ნ უ-  
დ ა ც ი ა ს <sup>1</sup> უწოდებენ. ეოლური დენუდაციის შედეგად წარმოშობი-  
ლი ფხვიერი მასალა ქარს შიმოაქვს და საბოლოო ანგარიშში დაბ-  
ლობებში ჩააქვს, ეს იქნება ეოლური ტ რ ა ნ ს კ ო რ ტ ი. დებრესიე-  
ბში (ქვიშიან უდაბნოებში) ჩატანილი ქვიშა და სილა იქიდან ძნე-  
ლად თუ გაიტანება, მასალა აქ, როგორც დაინახეთ, მოძრავია  
რამდენადმე, მაგრამ არსებითად დაბინავებული, დ ა ლ ე ქ ი ლ ი.

ამგვარად, ციკლი თითქო სრულია: ნგრევა, გადატანა, დალე-  
ქვა. მაგრამ ასეთი დასკვნა სწორი არ იქნებოდა. გათვალისწინებუ-  
ლი არ არის უდაბნოური მტვრის უზარმაზარი მასა. ეს უაღრე-  
სად წმინდამარცვლოვანი მასალა ქარს ატაცებული მიმოაქვს სუს-  
პენზიის სახით და მის გადატანას დაახლოებით თანაბრად ადვილად

<sup>1</sup> Nudus, ლათ. — შიშველი, „დენუდაცია“ — გამოშვლება.

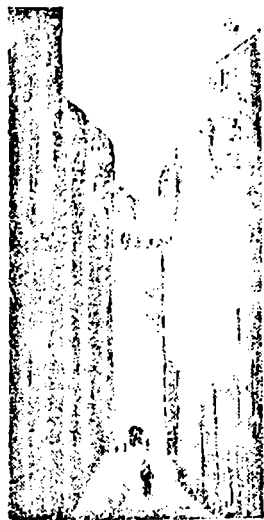
აწარმოებს აღმა და დაღმა. ქარი რომ ჩაღვება, მტვერი დაილექება. მაგრამ შემდეგი ქარი მას ისევ აიტაცებს და წაიღებს: უდაბნოში მტვრის საბოლოო დალექვა შეუძლებელი არის, გარდა იმ პატარა უბნებისა, რომლებზედაც ქვემოთ ვეჭნება ლაპარაკი.

საკუთრივ უდაბნოში ხომ ქარს მტვერი განუწყვეტლივ მიმოაქვს და, ბუნებრივია, მოხდება ისიც, რომ იგი (მტვერი) უდაბნოს 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 ჩარეცხავს და კიდევ უკეთ დაიცავს. ეს უკვე ნამდვილი დალექვა იქნება.

ასეთ მტვერს ახალი და ახალი ემატება, ნაღეჭი გროვდება და ზევითკენ იზრდება. თითქო მას ბალახიც უნდა დაეფარა, მაგრამ ბალახიც ხომ იზრდება: იგიც ზევით აიწვეს. მხოლოდ ღრმად წასული ფესვები კვლებიან, იშლებიან და ნაღეჭში წვრილს, თვალით ძნელად შესამჩნევ ნასვრეტებს სტოვებენ. ამგვარად უდაბნოს გარშემო ილექება თავისებური ქანი, რომელიც ლოესის სახელით არის ცნობილი (გერმანულა Loess).

ეს არის სილანარევი კარბონატული თიხა, შრეებრივობას მოკლებული და ძლიერ პორიანი, წყალგამტარი. უკანასკნელი გარემოებით აიხსნება, რომ ლოესი არაჩვეულებრივად გამძლე ვერტიკალურ გამოშვლებებს იძლევა (სურ. 196). ეს ქანი მეტად გავრცელებული არის უდაბნოების გარშემო და განსაკუთრებით კი ჩინეთში, შუა აზიის დიდი უდაბნოების აღმოსავლურ კიდეზე, სადაც მისი სისქე ზოგან ასეული მეტრებით იზომება.

სწორედ ჩინეთის მიხედვით ჩამოაყალიბა რიხტოფენმა ლოესის ეოლური წარმოშობის თეორია. ამ შეხედულებას დღესაც იზიარებს უდაბნოების მკვლევართა დიდი უმეტესობა, მაგრამ არიან მოწინააღმდეგენიც. საკითხს ძლიერ ართულებს ის



სურ. 196. ლოესში  
გაკრილი ქუჩა  
ჩინეთი.

ვარემოება, რომ ლოქს ან ლოქსისმაგვარს უწოდებენ ისეთ ნა-  
ლექებსაც, რომელთაც უდაბნოს ლოქსთან საერთო არაფერი აქვთ.  
მაგალითად, ლოქსისმაგვარს უწოდებდნენ თბილისის მადამოების  
ღვარნალებებს, მაღლობების კალთებს რომ ჰფარავენ და აგურის  
ქარხნებს ამარაგებდნენ ნელელეთ.

სხვაგვარია საკითხი რუსეთის ველის ლოქსის შესახებ. უდავოა,  
რომ მას პირველ მასალას ძირითადად მეოთხეული ღროის ჰყინვა-  
რები აძლეოდნენ მორენული თიხის სახით და არა უდაბნო, მაგრამ  
ამ მასალის გადატანა-დალექვა ისევ ქარის საშუალებით უნდა მომხ-  
დარყო. მაშასადამე, უდაბნოურის გვერდით არის არაუდაბნოური  
ლოქსიც. მაგრამ უდაბნოებას გარშემო ლოქსის წარმოშობის ზე-  
მოსხენებული მექანიზმი იხევე ძალაში რჩება, როგორც შუა აზიის  
უდაბნოებას ავტორიტეტთანა მკვლევარი ვ. ო ბ რ უ ჩ ე ვ ი ფიქ-  
რობდა.

წყალი უდაბნოში. უდაბნოს დამახასიათებელი მთავარი ნიშა-  
ნი უწყლობაა. მაგრამ ეს არ ნიშნავს, რომ უდაბნოში წყალი სრუ-  
ლიად არ იყოს. ზოგან ზომ ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა  
250 მილიმეტრამდეც აღწევს. ეს კია, რომ წვიმიანი სეზონი  
ძლიერ ხანმოკლე არის და თან, როდესაც კი მოდის უდაბნოში  
წვიმა. ეს არის უეცარი თქემა, ჩვეულებრივ ელვა-ქექის თანხლე-  
ბით. ასეთი წვიმის წყალი მიწაში ჩაყონვას ვერ ასწრებს და ღვარ-  
ცობების სახით დაედინება დაღმა. ქვიშიან უდაბნოში ღვარი  
უამრავ ღორღს წარეცხავს და სწრაფად ტალახის ღვარად იქცე-  
ვა (სურ. 197).

უდაბნოში ღვარები, ცხადია, მდინარეებს ვერ შეერთვან,  
ისინი მიემართებან გაუღანარი ღებრესიებისკენ, 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 უფ-  
რო ხანგრძლივი და მუდმივიც კი იყოს. ჩრდილო საჰარაში მსგავს  
ღვარესიებს შოტს უწოდებენ. ხოლო შუა აზიაში — ტ ა კ ი რ ს.  
წყლის ჩაყონვა თიხიან გრუნტში გაძნელებულია, მაგრამ, რაც კი  
ჩაყონება, უმაღლე ზევითკენ წამოიძინება ინტენსიური აორთქლე-  
ბის გამო. წარმოებს მარილების აქტიური გამოტუტვა და გრუნტის  
წყალი, საცა კი არის, მარალიანია. სამაგიეროდ უფრო ღრმად არ-  
ტეზიული წყალი ხშირად მტკნარიც არის.

ბევრად უფრო უხვად შესდის წყალი ზოგ უდაბნოს გარედან.



პატარა მდინარეები უდაბნოს ქვიშებში იტოტებიან და აორთქლებული იყარებიან. კასპიურ ზღვას გაღმა უდაბნოში ორი დიდი მდინარე შემოსდის მთებთან: სირ-დარია და ამუ-დარია. ორივე არალის ტბას (ე. წ. ზღვას) ერთვის. ტბა გაუღრნარია და, მამსადამე, აქაც მთელი წყალი აორთქლებაზე იხარჯება. დასასრულ, უფრო წყალუბ-



სურ. 197. ტალახის დეარო. ნევადა.

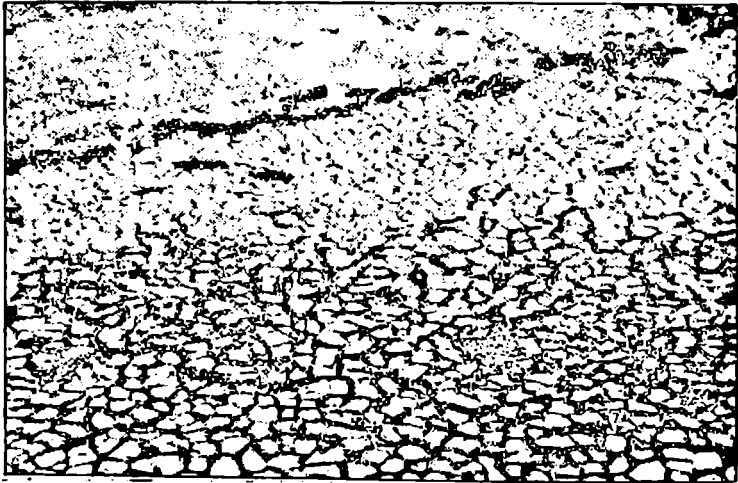
ვი ნოლოსი გარდაგარდმო ჰკვეთს მთელს უდაბნოს და, თუმცა აორთქლების გამო შემცირებული, ზღვამდე აღწევს.

სადაც კი წყალი არის, უდაბნო ნაყოფიერ ოაზისად იქცევა. ეგვიპტე მთლიანად ერთ დიდ ოაზისს წარმოადგენს. მაგრამ ასე ხდება მხოლოდ ქვიშებთან უდაბნოში. კლდოვანი უდაბნოს ბუნება ბევრად უფრო უნუგეშოა და ამიტომ მგზავრები და ქარავნები ყოველთვის ცდილობდნენ მათთვის გვერდი აევილოთ.

მდინარე წყალი უდაბნოშიც, რა თქმა უნდა, ეროზიას უნდა აწარმოებდეს. ასწერენ კიდევ საპარაში როფისებურ მშრალ ხეობებს, რომელნიც დროებითი ნაკადების მიერ გაჭრილად მიჩნეიან და რომელთაც ადგილობრივ უადის უწოდებენ. მაგრამ ზოგის აზრით უადეები ძველი დროის გადმონაშთებს წარმოადგენენ, იმ დრო-

სას, როდესაც აწინდელ უდაბნოში უფრო ნესტიანი ჰავა იყო და მუდმივი მდინარეებიც.

ეოლური რელიეფის განვითარება. კლდოვან უდაბნოში არის შიშველი კლდეები, განცალკევებული გორები და მთელი ქედებიც. ყველას ციკაბო ფერდები ახასიათებს. ინტენსიური მექანიკური გამოფიტვის გამო ქანები იშლებიან და მსხვილი თუ წვრილი კუთ-



სურ. 198. ტაკირი. შუა აზია.

ხედი ღორღი (გოხი, როჭკი, ხვინჭა) ძირს ცვივა და მალლობების კალთებს ნაზვავით ჰფარავს. ამასთან ერთად მიმდინარეობს დეფლაცია და კორაზია როგორც მკვიდრი ქანების, ისე ღორღისა. ძლიერ ნელა, მაგრამ გეოლოგიური დროის მანძილზე შესამჩნევად, კლდეები თანდათან ილევინან და საბოლოო ანგარიშში მათგან თითქმის აღარაფერი დარჩება. როგორც არაერთხელ უთქვამთ, „უდაბნოს გორები საკუთარ ნანგრევებს ქვეშ იმარხებიან“.

მეორე მხრით, თუმცა უფრო მსხვილი მასალა აღვილზევე რჩება, ქვიშა, სილა და მტვერი ქარს ერგებში გადააქვს, უკანააქნელთ მასალა განუწყვეტლივ ემატება. ამგვარად, კლდოვანი უდაბნო თანდათან დაბლდება, ქვიშიანი, პირიქით, ნელ-ნელა მალდება. გაუდინარი დეპრესიები ქვიშით ივსებიან და ბოლოს მთელი უდაბნო მეტ-

ნაკლებად უნდა მოსწორდეს. საერთოდ, იმის მსგავსი სურათი არის, რაც მდინარეების აუზების შემთხვევაში ვნახეთ. ამიტომ ზოგჯერ ამბობენ კიდეც, ქარის მოქმედება „პენეპლენიზაციით“ თავდებაო. მსგავსება უეჭველად მცირეა, მაგრამ უდავო და აიხსნება იმით, რომ



სურ. 199. უ ა დ ი.

ორივე შემთხვევაში პროცესის მიმდინარეობას კონტროლს უწევს სიმძიმის ძალა: სანამ რელიეფი უსწორმასწორია, 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, უეჭველია, წარმოებდა წარსულშიც. ამ მხრივ უაღრესად საყურადღებოა, რომ თანამედროვე უდაბნოების შესწავლა ძველი უდაბნოების გამოცნობასაც შესაძლებელს ხდის. ამისათვის შეიძლება გამოყენებულ იქნას სილის წვრილი მარცვლების დარგვალეულობა, დიუნური ხლართული შრეებრივობა, ფაცეტებიანი ქვები, იშვიათი ნამარხების, ცხოველების თუ მცენარეების, ზასიათი და სხვა. 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 ადგალას დღეს გერმანიაში ნესტიანი ჰავაა. ასევე შესაძლებელია, რომ ის ადგილი, სადაც დღეს უდაბნოა, წინათ ნესტიან ლანდშაფტს სჭეროდა. ამიტომ. რომ ზოგი მკვლევარის აზრით საჰარის უდაბნო აწინდელი დროებითი ღვარების წარმონაქმნი კი არ არის. ძველი მდინარის ხეობის გადმონაშთია, იმ დროისა, როდესაც საჰარაში ნესტიანი ჰავა იყო.

**უდაბნოების შესწავლა და მისი მნიშვნელობა.** ქარს მოქმედებას უდაბნოში და უდაბნოს გარეთ დიდი მნიშვნელობა აქვს. ეოლური მოვლენების შესწავლას ვეოლოგი გვერდს ვერ აუვლას. მაგრამ ბოლო დრომდე უდაბნოები ძნელი მისადგომები იყვნენ და მათ კვლევას მხოლოდ ცალკეული გაბედული მოგზაურები ახერხებდნენ, როგორც რიხტჰოფენი, სვენ ჰედინი, ვალტერი, ობრუჩევი და სხვები. დღეს მდგომარეობა რადიკალურად შეცვლილია. ავტოტრანსპორტმა და განსაკუთრებით საჰაერო ტრანსპორტმა უდაბნო ადამიანს დაუახლოვა. აეროფოტომ გაამარტივა უდაბნოური მხარეების აგეგმვა და, რაც მთავარია, გაიზარდა უდაბნოებისადმი პრაქტიკული ინტერესი: მორწყვა შესაძლებელს ხდის დიდი ფართობების სამეურნეო ათვისებას, იყენებენ უდაბნოების ტრანზიტული მდინარეების ენერჯის. ეძებენ 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 (ფიქსიებული გამოფიტვა, წახნაგოვანი ქვები, 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 ხლართული შრებრიობა.

რა არის ეოლური ქვაფენილი, ტაკირი, ოაზისი, უადი?

# ზიგადინამიური მოვლენები

## ვულკანიზმი

ვულკანი და მისი მოქმედება. მაწაზე არის თვალუწვდენელი სივრცეები, სადაც ღღეს არც ერთი ვულკანი არ მოიპოვება. მაგრამ ხველთაშუა 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. ამთრიცხვეში არაფინ იხსენიებდა, რადგან არაფის ახსოვდა და არც გაეგონა, რომ მას ვულკანურად ემოქმედოს. მხოლოდ ცნობილმა ბერძენმა მეცნიერმა სტრაბონმა გამოსთქვა ეპვი, 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 იძვროდა და ზანზარებდა. მოისმოდა მიწასქვეშა გუგუნნი. გორის წაწყვეტილი მწვერვალადან ტყვიისებური სიჩქარით ამოჩქეფდა ორთქლისა და გაზების უზარმაზარი რაოდენობა. ცხელი ორთქლი, უეცრად გაცივებული, მყისვე ღრუბლად იქცეოდა და ღრუბლის გრიგალის სახით იჭრებოდა ჰაერში რამდენიმე კილომეტრის სიმაღლემდე. ამ სვეტის ზედა ნაწილი იტოტებოდა და იშლებოდა ბრტყელი ქოლგის მსგავსად (პინიის<sup>1</sup> მსგავსად). თან

---

პინია ფიქვის ერთი იტალიური სახეობა არის, რომელსაც მაღალი შიშველი ღერო და ზედ პორიზონტულად გაშლილი კრონა ახასიათებს.

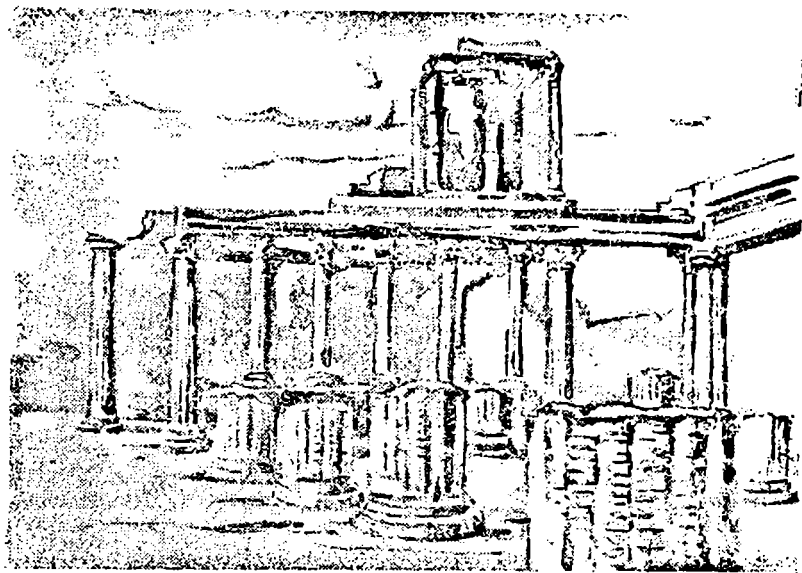
ღრუბელი დატვირთული იყო წვრილი და მსხვილი მსხვრეული მასალით. განუწყვეტლივ ელავდა და ქექდა საოცარი ძალით და მოდიოდა ამის შესაფერი თქეში. წვობდა არა წყალს, არამედ ცხელ ტალახს. გორის ფერდებზე დაეშენენ ამ ტალახის ღვარები, რომელთაც მთლიანად დაჰფარეს და დამარხეს მათი მცხოვრებლები ანად სამი ქალაქი: პომპეიი, პერკულანუმი 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 წამოღინდა მღნარი ლავაც.

ხსენებული ქალაქები ისე საფუძვლიანად დაიმარხნენ ვულკანურ მასალას ქვეშ, რომ შემდეგში მათი მდებარეობაც აღარავინ იცოდა. მხოლოდ მიწის თხრის დროს თოთხმეტი საუკუნის შემდეგ შემთხვევით, წააწყდნენ პომპეიის ნაშთებს. 1748 წელს დაიწყო 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 სხეულსა, რა თქმა უნდა, აღარაფერი ჩანს, მაგრამ მის ადგილას ქანში სიღრუე დარჩენილა, სხეულის გახრწნის შემდეგ ცარიელი, და, როდესაც ამ თავისებურ კალაპოტში თაბაშირს ასხამენ, ღებულობენ მოღელს, რომელიც საკვირველი სიზუსტით აღადგენს ადამიანის ფორმას იმ მდებარეობით და განწყობით, როგორშიაც დაღუპვის მომენტში იყო.

ამ კატასტროფული ამოფრქვევის შემდეგ ვეზუვი მოქმედი ვულკანია, 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 ვულკანის მიერ არის ნივთიერების ამოსროლა ან ამოღინება მიწის შიგნეთიდან ზედაპირზე. ეს ნივთიერება თხევად, მყარ ან გაზებრივ მდგომარეობაშია. ზოგჯერ ვულკანებს ცეცხლისმფრქვევ მთებსაც უწოდებენ, მაგრამ ასეთი გამოთქმა აშკარად უმართებულოა. მართალია, ვულკანური მასალა მეტად თუ ნაკლებად ცხელია, გავარვარებულიც, მაგრამ, ჯერ ერთი, ცეცხ-

ლი წვის პროცესია და არა ნივთიერება და, მეორეც, წვა ვულკანური ამოფრქვევის დროს იშვიათია, მხოლოდ ვულკანური გაზები თუ აინთება და ააღლებს აქა-იქ. ასეთ ალებს ვულკანის ამოფრქვევის დროს აღნიშნავენ კრატერიდან ამომავალსაც.



სურ. 200. პომპეის ერთი შენობა გათხრების შემდეგ.

ვულკანიზმის პროდუქტები. ვულკანის პროდუქტებიდან მთავარია ლავა. თავისი შედგენილობით ლავა იგივეა, რაც ზეწოთ აწერილი ვულკანური ქანები, მაგრამ მაღალი ტემპერატურის გამო, რომელიც შეიძლება 1200—1300 გრადუსამდეც კი აღწევდეს, მეტ შემთხვევაში გამდნარი არის ან ბლანტ-დენადი მაინც. ვულკანური ქანები ხომ ლავის გაცივებით არიან წარმოშდგარი 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 რამ დაქანება კმარა, რომ მან საკმაოდ ჩქარი ნაკადი მოგვცეს და, სანამ გაცივდებოდეს, კილომეტრების არა-ერთი ათეუ-

ლი გაიაროს. მყავე 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. ანეთი მოძრაობისას მოხდება ხოლმე, რომ ქვეშ ალაგ-ალაგ მოძრაულავა გადაადგილდეს და ქერქი კი თავის ადგილას დარჩეს



სურ. 201. დაბაწრული ლავა.

ლავის სხეულში ღრუები წარმოიშობა. ისიც მოხდება. რომ მოძრაება ლავამ ქერქი დაამტვრიოს და წაიტანოს, — მივიღებთ ლოდურ ლავას (აა ლავა). თუ ღინების გავლენით თხელი, ჯერ კიდევ ბლანტი ქერქი ბაწარივით მიმოგრეხილა. დაბაწრული ლავა (პაპოპო<sup>1</sup> ლავა) იქნება (სურ. 201). არის ანევე ბალიშა ლავა (სურ. 202) და სხვა.

გაცივებისას ლავა მყარდება კრისტალური, მიკროკრისტალური ან მინებრივი სახით. გამყარებისას გაზების გამოყოფა ხდება და რად-

<sup>1</sup> ეს სახელები — აა, პაპოპო — ჰავაის კუნძულებიდან არის.



გან გაცივებული ლავა გაზს ძნელად თუ გაატარებს ან სრულიად ვე-  
ლარ, ჩნდება ქანში მომწყვდეული გაზის ბუშტები. ამგვარად წარ-  
მოიშობა პორიანი ფენა ლავის ზედაპირთან და ქვედაპირთან.

მეორე მხრე გამოყარება შეკუმშვასაც იწვევს. ქანში კუმშვას ბზა-  
რები ჩნდებიან, რომელთაც ბაზალტისთვის დამახასიათებელი პრი-



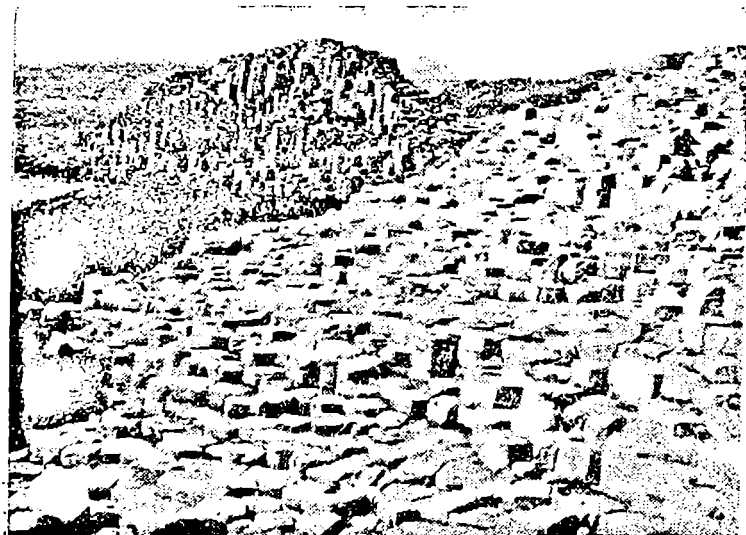
სურ. 202. ბ ა ლ ი შ ა ლ ა ვ ა .

ზმული განწევრება (სურ. 203) მოჰყვება. პრიზმების ღერძები გა-  
ცივების ზედაპირის მართობული იქნებიან, თვით პრიზმებშიაც გარ-  
დი-გარდმო ბზარები ვითარდებიან და, თუ ბზარების განლაგება  
დამხრობილია, გამოიყოფა მეტად თუ ნაკლებად იზოლიამეტრული  
ნაკვეთები, რომელთა გამოფიტვამ შეიძლება შემდეგში სფერული  
განწევრება მოგვეცეს.

ვულკანის ამონასროლი მყარი მასალა ძლიერ ვან-  
სხევებული სიდიდის სხეულებისაგან შედგება. არის ვეებერთელა-  
ლოდები და უწმინდესი მტვერიც. ძირითადად ყველა ლავის ნაწი-  
ლაკებს წარმოადგენს, აფეთქების გამო მოწყვეტილს და ჰაერში ვა-  
ტყორცნაღს, მაგრამ არის აფეთქების მიერ წამოტაცებული შემ-

ცველი ქანების, მათ შორის ადრინდელი ვულკანურისაც, ნამსხვრევები. დიდი და პატარა.

არის რამდენიმე მეტრის სიგრძე დიამეტრის მქონე ბელტები. უფრო პატარებში გამოარჩევენ ე. წ. ბომბებს. ეს არის პაერში გასროლისას ჯერ კიდევ მდნარი ან ბლანტი მხურვალე ლავის ნაწყვეტები, რომელნიც ინტენსიური ბზრიალ-ტრიალის პრო-



სურ. 203. ბაზალტური ლავის პრიზმული განწყვეტება. ირლანდი.

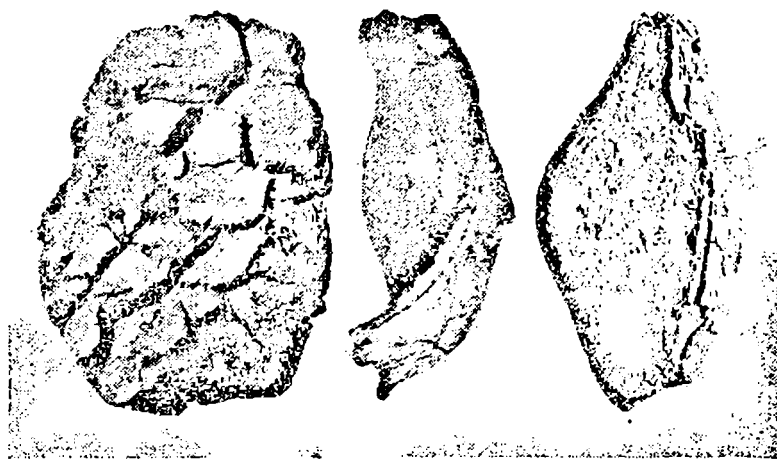
ცესში ბრუნვითი სხეულის ფორმას დებულობენ: ჩვეულებრივ მეტნაკლებად წაგრძელებული ელიპსოიდისას, რომლის ორივე ბოლო წაწვეტილი არის და მთელ სიგრძეზეც ბომბს მოწყვეტის ნაწიბური მიუყვება. ხშირად ბომბის გულში მოქცეულია უცხო ქანის ნატეხი, რომელიც ლავის საბურველში გახვეულა (სურ. 204). არის მეტრის სიგრძე ბომბები და მეტიც, თუმცა იშვიათად. არის მუქის ოდენებიც.

ერთი სანტიმეტრის რიგის მარცვლები შეადგენენ ლაპილის<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Lapilli, ლათ. — წვრილი კენკები.

ერთი მილიმეტრისა — ვულკანური ქვიშას და უფრო პატარები — ფერფლს და მტვერს.

ვულკანური გაზების რაოდენობა და წნევა უზარმაზარაა. სწორედ ისინი იწვევენ აფეთქებას. ძირითადად ეს არის  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{H}_2\text{C}$ ,  $\text{B}$ , მაგრამ ყველას სკარბობს, 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 (გავარვარებული 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 უარყოფილია. სხვა არა იყოს რა, ბევრი ვულკანი სრულიად მოწყვეტილია ზღვას. მაგრამ ზოგჯერ კიდევ გამოაიქმრს აზრი, რომ ვულკანური აფეთქების წყალი სხვადასხვა სახის მიწასქვეშა წყალია და თვით ლავა წყალს ან სრულიად არ შეიცავს ან უმნიშვნელო რაოდენობით. სხვადასხვა ადგილას, კერძოდ ჰავაიის კუნძულებზე ჩატარებული ზუსტი გაზომვები თითქო ასეთ წარმოდგენას არ ადასტურებენ. როგორც ამოფრქვევისას ამოსროლილი კლასტური მასა-

ლა. გარდა ვულკანურისა, შემცველი ქანებისაგან წამოტაკებულ ღორღსაც უხვად შეიცავს, ისევე ვულკანური ორთქლის ნაწალაც უქველად იმავე შემცველი ქანების წყალია აორთქლებული. მაგრამ ძნელია დაეჭვება, რომ თვით ლავაც უხვად შეიცავს ორთქლს.

ვულკანური აპარატი. სპეციალისტები ვულკანს უწოდებენ იმ ადგილს, სადაც ლავა, ლავეული ღორღი და გაზები მიწიდან ამოდის. ჩვეულებრივ ასეთ ადგილას ამართულია მეტად თუ ნაკლებად მაღალი გორა, რომელიც, ისევე სპეციალისტების გამოთქმით, ვულკანური აპარატის ნაწილს წარმოადგენს. როგორც ლავა-ნახავთ, მსგავსი აპარატი ყველა ვულკანს როღი აქვს.

ჩვეულებრივ, ვულკანს რომ ვიტყვი, მეტად თუ ნაკლებად წესიერ კონუსებრივ გორას (სურ. 205) წარმოვიდგენთ. ზოგჯერ ასეთი გორის სიმაღლე ძლიერ ღიძია. ეს კია, რომ, როდესაც ვულკანის სიმაღლეზე ვლაპარაკობთ. მკაფიოდ უნდა გავარჩიოთ ვულკანის აბსოლუტური და შეფარდებითი სიმაღლე. მაგალითად, მოქმედი ვულკანის კოტოპახის მწვერვალი სამხრულ ამერიკაში (ეკუადორი) 5896 მ აღწევს, მაგრამ ეს იმით აიხსნება, რომ მისი ფუძე მალა მდებარეობს ანდების ზოლში. თვით ვულკანური გორის საკუთარი სიმაღლე საგრძნობლად ნაკლებია. მეორე მხრით ვულკან მანუა ლოას (პავაიის კუნძულები) სიმაღლე ზღვის დონიდან 4117 მეტრია, მაგრამ მისი ფუძე ოკეანის ფსკერზე არის დაყრდნობილი და ახლოებით 6100 მეტრის სიღრმეზე და გორის ნამდვილი სიმაღლე 10200 მეტრზე მეტი იქნება.

ვულკანური კონუსის ღერძს მიჰყვება მეტ-ნაკლებად ცილინდრული ვერტიკალური მილი, რომელიც ლავით ან ბრექჩიით და ფერფლით ან ორთქლით არის გაკედილი. ამ მილს ვულკანის ყელი უწოდებენ. მწვერვალზე ვულკანის ყელი ძაბრივით ფართოვდება, — ეს არის კრატერი<sup>1</sup>. ვულკანური მასალის ამოსროლა ან ამოღინება აქედან ხდება. კრატერის კედლები მეტ-ნაკლებად კიცაბოდ არიან შიგნითკენ დაქანებული, შედარებით დავაკებული ფაკერისკენ. როდესაც ვულკანი არ მოქმედებს, კრატერი ცარიელია და მის ფსკერზე მხოლოდ გაზები ამოდიან ნაპრალებიდან. არის შემთხვევები, როდესაც კრატერში ატმოსფერული წყალი ჩამდგარა. ეს იქნება კრატერის ტბა.

ნშირად ვულკანის ყელიდან გამოიყოფა უფრო წვრილი ტო-

<sup>1</sup> „კრატეს“, ბერძნ. — დიდი თასი.

ტები. რომლებიც ზედაპირს ვულკანის ფერდზე აღწევენ. ასეთ ადგილებში მოქმედებს პატარა ვულკანები, რომელნიც პატარა კონუსებს აჩენენ, მთავარ კონუსზე დაშენებულს. მათ პარაზიტული ვულკანებს უწოდებენ. პარაზიტული ვულკანების სიმრავლით ცნობილი არის ვულკანი ეტნა სიცილიის კუნძულზე.



სურ. 205. ვულკანური კონუსი. ფილიპინების ერთ-ერთი უმეტესი 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 აფეთქებას შედეგი არის. ამიტომ ყოველ ახალ ამოფრქვევას მათი მცირეოდენი გადაადგილება ან გაფართოება შეიძლება მოჰყვეს. ზოგჯერ ცვლილება მეტია და გორის მწვერვალი კიდევ წაიგლიჯება. ამას ის იწვევს, რომ ამოფრქვევის შემდეგ ყელში გაცალებული ლავა ამ მილს საცობივით ჰკეტავს ძლიერ მაგრად და შემდეგი ამოფრქვევისას საჭიროა გაზების უზარმაზარი წნევა, რათა აფეთქება მოხდეს და გზა გაათავისუფლოს. ასეთი აფეთქება ჰერში გასტყორცნის საცობს და მიმდებარე შემცველ ქანებსაც, მეტი ან ნაკლები რაოდენობით.

და აი მოხდება ზოლმე ისიც, რომ ძლიერი აფეთქება თითქმის მთელ ვულკანურ კონუსს იმხვევრკლებს. მისგან მხოლოდ ფერდები ან ცალი მხარის ფერდი დარჩება და დანარჩენი გორის ადგი-

ლას 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 გადმონაშთს ასიმეტრიული რკალური სერის სახე აქვს. შიგნითკენ (ახლანდელი ვეზუვისკენ) ციცაბო ქარაფებია, გარეთკენ — მსუბუქი დაქანება (სურ. 206). ეს არის მონტე სომა. შიგ ძველს ადგილას ახალი, ნაკლებ დიდი კონუსი აშენებულა და ეს არის თანამედროვე ვეზუვი. ამ ვეზუვის კრატერშიც არას ბევრად უფრო პატარა კონუსი, რომელიც თითქმის ყოველი დიდი ამოფრქვევის შემდეგ განახლებას და ზოგჯერ გაორებასაც განიცდის.

ასეთ დიდ ჩაღრმავებას (კრატერს), რომელიც ძველი კონუსის აფეთქების შედეგად წარმოიშობა, კალდერია<sup>1</sup> ჰქვია, ხეობისებურ რკალურ ჩაღრმავებას მონტე სომასა და ვეზუვს შუა იტალიელები ატრიო დელ კავალოს უწოდებენ. ამ ღრმაობის ძირში ჰაერზე უფრო მძიმე CO<sub>2</sub> გროვდება და დაბალი ცხოველები, ძაღლები და მისთანები, შიგ იგულებიან.

კალდერია 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 ჩაწოლა. მაგრამ იმისათვის, რომ ასეთი მცირე უბანი ჩაიქცეს, სიცარიელე პატარა უნდა იყოს და ზედაპირის ახლოს, მაშასადამე, აფეთქებასთან და ყელთან დაკავშირებული და არა კერიდან ლავის ამოღინებით გამოწვეული. მეორე მხრით, კალდერიები მხოლოდ იქ არიან ცნობილი, სადაც დიდი აფეთქება მომხდარა: დაძირვა მხოლოდ აფეთქებასთან დაკავშირებული მეორადი მოვლენა შეიძლება იყოს.

როგორც აღვნიშნეთ, თვით ვულკანის ვერტიკალური ყელის წარმოშობა აფეთქებათა შედეგი არის. იგი კონუსს ქვევითაც გრძელდება, ხოლო ზევითკენ თანდათან წაზრდილა მრავალი ვულკანური ამოფრქვევის პროცესში. მაგრამ შეიძლება ერთი აფეთქება მოხდეს და ვულკანის ისტორია ამით გათავდეს. ამ შემთხვევაში მკვიდრ

<sup>1</sup> სიტყვა ასორის კუნძულებიდან არის.

ქანებში ვერტიკალური მილი კი წარმოიშობა, მაგრამ ზედ დაშენებული კონუსისა კვალაც არ იქნება. ასეთ აფეთქებითს მკვლევარს ფრანგმა გეოლოგმა დობრემ დიატრემები<sup>1</sup> უწოდა. დი-



სურ. 206. ვეზუვი. ჩანს ძველი ვულკანის ნაშთი, მონტე სომა, და ახალი კონუსი კალდერაში. კალდერიდან გამოდის მთელი რიგი ლავის ნაკადები. წინ ზღვაა (ნეაპოლის უბე).

ატრემები ცნობილი არიან სამხრულ აფრიკაში, სადაც ისინი ულტრაფუძე ქანის კიმბერლიტის<sup>2</sup> ბრეჭიით არიან გაჭედილი.

<sup>1</sup> „დიატრემა“, ბერძნ. — ნასვრეტი.

<sup>2</sup> კიმბერლი ქალაქი არის სამხრული აფრიკის რესპუბლიკაში.

და სახელი გაითქვეს როგორც ალმანის საბადოებმა. მგავსი საბადოები არის ციმბარშიც.

ლიატრემებს დიდი ხანია ასწერენ რაინის მხარეში-კ (გერმანია). აქ აფეთქებისას ვულკანური მილის პირის გარშემო კოტაოდენ-ლორლიე დაგროვალა და მკარეოდნად ამალღებული წრული დამბა წარმოუქმნა. ჩაღრმავებაში ტბა არაა ხოლმე ხშირად ჩამღვარი და გერმანელები მას მაარი<sup>1</sup> უწოდებენ (სურ. 207).



სურ. 207. მაარი Laacher See დასავლეთ გერმანიაში.

ამკვარად, ლიატრემების თავისებურობა იმით აიხსნება, რომ ერთი აფეთქება მომხდარა და შემდეგ აღარ გამეორებულა. ამიტომ მათ ზოგჯერ მონოგენური ვულკანებისაც უწოდებენ.

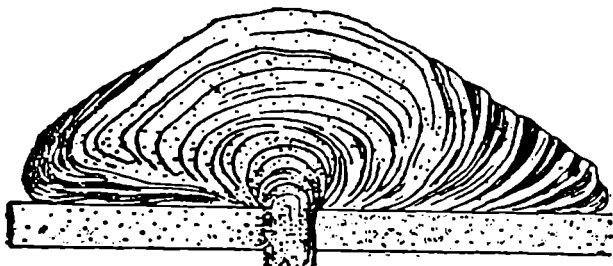
ვულკანის კონუსის ქრილში გარკვეულად გაირჩევა ცალკეული ფენები, რომელნიც მსხვილი და წვრილი კლასტური მასალისაგან შედგებიან ჩვეულებრივ. თუ ამას ლავის ნაკადებიც ემატება, ნარევი მაალაო, იტყვიან. თვით ფენობრივ კონუსს კი სტრატო-ვულკანი ეწოდება. როგორც შემდეგ დავინახავთ, არის ვულკანები. სადაც ლავის გადმოღინება მშვიდად მიმდინარეობს, აფე-

<sup>1</sup> Maar ესპანური სიტყვაა.



თქების გარეშე. ასეთ შემთხვევაში ვულკანური აპარატი ფართოდ გაშლილი და ცენტრში ოდნავ შემალლებული ფარის სახეს ღებულობს, თუ ლავა ფუძე და, მაშასადამე, დენადი არის. თუ ლავა მკავე და ბლანტია. ბრჯგუ გუმბათის გამოწნევა მოხდება (სურ. 208).

სტრატოვულკანის ფენები გარეთკენ რადიალურად დაქანებული არიან. ე. ი. ცენტრში ამოწეული (სურ. 209). ამიტომ გასული



სურ. 208. ვულკანური გუმბათი (ექსტრუზი). ბლანტი ლავა. ნაწილობრივ გადარეცხილ



სურ. 209. სტრატოვულკანი. ჩანს კალდერა და შიგ ახალი კონუსი თავისი ყელით და კრატერით. კონუსი შედგება გარეთკენ დაქანებული ფენებიდან (ვულკანური ტუფები და მისთანანი). შავი — გამკვეთი ძარღვები და სილები.

საუკუნის პირველ ნახევარში ფაქრობდნენ, რომ ვულკანური ვორის წარმოშობა ამოზნექვის შედეგიაო. ვულკანური ძალებით ვამოწეული ეს იყო ამოზნექვის თეორია (Erhebungstheorie). დღეს საყოველთაოდ მიღებულია შეხედულება, რომ კონუსი ზევიდან იზრდება ყოველი ამოფრქვევის შედეგად ახალ-ახალი მასალის დამატებით: ვერტიკალურად მაღლა გასროლილი მასალა უპირატესად 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 საუკუნეში (1538) ერთ დამეს წარმოიშვა ფლეგრეულ ველზე ნეაპოლის ახლო. განსა-



სურ. 210. ვულკანი პარიკუტინი 1943 წელს, სულ რამდენიმე თვის მოქმედების შემდეგ.

კუთრებით კარგად არის ცნობილი ახალი ვულკანის პარიკუტინის<sup>1</sup> განვითარება იმავე მექსიკაში. 1943 წლის თებერვალში მომავალი ვულკანის მხარეში ქალაქ მეხიკოს დასავლეთით ხშირი მიწისძვრის ბიძგები იგრძნობოდა, 300-მდე ობერვლის 19-ს. შემდეგ დღეს ერთი ფერმერი თავის ყანაში მუშაობდა, გაოცებული იყო ძლიერი ხმაურით დროდადრო, თითქო ქუხილიაო. მაგრამ ცაზე ღრუბელი არსად ჩანდა. თან შეაჰჩნია, რომ მიწაში ნაპრალი გახსნი-

<sup>1</sup> პარიკუტინი ვულკანის მეზობელი პატარა სოფლის სახელია.

ლიყო და იქიდან „კვამლი“. ე .ი. ორთქლი, გაზები და მტვერი ამო-  
დიოდა. იდგა გოგირდის სუნნი.

იმ დამით უკვე ძლიერა აფეთქებები ისროდნენ ნაპრალიდან  
წვრილ და მოზრდილ ქვებს. მასალა მხურვალე იყო და ზოგი გავარ-  
ვარებულაც. დილას ნაპრალის აღგილას უკვე თითქმის 10 მეტრის  
სიმაღლე ღორღის კონუსი აღმოჩნდა დაზვიინული. მისი კრატერი ქა-  
ნების ნამტვრევებს ისროდა. ყოველ რამდენაზე სეკუნდში აფეთქე-  
ბა აფეთქებას მოსდევდა ისე, რაჰ ზევით გატყორცნილი და ძირს  
წამოსული მასალა ერთიმეორეში ირეოდა, ერთიმეორეს ეჭახებოდა  
და რომ დაღამდა, წითლად მხურვალე ლოდები ცეცხლივით ანათებ-  
დნენ. მათი დიამეტრი 1-4 მეტრამდე აღწევდა. იშვიათ შემთხვევა-  
ში 10-15 მეტრიანი ბელტებიც იყო.

ღორღის კონუსი საკმაოდ გაზრდილი იყო, როცა კრატერიდან ლა-  
ვაც წამოვიდა. წარმოიშობოდა ლავის ნაკადები, რომლებიც ადრინ-  
დელი ხევეების კვალს მიჰყვებოდნენ. უდიდესი მათგანის განი კი-  
ლომეტრნახევრამდე არის და სიგრძე 10 კმ. ლავის ნელი მოძრაო-  
ბის პროცესში ნაკადის ფრონტი ცუვდებოდა და მყარდებოდა. უკანი-  
დან მოწოლილი ჭერ კიდევ მდნარი ლავა ამ ახალგამტკიცებულ ქანს  
ამსხვრევდა და წინ მიეხვეტებოდა. წარმოიშობოდა ქაოსური ღარ-  
ღის ბუნებრივი ჩებირი, რომლის უკან ზოგან ღროებიითი ლავის ტბა  
გუბდებოდა (სურ. 211). ერთი მეზობელი პატარა ქალაქი მთლია-  
ნად ლავამ დაჰფარა და ღლეს იქ მხოლოდ სამრეკლოს კოშკი და სხვა  
ასეთები ჩანს ლავიდან და ღორღიდან ამოჩრილი. ლავის გადმოდი-  
ნება დროგამოშვებით ხდებოდა, ხოლო გადმოდინებათა შუა კვი-  
რეები და თვეები გადიოდა, წინა ნაკადი ახლის წარმოშობის დროს  
უკვე გაცივებული იყო და ხშირად ნაკადი ნაკადზედ არის გაშლილი.  
ეულკანის მთელი გარემო ფერფლით და სხვა კლასტური მასალით  
არის დაფარული. მარცვალი და ფენის სისქე მათ უფრო დიდია,  
რაც უფრო ახლოა ვულკანთან.

პარიკუტინმა 9 წელიწადს იმოქმედა და ღლეს ჩამქრალი არის.  
მთელი კუთხე მრავალი ასეთივე ჩამქრალი ვულკანით არის მოჟე-  
ნალი. ფიქრობენ, რომ გაივლის ღრო, ეგებ საუკუნეები, და აქვე  
მეზობლად სადმე ახალი ვულკანი იჩენს თავს, როგორც ჟორულო-  
სა და პარიკუტინის შემთხვევაში.

ვულკანის წარმოსახვის მესამე დღესვე პარიკუტინს სპეციალის-  
ტები მოაწყდნენ. დაარსდა ვულკანური სადგური. წარმოებდა ან-

ტენსიური კვლევა ყველა დღეს მისაწვდომი მეთოდით და მრავალი საკითხი ახლებურად გაშუქდა და ზოგჯერ გადაწყდა კადეც.

ვულკანური აპარატის და ვულკანური მოქმედების ტიპები ზემოთ აწერილი შემთხვევები ვულკანური აპარატის და ვულკანის



სურ. 211. პარიკუტინი. ლოდური ლავის ნაკადი, რომელმაც ერთი პატარა სოფელი მთლიანად დამარხა.

მოქმედების კერძო მაგალითებს წარმოადგენენ მხოლოდ. სინამდვილეში ვულკანების სხვადასხვაობა ბევრად უფრო დიდია და ამის მიხედვით ვულკანების მთელ რიგ ტიპებს გამოჰყოფენ.

თავიდანვე უნდა აღინიშნოს, რომ ვეზუვის, პარიკუტინის და მისთანათა შემთხვევაში ვულკანური პროდუქტები გარკვეულ ცენ-

ტრში ამოდინ ზედაპირზე და აქედან ვრცელდებიან მეტად ან ნაკლებად შორს. გარდა ჩამოთვლილებისა, ასეთია დღეს კლიუჩევსკაია სოპკა კამჩატკაზე, ფუძიიამა იაპონიაში. კილამანჯარო აფრიკაში, ჩიმბორაზო სამხრეთ ამერიკაში და სხვა მრავალი. ასეთივეა ჩამქრალი ვულკანები: იალბუზი. მყინვარწყერი, არარატი. მათ ცენტრულ ვულკანებს უწოდებენ.

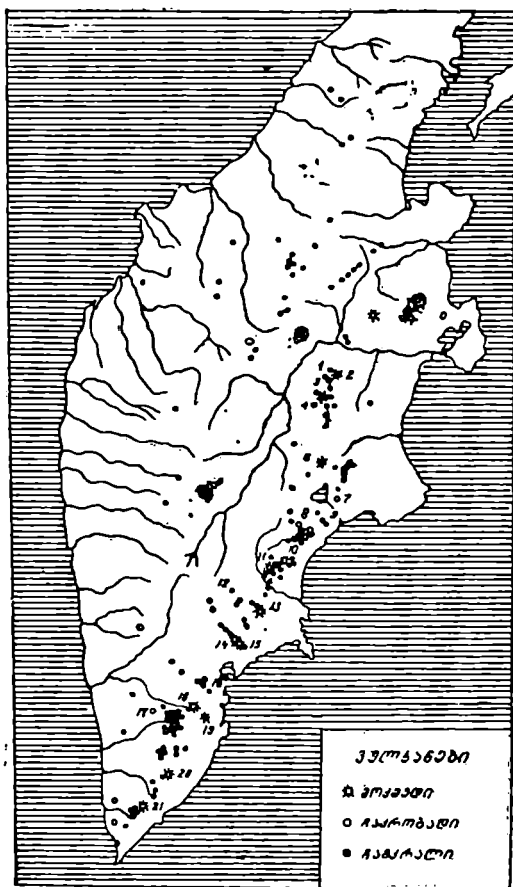
ამათ გვერდით არის შემთხვევები, როდესაც ლავა მეტად თუ ნაკლებად გრძელ ნაპრალს მოჰყვება და ასე ამოდის ზედაპირზე. ეს არის ნაკრალური ვულკანები. დღეს ასეთები ცნობილი არის ისლანდზე. ამომყვანი ნაკრალი ლავით არის ზოლმე გადაფარული, მაგრამ მის მდებარეობას ნათელყოფს ხაზობრივად განლაგებული ლავის კონუსებრივი ბორცვები (სურ. 212).



სურ. 212. ხაზობრივად განლაგებული ვულკანური ბორცვულეები. ისლანდი. ბორცვულები ვულკანურ აქტივობასთან არიან დაკავშირებული და მათი განლაგება ლავის ქვეშ მდებარე ნაპრალს უნდა მიჰყვებოდეს.

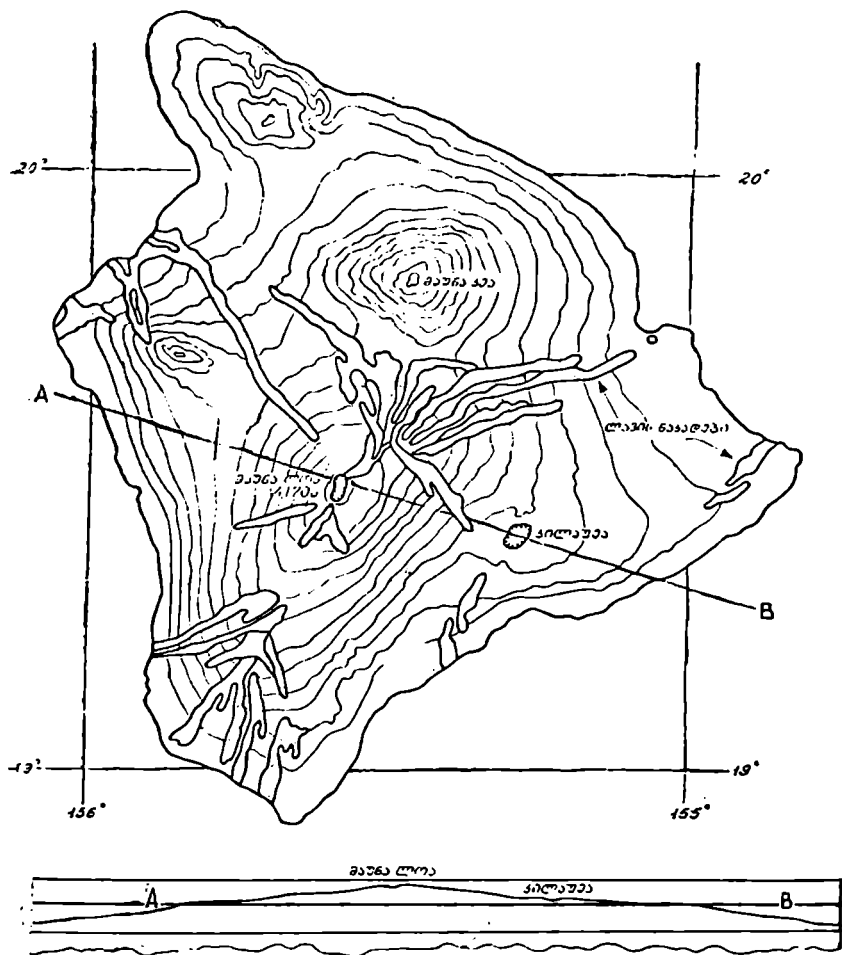
ცენტრული ვულკანების ჯგუფი ძლიერ ნაირგვარია. ჰავაიურ ტიპს მიაკუთვნებენ ვულკანებს, როგორც მაუნა ლოაა. ეს ვულკანი ჰავაიის არქაპელაგის მთავარ კუნძულზე მდებარეობს (სურ. 214). მისთვის აფეთქება უცხოა. კრატერში მსურვალე (1300°) ლავა დგას ტბისებურად, მშვიდად. ლავის დონე ხან აიწევს ნელ-ნელა და ხან ძირს დაიწევს 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 ვულკანურ ფარს წარმოადგენს. მის სუსტად დაქანებულ ფერდზედ არის მოთავსებული პარაზიტული ვულკანი კილაუეა. არ არის არც ბომბები, არც ლაპილი და ფერფლი. გაზები ამ ლავაში შედარებით ცოტაა და აქ-იქ ლავის ტბის ზედაპირზე რამდენიმე ათეული მეტრის სიმაღლე შადრევენებს წარმოშობენ. არის ლავის შადრევენებიც. ხოლო როდესაც ლავის ნაკადი ვითარდება და ბეჭობზე გადადის,

ჩნდება ლავის ჩაჩქერი (სურ. 216). შადრევნის მიერ გას-  
როლილი ლავის შეფები ზოგჯერ ძაფივით წაწვდილ მინაღ ცივლე-  
ბიან. ამას უწოდეს პელეს თმები<sup>1</sup>.



სურ. 213. კამჩატკის ვულკანები.  
ჩანს ცალკეული წგუფების ხაზობრივი განლაგება.

<sup>1</sup> „პელე“ ბერძნული მითოლოგიის გმირია.



სურ. 214. ვულკანები მთაწა ლოა, მთაწა კეა, კილაუვა და სხ. ჰავაიის არქიპელაგი, კუნძული ჰავაიი. ქვევით მოცემული ჰიპსოგრაფიული მრუდის AB-ს გასწვრივ ჩანს ვულკანის დიდი სიმაღლე ოკეანის ფსკერიდან.

სტრომბოლიური ტიპის წარმოქმდგენელია ვულკანი სტრომბოლი ლიპარიულ კუნძულებზე სიცილიის ჩრდილოეთით



სურ. 215. ლავის ტბა მაუნა ლოს კრატერში.



სურ. 216. ლავის ჩანჩქერი.



(სურ. 217). სტრომბოლი მაღალი კონუსია. რომლის მწვერულზე მოთავსებული კრატერი თითქმის უწყვეტად. მაგრამ რატომღაც ისერის მაღლა ლავის ნაწყვეტებს და წინწყლებს. რომელნიც უკან ცვივიან ბომბებისა და ლავილის სახით ლავა ფუტეა. მაგრამ რამდენადღე უფრო ბლანტი, ვიდრე მაუნა ლოსა. ამიტომ გაზები ისევე.



სურ. 217. ეულკანის სტრომბოლი.

თავისუფლად ვერ გამოიყოფიან. მაგრამ ვერც იმდენი გროვდება, რომ დიდი აფეთქება გამოიწვიონ. ეულკანი სუსტად, მაგრამ გამუღმებით ფეთქავს.

ვეზუვის ტიპისთვის სწორედ უფრო მეავე და ბლანტი ლავა არის დამახასიათებელი. ამოფრქვევის ბოლოს ლავა და ლავის ბრექჩია საცობივით ამოავსებს ეულკანის ყელს და ჰკეტავს მას. გაზები ზევით ვეღარ ამოდიან და სიღრმეში გროვდებიან თანდათან. ვითარდება უზარმაზარი წნევა. ბოლოს უკანასკნელი ისეთ ზომამდე მიაღწევს, რომ აფეთქებას იწვევს. ეულკანის ყელის საცობი ჰაერში გაიტყორცნება და ზოგჯერ კონუსის დიდი ნაწილაც — წარმოაშობა. კალდეირა. ვეზუვისებურ ეულკანებს ახასიათებს ძლიერი აფეთქებები და მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი მშვიდი ინტერვალები აფეთქებათა შუა, — მოქმედება ე კ ზ ო დ უ რ ი ა.

ვეზუვის ტიპის უკიდურეს ჯგუფს ეკუთვნის ვულკანი ეზულკანი ოლიპარის კუნძულებზე. ლავა იქ კიდევ უფრო მყავე და ბლანტია და სიმშვიდის პერიოდები უფრო ხანგრძლივი. ლავის ნაკადებს ეს ვულკანი არ იძლევა, — მხოლოდ პიროკლასტურ მასალას.

კიდევ უფრო თავისებურია მონ-პელეს ტიპი, რომლის სახელი მომდინარეობს კუნძულ იამაიკის (მცირე ანტილები) ვულკანის მონ-პელესგან. ამ ვულკანის აფეთქება. 1902 წ. მომხდარი, რომელმაც 30 000 ადამიანი იმსხვერპლა, ფართოდ არის ცნობილი, მრავალი 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 განზე მიმართული იყო. ორთქლისა და გაზის ნაკადი დატვირთული იყო ფერფლით, მტვრით და სხვა ასეთი მასალით. ეს „მგზნებარე ბური“ (nuées ardentes), რომლის ტემპერატურა 800°-მდე იყო, გრაგალიებზე და ეშვა ვულკანის ფერდზე და ყველაფერს ანადგურებდა (სურ. 219). ძვრების ძალა ისეთი იყო, რომ რამდენიმე ტონის სიმძიმე ააგნებს მიწასა სწყვეტდა და გადაისროდა, ხეებს ამტვრევდა და ცეცხლს უჩენდა, მზე სავსებით დააბნელა. მონ-პელეს წინ ზღვისპირას მდებარეობდა პატარა ქალაქი სან-პიერი. საშინელი ნაკადი სწორედ იქეთკენ მიჰქროდა საოცარი სიჩქარით. რამდენიმე 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 სამსკვავლი ნელა და ნელა მიიწვევდა ზევით და ბოლოს რამდენიმე ასი მეტრის სიმაღლეს მიაღწია (სურ. 219). თანაც ინგრეოდა და დღეს მისგან თითქმის არა დარჩენილა რა.

ძლიერ ჰგავს მონ-პელეს 1912 წლის დიდი აფეთქებით ცნობილი ვულკანი კატმაი, რომლის ფერფლმა უზარმაზარი ფართობი დაჰფარა ალასკაში.

დასასრულ, ამავე ტიპს შეიძლება მიეკუთვნოს ზონდის სრუტის ვულკანი კრაკატოა. ეს ვულკანი ზღვაში მდებარეობს და ძველად ერთ ვულკანურ კუნძულს წარმოადგენდა. უკვე იმ დროს მომხდარაყო, როგორც გამოკვლევები გვიჩვენებს, საოცარი აფეთქება. რომელსაც კუნძულის დიდი ნაწილი მოეგლიჯა და აღრიზ-

დელი ერთისაგან სამი პატარა ანდეზიტური კუნძული დარჩენი-  
ლიყო. შემდეგ ანდეზიტური და ბაზალტური ლავების ამოფრქვე-

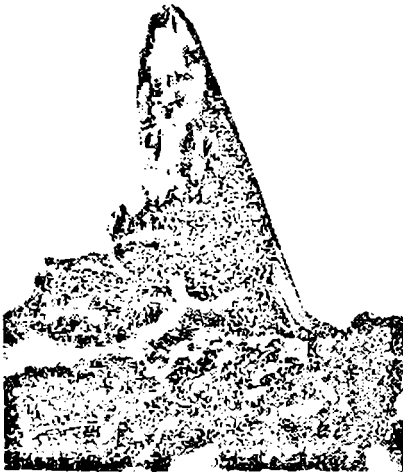


სურ. 218. მონპელეს ამოფრქვევა 1902 წელს.  
გავარეარებული გაზების და ვულკანური მტკრის  
ბუქი საშინელი სიჩქარით მიეჩანება ქალაქ სენ-  
პიერისა და ზღვისკენ.

ვებს ერთი ამ კუნძულთაგანი საგრძნობლად გაეზარდათ ისევე, სი-  
მალლით 800 მეტრამდე.

ასეთი იყო მდგომარეობა, როდესაც ორასი წლის სიმშვიდის შემ-  
დეგ 1883 წელს კრაკატოამ საშინელი აფეთქება განიცადა. აღვილ-  
ზე დამსწრე არავინ ყოფილა, მაგრამ ხმამ სინგაპურამდე და ავსტრა-  
ლიამდე მიაღწია. მთავარი კუნძულის უმეტესი ნაწილი, წყალზევი-  
თი და ნაწილობრივ წყალქვეითიც, ჰაერში იქნა გასროლილი და ეს

აღვილი ზღვამ დაჰფარა, ზოგან 300 მეტრის სიღრმემ. კაცის თავის ოღენა ქვები 20 კმ-ზე იქნა გადასროლილი და მუქისოღენები 40-45 კმ-ზე. ზვეითკენ ატმოსფეროში წმინდა მტვერმა 70—80 კმ სიმაღლეს მიადწია. ეს მტვერა 4-ოღე წელაწადს შერჩა ჰაერში და



სურ. 219. მონპელეს  
სოღო.

ჰაერის: დინებათა მეოხებით რამდენიმეჯერ შემოუარა მთელ მიწას. ამ დროის განმავლობაში აისის და დაისის ცა ევროპასა და ამერიკაშიც თავისებურად იყო შეფერილი, როგორც მტვრიანმა 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 აღრინდელი ქანების, ვულკანურისა და დანალექის, ნამსხვრევებს წარმოადგენდა და უზარმაზარ ფართობზე გაიშალა. მის მოცულობას 18 კუბურ კილომეტრს ანგარიშობენ.

ყველა აწერაღ შემთხვევაში ვულკანის მოქმედება წყვეტილი, ეპიზოდურა არის. თვით მაუნა ლოას კრატერში ლავა, მართალია, თითქმის მუდამ დგას, მაგრამ მისი გადმოღინება მხოლოდ დროდადრო ხდება. სტრომბოლიც თითქმის უწყვეტღვ მოქმედებს, მაგრამ მოქმედებას ინტენსივობა ცვალებადი არის. რაც შეეხება ვეზუვის ან მონპელეს ტიპის ვულკანებს, ისინი ამოფრქვევის შემდეგ წლობით, ათეულ წლობით და ხშირად საუკუნეების მანძიღზე უმოქმედო არიან. ამაზედ იტყვიან, ვულკანი შესვენებულღ არისო, და იღა მოქმედად ითვლება.

მაგრამ მოხდება. რომ ვულკანი სრულიად და საბოლოოდ შესწყვეტს მოქმედებას. ეს იქნება ჩამქრალი ვულკანი. ვულკანების ჩაქრობა საეკვო არ არის. გეოლოგები იცნობენ ვულკანებს, რომელთაც ასეული მილიონი წლის აქეთ აღარ უმოქმედნიათ, მაგრამ

გეოლოგიურად ახალგაზრდა ვულკანის შემთხვევაში ძნელა ჩაქ-  
ჩაღის და შესვენებულის გარჩევა, რადგან შესვენება შეიძლება  
ძლიერ ხანგრძლივიც იყოს და სხვა რამ ნიშანი, ჩაქრობის დამაას-  
სიათებელი, არ ვიცით. ვეზუვი ორი-სამი ათასი წლის მანძილზე მა-  
ინც უმოქმედო იყო და 79 წელს მოულოდნელად გააღვიძა. მეორე  
მხრით, არის ვულკანები, რომელნიც ერთხელ იფეთქებენ და მყისვე  
ჩაქრებიან. ასეთებად სთვლიან, როგორც უკვე აღვნიშნეთ. ღიატ-  
რემებს და მაარებს.

**პოსტვულკანური მოვლენები.** ვულკანის მოქმედების შეჩე-  
რება, დროებითი თუ საბოლოო, უეცარი არ არის. გაივლის წლება,  
ზოგჯერ საუკუნეები, და მისი კრატირიდან, ფერღებოდან თუ კალ-  
თებიდან ვულკანური გაზების და ორთქლის გამოყოფა გრძელდება.  
ამ მოვლენებს პოსტვულკანურს<sup>1</sup> ანუ ვულკანურის მომყოლს უწო-  
დებენ.

ორთქლ-გაზის ამოღინება ბზარებიდან და ნაპრალებიდან ხდე-  
ბა, თითქოს მიწას ოხშივარი ასდისო. ზოგჯერ მოღინება წნევიანი  
და წარმოშობს გაზის შადრევანს, რომლის სიმაღლე ათეული მეტ-  
რები შეიძლება იყოს. ტემპერატურაც მეტ-ნაკლებად მაღალი არის.  
თუ ეს ტემპერატურა 180°-ს აღემატება, გაზის ნაკადს ფუ შა-  
როლს<sup>2</sup> უწოდებენ. 180°-დან 100°-მდე სოლფატარა<sup>3</sup> იქნება,  
ხოლო 100° ქვევით — მოფეტია<sup>4</sup>.

გაზების შემადგენლობა 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 გოგირდი, ნატრიუმის, რკინის, სპილენძის,  
თუთიის ქლორიდები, რკინის და სპილენძის ქანგები, ბორის მჟავა,  
გოგირდიანი დარიშხანი, კინოვარი (სინგური), ტუტე მეტალების  
და ამონიუმის მარალები და სხ. მიმდინარეობს ამ ნივთიერებათა  
სუბლიმაცია, ე. ი. გაზობრივი მდგომარეობიდან პირდაპირ  
მყარში გადასვლა გათხევადების გვერდის ავლით.

ბუნებრივია, რომ ვულკანის ამოფრქვევის შეწყვეტის შემდეგ

<sup>1</sup> Post, ლათ. — შემდეგ.

<sup>2</sup> იტალიური fumarola, ლათინურიდან fumare — კვამლვა.

<sup>3</sup> Solfalara, იტალ. — გოგირდიანი გაზების სასულე.

<sup>4</sup> Mofette ფრანგ. საწყისი უცნობია.

პირველ ჯანად ფუმაროლური აქტივობა ქარბობს, შემდეგ -- სოლ-  
ფატარები და ბოლოს მოფეტები. ასე რომ, მოფეტური სტადია  
პოსტულკანური პროცესის ბოლოს მოასწავებს.

გაზებზე არანაკლებ დამახასიათებელია პოსტულკანური დრო-  
ისთვის ცხელი წყაროები ანუ თ ე რ მ ე ბ ი, რომლებიც კიდევ უფ-  
რო გვიანამდე რჩებიან. თერმებში სხვადასხვა ნივთიერება არის გახს-  
ნილი და ილექება კიდევ ზედაპირზე ან მიწაშივე.

გაზები და წყალი ვულკანიდან მარტო ზედაპირზე როდი ამო-  
დიან. ეს მხოლოდ უფრო თვალსაჩინო, მაგრამ მეორეხარისხოვანი  
მოვლენა არის. უფრო მნაშენელოვანია გაზების და წყლის დიდი  
რაოდენობა, რომელიც ვულკანიდან შემკველ ქანებში გადადის და  
იქ ბზარება და პორებში მოძრაობს მეტნაკლებად შორამდე. ასეთ  
პირობებში ქანის ზოგი მინერალი იხსნება და გაიტანება ან მას  
რომელიმე შემადგენელი გამოეყოფა. წარმოიშობა ახალი ნაერთე-  
ბი და მინერალები, ქანი თანდათან იცვლის სახეს. პროცესი და-  
მოკიდებულია არა მარტო გაზების და წყლის (ხსნარის) შემადგენ-  
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 ს უ რ ი <sup>1</sup> ჰქვია, თუ ცხელი წყალი — პ ი ჯ რ ო -  
თ ე რ მ უ ლ ი <sup>2</sup>.

თერმების თავისებურ სახესხვაობას წარმოადგენენ დინება, პე-  
რიოდულად ცხელი წყაროები ანუ გ ე ი ზ ე რ ე ბ ი.

გეიზერები პირველად ისლანდში შეიქმნენ ცნობილი და სი-  
ტყვა 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 აალო წარსულში ჩამქრალი  
ვულკანიზმის მხარეებთან არის დაკავშირებული.

ეს არის ცხელი წყარო, რომლის სადინებელი მილი ზედაპირზე  
ჩვეულებრივ გამისებური ჩაღრმავებით თავდება. შიგ ღვას წყალი,  
რომელიც მშვიდად გადმოიღინება და ზოგ გეიზერში შეიძლება უქ-  
რავიც იყოს. ეს სასულე და უშუალოდ მიმდებარე მიწის ზედაპი-  
რი ირგვლივ გადაფარულია სილიციუმორქანგის ტუფით (გეიზერი-

<sup>1</sup> „პნეუმა“, ბერძნ. ამოსუნთქვა; „ლიზის“ — გახსნა. დაშლა.

<sup>2</sup> „პიდრო“, ბერძნ. წყალი, „თერმე“ — სითბო; თბილი წყაროები.

ტი). რომელსაც გეიზერის წყალი ლექავს. წყლის ტემპერატურა: აქ დაახლოებით  $90-95^{\circ}$  არის, ყოველ შემთხვევაში დუღალის წერტილზე დაბალი. ქვევით სოღრმეში წყალი უფრო და უფრო ცხელია, შეიძლება ტემპერატურამ  $120^{\circ}$  და მეტსაც მიაღწიოს. მაგრამ დუღილი არც იქ არის, რადგან თავზე მოქცეული წყლის სვეტის დაწოლის გამო დუღილის წერტილი იქ კიდევ უფრო მაღალია.

მაგრამ წყლის ტემპერატურა უცვლელი როდი არის. ქვევდან მონადინები უფრო ცხელი წყლის გავლენით იგი თანდათან მატულობს და ბოლოს ამ მაღალი დუღილის წერტილსაც მიაღწევს. დაიწყება დუღილი და სასულედან ორთქლისა და წყლის შადრევანი იფეთქებს. შადრევნის სიმაღლე შეიძლება სანტიმეტრებად 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.

მოვლენათა ასეთი მორიგეობა საერთოდ საკმაოდ რეგულარული არის, მაგრამ სხვადასხვა გეიზერის შემთხვევაში სიმშვილეს პერიოდი შეიძლება გრძელდებოდეს წუთები, საათები, დღეები და თვეებიც კი. ცვალებადია შადრევნის ხანგრძლივობაც.

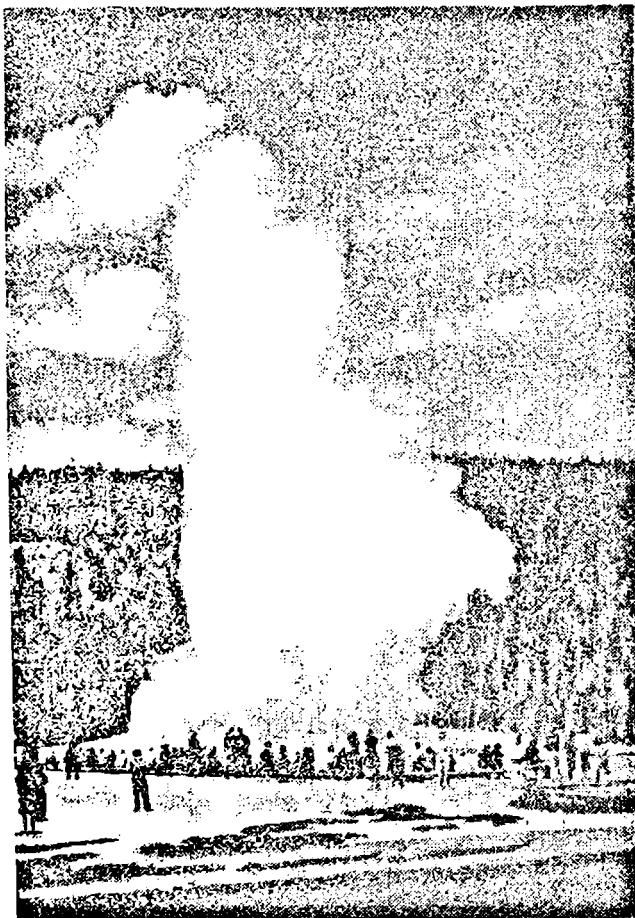
გეიზერების თავისებური ხასიათის ახსნამ გასაგებო უნდა ვახადოს: ა) შადრევნის შესაძლებლობა და მექანიზმი; ბ) მოვლენის პერიოდულობა; გ) საჭირო ენერჯიის წყარო. დღეს პასუხს ამ თხევებზე შემდეგნაირად წარმოგვიდგენენ:

იმისათვის რომ წყარომ შადრევანი მოგვეცეს, საჭიროა წყლის მოძრაობა, ბოლო ეტაპზე მაინც, ნაპრაღური იყოს: პორებში მოძრავი წყალი შადრევნად ვერ იფეთქებს. ამავე დროს ნათელია, რომ ნაპრაღი ზედაპირთან მეტნაკლებად ვერტიკალური მილით უნდა ბოლოვდებოდეს: სხვაგვარად ვერც შადრევნები იქნება ვერტიკალური.

იმისათვის რომ წყაროს მშვიდი დინება შადრევანმა შესცვალოს, საჭიროა წყლის მარაგი. მაშასადამე, წყლის გზაზე უნდა იყოს თავისუფალი ღრუ ან ღრუები, რომლებშიაც 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 მოქ-

მედებს შეწყვეტის შემდეგ იწყება წყლის დაგროვება. ღრუშივე წყლის თავზე მოჰყვებელი არის ორთქლი და გაზი. ერთიც და მეორეც შეკუმშული არის წყლის წნევის შესაბამისად. ეს წნევა უდ-



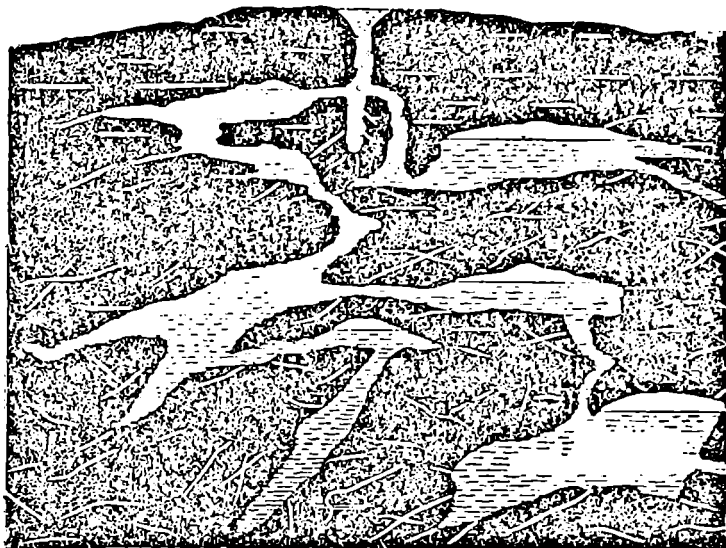
სურ. 220. გეიზერი მოქმედების დროს.  
ჩრდილო ამერიკა.

რის წყლის სვეტის წონას წყლის ზედაპირიდან ღრუში წყლის ზედაპირამდე გადმოსადინებელ სასულეში.

წყლის ტემპერატურა ღრუში, როგორც ვთქვით,  $100^{\circ}$ -ზე მა-



ღალია, თუმცა წყალი არ დულს, რადგან წნევის შესაბამისად დუ-  
ლილის წერტილი კიდევ უფრო მაღალი არის. მაგრამ ქვევიდან უფ-  
რო მაღალი ტემპერატურის შქონე წყალი მოღის და ღრუშიც ტემ-  
პერატურა თანდათან ზევით იწევს. ბოლოს წყლის ტემპერატურა  
წნევის შესატყვის დუდილის წერტილს მიაღწევს. ახლა წყალი მშვიდ



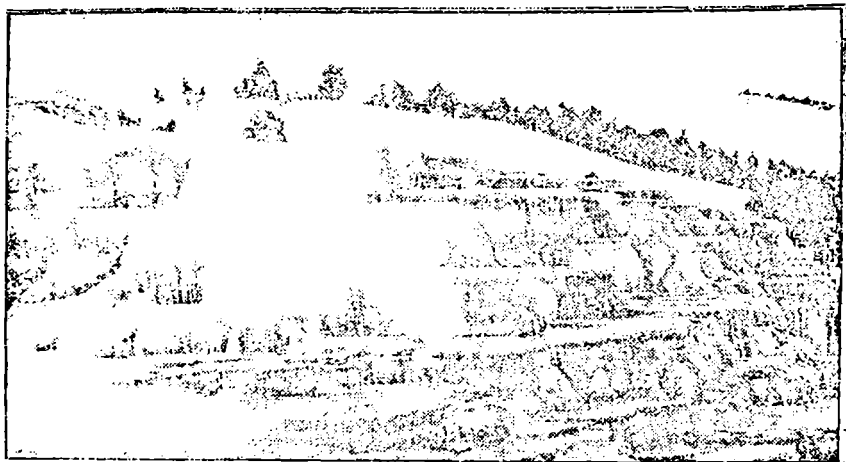
სურ. 221. ვეიზერის მოქმედების მექანიზმი (სქე-  
მა). მოცემულია ერთმანეთთან დაკავშირებული მიწისქვეშა ღრუება.  
რომლებშიც გროვდება წყალი, ხოლო წყალს ზევით მომწყვდებულია  
ორთქლი.

დუდილს იწყებს. გამოყოფილი ორთქლის წნევა მილში დინებას  
ააჩქარებს. ამის გამო ღრუში წნევა დაიკლებს, დაიკლებს შესაბა-  
მისად დუდილის ტემპერატურაც და წყლის ტემპერატურა ღრუში  
დუდილის წერტილს ზევით აღმოჩნდება. წყალი ზეგამთბარი  
გახდება. ასეთ პირობებში დუდილი უეცარმა აორთქლებამ  
უნდა შესცვალოს. მოხდება აფეთქება და წარმოიშობა ორთქლისა  
და წყლის შადრევანი.

აორთქლება, ნელი თუ ჩქარი, სითბოს მოითხოვს. ამ სითბოს მი-

წოდება წყლის ხარჯზე ხდება. წყალი ღრუში და მილში გრილდება. ამავე ღროს ჰაერში მოძრაობისას გაცივებული შადრევნის წყალიც ნაწილობრივ უკანვე ეცემა სასულეში — ესეც მილში ტემპერატურის დაწევას იწვევს. მალე ტემპერატურა მილშიც და ღრუშიც დუღილის წერტილს ქვევით დაეცემა და შადრევანი შეწყდება. დაიწყება ისევ წყლის ნელ-ნელი დაგროვება ღრუში, თან მისი გათბობა და ა. შ.

როგორც ვხედავთ, გეიზერის მოქმედებისათვის საჭირო ენერ-



სურ. 222. გეიზერითის ნალექი გეიზერის წყლის ნადინარზე.

გიის მიწოდება წყლის სითბოს სახით ხდება. წყალს კი ამ სითბოს ვულკანური კერის სიახლოვე 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 ნადინებზე ზემოთ ნახსენები თავისებურაი კაუოვანი მყარი ბრკე — გეიზერითი.

პოსტვულკანურ მოვლენებს მიეკუთვნება აგრეთვე ტალახის ვულკანების ანუ სალსების<sup>1</sup> დიდი ნაწილი. ეს არის.

<sup>1</sup> Salsus, ლათ. — მარილანი.

ძირითადად მარილიანი წყლის და თიხის ტალახი, სუპტად გაზიანი, რომელიც ჩვეულებრივ მშვიდად გამოდის თიხისავე პატარა კონუსიდან. ზოგჯერ სუსტი აფეთქებაც ხდება.

ამ ტალახის ვულკანებში არ უნდა აერიოთ კავკასიაში (აფშერონის და ტამანის ნახევარკუნძულები, ბაქოს მიდამოები) და ყირიმში ფართოდ გავრცელებული და კარგად ცნობილი ტალახის ვულკანები. უკანასკნელებს ვულკანიზმთან საერთო არაფერი აქვთ და დაკავშირებული არიან ძირითადად ნავთობის საბადოებთან. უხვად არის თერმები, გეიზერები და სალსები კამჩატკაზე.

ზღვასქვეშა ვულკანიზმი ვულკანებს გეოლოგი ხმელეთზე ეცნობა, კონტინენტებზე ან კუნძულებზე. მაგრამ უქვეყლად არის შემთხვევები, როდესაც ვულკანის მოქმედება წყალქვეშ, ზღვის ფსკერზე მიმდინარეობს. ასეთი ზღვასქვეშა ვულკანების არსებობას მოწმობს ვულკანური კუნძულები, რომელთა ზრდა ფსკერიდან, ხშირად ღიდა სიღრმიდან უნდა დაწყებულიყო, როგორც, მაგალითად, ჰავაიის კუნძულების შემთხვევაში. მეორე საბუთს გეოლოგიური წარსულის დოკუმენტები იძლევიან: ხშირია შემთხვევები, როდესაც ლავის ნაკადები და ზეწრები ზღვიურ ნალექებთან მორავებენ 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 ამოიშრდა და 120 მ სიმაღლეს მიაღწია, მაგრამ მალევე აბრაზიის მსხვერპლი გახდა და წყლით დაიფარა. ინგლისელმა მეზღვაურებმა იქ თავისი დროშა აშარტეს, 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 კლასტური მასალის გაცივება უფრო ჩქარია და ამოძინებული ქანის განვითარებაც თავისებური. გზით მიმდინარეობს. ზღვის მარილების გავლენით წარმოიშობა სპეციფიური მინერალები, რომელნიც ქანს დამახასიათებელ იერს აძლევენ. ამ რთულსა და მრავალი მხრით საყურადღებო მოვლენას პალმიროლიზს უწოდებენ. კერძოდ, პალმიროლიზი დიდ როლს ასრულებს ბენტონიტური თიხების განვითარებაში, როგორც არის წყალტუბოს გუმბრინი, გურიის ასკანიტი და სხ.

ვულკანური აპარატის დენუდაცია მის ზრდასთან ერთად იწ-

ყება და ამ მუშაობას იმთავითვე თვით ვულკანიც აწარმოებს. თუ ამოფრქვევის დროს კლასტური მასალა და ლავის ნაკადები ვულკანის კონუსს ზრდიან, მეორე მხრით, იგივე ძალები კონუსის ნგრევასაც იწვევენ და ზოგჯერ მთელ კონუსსაც გაისვრიან 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 პიროკლასტური მასალა (ბომბები, ლაპილა, ქვიშა და ფერფლი) ხშირად არაწონასწორ მდგომარეობაში აღმოჩნდება ხოლმე და წარმოიშობა ზვავ-მეწყრები. თბინი ფერდობებს მიჰყვებიან რადიალურად ყველა მიმართულებით და ვულკა-



სურ. 223. ბ ა რ ა ნ კ ო ს ე ბ ი, კარგად ჩანს მათი რადიალური განლაგება დაქანების მიხედვით.

ნის ფხვიერ საფარში მეტნაკლებად ღრმა ხეობისებურ ხრამებს ჰყვეთენ. ამ ხეობებს თუ ხრამებს ბ ა რ ა ნ კ ო ს ე ბ ს<sup>1</sup> უწოდებენ. უმედეგ ამავე გამზადებულ გზებს წყალი გაჰყვება და იწყება ეროზია. ამგვარად, წარმოიშობა თავისებური ჰიდროგრაფიული ქსელი, როდესაც ხეობები ერთი ცენტრიდან გამოდიან და სხვადასხვა მხარისაკენ მიემართებიან რადიალურად. სურათი განსაკუთრებით უცნაური ჩანს, როდესაც ვულკანი უკვე ჩამქრალია და ეროზიას

<sup>1</sup> Barrancos ესპან. — იგივე მნიშვნელობა.

პირვანდელი კონუსი ფუძემდღე წაურეცხია. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ კანტალი ცენტრულ საფრანგეთში.

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, შეკრილი შევული ნეკი. ნაპრაღური ვულკანის შემთხვევაში ამის ნაცვლად მივიღებთ მეტად თუ ნაკლებად გრძელ დაიკს. თუ შემცველი ქანი ნაკლებ გამძლეა ეროზიის მიმართ, ვიდრე დაიკის ან ნეკის ქანი, უკანასკნელები ზედაპირზე ამოჩრილი დარჩებიან ერთხანს, პირველი კედლის სახით, მეორე — როგორც სვეტა.

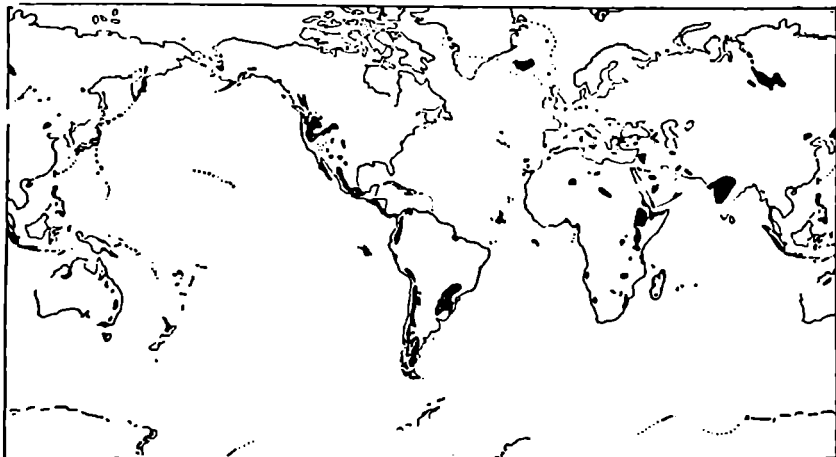
საგულისხმოა ვულკანის დენუდაცია ზღვაში. აღრე უკვე დავინახეთ, როგორ წარმოიშობა აბრაზიის შედეგად თავკვეთილი გიოები. იმ შემთხვევაში კი, თუ აბრაზია და აფეთქებებთან დაკავშირებული ვულკანური დენუდაცია ერთად მიმდინარეობს, მოზრდილი ვულკანური კუნძულის ადგილას შეიძლება რამდენიმე პაწია კუნძული წარმოიშვას, სანამ ისინი 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 ღროს! 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 ჩამქრალეებსაც, რომელთა მოქმედება ახლო წარსულს (მეოთხეულს, პლიოცენს) ეკუთვნის, თუმცა ადამიანთა ხსოვნაში არ მომხდარა. ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანებია: იალბუზი, მყინვარწყერი, არაგაცი სომხეთში, არარატი არაქსს გაღმა ოსმალეთში 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 მოქმედი ვულკანების.

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-



სურ. 224. ვულკანური გეოგრაფია. შავად აღნიშნულია მოქმედი და ჩამქრალი ახალგაზრდა ვულკანები.

ხრული 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 ცეცხლის რგოლს. ამ ორ ზოლს გარეშე ვულკანები იშვიათია. შეიძლება აღინიშნოს აღმოსავლური აფრიკის ვულკანები.

ცეცხლის რგოლის აზიური ნაწილი იწყება კამჩატკით, სადაც 30-მდე მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანი არის, რომელთაც ადგილობრივ სოკებს უწოდებენ. საყოველთაოდ ცნობილია კლოუჩევსკაია სოპკა. კამჩატკის ჯგუფს სამხრეთისკენ განაგრძობს კურილური კუნძულების, იაპონიის, ფილიპინების, ახალი გვინეის, სოლომონის კუნძულების, ახალი ჰებრიდების, ახალი ზელანდიის ვულკანები. ოკეანის მეორე მხარეზე არიან ალუუტური კუნძულების, სამხრული ალასკის, ჩრდილო ამერიკის კორდილიერების, ცენტრული ამერიკის, ანტილების და სამხრული ამერიკის ანდების მრავალრიცხოვანი ვულკანები. უკანასკნელების გაგრძელება წარმოდგენილია სამხრული სანდვიჩების რკალით. ფიქრობენ, რომ ამ ორი ზოლის (ოკეანის აღმოსავლეთისა და დასავლეთის) შემაერთებელი და იმავე დროს რგოლის შემკვრელი ნაკვეთი ანტარქტისზე უნდა იყოს.

ცეცხლის რგოლში არის მოთავსებული ვულკანების დიდი უმრავლესობა (1/3-მდე), მაგრამ ვულკანების დიდი რიცხვი არის ხმელთაშუა ზღვის ზოლშიც. შეიძლება 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 აღვნიშნეთ ჩამქრალი ვულკანები იალბუჯი და მყინვარწყვრი. ამათ გვერდით მთელი რიგი ჩამქრალი ვულკანი არის ამიერკავკასიაში. ოსმალეთში და ირანში ფართოდ არის ცნობილი არარატი, დემავენდი და სხვა. შემდეგ ერთ ხანს ხარვეზი არის, მაგრამ ზოლი ისევ 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 ვანსაკუთრებით საყურადღებო ის არის, რომ ეს გავრცელება ზუსტად ემთხვევა, როგორც შემდეგ დავინახავთ, ახალგაზრდა მთების გავრცელებას. მასშალადმე, 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. სწამე ის არის, რომ ეს არის ძველი ქედები, ჩამოთ-

ლილი ვულკანები კი ახალგაზრდა ქედებთან არიან დაკავშირებული, ჯერ კიდევ განვითარების სტადიაში მყოფ ქედებთან. შემდეგ გარეცხილან, 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. გამორკვეულია, რომ ისინი აღმოსავლური აფრიკის გრანდიოზულ რღვევებთან (გრაბენებთან) არიან დაკავშირებული. მაშასადამე, აქაც ნათელია მჭიდრო კავშირი ვულკანიზმსა და ტექტონიკას შორის.

ასეთი მოვლენა უფრო მცირე მასშტაბითაც ბევრგან შეიმჩნევა. ნაპრალური ვულკანები ხომ ტექტონიკურ რღვევას მოჰყვებიან და ხშირად არანაკლებ ცხადია ცენტრული ვულკანების კავშირაც ტექტონიკურ წყვეტასთან. მაგალითად, ჯავახეთის ზემოხსენებული ვულკანები სწორხაზებრივად არიან გამწყრივებული დაახლოებით მერიდიანული მიმართულებით. ეს განლაგება აშკარად მოწმობს, რომ იქ იმავე მიმართულებით წყვეტა უნდა მიდიოდეს. დასკვნა იმდენად ბუნებრივია, რომ ასეთ 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 გავცანით, მთელი ვულკანიზმი არ არის. ზედაპირის ვულკანები ლავის და მისი პროდუქტების ამონახვევას ჰგულისხმობენ, ზოგჯერ ლავის. მშვიდი ამოღინების (მაუნა ლაა), ზოგჯერ მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი აფეთქების სახით. ეს იქნება ეფუზიონი<sup>1</sup>. მაგრამ მიწის ქერქში აღმავალმა ლავამ შეიძლება ზედაპირამდე ვერ მოაღწიოს. და წარმოშვას შტოკი, ძარღვი და მისთანები. ამას უწოდებენ. ინტრუზიონს. ნა-

<sup>1</sup> Effusio. ლათ. — გადმოღრა.

<sup>2</sup> Intrudere, ლათ. — შეჩრა, შეძრომდა.



თელია, 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, ლაკოლიტებს) ზემოთ გავეცანით. მოაწვეს, თუ არა, ინტრუზია მიწის ზედაპირამდე (და მასასადამე გადავა, თუ არა, ეფუზიაში), ეს დამოკიდებულია ლავის ენერჯიაზე, სათანადო უბნის შედგენილობასა 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 მონ-პელეს ობელისკისებურად. ეს იქნება ექსტრუზია<sup>1</sup>.

ყველა შემთხვევაში, ეფუზიასთან გვექნება საქმე თუ ინტრუზიასთან, ეს არის მდნარი მასალის მოძრაობა. ამ მასალას მაგმას<sup>2</sup> უწოდებენ. ლავა იგივე მაგმა არის, ოღონდ ზედაპირზე ამოსული და მეტ-ნაკლებად გაცივებული. მეორე მხრივ მაგმაში უხვად არის გახსნილი სხვადასხვა გაზები. გაცივება და (ან) წნევის შემცირება კი ამ გაზების გამოყოფას იწვევს. ამიტომ ლავა დედა-მაგმასთან შედარებით ძლიერ გაღარიბებულია გაზებით.

ამგვარად, ინტრუზიული და ეფუზიური მოვლენები მაგმური ენერჯიის გამოვლინებას წარმოადგენენ, ორივე მაგმატიზმის გამოხატულება არის. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ფართოდ გავრეზული 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 დაბეჭითებითი 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, და ახლოებით ბაზალტური, და მეორე მყავე, დაახლოებით გრანიტუ-

<sup>1</sup> Extrudere ლათ. — ამოძრომა.

<sup>2</sup> მაგმა, ბერძნ. — ბლანტი რამ მალამო.

ლი. შემდეგ ერთი ფუძე მაგმის წარმოდგენაზე შეჩერდნენ. ფიქრობდნენ, რომ მკავე მაგმას მისი განვითარება-დანაწილება ახუღაფერენციაცია უნდა იძლეოდესო.

ახლა ბევრი ვარაუდობს, რომ ერთიანი მაგმური ფენა საერთოდ არ არსებობს. მაგმის წარმოშობა, ე. ი. მყარი მასის გაღნობა, ხან საღ მოხდება და ხან საღ. 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 კერები, ზოგი დიდი და ზოგი პატარა. მაგმური კერების ჰიპოთეზის სასარგებლოდ სხვადასხვა მოსაზრებას ასახელებენ: 1. ვულკანური აქტივობა, სადაც კი ეიცნობთ მას, ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად ჩანგრძლივი 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 დასამეგობია, და სხ. ეს კია, რომ მაგმური „კერა“ 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 ქველ გეოლოგიურ ფორმაციებში, რომელნიც დღეს დამარხული არიან უფრო ახალგაზრდა საფარს ქვეშ.

უპირველეს ყოვლისა, უნდა მოვიხსენიოთ ლავური ზეწრები და

<sup>1</sup> Trapp, შვედური — ფუძე ერუბტიული ქანებია.

ნაკადები. ესენი აგებული არიან გაცივებული ლავებით და ჩვეულებრივ ერთგვაროვანი ტექსტურა აქვთ. ზოგჯერ კი გამოირჩევა ლავური ბრეჭია. ეს უკანასკნელი წარმოიშობა, როდესაც ლავის დინება წარმოიტაცებს უკვე გაცივებული ლავის და შემცველი ქანების ნამსხვრევებს და გაცივდება როგორც ბრეჭია. ასეთ ქანში ლავა ცემენტის როლს თამაშობს და ქანის წარმოშობისას ეს ცემენტი გამდნარი უნდა ყოფილაყო. როგორც დავინახეთ, ლავური ბრეჭია შეიძლება წარმოიშვას მაშინაც, თუ ლავის მდინარე ნაკადს მყარი ქერქი გაუჩნდა და ლავის შემდეგმა დინებამ ეს ქერქი დაამტვრია და თან წაიტანა.

სხვა შემთხვევაში ისევ ლავისა და წატაცებული ქანების ბრეჭია შეიძლება გვექონდეს, მაგრამ ცემენტის როლს ლავილი, ვულკანური ქვიშა და ფერფლი თამაშობდეს. ამაზედ იტყვიან ტუფბრეჭიაო ან ვულკანური ბრეჭიაო.

ვულკანური ბრეჭია მსხვილი კლასტური მასალისაგან (ბელტები, ბომბები და მისთანანი) შედგება და ვულკანის უშუალო სიახლოვეში წარმოიშობა. წვრილი და წმინდა მასალა, კერძოდ, ფერფლი, შეუდარებლად უფრო შორს ვრცელდება და ილექება თხელი ან სქელი ფენის სახით იმის მიხედვით, თუ რამდენია მასალა და რამდენად დაშორებულია დალექვის ადგილი ვულკანურ ცენტრს. წყლისა და წნევის გავლენით ნალექი შემტკიცდება და წარმოიშობა ქანი, რომელსაც ტუფს უწოდებენ. როდესაც დაგროვება ხმელეთზე ხდება, შეიძლება მასალა ნაწილობრივ ან მთლიანად გადაირეცხოს. გადარჩენილი 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 შედგენილობა, 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 გაიზარდება, 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 განსაკუთ-

რებით მაშინ არის დიდი, თუ ვულკანური მასალის დალექვა წყალ-ქვეშ ხდება, ზღვაში ან ტბაში.

ლავეები, ტუფები, ტუფიტები ვულკანოგენური წარმონაქმნება არიან. როდესაც ტუფოგენური ნალექები ან ვულკანოგენური და



სურ. 225. ვულკანური ტუფი. ალსანიშ-ნავია ვულკანის აქტივობის ცალკეული პაროქსიზმებით გამოწვეული მკაფიო შრეებრივობა. შექსიკა.

ნორმული დანალექი ფენების მორიგეობა გვაქვს, ეს იქნება დანალექ-ვულკანოგენური წყებები, რომელნიც დღე როლს თამაშობენ მიწის ქერქის აგებულებაში. საქართველოში იურული, ცარცული და მესამეული სისტემების მნიშვნელოვანი ნაწილი ასეთი წყებებისაგან შედგება.

ვულკანიზმის პრაქტიკული მნიშვნელობაც ადამიანისათვის

ძლიერ დიდია. დავიწყეთ იმით, რომ, რაკი ვულკანიზმი ხშირად საზარელ კატასტროფებს იწვევს, შეიძლება გვეფიქრა, რომ მოსახლეობა ვულკანურ მხარეებს უნდა გაურბოდეს. სინამდვილეში ვულკანების, მათ შორის მოქმედი ვულკანების მიდამოები განსაკუთრებით მჭიდროდ არის დასახლებული. ამის მიზეზი იმაში მდგომარეობს, რომ ლავებზე და ტუფებზე ძლიერ ნაყოფიერი ნიადაგები კუთარდებიან და სათანადოდ იზრდავენ სოფლის მეურნეს.

შემდეგ უნდა აღინიშნოს, რომ ვულკანურ ქანებთან, განსაკუთრებით ინტრუზივებთან, დაკავშირებულია სხვადასხვა გაჟანღება. რომელთა გამოყენება სამთო მრეწველობის საფუძველს წარმოადგენს.

დასასრულ, თვით ვულკანოგენური ქანები მრავალ შემთხვევაში ძვირფას საშენს და ტექნოლოგიურ მასალას იძლევიან.

### ჯომი შეკითხვა და რჩევა

ასწერეთ ვეზუვის აფეთქება 79 წელს. რატომ იყო ეს აფეთქება მოულოდნელი? რა არის ვულკანიზმი? ჩამოსთვალეთ და დაახასიათეთ ვულკანიზმის პროდუქტები (მყარი, თხევადი, გაზბერივი). რის მიხედვით არჩევენ სხვადასხვა ლავას?

ასწერეთ ვულკანური აპარატი. რა არის კალდეირა? პარაზიტული ვულკანი, დიატრემა? რა არის ვულკანის ყელი, კრატერი? საიდან ჩანს რომ, ვულკანური აპარატი ზეიდან არის დაშენებული და არა ქვევიდან ამოზნექილი?

ასწერეთ ვულკანების ტიპები, პოსტვულკანური მოვლენები. რატომ არის აუცილებელი გეიზერის მოქმედებისათვის სადინებელი მილას გარდა მიწასქვეშა 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 წყნოტილი?

რით განსხვავდება ეფუზიური და ინტრუზიული ვულკანიზმი? დაასახელეთ მაგალითები. ვულკანის კერა და მისი მდებარეობა

განსაზღვრეთ მაგმატიზმი და ვულკანიზმი.

ასწერეთ ვულკანოგენური ნალექები.

## მიწისძვრები

მიწისძვრების ბუნება და სხვადასხვაობა. შეჩვეული ვართ გრძნობას, რომ, თუ რაიმე არის ჩვენს გარშემო მკვიდრი, ურყევო და დასანდობი, ეს არის მიწა. და მოხდება ხოლმე, რომ სწორედ მიწა იძვრის. ეს ხალხში ინსტინქტურ პანიკას იწვევს. ოდნავ ძლიერი მიწისძვრის დროს მძინარენი იღვიძებენ, ყველანი ანგარიშმიუცემლად გარეთ გამობიან. და მსგავსია ცხოველების ქცევა: მოწმეების თქმით ძაღლები წუწყუნით ტახტებქვეშ 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 გადამწყვეტი მნიშვნელობა? მაგრამ არც ეს არის. ცნობილია უდავო მიწისძვრები, რომელნიც იმდენად სუსტი არიან, რომ აღამიანი მათ ვერც კი ამჩნევს. მიწისძვრა მიწის ბუნებრივი ძალებით გამოწვეული მოძრაობას ჰგულისხმობს.

მაგრამ წარმოვიდგინოთ, რომ მთაში ზვავი 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 ზვავი თუ კლდის მოწყვეტა მიწასქვეშ რომ მოხდეს რაიმე გამოქვაბულში, მიწის შერყევა, მის მიერ გამოწვეული, მიწისძვრა იქნება. მიწისძვრის მიზეზი მიწის შიგნეთში იგულისხმება.

თითქო ყველაფერი ნათელია და მაინც აქაც წინააღმდეგობას ვეჯახებით. ზუსტი გაზომვები გვეუბნება, რომ სკანდინავია ნელ-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 ბუნებრივია და მიწას ქვეშ

მ დ ე ბ ა რ ე ბ ს. ამის მიხედვით მყარი მიწის აწვევ-ლაწვევა 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, მხოლოდ მას ამ შემთხვევაში ზღვისძვრას უწოდებენ.

მიწისძვრას აღსანიშნავად იხმარება აგრეთვე ბერძნული ტერმინი ს ე ი ს მ ი<sup>1</sup>. მეცნიერული დისციპლინა, რომლის ამოცანა არის მიწისძვრების შესწავლა, იქნება ს ე ი ს მ ო ლ ო გ ი ა.

რამდენიმე მაგალითი. მაინც მიწისძვრა ისეთი რამ არ არის, რომ მისი გაშოვნობა ჭირდეს, არც იშვიათია ეს მოვლენა და თანაც ხშირად მას საზარელი შედეგები მოსდევს. ამიტომ ისეთი მიწისძვრების რიცხვი, რომელნიც დაწვრალებით არიან აწერალი, ძლავრ დიდი არის. დავასახელოთ მხოლოდ რამდენიმე მაგალითი უკეთ ცნობილთაგან.

1906 წლის აპრილის 18-ს დღის 5 საათზე ქალაქ სან-ფრანცისკოს (ჩრდილო ამერიკა) მცხოვრებნი საშინელმა ბიძგმა გამოაღვიძა. ზოგი პარდაპირ საწოლიდან გადმოაგდო. ზოგ სახლს ცალი კედელი ჩამოენგრა და ხალხი საცვლებს ამარა გამოცივიდა გარეთ, სხვიან 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 რამდენამე ასეულ მილიონ დოლარს უდრისა.

ორი წლის შემდეგ, 1908 წლის ბოლოს, მსგავსი კატასტროფათავს დაატყდა ქალ. ნეისინას. ეს ქალაქი სიცილიის აღმოსავლურ კიდეზე მდებარეობს მესინის სრუტის ნაპირზე. სრუტის მეორე ნაპირზე მოთავსებულია კალაბრიის ქალაქი რეგიო. მიწისძვრამ ორივე ქალაქი გაანადგურა. ამ მიწისძვრის გამო ბევრი ლაპარაკი იყო ე. წ. ს ე ი ს მ უ რ ი ტ ა ლ ლ ი ს შესახებ, რომელიც მიწისძვრის დამახასიათებელი არის ზღვისპირა ადგილებში: ჭერ ზღვამ უკან დაიხია და ნაპირი გააშიშვლა, ხოლო შემდეგ მობრუნდა 12 მეტრის.

<sup>1</sup> „სეისმოს“, ბერძნ. — რყევა, მიწისძვრა.

სიმაღლე უზარმაზარი ტალღის სახით და მუსრი გაავლო, 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 ნაგებობები და გემები ხმელეთზე გადაისროლა 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 ჰორიზონტალურად 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 გუნდური იყო. ასეთ შემთხვევებში ზოგჯერ მკაფიოდ გაირჩევა მთავარი ბიძგი ან ბიძგები, წინა ბიძგები და მომყოლი ბიძგები.

1948 წლის ოქტომბრის 5-ს დიდი მიწისძვრა მოხდა აშხაბადში კოპეტ-დაღის კალთებზე. ქალაქში ნაგებობათა დიდი ნაწილი დაინგრა. მიწაში წარმოიშვა ნაპრალები და წყვეტები, რომელთა გასწვრივ ვერტიკალური გადაადგილება ზოგჯერ 1 მეტრამდე აღწევდა. ნაპრალებიდან ზოგან წყალი წამოვიდა, ზოგან წყლიანი ქვიშა-თიხის ამოწბერვა ხდებოდა. გაჩნდა პაწია ტალახის ვულკანები. მადლობებიდან მოწყდა ზევე-მეწყურები. მომყოლი ბიძგები 6 წლის განმავლობაში მეორდებოდა.

გუნდური ხასიათი კიდევ უკეთ იყო გამოხატული ჩილის უკა-



ნასკნელ დიდ მიწისძვრაში, რომელიც 1960 წ. მაისის 21-ს დაიწყო. 11 დღის მანძილზე 40 ძლიერი მიწისძვრა მოჰყვა ერთიმეორეს. 2000 კაცამდე დაიღუპა და ზარალმა ნახევარ მილიარდ დოლარამდე მიაღწია. დასაწყისშივე თავი იჩინა ძლიერმა ცუნამიმ, ხმელეთზე კი წარმოიშობოდა დიდი ნაპრალები, ხდებოდა უზარმაზარი ზეკვების 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 როდი არის. უაღრესად ძლიერი მიწისძვრა უდაბურ მხარეში შეიძლება ისე ჩატარდეს, რომ ერთი კაციც არსად დააზიანოს, ხოლო მკიდროდ დასახლებულ ქვეყანაში ნაკლებად ძლიერ მიწისძვრასაც კი შეიძლება უზარმაზარი უბედურება მოჰყვეს. ასე იყო, რომ 1556 წელში ჩინეთში მომხდარმა მიწისძვრამ, როგორც ამბობენ, 830 000 ადამიანი იმსხვერპლა.

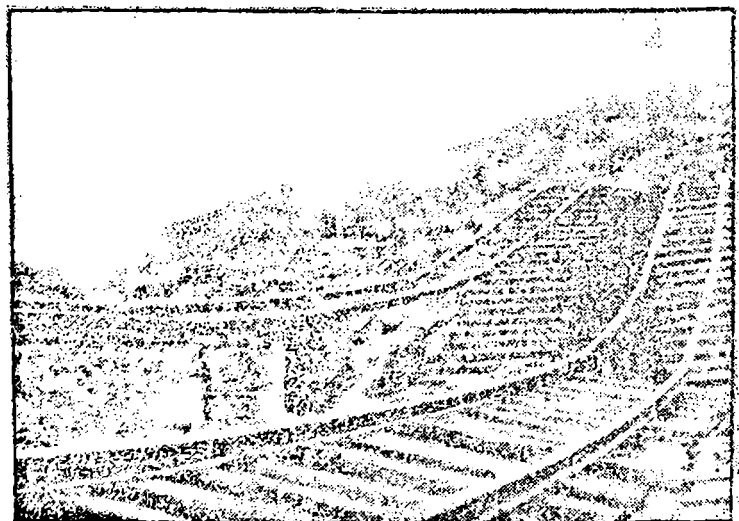
რა თქმა უნდა, მიწისძვრებს წმინდა გეოლოგიური შედეგებიც ეოსდევს. მთიან მხარეებში ერთი ასეთი იქნება ზეკვების და მეწყრების დაძვრა. გრანდიოზული მასების გადაადგილება შეიძლება მოხდეს. ზევე-მეწყრები წარმოიშობა წყალქვეშაც, ზღვაში, როგორც ეს ტოკიოს მიწისძვრის დროს დაადასტურეს არაერთ ადგილას.

წარმოიშობა მეტად თუ ნაკლებად გამწე ნაპრალები, რომელთა გასწვრივ ხშირია გადაადგილებაც, ვერტიკალური თუ ჰორიზონტული და ზოგჯერ ბრუნვითიც (სურ. 226). ასეთი გადაადგილება განსაკუთრებით მკვეთრად გამოჩანს, როდესაც იგი გზას ან მდინარის კალაპოტს ჰკვეთს (სურ. 227, 228). თუ მსგავს ნაპრალებს შივილებთ 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 ნაცვლად წყლიანი ლაფი ამოიწებროს და პაწია ტალახის ვულკანები წარმოიშვას (სურ. 229). შესაძლებელია ტბის წარმოშობაც, მაგალითად, მეწყრული დაგუბების შედეგად.

რაც შეეხება მიწისძვრების სიძლიერეს, იგი ფართო ფარგლებში ცვალებადობს. დიდი უმეტესობა იმდენად სუსტია, რომ ადამიანი წათ ვერც კი ამჩნევს. მათი არსებობა მხოლოდ უაღრესად გრძნობიერი იარაღების საშუალებით არის დადგენილი. ასეთ ძვრებს მ ი-



სურ. 226. ნასხლეთი. მიწისძვრის შედეგად წარმოშობილი.



სურ. 227. მიწისძვრის მიერ დაგრეხილი რკინი-  
გზა. იაპონია, ტოკიოს მიდამო.



სურ. 228. მიწისძვრისას გაწყვეტილი მდიხარე.  
სან-ანდრეას განსხვავებული კალიფორნიაში.



სურ. 229. ტალახის ვულკანები. მიწისძვრისას გამოწებებული.

კ რ ო ს ე ი ს მ ე ბ ს უწოდებენ. ამათ გვერდით არის მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი მიწისძვრები, რომელთა ზოგი მაგალითი ზემოთ მოვიხსენიეთ.

**მიწისძვრის ძალა.** 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 ობიექტური ნიშნები გამოენახათ, რომ საკითხის გარკვევა დამზვიდვებით ყოფილიყო შესაძლებელი მიწისძვრის შემდეგაც. ამგვარად იქნა შემუშავებული თორმეტბალიანი სკალა<sup>1</sup>, რომელსაც იტალიელი სეისმოლოგის მერკალი ს სახელით აღნიშნავენ. ეს სკალა მიწისძვრის ძალის მიახლოებული დახარისხების საშუალებას იძლევა მხოლოდ, მაგრამ მას მაინც დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს.

### მიწისძვრის სიძლიერეთა სკალა

1. შე უ მ ჩ ნ ე ვ ე ლ ი ანუ მიკროსეისმი. აღინიშნება მხოლოდ იარაღებით.

2. ძ ლ ი ე რ ს უ ს ტ ი. აღინიშნება იარაღებით. შეიმჩნევა უძრავად მყოფი ზოგი ადამიანის მიერ.

3. ს უ ს ტ ი. ამჩნევს მოსახლეობის მცირე ნაწილი.

4. ზ ო მ ი ე რ ი. შინ მყოფი მეტი წილი ამჩნევს, ზოგი მძინარიც იღვიძებს; ფანჯრების ნინები ზანზარებენ; დაკიდებული საგნები ქანაობას იწყებენ.

5. ს ა კ მ ა ო ლ ძ ლ ი ე რ ი. შინ მყოფი ყველა გრძნობს, ვარეთ — ბევრი; ზოგი შინიდან გარეთ გამოდის; დაკიდებული საგნები ქანაობენ, დარაბები იღებიან.

6. ძ ლ ი ე რ ი. გრძნობს ყველა, ბევრი ქუჩაში გარბის; თაროებიდან საგნები ცვივა, კედლების თუ ჭერის ნალესში მცირე ბზარები ჩნდება, წყალი ჭურჭლიდან გადმოიშხეფებს.

7. მე ტ ა ლ ძ ლ ი ე რ ი. ავეჯი დაიძვრის და კიდევ წაიქცევა: ტბებში, მდინარეებში წყალი იმღვრევა; ცუდად ნაგები შენობებს ზოგი რამ, მაგ. საკვამლე მილები, ინგრევა.

<sup>1</sup> Scala, ლათ. — კიბე.

8. დ ა მ ა ნ გ რ ე ე ლ ი. კარგად ნაგები ქვის შენობებიც ზიანდებიან.

9. გ ა მ ა ნ ა დ გ უ რ ე ბ ე ლ ი. ქვის შენობები ინგრევიან ან სერიოზულად ზიანდებიან. კარგად ნაგები ხის შენობები მცირე ზიანს განიცდიან.

10. ა მ ა ო ხ რ ე ბ ე ლ ი. ჩნდება ნაპრალები მიწაში. დაიძვრის ზეაეები, ქვის შენობები ინგრევა.

11. კ ა ტ ა ს ტ რ ო ფ უ ლ ი. ნაპრალების და ზეაე-მეწყურების დიდი განვითარება. ქვის შენობების სრული განადგურება.

12. დ ი დ ი კ ა ტ ა ს ტ რ ო ფ ა. 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 ჰვენ 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?

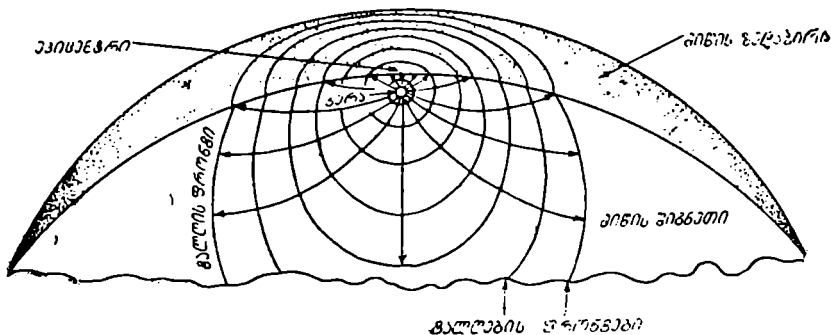
კარგად არის ცნობილი, რომ არა. სადღაც ერთ ადგილას მოძრაობა უძლიერესი არის, ამ შემთხვევაში სწორედ 10 ბალიანი. აქედან ყველა მიმართულებით ძალა კლებულობს. ამ ცენტრულ უბანს მიწის ზედაპირზე მიწისძვრის ეპიცენტრს (ზედა ცენტრს) უწოდებენ.

ბუნებრივია გვეფიქრა, რომ მიწისძვრა სწორედ იქ წარმოიშობა და იქიდან 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 ხედება მასის ერთეულს და იმდენადვე სუსტი იქნება მოძრაობა. მოძრაობის თანდათან შესუსტებას გამოიწვევს შინაგანი ხახუნიც.

ასეთ წარმოდგენას თითქო სავსებით ადასტურებს მეორე გარემოება: ზუსტი გაზომვების შედეგად დადგენილი არის, რომ მიწისძვრა ყველგან ერთდროული როდია: უპირველესად ყოველისა, იგი შეიმჩნევა ეპიცენტრში და შემდეგ მით უფრო გვიან, რაც უფრო შორს არის აღებული 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 **ჰიპოცენტრი** (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 შვეულის მიერ ზედაპირის გადაკვეთა იქნება (სურ. 230). ძვრის სიძ-



სურ. 230. სეისმური ტალღები და ეპიცენტრი. კერა (ნახაზზე პატარა წრე) მიწის ზედაპირქვეშ არის. დასრული მრუდე ხაზები აღნიშნავენ ტალღების გავრცელების ტრაექტორიებს. ყველაზე მოკლე გზა ზედაპირამდე კერის თავზე არის. ვერტიკალზე ეს იქნება ეპიცენტრი. შვეკრული მრუდეები მის გარშემო წარმოადგენენ სეისმური ტალღების ფრონტებს.

ლიერეც მიწის ზედაპირზე უდიდესი ეპიცენტრში უნდა იყოს, რადგან ეს არის ჰიპოცენტრიდან უახლოესი წერტილი.

რაც შეეხება მიწისძვრათა კერების მდებარეობის სიღრმეს, ამჟამად არსებული ცნობების მიხედვით კერათა საერთო რიცხვის ნახევარი 60 კმ-ზე ნაკლებ სიღრმეზე მდებარეობს. ეს არის მარჩხი

მიწისძვრები. შემდეგ ჯგუფი (ს ა შ უ ა ლ ო სიღრმის კერები) იქნება 60—300 კმ-ს სიღრმეზე და, დასასრულ, მესამე, ღ რ მ ა ფ ო კ უ ს ი ა ნ ი მიწისძვრების ჯგუფი 300—700 კმ-ზე. ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები X X საუკუნეში იქნენ აღმოჩენილი. ძირითადად წყნარი ოკეანის პერიფერიებზე.

რომელიმე მიწისძვრის დასახასიათებლად მარტო პიპოცენტრის და ეპიცენტრის პოვნა არ კმარა. რყევის ძალა, როგორც ცნობილია, ეპიცენტრიდან დაშორებისას კლებულობს. თუ ამ ძალას გავზომავთ მრავალ წერტილში და შევადარებთ წერტილებს, სადაც ძალა თანასწორია, მივიღებთ თანასწორი ძალის ხაზებს, ანუ იზოსეისტებს. ასევე, თუ შევადარებთ წერტილებს, სადაც მიწისძვრა ერთდროულად მივიდა, მივიღებთ ღ ო მ ო ს ე ი ს ტ ე ბ ს.

ცხადია, რომ, თუმცა არც იზოსეისტები და არც ღომოსეისტები წესიერი წრეები არ იქნებიან, ისინი კონცენტრიულად გამოიხაზებიან ეპიცენტრის გარშემო<sup>1</sup>. ერთ შემთხვევაში მივიღებთ იზოსეისტების რუკას, მეორეში—ღომოსეისტებისას. რუკის ის ნაწილი, რომელიც უშუალოდ მიეხმის ეპიცენტრს და რომლის ფართობი სხვადასხვა მიწისძვრის შემთხვევაში სხვადასხვა იქნება, ბუნებრივად დემთხვა უძლიერესი რყევის უბანს. მას პ ლ ე ი ს ტ ო ს ე ი ს ტ უ რ უ ბ ა ნ ს უწოდებენ. ჩვეულებრივ პლეისტოსეისტურ ფართობს ავრცელებენ მანამდე, სანამ მოძრაობა შესამჩნევია ადამიანისათვის, ე. ი. სანამ მას მ ა კ რ ო ს ე ი ს ტ უ რ ი ხასიათი აქვს. მიკროსეისმური, ე. ი. მხოლოდ იარაღებისათვის (სეისმოგრაფებისათვის) შესამჩნევი მოძრაობა პლეისტოსეისტურ უბანს 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 ჰფარავს, მცირე იყოს და მის გარე არაფერი შეიმჩნეოდეს. ასეთ მიწისძვრას ა დ გ ი ლ ო ბ რ ი ვ ს უწოდებენ. ადგილობრივი მიწისძვრა შეიძლება ძლიერიც იყოს, მაგრამ ეს გამოწვეული იქნება არა იმით, რომ ენერგია არის დიდი, არამედ ფოკუსის მარჩბი მდებარეობით; მცირე

<sup>1</sup> იზოსეისტები და ღომოსეისტები წრეხაზები მაშინ იქნებოდნენ, მიწის ქვრის შედგენილობა ერთგვაროვანი რომ ყოფილიყო (და კერა — იზოდიამეტრული).

მანძილზე ჰიპოცენტრიდან ეპიცენტრამდე პირველადი ენერგია საგრძნობლად ვერ დაიკლებს. ღრმა ფოკუსის შემთხვევაში კი მოძრაობის ენერგია ზედაპირთან მიღწევამდე საგრძნობლად შემცირდა, მაგრამ მისი გავრცელების რადიუსი დიდი იქნება. ამგვარად, თუ ორი მიწისძვრის ძალა ეპიცენტრში თანასწორი არის, გავრცელება იმ მიწისძვრას მეტი ექნება, რომლის ჰიპოცენტრი უფრო ღრმად მდებარეობს.

არის მიწისძვრები, რომლებიც ასიათასობით კვადრატულ კილომეტრს ჰფარავენ, — ეს იქნება შორსმწვდომი მიწისძვრები. დასასრულ, მსოფლიო მიწისძვრა მთელ მიწას შემოუვლის გარშემო (ეპიცენტრიდან ანტიეპიცენტრამდე<sup>1</sup> მისწვდება და შეიძლება მეორედაც შემოუაროს მიწას ზედაპირული ტალღების სახით).

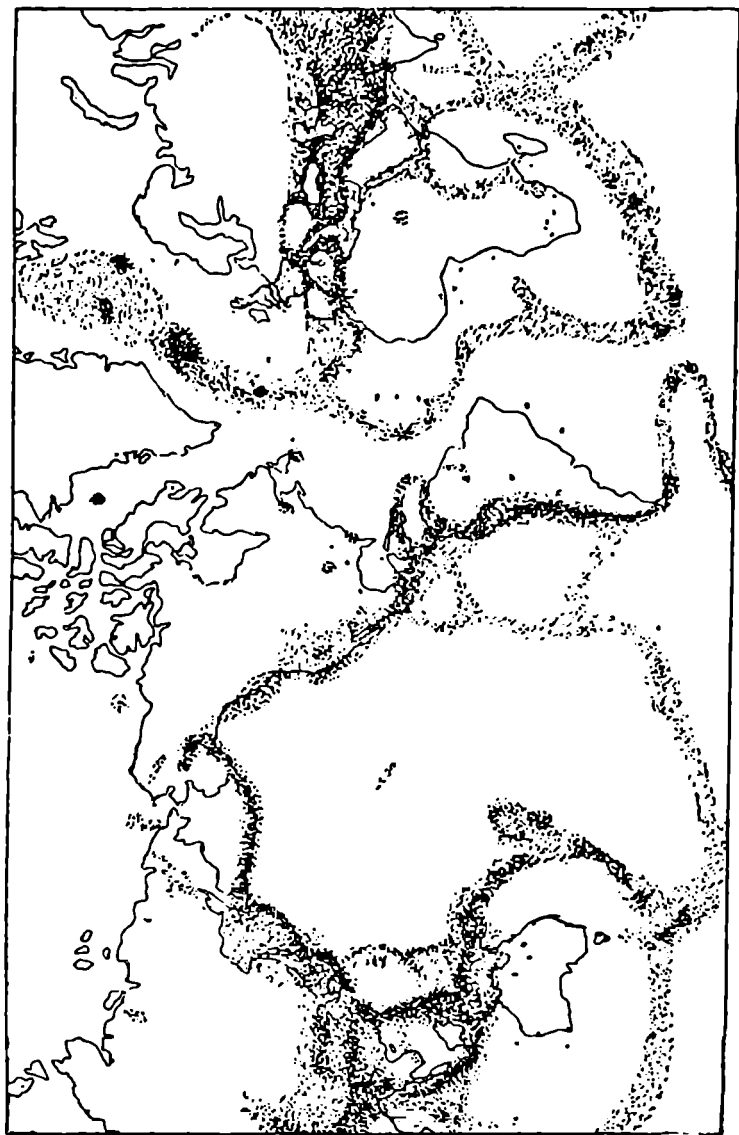
მიწისძვრის სიძლიერე და მისი გამოვლინების ხასიათი დამოკიდებულია არა მარტო ჰიპოცენტრიდან მოსული ბიძგის ძალაზე, არამედ თითოეული უბნის ქანების რაგვარობასა და აგებულებაზეც. ამ პირობების მიხედვით მიწისძვრის ხასიათი ძლიერ იცვლება. სულ სხვაა ერთი და იგივე მიწისძვრა მტკიცე მასივ ქანებში და რბილ და ფხვიერ ქანებში, მაგალითად, ალუვიონში ან ნახვავში. ამას დიდი მნიშვნელობა აქვს საინჟინრო 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 დღეს მთელი მიწა მოფენილია სეისმური სადგურებით, რომლებიც გრძნობიერი იარაღების საშუალებით აღწუნხვენ ყველა ძლიერსა და სუსტ მიწისძვრას. ამგვარად გამოირკვა, რომ წლის განმავლობაში მიწაზე საშუალოდ მილიონამდე მიწისძვრა ხდება. 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 ვიქონიებთ, რომ თითოეული ასეთი მიწისძვრა დაახლოებით ერთ წუთს გრძელდება საშუალოდ, გასაგებო იქნება სეისმოლოგების დასკვნა, რომ მიწა განუწყვეტლივ თრთის.

მანძილ მიწისძვრები თანაბრად როდი არიან განაწილებული მიწის

<sup>1</sup> ანტიეპიცენტრი ეპიცენტრის ანტიპოდს, ე. ი. ეპიცენტრიდან გატარებულ დიამეტრის მეორე ბოლოს ჰქვია.





სურ. 231. მიწისძვრების გეოგრაფიული გარკვეული წერტილები რუკაზე აღნიშნავენ  
მეცნიერებისათვის ცნობილ ეპიცენტრებს, საყურადღებოა მიწისძვრების მკიდრო დაჭეუდება გარკვეულ ზოლებში და  
უზარმაზარი ფართობები, სადაც მიწისძვრები არ არის ან თითქმის არ არის.

ზედაპირზე. მიწისძვრათა ეპიცენტრების განლაგების შესწავლა სეისმური გეოგრაფიის ამოცანაა. წარმოდგენილი რუკა გვიჩვენებს (სურ. 231), რომ კონტინენტებზეც და ოკეანეებზედაც არის უზარმაზარი ფართობები, სადაც მიწისძვრა, ძლიერიც და სუსტიც, პრაქტიკულად უცნობია. ამ მხარეებს სეისმურს (არ მიწისძვრიანს) 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 ჰიმალაის გავლით ზუნდის კუნძულებამდე. შეიძლება აღინიშნოს აგრეთვე ეპიცენტრების მცირეოდენი დაგროვება შუაატლანტიური წყალქვეშა ქედის გასწვრივ.

ეს არის სეისმური მხარეები. ასეთი მხარეების რიცხვს ეკუთვნის კერძოდ კავკასია და საქართველო. საკმაოა მოვიგონოთ ისეთი ადგილები, როგორიც 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-იქით. 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 აშკა-

რად. ამას საკმაოდ ნათელჰყოფს სათანადო ორი რუკის (სურ. 224 და 231) შედარება. უნდა დავუმატოთ ისიც, რომ ვულკანის ამოქმედებას ჩვეულებრივ წინ უძღვის და ყოველთვის თან ახლავს მეტად თუნაკლებად ძლიერი მიწისძვრა. ორთქლისა და გაზების უეცარმა გაფართოებამ (აფეთქება) ან მაგმის ძვრამ კერაში უნდა გამოიწვიოს მიწის შერყევა. ეს სრულიად საკმაოა, რათა დავასკვნათ, რომ არის ვულკანური მიწისძვრები, მაგრამ სრულიადაც არ ნიშნავს, რომ ყველა მიწისძვრა ვულკანური იყოს.

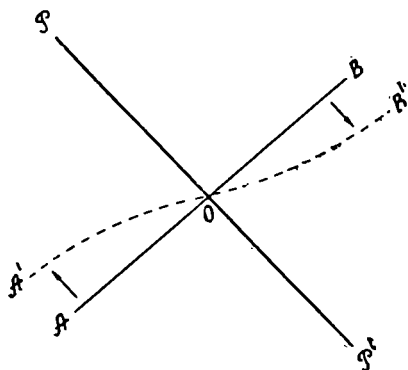
ჩერ ერთი, აშკარად ვულკანიზმთან დაკავშირებული მიწისძვრები საკმაოდ სუსტი და ადგილობრივი ხასიათისა არიან. მეორე მხრით ბევრი მიწისძვრები, მათ შორის უძლიერესნი და შორს მწვდომნიც, ისეთ ადგილებში გვხვდებიან, სადაც ვულკანიზმი უცნობი არის. ამიტომ ის გარემოება, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ვულკანებისას ემთხვევა, აუცილებლად ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო ყველა მიწისძვრას ვულკანების მოქმედება იწვევდეს. არანაკლებ ბუნებრივი იქნება დასკვნა, რომ ვულკანიზმიც და მიწისძვრებიც ერთსა და იმავე მიზეზთან არის დაკავშირებული.

ეს საერთო მიზეზი ახალგაზრდა მთებში შეიძლება ვეძიოთ. მართლაც, ვულკანური აქტივობაც და სეისმური აქტივობაც ახალგაზრდა მთების გავრცელების ზოლთან არის ორივე დაკავშირებული და სწორედ ამიტომ რჩება ისეთი შთაბეჭდილება, თითქო ისინი უშუალოდ უკავშირდებოდნენ ერთმანეთს. უნდა დავუმატოთ, და ამ საკითხს შემდეგაც დავუბრუნდებით, რომ მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება ემთხვევა არა მთებისას საერთოდ, არამედ ახალგაზრდა მთებისას, რომელთა განვითარება დამთავრებული არ არის და სადაც ტექტონიკური ძვრები 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 განსხლეტს შუა, კავშირი ცხაკაიას მიწისძვრასა და იქვე ცნობილ ტექტონიკურ წყვეტას შუა და სხვა მრავალი.

სწორედ სან-ანდრეას განსხლეტის ზუსტმა გეოლოგიურმა აგეგმვამ მიწისძვრის წინ და მიწისძვრის შემდეგ შესაძლებელი გახადა ტექტონიკური მიწისძვრის მექანიზმის გარკვევაც (სურ. 232). დად-

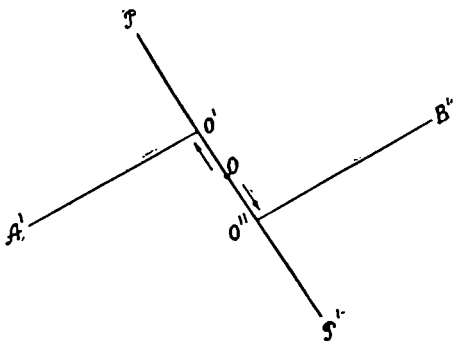
გენილ იქნა, რომ მიწისძვრის წინ ნაწევის დასავლური ფრთა წინ, ჩრდილოეთისაკენ (NNW) იყო წაწეული, თანაც მით უფრო მეტად, რაც უფრო დაშორებული იყო აღებული წერტილი ნაწევის ხაზისაგან. მიწისძვრის შემდეგ კი გამოირკვა, რომ გამრუდებული შრეები გამართულიყვნენ და ახლა სწორხაზებრივად აწყდებოდ-



სურ. 232. ს ა ნ - ა ნ დ რ ე ა ს გ ა ნ - ს ხ ლ ე ტ ი. PP'—განსხლეთის ხაზი. AB—რელიეფის ხაზი წინა მიწისძვრების შემდეგ; A'B'—იგივე ხაზი 1906 წლის მიწისძვრის წინ: მარცხენა ბაგე მიიწეეს NNW-კენ (ისარი), მარჯვენა — SSO-კენ (ისარი), მაგრამ სხლეტვა არ არის, ხაზი A'B' გალუნულია უწყვეტოდ. გადაადგილება მინიმალურია თვით რღვევის ზოლში და მატულობს იქეთ-აქეთ.

ნენ ნაწევის ხაზს (სურ 233). ცხადი უნდა იყოს, რომ მიწისძვრამდე ნაწევის დასავლური ფრთა ჩრდილოეთისაკენ მიიწეედა, მაგრამ ხახუნის ნაწევის სიბრტყის გასწვრივ გადაადგილებას შეუძლებელს.

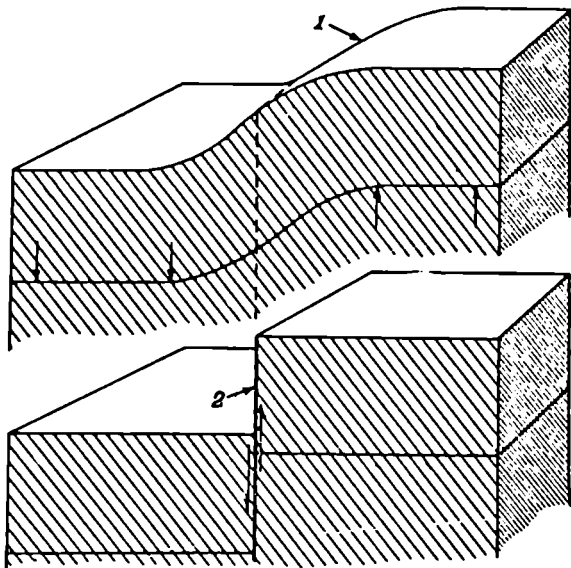
სურ. 233. II. მდგომარეობა 1906 წლის მიწისძვრის შემდეგ: მომხდარა სხლეტვარღვევის ზოლის გასწვრივ; მარცხენა ბაგეში O გადამხტარა O'-ში, მარჯვენაში — O''-ში. საერთო გადაადგილება დაახლოებით 6 მეტრია (მაშტაბი რღვევის ხაზის გასწვრივ გაზვიადებულია 15 000 კე-ცალ).



ხდიდა. ამის გამო შრეები თანდათან ილუნებოდნენ და დაძაბულობა გროვდებოდა. ბოლოს დაძაბულობა იმდენად გაიზარდა, რომ ხახუნის წინააღმდეგობას გადააჭარბა. შრეები მოსხლტდნენ ნაწევის

ზიბრტყის გასწვრივ და წაიწიეს წინ. სწორედ ეს მოხსლეტვა იყო მიწისძვრის უშუალო მიზეზი.

სან-ანდრეას წყვეტა უკვე არსებობდა ხსენებული მიწისძვრის წინ. ადვილად წარმოვიდგენთ შემთხვევას, როდესაც მიწისძვრას თვით წყვეტის გაჩენა იწვევს (სურ. 234). დაეუშვათ, რომ ერთი

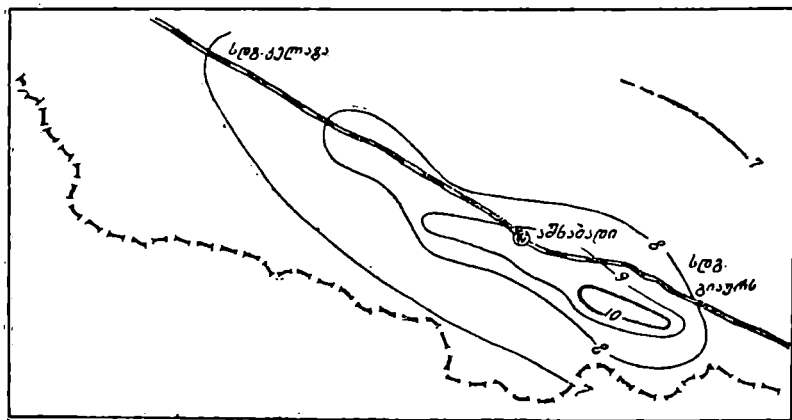


სურ. 234. დაშტრიხული შრე ზევით დასაწყისში სწორი იქნებოდა. მაზედ ორი ძალა მოქმედებს, მარცხნივ — ქვევითკენ, მარჯვნივ — ზევითკენ მიმართული. შრე გაღუნულა უწყვეტოდ. ქვევით ძაბვას სიმტკიცისთვის გადაუქარბებია და შრე გაწყვეტილა. ამას მოჰყოლია სხლეტვა, მარცხნივ ქვევითკენ, მარჯვნივ — ზევითკენ. გაღუნვა აღარ არის და აღარც ძაბვა; ისრები სხლეტვის ზედაპირის იქეთ-აქეთ აღნიშნავენ მომხდარი გადაადგილების მიმართულებას.

ბლოკი ზევითკენ მოძრაობს, როგორც ამას ნახაზზე ისრები გვიჩვენებენ, 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.

ამგვარად, ქანების დრეკადმა დეფორმაციამ, როგორც წყვეტის უკვე არსებობის პირობებში, ისე მანამდე უწყვეტო შრეებშიც შეიძლება უეცარი ბიძგი და მიწისძვრა მოგვცეს. საჭიროა მხოლოდ საკმაო ენერგია დაგროვდეს. მართალია, ისეთი ზუსტი დასაბუთება, როგორიც სან-ანდრეას ნაწილის შემთხვევაში გვაქვს, გამონაკლისი არის, მაგრამ ხშირია არაპირდაპირი დასაბუთება. მაგალითად, აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა გარკვეულად გვიჩვენებს, რომ იზოსეიტები NNW-კენ წაგრძელებულ კონტურებს იძლევიან (სურ. 235). გეოლოგებმა იციან, რომ ეს არის მიმართულება დიდი რღვევისა, რომელიც აქ კოპეტ-დაღის კალთებს მიუყვება. მაშასადამე ნათ-



სურ. 235. აშხაბადის მიწისძვრის პლეისტოსენისტური რუკა. ციფრები იზოსეიტთან აღნიშნავენ მიწისძვრის ბალიანობას.

ლად ჩანს, რომ იზოსეიტების მიმართულება ტექტონიკურ ხაზთან არის დაკავშირებული: მიწისძვრა ტექტონიკური იყო და მისი მექანიზმიც იმის მსგავსი, როგორიც სან-ანდრეას მიწისძვრის შემთხვევაში.

თუ ტექტონიკური მიწისძვრა ნაწევთან ან ნახსლეტთან და სხვა

მისთანასთან არის დეკავშირებული, ეს იმას არ ნიშნავს, თითქო წყვეტა, რომლის გადაადგილება ასეული მეტრები და კილომეტრიც კი არის ხოლმე, ერთი მიწისძვრის თანამგზავრი იყოს. ეს დისლოკაციები უამრავი ბიძგის გზით ვითარდებიან და თითოულის თანამგზავრი გადაადგილება მხოლოდ მეტრებით ან ათიოდე მეტრით იზომება.

მეორე მხრით, მიწისძვრებს ნაოჭებრივი დისლოკაცია იწვევს, რადგან დანაოჭებასაც ახლავს მცირე წყვეტები და ბიძგები.

სეისმური მოძრაობის გავრცელება. როგორც ვხედავთ, ტექტონიკური იქნება მიწისძვრა თუ ვულკანური, მისი გამომწვევი უშუალო მიზეზი ნათელი არის. მაგრამ ბიძგი, რომელზედაც აქ ვლაპარაკობთ, ხომ კერაში წარმოიშობა. გასაგებია, რომ იქ მიწისძვრა ხდებოდა, მაგრამ ის როგორ-ღა არის, რომ აქ წარმოშობილი ძვრა უზარმაზარ ტერიტორიას გადაეცემა და შეიძლება მთელ მიწასაც შემოუაროს; დგება 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 უძრავი 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 გამოვდგებით.

საკითხი გადაჭრილ იქნა მძიმე საქანის საშუალებით. მძიმე მასა, მაგალითად, ტყვიის კუბი, მიმაგრებულია ძლიერ მოძრავად კედელზე ან სხვა საყრდენზე (სურ. 236). დიდი მასა იმისთვის არის საჭირო, რომ ინერცია დიდი იყოს და საქანი არ დაიძრას, ხოლო კედელთან მოძრავი კავშირი იმას ნიშნავს, რომ კედლის ქანაობა საქანს არ გადაეცემა. ამრიგად, როდესაც მიწისძვრას გამო კედელი ქანაობას იწყებს, საქანი უძრავი დარჩება. რა თქმა უნდა, მაყურებელს ისე მოეჩვენება, თითქო ოთახი უძრავი იყოს და საქანი კი ქანაობდეს.

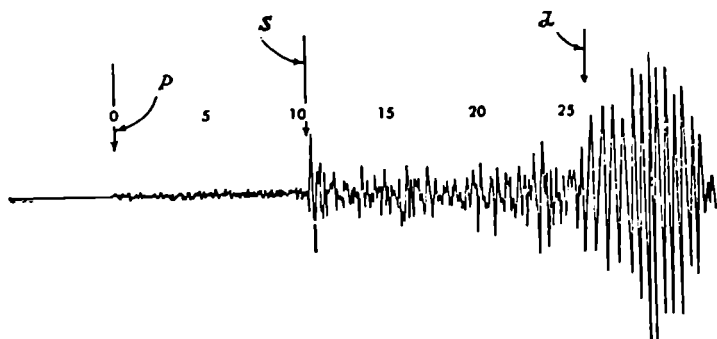
იარაღის მოწყობილობა რომ ამით თავდებოდეს, მისი გამოყე-





არამედ სპირალი, რომელიც თანდათან მარჯვნივ მიიწევს, სანამ მთელ ცილინდრს არ გაივლის.

ამ იარაღს და მის სხვადასხვა სახეებს ეწოდება სეისმოგრაფი<sup>1</sup>. 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 სეისმოგრაფია<sup>2</sup> ჰქვია (სურ. 237). თანამედროვე



სურ. 237. სეისმოგრაფია. P-გასწვრივი, S-განივი, L-გრძელი ტალღების საწყისი.

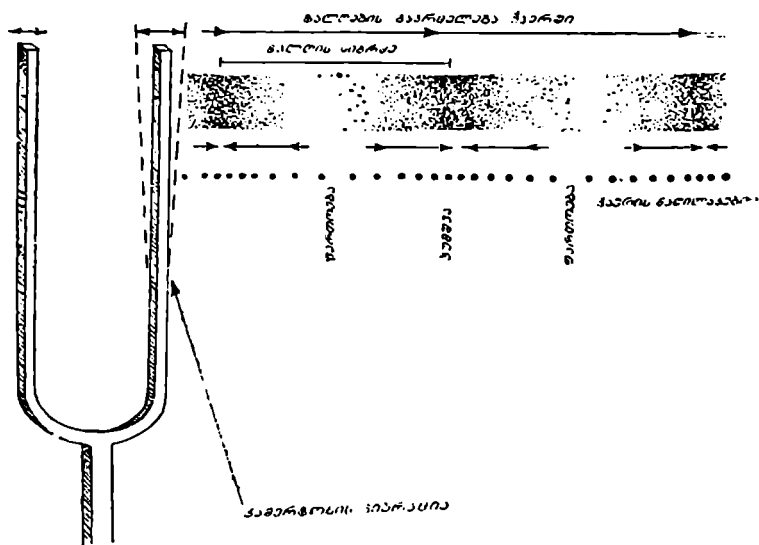
სეისმოგრაფებში სეისმოგრაფია საწერ ქაღალდზე როდესაც იხაზება. საწერ ცილინდრს ქაღალდის ნაცვლად ფოტოქაღალდი აქვს გადაკრული. ამ ქაღალდს საქანიდან არეკლილი სინათლის სხივი ეცემა და ჩაწერას ის აწარმოებს. დროც ავტომატურად აღინიშნება.

ადვილი დასანახავია, რომ თითოეულ სეისმოგრაფს მოძრაობის მარტო ერთი მიმართულების ჩაწერა შეუძლია, სახელდობრ საწერი ცილინდრის ღერძის პარალელურის. ამიტომ ზუსტი ჩანაწერისათვის საჭიროა ერთ სადგურზე სამი სეისმოგრაფი მაინც იყოს: ორი ჰორიზონტული (ერთმანეთის მართობული) და ერთიც ვერტიკალური. ამგვარად, მიიღება სამი შემაღგენელი, რომლებიც პარალელობიპედის წესით ნამდვილი მოძრაობის აღდგენას საშუალებას იძლევიან.

<sup>1</sup> „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრაფო“ — ეწერ.

<sup>2</sup> „სეისმოს“, ბერძნ. — მიწისძვრა, „გრაფია“ — ნაწერი.

დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრის კერაში ორგვარი დრეკადი ტალღები წარმოიშობა: გასწვრივი და განივი. გასწვრივი ტალღების მოძრაობა ისეთივეა, როგორც ბგერითი ტალღებისა: ქანის ნაწილაკები ტალღის გავრცელების მიმართულებით მოძრაობენ და სწორედ ამიტომ ჰქვია მათ გასწვრივი. აქაც ერთიმეორეს მოსდევს შეკუმშული და გაშლილი უბნები. ერთი შეკუმშულისა და მომყოლად გაშლილი უბნის საერთო სისქე ტალღის სიგრძე იქნება. წერტილში ერთი ასეთი ტალღის გავლის დრო ქანობის პერიოდია (სურ. 238).

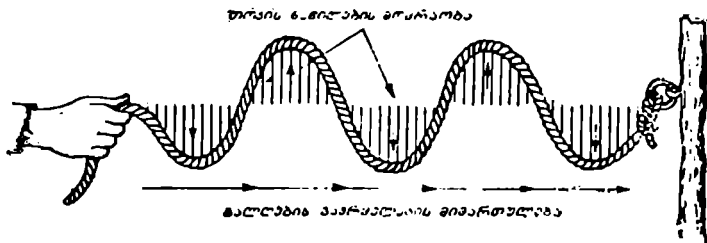


სურ. 238. ბგერის ტალღების სქემა (გასწვრივი ტალღები).

განივი ტალღებში ნაწილაკები ტალღის გავრცელების გარდი-გარდმო ქანობენ ისევე, როგორც სინათლის შემთხვევაში (სურ. 239).

გასწვრივი ტალღების გავრცელების სიჩქარე საგრძობლად მეტია, ვიდრე განივისა. ამიტომ, თუ ეპიცენტრი საკმაოდ დაშორებული არის სეისმოგრაფის 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 აოსვლისას წარმოშობა ტალღების მესამე სახე, რომელსაც გრძელან ზედპირულ ტალღებს უწოდებენ—L'. ისინი ისეთივე არიან, როგორც ზღვის ზედაპირის ტალღები. გრძელი ტალღების გავრცელება ყოველ უფრო ნელია, ვიდრე განივისა, სპეციფიკურად მათი ამპლიტუდი (ტალღების სიმაღლე) ვაცილებით მეტია და ნგრევის გამომწვევი უპირატესად ისინი არიან.



სურ. 239. განივი ტალღების მიბაძვა.

სეისმოგრამები ძვირფას ინფორმაციას აწვდიან 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 გაშიფვრა ძლიერ რთული და პასუხსაგები საქმე არის. როდესაც პიპოცენტრში 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 ნახტომისებუ-

Undae primae, ლათ.—პირველი ტალღები, undae secundae—მეორე ტალღები და undae longae—გრძელი ტალღები. სიგნატურები P, S, L სათანადო დასახელების (prima, secunda, longae) პირველ ასოს წარმოადგენენ.

რად 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 უამრავი სეისმური სადგური მუშაობს მიწის ყველა კუთხეში. გონებაშახვილი სეისმოლოგები აწარმოებენ მიღებული დოკუმენტაციის დამუშავებას და ისეთი საკითხების გარკვევა. როგორც არის ეპიცენტრების და ჰიპოცენტრების მდებარეობა, მიწისძვრას სიძლიერე და ენერგია და სხვა, საკმაო მიახლოებით ხერხდება.

რომელიმე ერთი სეისმური სადგურის ჩანაწერი საშუალებას იძლევა ეპიცენტრის და შორება გაიზომოს. ამის საზომია S-ტალღების ჩამორჩენა P ტალღებთან შედარებით. იყოს ეს დაშორება 1 კმ. ეპიცენტრი მდებარეობს ასეთ მანძილზე, მაგრამ საითქენ, ეს უცნობი რჩება: მოთხოვნას აკმაყოფილებს 1 კმ. რადიუსით სადგურიდან შემოვლებული წრეხაზის ყოველი წერტილი. ეპიცენტრის უფრო ზუსტი ლოკალიზაცია არ ჭერხდება.

მაგრამ ვთქვათ, ერთისა და იმავე მიწისძვრის ორი სადგურის ჩანაწერი გვაქვს, შემოვიღება ორი წრეხაზი. რადგან ეპიცენტრი ერთია და თან ორივე წრეხაზზე უნდა მდებარეობდეს, ეს იქნება ამ ხაზების შეხების ან გადაკვეთის წერტილები. შეხებას შემთხვევაში წერტილი ერთი იქნება და ეპიცენტრი პოვნილია, ხოლო თუ წრეხაზები იკვეთებიან, გადაკვეთის წერტილი ორი იქნება და რჩება გასარკვევი, რომელი მათგანი წარმოადგენს ეპიცენტრს? საჭიროა მე სამე სადგურის ჩანაწერი.

უფრო რთულია ჰიპოცენტრის მდებარეობის დადგენა.

აღსანიშნავია ცდები, რომ მიწისძვრის ენერგია ტალღების ამპლიტუდის, 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? მიწის-  
ძვრათაგან, რომელნიც მეცნიერებისათვის ცნობილი არიან, ერთ-ერთი:  
უძლიერესად ითვლება ასაჰის 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 რაგი მოსაზრება გვაფიქრებინებს, რომ არა. როგორც  
დავინახეთ, იმისათვის, რომ დიდი მიწისძვრა მომზადდეს, საჭიროა  
დიდი პოტენციალური ენერგია დაგროვდეს კერაში თანდათან. მაგ-  
რამ როგორც კი დაგროვილი ენერგია საკმარისად აღმოჩნდება იმისთვის,  
რომ წყვეტა ან სხლეტვა გამოიწვიოს, მოხდება მიწისძვრა და დაგრო-  
ვილი ენერგია დაიხარჯება. პროცესი თავიდან უნდა დაიწყოს.

ამგვარად, მიწისძვრის გამომწვევი ენერ-  
გიის დაგროვებას გარკვეულ საზღვარს უდებს  
ქანების სიმტკიცე. თუ დაგროვილმა ენერგიამ მიაღწია იმ  
ოღენობას, რომელიც წყვეტის ან სხლეტვის გამოსაწვევად კმარა,  
ენერგია გათავისუფლდება და დაგროვება შეწყდება. უნდა ვიფიქ-  
როთ, რომ 12-ბალიანი მიწისძვრა მართლაც უძლიერესია იმათ შო-  
რის, რომელნიც ჩვენი მიწის პირობებში შესაძლებელი არიან.

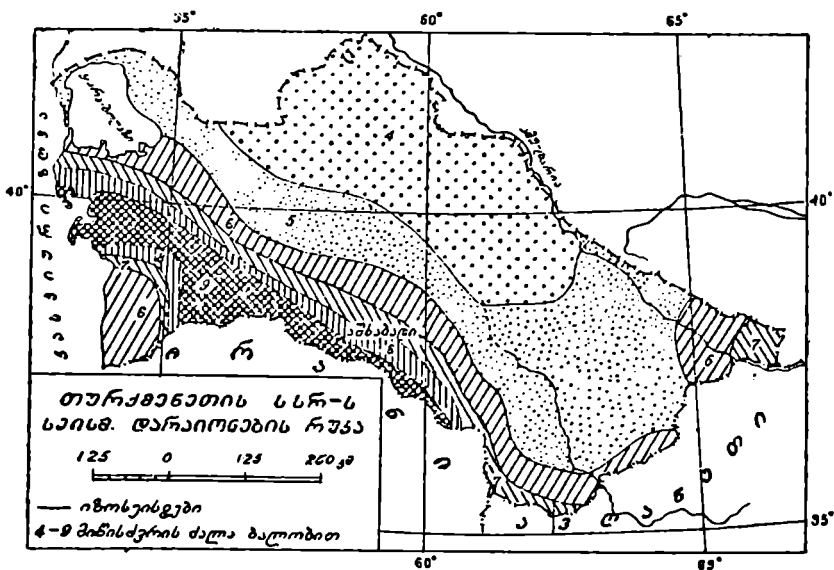
მიწისძვრების მნიშვნელობა, როგორც მთების წარმოშობის თა-  
ნამგზავრი მოვლენისა, უეჭველად დიდი არის. მაგრამ კიდევ უფრო  
დიდია მისი მნიშვნელობა ადამიანისათვის, მისი მეურნეობისათვის.  
ზემოთ დავინახეთ, თუ რაგვარი და რამდენად დადი ზარალი შეიძ-  
ლება მიაყენოს ადამიანს ამ სტიქიურმა მოვლენამ. გასაკებია ამიტომ,  
რომ მიწისძვრებს დიდი ხანია ყურადღება მიექცა. უმარტივესი სეის-  
მოლოგიური იარაღები (სეისმოსკოპები, სეისმოგრაფები) ჩინელებს  
უკვე ჩვენი ერის დასაწყისში ჰქონდათ.

ერთგვარ ინტერესს იწვევს ბოლო დროს მიწისძვრების წინას-  
წართქმის ცდები, თუმცა ჭერჭერობით შედეგი გამამხნევებელი არ  
არის. პრაქტიკამ სულ სხვა მიმართულებით გაამახვილა ყურადღება.  
მართალია, ჩვენ არ ვიცით, როდის და სად მოხდება მიწისძვრა, მაგ-  
რამ სამაგიეროდ საკმარისად მიახლოებით შეგვიძლია გამოვარკვიოთ,  
სად არის მოსალოდნელი მიწისძვრა და სად არა, სად არის  
მოსალოდნელი ძლიერი მიწისძვრა და რამდენად ძლიერი. ამის  
შესაძლებლობას გვაძლევს მიწისძვრების სტატისტიკა და საკვლე-  
ვი მხარის გეოლოგიური აგებულების (რღვევები, შეცოცებები და  
სხ.) გათვალისწინება.

მეორე მხრით ცნობილია, რომ ძლიერი მიწისძვრის დროს ყვე-

ლა შენობა კი არ ინგრევა, ინგრევა ის, რაც ასეთი შემთხვევის შესაფერად არ არის აგებული. გამორკვეულია, რომ, თუ მშენებლობის პროცესში საჭირო ღონისძიებები გამოუყენებიათ, შენობა არ დაინგრეოდა. თანაც ეს დამატებითი ღონისძიებები დამოკიდებული იქნებოდა 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) შემოფარვ-



სურ. 240. აფხაზადის მხარის სეისმური დარაიონების რუკა.

ლულია 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 კაპი-

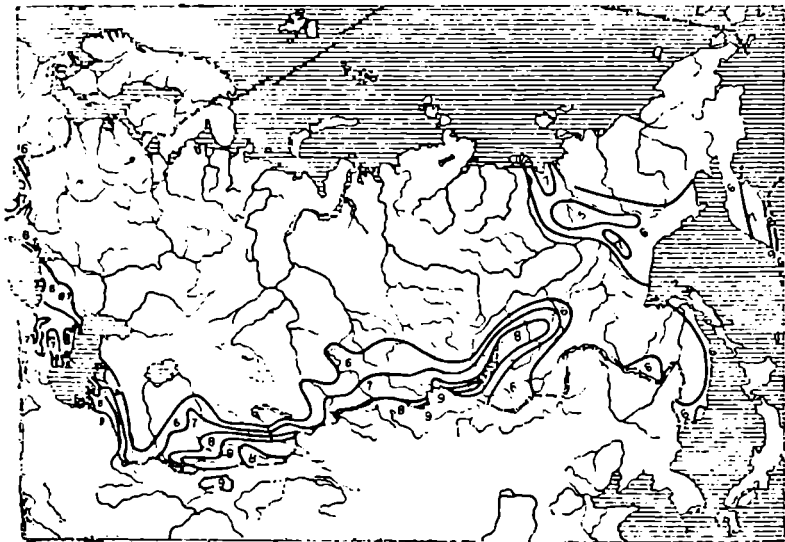
ტალური ნაგებობის (ქარხანა, კაშხალი, ხიდი...) შენებისას უნდა დაცულ იქნეს 7-ბალიანი მიწისძვრისათვის გათვალისწინებული წესები. ეს მშენებლობას ძლიერ აძვირებს, მაგრამ, თუ შევცდით და უბანი 8-ბალიანია, ხარჯი ხარჯად წავა და შენობაც დაინგრევა.

მაშ თითქო საუკეთესო იქნება მაღალი ბალის აღება. თუ, ვთქვათ, 7-ის ნაცვლად 10 ავიღებთ, შენობები აღარ დაინგრევა. მაგრამ მათი ღირებულება იმდენად გაიზრდება, რომ მშენებლობაზე თავიდანვე ხელს აიღებენ, სხვა უფრო სანდო ადგილს მოძებნიან.

თავისთავად ცხადია, რომ გარდა სეისმური დარაიონების რუკისა, ყოველი მშენებლობა სეისმურ მხარეში ჰგულისხმობს აგრეთვე სამშენებლო მოედნის შესწავლას საინჟინრო გეოლოგიის თვალსაზრისით, რადგან სხვადასხვა ქანის და სტრუქტურის პირობებში მიწისძვრის გამოვლინებაც სხვადასხვაა, საღ მეტად და საღ ნაკლებად სახიფათო (სურ. 241).

სეისმური ძებნა-ძიება. სეისმოგრაფია და სეისმომეტრია მიწისძვრების შესასწავლად იქნა ჩამოყალიბებული, მაგრამ, როგორც ზშირად 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 შეიქნა მიწის შიგნეთის სხვაგვარად მიუწვდომელი სიღრმეების კვლევა.

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 შესწავლა საშუალებას მოგვცემს გავარკვიოთ, თუ რა ქანები გაუვლია მათ და ამის მიხედვით დავადგინოთ შესწავლილი უბნის გეოლოგიური აგებულების ხასიათი და ზოგ შემთხვევაში დავადასტუროთ (ან უარცყოთ) ამა თუ იმ საბადოს არსებობა. ამ პრინციპზე არის აგებული სეისმური ძებნა-ძიების მეთოდები, რომელთაც უკანასკნელ წელთათეულებში სულ უფრო და უფრო დიდი მნიშვნელობა ეძლევა, კერძოდ ნავთობის ძებნის საქმეში.



სურ. 241. სსრკ-ს სეისმური დარაიონების რუკა. როგორც იზოსეისტები გვიჩვენებენ, მიწისძვრები მხოლოდ სამხრულ და აღმოსავლურ ზოლში არის. დანარჩენი ტერიტორია ასეისმურია.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

როგორია მიწისძვრის ნიშნები? მოიგონეთ რამდენიმე მიწისძვრა.

რა არის გუნდური მიწისძვრა, მთავარი ბიძგი, წინაბიძგი, მომყოლი ბიძგი?

როგორია მიწისძვრის გეოლოგიური შედეგები? მოიგონეთ მიწისძვრის სიქლიერის თორმეტბალიანი სკალა.

რა არის მიწისძვრის ეპიცენტრი, ჰიპოცენტრი (კერა)? მარჩხი, საშუალო-ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები? სად გვხვდება ძირითადად ღრმაფოკუსიანი მიწისძვრები?

რა არის იზოსეისტებსა და ჰომოსეისტების რუკა? პლეისტოსენისტური უბანი? ადგილობრივი, შორსმწვედომი და მსოფლიო მიწისძვრები?

როგორია მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება? რას გვეუბნება გეოგრაფიული გავრცელება მიწისძვრების მიზნის შესახებ? როგორია ვულკანური და ტექტონიკური მიწისძვრების შეფარდებითი მნიშვნელობა?

რა არის და რა საფუძველზეა აგებული სეისმოგრაფი? რა არის სეისმოგრაფი? რა და რა გვარი ტალღები გაირჩევა სეისმოგრაფიაზე? ასწერეთ გასწვრივი 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

### ვაიროგენეზი

მიწის ქერქი. გეოლოგიური კვლევის უშუალო ობიექტია მიწის ქერქი არს. მაგრამ გეოლოგიური დაკვირვებისათვის მხოლოდ ქერქის ზედა ფენები არის მისაწვდომი, ის, რაც ზედაპირზე შიშველდება. მართალია, მდინარეთა მიერ გაქრილი ხეობები, ტექტონიკური დისლოკაციები და სხვა ასეთი საშუალებას იძლევიან უფრო ღრქადაც 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 ხველეთიდან ქერქის ძირამდე ჩასაღწევად ეს კიდევ ცოტაა. ამჟამად საბჭოთა კავშირში და ამერიკის შეერთებულ შტატებში განზრახულია 15 კილომეტრიანი ბურღილებიც, მაგრამ ამის განხორციელება დიდ ტექნიკურ სიძნელებებთან არის დაკავშირებული და კონტინენტური ქერქის გასაღვლელად საკმაოც არ იქნება: მხოლოდ ოკეანის ფსკერს თუ გაჰყვეთს მანტიამდე. გასაგებია ამიტომ, რომ გეოლოგების წარმოდგენებს, მიწის ქერქის ფუძის შესახებ მეტნაკლებად ჰიპოთეზური ხასიათი აქვს.

XIX საუკუნეში, როდესაც მზის სისტემის კანტ-ლაპლასისეული თეორია საყოველთაო ნდობით სარგებლობდა, ფიქრობდნენ, რომ გავარეარებული მიწა დასაწყისში მთლიანად მდნარი იყო. დიდძალ სითბოს ასხივებდა კოსმოსურ სივრცეში და ცივდებოდა. გაცივება, რა თქმა უნდა, გარედან ხდებოდა და მალე, როგორც კი ზედაპირის ტემპერატურამ აქ გავრცელებული მინერალებს 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 ლითოს ფეროს უწოდებდნენ, და მას ქვეშ მდნარი შიგნეთი ანუ პიროსფერო. რაც შეეხება ქერქის ქიმიურ შემადგენლობას, ფიქრობდნენ, რომ იგი კონტინენტებში და ოკეანეს ქვეშ ერთნაირია, მხოლოდ სიღრმისკენ თანდათან ერთშიც და მეორეშიც უფრო ფუძე ხდება.

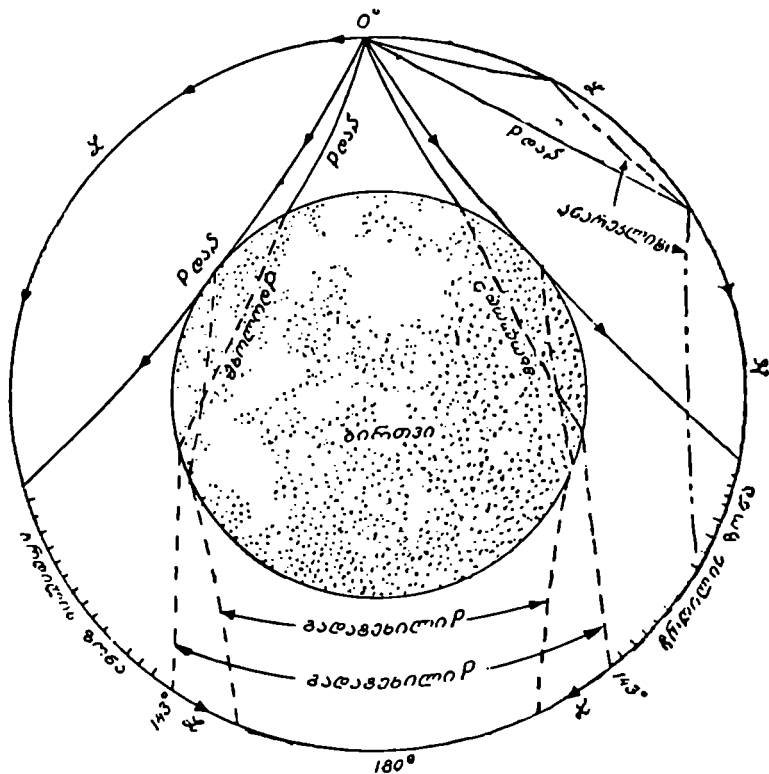
X X საუკუნეში ეს წარმოდგენები უკუგდებულ იქნენ. ჯერ ერთი იმის გამო რომ, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, გამოარკვა, რომ, მიუხედავად მრავალი უდავო ღირსებისა, კანტ-ლაპლასის თეორია მისაღები არ არის, და უმთავრესად კი სეისმოლოგიის განვითარების შედეგად. მართლაც, დღეს ცნობილია, რომ მიწისძვრა დრეკადი ტალღებით ვრცელდება, კერძოდ გასწვრივი P-ტალღებით და გარდ-იგარდში S-ტალღებით. პირველნი ვრცელდებიან როგორც მყარ, ისე თხევად გარემოში, მეორენი მხოლოდ მყარში—სითხეში მათი გავრცელება გამორიცხული არის—და აი გამოიჩინა, რომ ქერქქვეშ ვრცელდებიან არა მარტო გასწვრივი ტალღები, არამედ გარდ-იგარდ-მონიც (სურ. 242). მაშასადამე, ქერქქვეშ ნივთიერება მყარ მდგომარეობაში უნდა იყოს.

აქ ბუნებრივად იშმის კითხვა: თუ ნივთიერება ქერქქვეშაც მყარი არის, როგორ-და შეგვიძლია ქერქქვეშეთზე 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 ქერქში საერთოდ სიჩქარე თანდათან მატულობს სიღრმესთან ერთად. ჯერ მატების ტემპი თანაბარია, მაგრამ გარკვეულ სიღრმეზე მკაფიო ნახტომს აქვს ადგილი: P-ტალღების და S-ტალღების სიჩქარე ხომ სხვადასხვაა. მაგრამ ერთიც და მეორეც უეცრად იზრდება. ზოგადად რომ ეთქვათ P-ტალღებისთვის სიჩქარეს 6.2 — 7 km/sec სცელის 8,15 კილომეტრი სეკუნდში (km/sec).

რით უნდა იყოს ეს გამოწვეული? ექსპერიმენტულად დადგენილი არის, რომ სეისმური ტალღების სიჩქარის ცვლა შეიძლება დაკავშირებული იყოს ან გარემოს ნივთიერა შემადგენლობის, ან წნევის, ან ორისავე ცვლასთან. სანამ სიჩქარის ზრდა თანაბრად მიმდინარეობს, მისი გამომწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს წნევის (და, მაშასადამე.

კუმშვა-სიმკვრივის) ზრდა, ან ნივთიერი შემადგენლობის ცვლა, ან  
 ორივე ერთად. მაგრამ სიჩქარის უეცარი შეცვლა მხოლოდ გარემოს



სურ. 242. სეისმური ტალღების გავრცელება მიწის  
 შიგნით. მიწის ქერქი გარე წრეხაზით არის წარმოდგენილი. მას  
 მოჰყვება მანტია. შემდეგი დაწერტილი წრე ბირთვია. კერიდან გამო-  
 მავალი ხაზები ტალღების მიმართულებას („სხივებს“) წარმოადგენენ.  
 საყურადღებოა მათი გადატება ბირთვში შესვლისას და ბირთვიდან გა-  
 მოსვლისას, რაც სიჩქარის სწრაფი ცვლით არის გამოწვეული. გადატება  
 უნდა იყოს ქერქს ქვეშაც, მაგრამ ამ მაშტაბით მისი გამოხატვა შეუძ-  
 ლებელია. მანტიაში არის როგორც S, ისე P-ტალღები; ბირთვში მხო-  
 ლოდ P ტალღებია.

ნივთიერი შემადგენლობის (ან მისი ფიზიკური მდგომარეობის)  
 ასეთივე ნახტომისებური შეცვლით შეიძლება. სიმკვრივის უეცარი

შეცვლა ამის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა. მაშასადამე, სეისმურ-ტალღების სიჩქარის ნახტომისებური 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 უელის გარს-უწყვეტი ზედაპირის სახით, ხდება მიწის ქიმიური შემადგენლობის შეცვლა.

ამ დონეს, რომელიც XX საუკუნის დასაწყისში იუგოსლავიელმა გეოფიზიკოსმა მოჰოროვიჩიჩმა აღმოაჩინა, მოჰოროვიჩიჩის ზედაპირს ანუ შემოკლებულად მოჰოს უწოდებენ. ამის მიხედვით შეიძლება ვთქვათ, რომ მოჰოს დონეზე ადგილი აქვს სეისმური ტალღების სიჩქარის უეცარ ზრდას და, აქედან დაასკვნიან, რომ იცვლება მიწის ქიმიურ-მინერალოგიური შემადგენლობაც.

სიჩქარეების ლაბორატორიული გაზომვის მიხედვით მოჰოს ზევით მიწის ნივთიერი შედგენილობა კონტინენტებში ზოგადად ისეთივე უნდა იყოს, როგორც გრანიტის, ხოლო მას ქვევით ულტრაფუქია, პერიდოტიტის მსგავსი. მკვლევართა დიდი უმრავლესობა შეთანხმებულია, რომ მოჰო მიიჩნიათ, როგორც ქერქის და შანტიის საზღვარი.

რაც შეეხება თვით ქერქის შემადგენლობას, ისევე სეისმური ტალღების სიჩქარეთა მიხედვით მას ზემოთ აღნიშნული 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 ბაზალტური ჯგუფის ქანებს ჰპოულობენ.

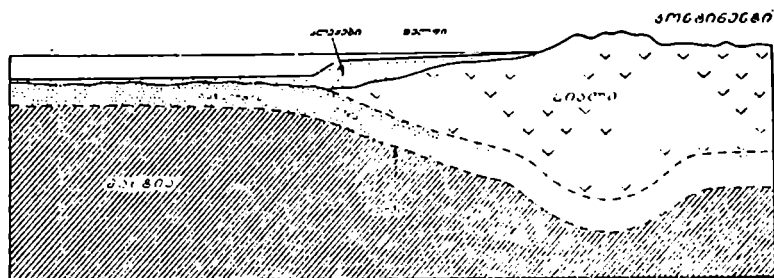
მაშასადამე, თანამედროვე წარმოდგენით ქერქი არის მიწის გარეფენა, რომლის შედგენილობა კონტინენტებში გრანიტული არის და ოკეანეების ფსკერქვეშ — ბაზალტური.

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 (სურ. 243) ჯერ კიდევ სადავო არის.

რაც შეეხება მიწის ქერქის სისქეს, ე. ი. მოჰოს მდებარეობის,

ზიარებს, იგი ოკეანეებს ქვეშ საკმაოდ ერთგვაროვანი არის და უდრის მხოლოდ 5—6 კილომეტრს. კონტინენტებს ქვეშ ბევრად უფრო დიდია და დაბლობებს 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 ექვესიოდე კილომეტრით არის ზღვის დონეს ზევით აზიდული; 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 თითქო დაყირავებული მთებია ჩაფლობილი (სურ. 243), როგორც ტბაში



სურ. 243. მიწის ქერქი. თანამედროვე წარმოდგენა სეისმოლოგიის მიხედვით. საყურადღებოა „გრანიტული“ (კონტინენტები) და „ბაზალტური“ (ოკეანის ფსკერი და კონტინენტების ძირი) ფენების ვარცალება. ასევე ქერქის გასქელება მთებს ქვეშ („მთების ფესვები“).

ვამოხნდება ხოლმე ნაპირის გორები გადაბრუნებულნი. ამაზედ ამბობენ, მთების ფესვებო.

აქ თითქო აშკარა წინააღმდეგობა არის: იმისათვის, რომ მთების ფესვები მანტიაში ჩაფლობილი იყვნენ, მანტია ქერქს ქვეშ პლასტიური და დენადიცი უნდა ყოფილიყო. იმავე დროს სეისმური მონაცემების მიხედვით მანტია მყარი არის და მტკიცე.

როგორ არის ეს შესაძლებელი?

ამასთან დაკავშირებით საჭიროა აღინიშნოს, რომ მყარი ტანის ნიმტყიცე, ე. ი. ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობა, სხვადასხვაგვარად შედგენდება ძალის უეცარი თუ ხანგრძლივი მოქმედების

შემთხვევაში. ცნობილია, რომ მინის მიღს რომ რამე დავარტყათ, დაიშხვრევა; მისი მოხრა რომ მოვისურვოთ, გატყდება, მაგრამ იგივე მილი რომ შავიდიდან მაგიდაზე გავდოთ და დაჯვოვოთ კვირეების განმავლობაში, იგი ჩაიღუნება საკუთარი წონის გავლენით: პატარა ძალაა, მაგრამ ხანგრძლივად მოქმედებდა და მინის სიმტკიცე დასძლია. ასევეა მანტიაც: მიწისძვრის ტალღებისათვის იგი მტკიცეა, ხოლო ხანგრძლივ ზემოქმედებას უპასუხებს, როგორც პლასტიური მასა. კიდევ მეტი, გეოფიზიკოსებს საექვოდ არ მოაჩნიათ, რომ მანტიაში განუწყვეტლივ მიმდინარეობს კონვექციური დინებები, ტემპერატურათა სხვაობით გამოწვეული, რასაც ხელს უწყობს მაღალი ტემპერატურაც, რომელიც გაბატონებული არის ქერქქვეშ.

როდესაც მანტიის დინებას ამბობენ, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ იგულისხმება ძლიერ ნელი მოძრაობა, რაღაც 1 სანტიმეტრის და ნაკლების რიგისა წელიწადში. ასეთი რამ თითქო ანგარიშში ჩასაგდებაც არ არის, მაგრამ სხვა იქნება გეოლოგიური თვალსაზრისით: ამგვარი მოძრაობა მილიონი წლის მანძილზე 10 კილომეტრის გადაადგილებას მოგვცემს. არც გასაკვირვალი რამე არის ამ მოვლენაში: დინების მოვლენები ხომ კარგად არის ცნობილი თვით ქერქშიც. ამის მაგალითია კლივაჟის განვითარება დანაოჭების პროცესში და სხვა მისთანა.

ქერქსა და მანტიას შუა შეტად თუ ნაკლებად მკვეთრი საზღვარი იგულისხმება. ეს ადვილი გასაგები იყო, როდესაც ქერქქვეშეთი მდნარი წარმოდგინათ: 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 მოჰოს დონეზე რაღაც ფიზიკური ფაზის ცვლას თუ ცვლასაც ჰგულისხმობს, რომელიც ისევე, 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 კრისტალური. ადვილი დასანახავია, რამდენად ემაგავსება 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 საკმარის არის, რათა დაერწმუნდეთ, რომ მიწის ქერქის სხვადასხვა მოძრაობას ჰქონია ადგილი და მოძრაობა მიმდინარეობს დღესაც. ამის მაჩვენებელია პირველ რიგში ზღვის დონე და კონტინენტური ნალექების მორიგეობა ამა თუ იმ მხარეში.

როგორც ვიცით, თელეთის ქედზე თბილისთან გაშიშვლებულია ქვიშაქვები, რომლებშიც ნუმულიტებს ჰპოულობენ. ეს ქვიშაქვები ზღვას ქვეშ დალექილან და დღეს კი 1000 და მეტი მეტრის სიმაღლეზე მდებარეობენ ზღვის დონიდან. მაშასადამე, ქერქს აქ აზევება განუცდია.

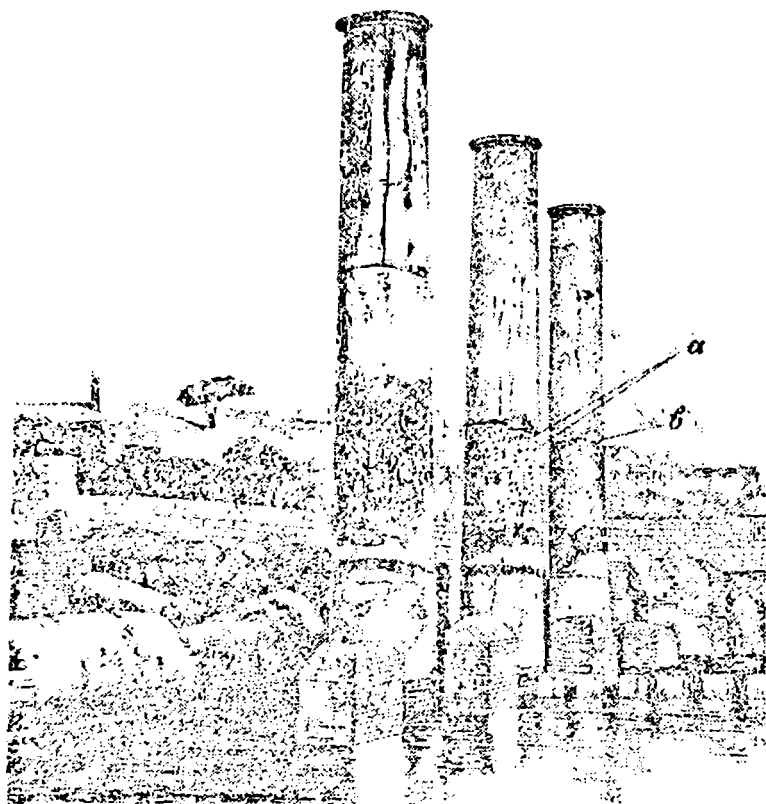
ოკრიბაში ზღვიურ იურულ ნალექებზე მდებარე კონტინენტური ნახშირიანი ქვიშაქვები ცარცული ზღვიური კირქვებით არიან გადაფარული: ჯერ ნახშირიანის ქვეშ მდებარე ზღვიური ნალექების აზევება მომხდარა, დალექილა კონტინენტური ნახშირიანი წყება, და ამას დაძირვა მოჰყოლია; საქმე ამითაც არ გათავებულა: ზღვიური ცარცული კირქვები დღეს ნაქერალის ქედში კილომეტრზე მეტ სიმაღლეზე არიან აზიდული ზღვის დონიდან, — დაძირვა ისევ აზევებას შეუცვლია. ასეა ყველგან ხმელეთზე. არსად კონტინენტებზე ისეთი ადგილი არ არის ცნობილი, რომ ერთ დროს ზღვით არ ყოფილაყოს დაფარული.

თბილისშიც და ოკრიბაშიც ნალექები დანაოქვებული არიან. აზევება-დაძირვა აქ, როგორც სხვა მთიან მხარეებში, დანაოქვებას უკავშირდება. რუსეთის ველზე მსგავსი მოძრაობა პორიზონტულ შრეებს განუცლიათ — მოძრაობას სადა ვერტიკალური ხასიათი აქვს.

ხმელეთის აწევ-დაწევას, ცხადია, სანაპირო ზონის წინსვლა-უკუქცევა, ე. ი. ზღვის ტრანსგრესია და რეგრესია უნდა მოჰყვეს. იტალიის ქალაქი რავენა წარსულში საზღვაო პორტს წარმოადგენდა, დღეს კი 6—7 კილომეტრით არის ზღვას დაცილებული, — წარმოებს ხმელეთის აზევება და ზღვის რეგრესია. გეოლოგიურ წარსულში ასეთი მოვლენები შეუდარებლად უფრო დიდი მასშტაბით არიან ცნობილი.

ზღვის უკან დახვევის კარგი მაჩვენებელი არის ზღვიური ტერასები (სურ. 171), რომელნიც აწინდელი ზღვის დონიდან მეტად თუ ნაკლებად მაღლა მდებარეობენ და ზღვიური ნამარხების შემცველი ნალექით არიან დაფარული. ასეთი ტერასი არაერთია კაპიური და შავი ზღვის სანაპიროზე. ისინი ზღვასქვეშ განვითარებულან აბრაზიის შედეგად, შემდეგ კი აზევება განუცლიათ 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



სურ. 244. პოტუოლი. ლოკოინების ფოსოები სვეტებზე (რამდენიმე მითითებულია ისრებით).

პოტუოლის მაგალითი (სურ. 244). ეს არის პატარა რომაული ქალაქის ნანგრევი იტალიაში, ნეაპოლთან. დ ა ი ე ლ მ ა ყურადღება მიაქცია მაღალ სვეტებს, რომელნიც სერაპისის ტაძრის ნაშთად ით-



ვლებოდნენ<sup>1</sup> და რომელნიც. როგორც დღეს ირკვევა. ქულბაქს უნდა ეკუთვნოდნენ. 6 მეტრის სიმაღლემდე ეს სვეტები ფოსოებით არიან დასვრტილი. ფოსოები მღრღნელ ზღვიურ მოლუსკებს ამოუჭრიათ. Pholias-ებს, რაც ექვს გარეშე მტკიცდება იმ გარემოებით, რომ ზოგ ფოსოში ამ მოლუსკის ნიჟარაც შენახულა. დასკვნა ცხადია: ქულბაქს. რა თქმა უნდა, ხმელეთზე გაშენდებოდა: შემდეგ ადგილი დაძირულა და სვეტები 6 მეტრამდე წყალში მოქცეულან და დღეს კი ისევ ხმელეთზედ არიან.

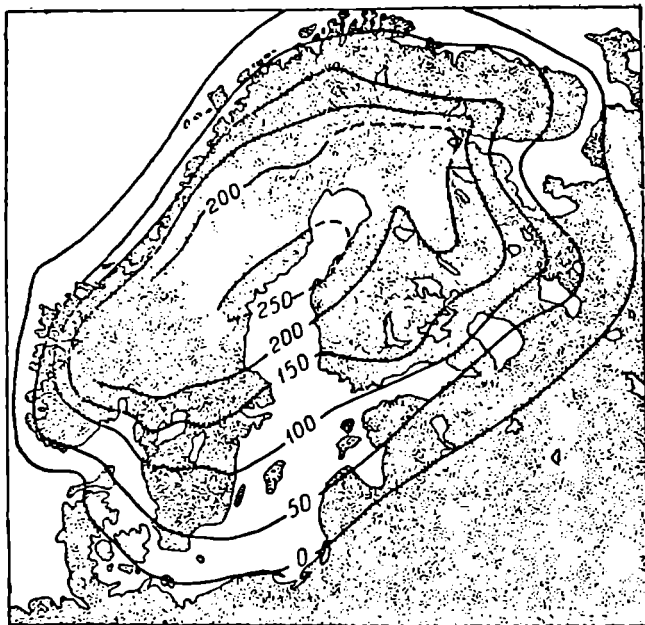
როდესაც ქერქის ამგვარ მოძრაობაზედ არის ლაპარაკი, არ იქნება, რომ ბ ა ლ ტ ი კ ა და ს კ ა ნ დ ი ნ ა ე ი ა არ მოიხსენიონ. უკვე საუკუნე-ნახევარზე მეტია, რაც შეამჩნიეს, რომ ეს მხარე თანდათან ზევით იწევს. ამას მოწმობს სხვადასხვა სიმაღლის ზღვიური ტერასები და უშუალო დაკვირვებები ზღვის პირას. რომელთაც მას შემდეგ აწარმოებენ. მოვლენა შესწავლილია ოდენობითადაც. აზვეება მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის ჩრდილო დაბოლოების უბანზე და აქედან ყველა მიმართულებით კლებულობს ნულამდე. როგორც ეს სურათზე არის გაზოხატული იზოხაზებით (სურ. 245). აღსანიშნავია, რომ პოლანდისკენაც აზვეების სიდიდე ნულამდე ჩამოდის. მაგრამ საქმე ამით არ თავდება. თვით პოლანდიაში (სურათზე მოცემული ფართობის გარეთ) მოძრაობის ნიშანი შებრუნებულია და დაძირვა მიმდინარეობს. აქ ჩრდილო ზღვის ძველი ნაპირები ზღვის დონეს ქვეშ არიან მოქცეული და დამბები გამხდარა საქირო. რათა დასახლებული ადგილები წყალმა არ გადაჰფაროს. ე. ი. ასე ვთქვათ, დღევანდელი ამბავი არის. ხოლო ჩრდილო ზღვის ფსკერის რელიეფის დეტალური შესწავლა მოწმობს, რომ ამ ზღვაში შემავალი მდინარეების ხეობები შორს გრძელდებიან წყალქვეშ ჩრდილოეთისკენ (სურ. 246). აშკარა არის, რომ ეს გეოლოგიურად ახლო წარსულში დაძირული ხმელეთი არის.

დასასრულ. ისეთი ახალგაზრდა რელიეფის არსებობა, როგორცა კავკასიაში. ალპებში და სხვაგან ვხედავთ. აგრეთვე ახლო წარსულში მომხდარი აზვეების მაჩვენებელი არის, თორემ ისინი ეროზიას უნდა მოესწორებია. პენეპლენებად უნდა ექცია.

ეპიროგენეტური მოძრაობები. შიწის ქერქის მოძრაობის ზემოთ

<sup>1</sup> სერაპისი ეგვიპტელების ღმერთი იყო. რომაელებს ჩვეულება ჰქონდათ, დაპყრობილი ხალხის ღმერთებისთვის ტაძარი აეგოთ და ამგვარად მოემადლოებინათ.

ჩამოთვლილი მაგალითები შეიძლება ორ ჯგუფად გაიყოს: 1. მოძრაობები, რომელთა პროცესში ზევით ან ქვევით გადაადგილება ხდება მხოლოდ და ტექტონიკური აგებულება არსებითად უცვლელ რჩება. ასეთ მოძრაობებს ეპიროგენეტურს<sup>1</sup> უწოდებენ. 2. მოძრაობები, რომელნიც, როგორც ოკრიბაში და თბილისში, ნაოჭების და ნახლებების განვითარებას იწვევენ, ესე იგი სტრუქტურას სცვლიან.



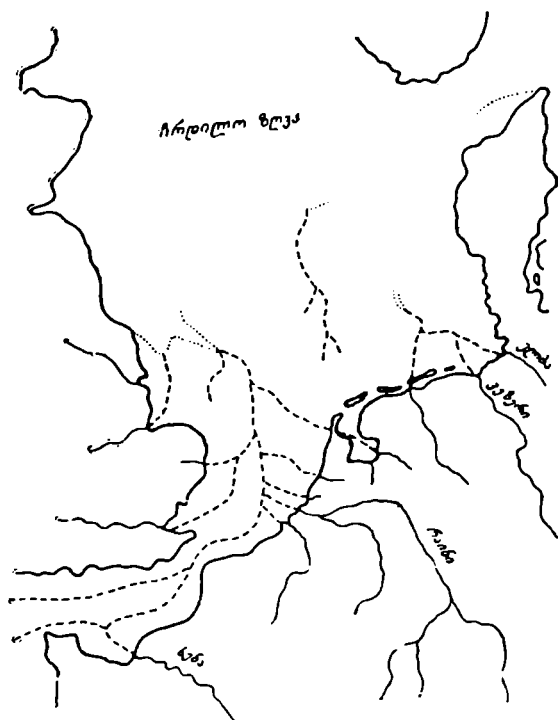
სურ. 245. სკანდინავიის იზობაზები. ციფრებით აღნიშნულია აზევეების სიდიდე, რომელიც მაქსიმალური არის ბოტნიური უბის შუა ნაწილში.

ესენი მთების წარმოშობასთან არიან დაკავშირებული და ამიტომ მათ ოროგენეტურს<sup>2</sup> უწოდებენ.

<sup>1</sup> „ეპეირა“, ბერძნ. — ხმელეთი. „გენეზის“ — წარმოშობა: — ხმელეთის წარმოშობი. მრავალჯერ აღუნიშნავთ, რომ ტერმინი უზერხულია: ეპიროგენეზისს შეუძლია წარმოშვას როგორც ხმელეთი, ისე ზღვაც (დაძირვის შემთხვევაში).

<sup>2</sup> „ოროს“ ბერძნ. — გორა, გენეზის — წარმოშობა. — მთების წარმოშობი.

ეპიროგენეტიკური აზვეების თუ დაძირვის სიდიდე ზღვის დონიდან იზომება. ზღვის დონე არის სიმაღლეთა რეპერი<sup>1</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 გვეფიქ-



სურ. 246. ჩრდილო ზღვის ფსკერი. ჩანს, როგორ გრძელდება ზღვას ქვეშ რაინისა და სხვა მდინარეების ხეობები. ლამაზ-პადეკალესაც დაძირულ ხეობად სთვლიან.

რა, თითქო ეპიროგენეზისი წარმოადგენს არა მიწის ქერქის მოძრაობას, არამედ ზღვის დონის აწევ-დაწევას: დაიწია ზღვის დონემ—ეს მოგვცემს თითქო ხმელეთის აზვეებას და სანაპირო ხაზი ზღვისკენ

<sup>1</sup> Repère, ფრანგ. — საყრდენი, სახელმძღვანელო ნიშანი.

დაიხვეს; აიწია ზღვის დონემ — სურათი ისეთი იქნება, თითქო ხმელეთი დაძირულიყოს.

მაინც ასეთი წარმოდგენა აშკარად მიუღებელი არის. ზღვები და ოკეანეები ყველა შეერთებული არის ერთმანეთთან და მათი დონე პრაქტიკულად ერთია — ეს არის გეოიდის ზედაპირი. თუ იგი შეიცვალა წყლის რაოდენობის ან ოკეანეთა ტევადობის შეცვლის გამო, შეიცვლება ყველგან, თუმცა არათანაწორად. ამიტომ ეპიროგენეტური მოძრაობა რომ ზღვის დონის ცვალებით იყოს გამოწვეული, მას პლანეტური ხასიათი ექნებოდა: თუ ეპიროგენეტური აზევებაა (ე. ი. ზღვის დონის დაწვევა), ასე იქნება ყველგან, მთელ მიწაზე ერთდროულად. შეუძლებელი იქნებოდა სკანდინავიის აზევებისა და პოლანდიის დაძირვის თანადროულობა.

მაგრამ ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო ზღვის დონის მოძრაობა საერთოდ ანგარიშში ჩასაგდები 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 არათანაბრად უნდა დაწეულიყო მთელს მიწაზე, დაახლოებით 100 მეტრით. ზღვა უკან დაიხვედა.

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 ევსტატიური<sup>1</sup> უწოდებენ.

ახლა დავუბრუნდეთ სკანდინავიას. აზევება 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; კიდეები კი ნაკლებად და ბოლოს სულ არა. ცხადია, რომ საქმე გვაქვს ქერქის აპოზენტაცია<sup>2</sup> და არა უბრალო აწევასთან. სხვაგვარად არც შეიძლებოდა მომხდარიყო: თუ ამოზნექვა არ იქნებოდა, ქერქი უნდა გაწყვეტილიყო და ჰორსტისებური სტრუქტურა მიგვეღო.

ამგვარად, ეპიროგენეზი ქერქის სტრუქტურას არ სცვლის, მაგრამ ქერქის დეფორმაციას კი იწვევს. აქ ეს დეფორმაცია შეეხება ქერქის მთელ სისქეს და არა ცალკეულ შრეებს და წყე-

<sup>1</sup> „ეუსტატეს“, ბერძნ. — მკვიდრი, წყნარი.

ბებს, წარმოიშობა ღირდადიუსიანი ზნეკეები და არა ხაზებრივი ნაოკები, როგორც მთებშია.

დასასრულ, განსაკუთრებით საყურადღებოა, რომ ეპიროგენეტური დეფორმაცია შე ბ რ უ ნ ე ბ ა დ ი არის: იქ, სადაც ამოზნექვა ხდება, შეიძლება შემდეგ ამას ჩაზნექვა მოჰყვეს იმავე ადგილას. ამ მხრივაც სულ სხვაა დანაოკება: იგი შე ე უ ბ რ უ ნ ე ბ ა დ ი (ირრევერსიბლი<sup>1</sup>) არის და ერთხელვე დანაოკებული შრეები ვეღარ გაიმართებიან.

რაც შეეხება ეპიროგენეტური მოძრაობის მსვლელობას, იმთავითვე აღნიშნავდნენ, რომ იგი უაღრესად ნელა მიმდინარეობს, ადამიანური თვალსაზრისით, რა თქმა უნდა, და რადგან ფიქრობდნენ, მთების წარმოშობა, პირიქით, მეტნაკლებად უეცარი მოვლენა არისო, ეპიროგენეტურ მოძრაობას, სანამ ამ ტერმინს შემოიღებდნენ, ს ა უ ე უ ნ ე ე ბ რ ი ვ ს უწოდებდნენ.

საუკუნეებრივი მოძრაობა უწყვეტი და თანაბარი როდი არის: ა მ ა თ უ ი მ ა დ გ ი ლ ა ს ხან უფრო აჩქარებული მიმდინარეობს, ხან უფრო ნელა და ხან სრულიად შეწყდება მეტად თუ ნაკლებად ხანგრძლივი დროის მანძილზე და შეიძლება ნიშანიც შეიცვალოს, ე. ი. აზვეების შემდეგ დაძირვა დაიწყოს ან პირიქით. ამ მოვლენების დადგენა ზოგან უკვე დიდი სიზუსტით არის შესაძლებელი: თუ მიწის ზედაპირის რომელიმე უბანი წინათ, ვთქვათ, ნახევარი საუკუნის ან ერთი საუკუნის წინ, გეოდეზიურად არის აგეგმილი და დღეს აგეგმვას იმეორებენ, ამ შუალედში მომხდარი მთელი ცვლილება ნათლად გამოვლინდება (სურ. 247).

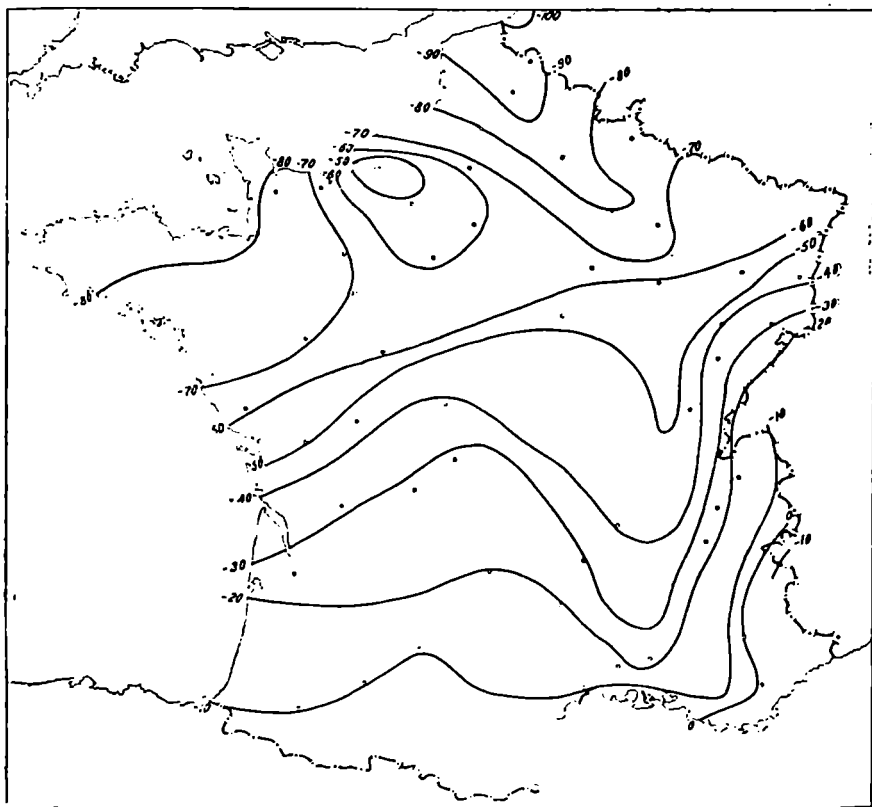
ეპიროგენეზის სახეობები. თუ ეპიროგენეტურ მოძრაობათა კონსტატაცია შედარებით ადვილი არის და დაჰაჯერებლად შეიძლება მიღწეულ იქნას, გაცილებით უფრო რთულია მათი მექანიზმის გარკვევა. ამისათვის საჭიროა პირველ რიგში მიწის ქერქი<sup>1</sup> და ქერქქვეშეთის ურთიერთობის საკითხის გაშუქება.

უადგილო არ იქნება აქ შედარებას მივმართოთ. ქერქი მთელ მიწას გადაჰკვრია როგორც ერთიანი გარსი. ასეთივე გარსი აქვს კვერცხსაც ნაჭუჭის სახით. ნაჭუჭი რომ გავხვრიტოთ და ცილა და გული ერთიანად ამოვწუწნოთ, როგორც ამას ზოგჯერ შვრებიან, ნაჭუჭს არაფერი შეეცეობა, მისი ფორმა იგივე დარჩება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნაჭუჭი იმდენად მტკიცეა, რომ შეუძლია თავისი წონა თვითონ-

<sup>1</sup> Reversible, ფრანგ. — შებრუნებადი, ir (იგივე in) უარყოფის ნიშანია; — არშებრუნებადი.

ვე ზიდოს. ნაკუჭი ცილას კი არ ეყრდნობა, ეხება მხოლოდ.

სულ სხვაა ტომრის შემთხვევაში: ხორბლით სავსეს მას ცილინდრული ფორმა აქვს, მაგრამ ხორბალი რომ გადმოეყაროთ, ჩაიკეცება, იმ ფორმას დაჰქარგავს: ტომარას ისეთი სიმტკიცე არა აქვს, რომ



სურ. 247. გამეორებული ნიველების შედეგები საფრანგეთში. იზოხაზები გვიჩვენებენ სიმაღლეთა ცვლას ორი ნიველების ინტერვალში. მთელი საფრანგეთი ძირს იწევს, მაგრამ ზოგან მეტად, ზოგან ნაკლებად. იზოხაზები აღნიშნავენ სიმაღლის თანაბარ ცვლას. საგულისხმოა რონის ხეობის ჩაზნექვა.

თავისი წონა თვითვე ზიდოს; იგი ხორბალს კი არ ეხება მხოლოდ, აწვეება მთელი თავისი სიმძიმით.

როგორია ამ მხრივ მიწის ქერქის მდგომარეობა? ქერქის სისქე და შემადგენლობა საკმაოდ ცნობილია და მისი მიახლოებული წონის გამოანგარიშება ძნელი არ არის. ცნობილია მიწის ქერქის შემადგენელი ქანების სიმტკიცეც, მშენებლების მიერ მრავალჯის 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.

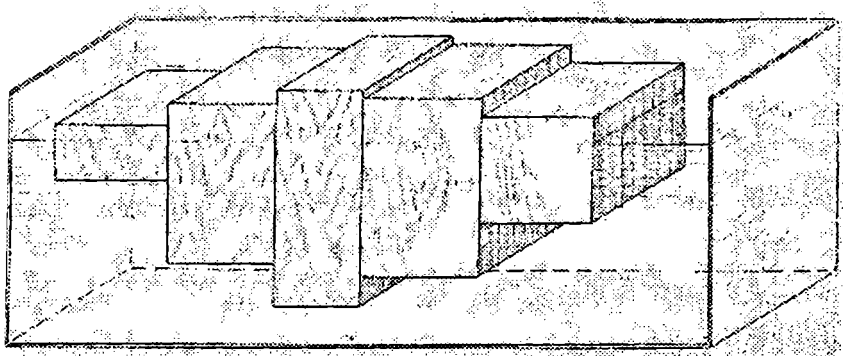
ქვეშეთი მყარია არის, მაგრამ ბლანტი. ამიტომ ქერქი ჩაფლობილი არის ზედა მანტიაში, როგორც ყინული წყალში. ქერქი რომ უფრო მკვრივი იყოს, ვიდრე მანტია, იგი მანტიაში ჩაიძირებოდა, როგორც ქვა წყალში. ნელა, მაგრამ ჩაიძირებოდა. სინამდვილეში ქერქი ნაკლებად მკვრივია, ვიდრე მანტია. ამიტომ იგი მხოლოდ ჩაფლობილია და ტივტივებს.

თუ რამდენად დიდია ქერქის ჩაფლობილობა. ამის გამორკვევის 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 ქერქქვეშეთის, 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 გამოშვლებული არ არის და მისი ზედაპირის მდებარეობა წარმოდგენითია. მდგომარეობა ისეთია, ოკეანეს რომ მთლიანად ყინულის საფარი გადაკვრადეს და წყალი აღარსად ჩანდეს.

თუ ქერქის რომელიმე ნაწილს სიმძიმე მოემატა (მაგალითად, ნალექების სახით), იგი უფრო ღრმად ჩაიფლვის (დაიძირება), თუ სიმძიმე მოაკლდა (ვთქვათ, დენუდაციის გამო) — ზევით ამოიწევს. ორივე შემთხვევაში დამყარდება წონასწორობა, რომელსაც უკვე კარგახანია იზოსტაზია უწოდებს.

თუ ქერქის უბანი იმდენად არის ქვეშეთში ჩამჯდარი, რამდენიც ქერქისა და ქვეშეთის სიმკვრივეთა შეფარდებას შეეფერება. იზო-

სტაზიური წონასწორობა გვექნება — ქერქი უძრავია. თუ ამაზე ნაკლებადაა ჩაფლობილი, წონასწორობა დარღვეულია და დაძირვა დაიწყება და გაგრძელდება, სანამ წონასწორობა არ დამყარდება. ქარბი ჩაფლობის შემთხვევაში პირიქით ახვეება მოხდება. მაგა-



სურ. 248. წყალში მოტივტივე ხის პრიზმები. რაც უფრო მაღალია (მამასადამე „სქელი“) პრიზმა, მით უფრო ღრმად არის იგი ჩაფლობილი წყალში.

ლითად, ზემოთმოტანილ მაგალითში ქერქის ჩაფლობილი ნაწილის სისქე რომ 20 კმ ყოფილიყო 24,5 კმ-ის ნაცვლად, წონასწორობა დარღვეული იქნებოდა და მის აღსადგენად ჩაძირვა 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 შეუძლიათ 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 ზოლში?

ასეთ კითხვაზე პასუხი შემდეგია. მართლაც, ქერქი უწყვეტია და მის პატარა ნაკვეთებს, მაგალითად ცალკეულ გორებს, დამოუკიდე-



ბელი იზოსტაზიური წონასწორობის მიღწევა არ შეუძლიათ. მაკრამ-სულ სხვა მეტნაკლებად დიდი ნაკვეთის შემთხვევაში, იქ იზოსტა-ზიური ძაბვა შეიძლება იმდენად დიდი იყოს, რომ გადააქარბოს ქერ-ქის სიმპტიკეს და დასძლიოს მისი წინააღმდეგობა. ქერქი გაღუნება და შესატყვისი უბანი ქვევით დაიწვეს ან ზევით აიწვეს იზოსტაზიის შესაბამისად. მხოლოდ, ამისათვის საჭირო არის საკმარის მოზრდილი უბანი. მაინც რამდენად? ამ ოდენობით კითხვაზე პასუხის გაცემა ჭერჭერობით ძნელი არის. მაგრამ საეჭვო არაა, რომ ისეთი ერთეუ-ლებისათვის, როგორც არის სკანდინავია, კავკასიონი და სხვა, იზოს-ტაზიური გადაადგილება რეალური ფაქტია.

ახლა შეიძლება ეპიროგენეტურ მოძრაობათა გენეტურ სხვადასხ-ვაობას შევხვით.

ა) პირველ რიგში აღსანიშნავია იზოსტაზიური ბუნების მოძრა-ობები. საეჭვო არ არის, რომ სკანდინავიის დატვირთვა მყინვარით მეოთხეულ დროში ამ მხარის იზოსტაზიურ დაძირვას გამოიწვევდა ჩაზნექვის სახით. როდესაც 10 000-ოდე წლის წინათ ეს მყინვარი დიდ ნაწილად გადნა, ამას მოჰყვა ასეთივე იზოსტაზიური აზევება, რომელიც დღესაც არ დამთავრებულა.

ასევე საკმარის სქელი ნალექების დაგროვებას ზღვის ფსკერზე თუ ხმელეთზე დაძირვა მოჰყვება. ხოლო დენუდაციას -- აზევება. აქ აღსანიშნავია შემდეგი: როგორც ზემოთ დავინახეთ. ნალექებით და-ტვირთვა ქერქის დაძირვას გამოიწვევს, მაგრამ დაძირვის საღრმე ნა-ლექების სისქეს კი არ უდრის, ნაკლებია იმდენად, რამდენადაც ნა-ლექების სიმკვრივე ნაკლები არის ქერქქვეშეთის სიმკვრივეზე.

იგივე ითქმის მთების დენუდაციის შესახებაც: გადარეცხვის გამო მთების წონა იკლებს და იწყება მათი იზოსტაზიური აზევება. მაგრამ აზევება ნაკლებია, ვიდრე გადარეცხვა, ამიტომ მთა მალე იწყებს და სიმაღლე კი აკლდება (თუ ოროგენეტური აზევება არ დაემთხვა ეპი-როგენეტურს).

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 აზე-ვება შეიძლება გამოიწვიოს მეტ-ნაკლებად დიდმა ინტრუზიამაც. სა-ერთოდ ეს იქნება ვულკანოგენური მოძრაობები.

გ) ეჭვს გარეშეა, რომ უნდა იყოს ან შეიძლება იყოს ისეთი ეპი-როგენეტური მოძრაობებიც, რომელთაც მანტიის ზედაპირის მოძრა-

ობა. მისი აწევა ან დაწევა იწვევს. ასეთი მანტიისმიერი მოძრაობა ალბათ სხვაზე დიდიც კი იქნება. სამწუხაროდ რაიმე დაკვირვებითი 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 ამოხნექვით გამოიხატებაო.

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 მიიჩნევენ და რომელთაც წყვეტები, ე. ი. სტრუქტურული დისლოკაციები ახლავს.

ამრიგად, ეპიროგენეტურ მოძრაობათა კატეგორიები საკმაოდ რთულია და თან ჰეტეროგენური არიან. უმას დიდი მნიშვნელობა აქვს თეორიული გეოლოგიისათვის. ტერმინი „ეპიროგენეტური“, როგორც არაერთი სხვა გეოლოგიაში, ხშირად ზუსტად არ განისაზღვრება და ეს მრავალი გაუგებრობის მიზეზი გაშხდარა და ხდება.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

როგორ წარმოიშვა თავდაპირველად მიწის ქერქის ცნება? რჩება თუ არა ძალაში ის წარმოდგენა დღეს? როგორია ამ ცნების თანამედროვე გაგება? რა არის მოკო? როგორი ძალების მიმართ არის ქერქქვეშეთი მყარი. მტკიცე? რა შემთხვევაში იჩენს იგი დენადობას? როგორია ქერქის და ქვეშეთის დამოკიდებულება? ასწერეთ ეზოსტაზიური წონასწორობა. როგორია კონტინენტური და ოკეანური ქერქის სისქე და შედგენილობა?

რა დაკვირვებები მოწმობენ, რომ მიწის ქერქს აწევ-დაწევა განუცდია წარსულში? დასახელეთ მაგალითები. რა მოწმობს, რომ ასეთი მოძრაობები დღესაც მრძინარეობს? ასწერეთ პოკუოლის და სკანდინავიის მაგალითები. როგორია ამ მოძრაობათა სიჩქარე? რით განასხვავებენ ეპიროგენეტურ და ოროგენეტურ მოქრობებს?

შეიძლება. თუ არა, ეპიროგენეტური მოძრაობა ზღვის დონის ქანაობით, ე. ი. ევსტატიური მოძრაობით აიხსნას? რა ეწინააღმდეგება ამას? ხდება, თუ არა, ეპიროგენეზის დროს ქერქის დეფორმაცია და რა სახის (განიხილეთ სკანდინავიის შემთხვევა)?

წამოთვალეთ და ასწერეთ ეპიროგენეზის სახეები.

## ორგენეზი

მთები და მათი აგებულება. მიწის ქერქის ოროგენეზურ 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. ტიპური მაღალი არის, მაგრამ მთა არ იქნება, მის გვერდით მდებარე ჰიმალაი კი მთა არის. მთა ჰვულის ხმობს მაღალსა და უსწორმასწორო რელიეფს. დაბალი და ვაკე გარემოსადმი დაპირისპირებული.

მეტად თუ ნალებად თანასწორგანედ მთას ხშირად გორას უწოდებენ. ტიპურია ამ მხრივ ვულკანური გორები, თუმცა მრავალია დანალექი ქანებისაგან შემდგარი გორებიც. მაგალითია გორა. რომლის გარშემო გაშენებულა ქალაქი გორი. პატარა გორა ბორცვი იქნება.

ხაზობრივად წაგრძელებულ მთას ქედს ეტყვიან. ქედი იქნება აგრეთვე გორების ჯგუფი, ხაზობრივად წაგრძელებულსა და ამალღებულ ფუძეზე განლაგებული. ცალკეულ გორებს ამ შემთხვევაში მწვერვალებს უწოდებენ. პატარა ქედი არის კვერნაქი მცხეთასთან, უფრო დიდია კახეთის ქედი და ქედი იქნება კავკასიონიც მთლიანად აღებული.

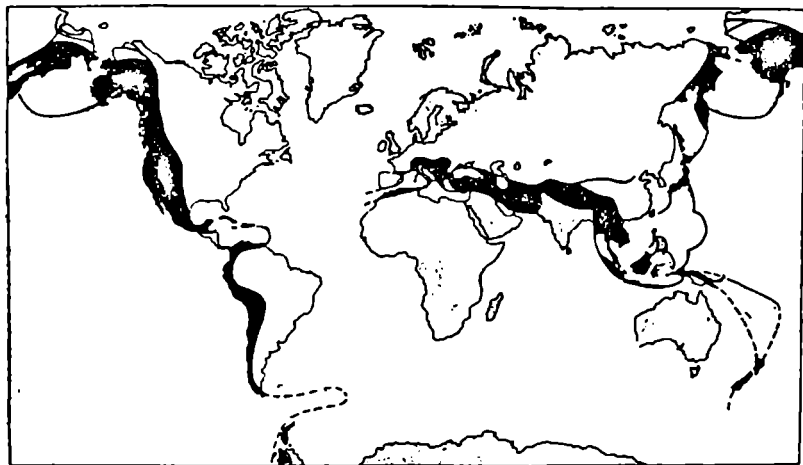
ძლიერ მნიშვნელოვანია გარემოება, რომ ქედებიც კანონზომიერად არიან დაჭუფებული და ისევ ხაზობრივად. კავკასიონი მიეკუთვნება ქედების დიდ ჯგუფს, რომელსაც მთელი მცირე აზია დაუფარავს ეგეის ზღვამდე. დასავლეთისკენ ამ ქედებს განაგრძობს ბალკანეთის მთები, კარპატები, ალპები, აპენინები, ატლასის მთები. მათვე უკავშირებენ 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 დაჭუფება ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული (ერთმანეთს ებმიან ინდონეზიაში) და შეადგენენ ერთი მთების სისტემას. რომელსაც სხვა მათა სისტემებისგან გასარჩევად ალპურს უწოდებენ.

მათა 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 მათა სისტემა წარმოადგენს არა მორფოლოგიურ ერთეულს მხოლოდ, არამედ ასევე სტრუქტურულს და გენეტიურს.

ქ მთების აგებულება. გეოლოგიური მეცნიერების ჩასახვისთანავე გამოიჩინა, რომ (მთებისთვის ძირითადი არის არა რელიეფი, არამედ



სურ. 249. ალპური სისტემა.

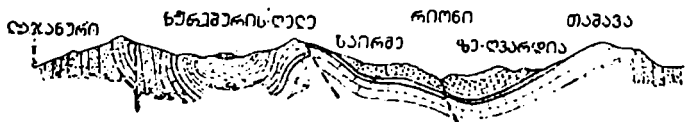
შინაგანი აგებულება, სტრუქტურა) არსად არ არის ცნობილი ჰორიზონტული ნალექებისაგან შემდგარი მთები. (მთებში შრენარები ყოველთვის აშლილი არიან.) ასე რომ, (მთების წარმოშობა არსებითად დისლოკაციას ნიშნავს) დისლოკაციას მეტად თუ ნაკლებად რთულს და თან კანონზომიერად წარმართულს. ასე ფართოდ გაგებულ დისლოკაციას ჩვეულებრივ დისტროფიზმს<sup>1</sup> უწოდებენ.

(მთავარი დისლოკაცია არის დანაოჭება, მაგრამ მათებს (ქედებს) შეადგენს არა ცალკეული ნაოჭი, არამედ ნაოჭთა ჯგუფი) ჩვეულებრივ ეს იქნება მეტნაკლებად პარალელური ნაოჭები, (რომელთაც შეიძლება ნაოჭთა კონები ეუწოდოთ.)

ქროდესაც შენაოჭება შედარებით სუსტია, ნაოჭები გაშლილი არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ნაოჭებია თბილისის მიდამოში.

<sup>1</sup> „დისტროფი“, ბერძნ. — აშლა, არევა.

(თელეთის ანტიკლინი, კრწანისის სინკლინი, მამადავითის ანტიკლინი, საბურთალოს სინკლინი, ლისის ანტიკლინი, ქვემო ავჭალის სინკლინი, მცხეთის ანტიკლინი ნაწილობრივ). ასეთივე გაშლილი ნაოჭებია რიონის ხეობის შუა წელში (სურ. 250). ინტენსიური დანაოჭების



სურ. 250. კრილი თაშავა-ლაჯანური. რაქა-ლეჩხუმში. ნი-  
ნა-მთებისთვის დამახასიათებელი სუსტი დანაოჭება (გაშლილი ნაოჭები)  
და პატარა შესხლეტები.

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; ზეს ნაოჭები ერთი მერეს ენაცვლებიან და მათი რიცხვიც გასწვრივ უცვლელი როდია.

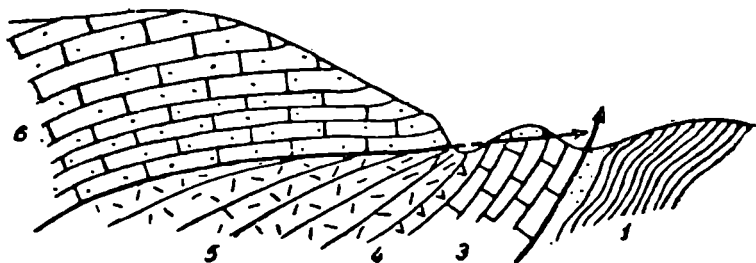
ხშირად მოხდება, რომ ქედი ცალი მხრისაკენ არის გადაწოლილი და ნაოჭები ასიმეტრიული არიან, როგორც თრიალეთის ქედის ჩრდილო პერიფერიაზე. მოხდება ხოლმე ისიც, რომ ქედი ორივე მხრისაკენ არის გადაწოლილი, როგორც კავკასიონი. ეს იქნება მარაოსებური სტრუქტურა.

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 წაცოცებები ანუ შარბი-  
-ები<sup>1</sup> დადასტურებული არიან დეტალური გამოკვლევების შედეგად ალპებში (სურ. 252). ჰორიზონტული გადაადგილების ამპლიტუდი იქ ფანტასტიკურ ზომას აღწევს: ნალექები იტალიიდან შვეიცარიამდე არიან გადმოფენილი.

მთების აგებულებას ხომ ამ ზომამდე აპირობებს დანაოჭება და ამას ისიც ემატება, რომ იგი მთების აზევებასაც მარტივად ხსნის.

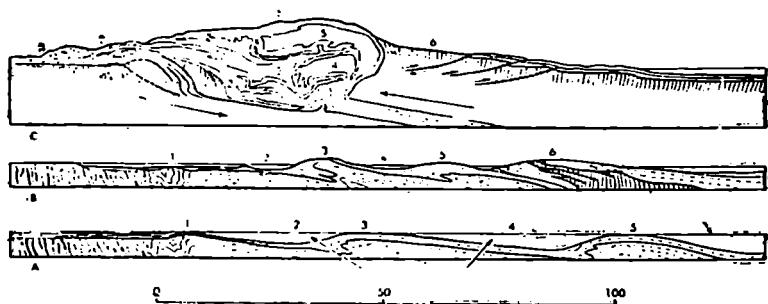
<sup>1</sup> Charriage, ფრანგულად ნიშნავს გადატანას (ურბით).

მართლაც, შრეების დანაოჭება მათ სისქეს ზრდის, მით მეტად, რაც უფრო ინტენსიურია დანაოჭება, და ამის ბუნებრივი შედეგი არის დანაოჭებული კომპლექსის შედაპირის შესაბამისი ამალღება. ეს კარგად ჩანს უკვე ისეთი მთე-



სურ. 251. სამხრული ოკრიბის შეცოცე-  
ბა. ისრებით აღნიშნულია შეცოცების ორი სიბრტყე.

ბის შემთხვევაში, როგორც არის იურული მთები საფრანგეთ-შვეიცარიაში. იქ დანაოჭება მთების ფუძეს არ შეჰხებია, დანაოჭებული



სურ. 252. ალპური მთები ე. აინგანის მიხედვით. მერიდიანული კრილი იტალიიდან (მარჯვნივ) შვეიცარიამდე. ყურადღებას იპყრობს გრანდიოზული გადასაოჭები და წაცოცებები (შარიაყები). მოცემულია ქედის განვითარების სამი ეტაპის აღდგენის ცდა.

არის მხოლოდ საფარი, იმ ფუძეზე წახვეტილი (სურ. 253), მაგრამ აზევება მაინც საკმაოდ დიდია და აშკარად დანაოჭების შედეგი. ასეთ მთებს ზეწრულს უწოდებენ და ამავე ხასიათის უნდა იყოს შიგა სამეგრელოს და გარე კახეთის მთები ჩვენში.

კიდევ უფრო დიდია გასქელება და აზეება გეოსინკლიურ მთებში (იხ. ქვემოთ), სადაც დანაოქება მთელ ქერქზე ვრცელდება (იხ. სურ. 252). აქ შემუშუშენილი არის ქერქის არამარტო საფარი, არამედ ფუძეც, და გასქელება ისეთია, რომ აზეებასაც იწვევს და ქვეითკენ ფესვების განვითარებასაც.

N

5



სურ. 253. ი უ რ უ ლ ი მ თ ე ბ ი ს ქ რ ი ლ ი. დამახასიათებელია მკიდროდ შეკეცილი და ზოგჯერ გაწყვეტილი ანტიკლინები და ფართოდ გაშლილი სინკლინები.

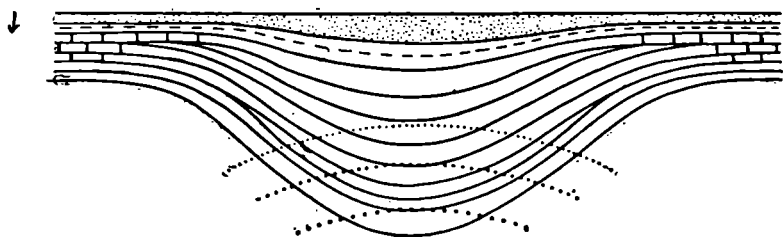
ქერქის ასეთი გასქელება ბუნებრივად აყენებს კითხვას: ქერქი თუ გასქელდა, მას ამ ნაკვეთში მასა უნდა მოჰმატებოდა; მერე საიდან? პასუხი მარტივი არის: დანაოქებულ ზოლის ფართობი, მისი განი შემცირდა. დანაოქებისათვის ეს სრულიად ცხადია და მცირე დაკვირვება დაგვანახებს, რომ იგივე ხდება შესხლეტების შემთხვევაში.

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 ვადაჩენილა. 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) უურადღება 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 კი ის არის, რომ ნალექების ხასიათი უდავოდ მოწმობს, რომ აუზი მარჩხი იყო, ასეული მეტრების სიღრმე. ახსნა მხოლოდ ერთია შესაძლებელი: ნალექების დაგროვების კვალობაზე ზღვის ძველი ფსკერი იძირებოდა (სურ. 254).

შემდეგმა გამოკვლევებმა დაამტკიცა, რომ ეს მოვლენა უცულობელი წესი არის ყველა დიდი ნაოჭა მთებისათვის. მომავალი



სურ. 254. გეოსინკლინის სქემა. უხვი ნალექების დაგროვებას ახლავს ფსკერის დაძირვა. პუნქტირით აღნიშნულია მეტამორფიზმის განვითარება ქვევიდან ზევით.

მთების ადგილას ვითარდება შედარებით ვიწრო და ხაზობრივად წაგრძელებული ზღვიური ზოლი, რომლის ფსკერი ნელ-ნელა იძირება და რომელშიც დიდძალი ნალექი გროვდება. ამ ნალექების დანაოჭება წარმოშობს მთებს. !

ასეთ აუზებს მეორე ამერიკელმა გეოლოგმა დენამ (Dana) გეოსინკლინი უწოდა, ხოლო ფრანგმა გეოლოგმა ოგმა (Haug), უკვე XX საუკუნის დასაწყისში მთელი მიწისათვის გეოსინკლინების განვითარების მწყობრი სურათი მოხაზა.

გეოსინკლინი, როგორც არაერთხელ უთქვამთ, მთების აკვანი არის. გეოსინკლინებში გროვდება მომავალი მთების მასალა და იქვე ზდება მისი დანაოჭება. გეოსინკლინის მოხაზულობა განსაზღვრავს მომავალი მთების გავრცელებას. გეოსინკლინში განვითარდა, ძირითადად მეზოზოური და კაინოზოური ერების მანძილზე, ალპური სისტემაც. ამ დიდი გეოსინკლინის ნაწილი არის გეოსინკლინური როფი, რომელშიც კავკასიონი წარმოიშვა. ალპური გეოსინკლინის მარტა



ევრაზიული ნაკვეთის (ეს არის ძველი ხ მ ე ლ თ ა შ უ ა ზ ღ ღ ე ს გ ე -  
ოსინკლინი) სიგრძე იქნება გიბრალტარიდან ინდონეზიამდე, ხოლო  
განი სხვადასხვაა. კავკასიონის მერიდიანზე ეს იქნება მანძილი ჩრდი-  
ლო კავკასიის ვაკის სამხრული საზღვრიდან სირიის ჩრდილოეთამდე.  
შენაოჭებამდე განი, რა თქმა უნდა, გაცილებით მეტი იქნებოდა.

გეოსინკლინისთვის მარტო ინტენსიური სედიმენტაცია როდია  
დამახასიათებელი. ახალი და ახალი ნალექების დაგროვების შედეგად  
მათ ქვეშ მოქცეული უფრო ძველი ნალექები მაღალი წნევისა და  
მაღალი ტემპერატურის პირობებში მოხვდებიან. ამას ემატება ქვევი-  
დან მოსული ცხელი მინერალური ხანარების და გაზების მოქმედე-  
ბაც და იწყება ძლიერი რევიონული მეტამორფიზმი. წარმოიშობა ფი-  
ლიტები, კრისტალური ფიქლები, გნეისები, გრანიტები. ამას დანაო-  
ჭების დროს ემატება დინამომეტამორფიზმი. ამიტომ არის, რომ  
გ ე ო ს ი ნ კ ლ ი ნ უ რ ი მ თ ე ბ ი ს გ უ ლ ი ყ ო ვ ე ლ თ ე ი ს მ ე -  
ტ ა მ ო რ ფ უ ლ ი ფ ო რ მ ა ც ი ე ბ ი ს ა გ ა ნ შე დ გ ე ბ ა , რ ო -  
გ ო რ ც ა მ ა ს გ ვ ი ზ ე ნ ე ბ ს , კ ე რ ძ ო დ , კ ა ვ კ ა ს ი ო ნ ი ს გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი რ უ ჯ ა .

გეოსინკლინებისათვის დამახასიათებელია და ძირ ვ ა და ნალე-  
ქების დაგროვება, მაგრამ, როგორც აღვნიშნეთ, გეოსინკლინშივე  
ხდება დანაოჭება და აზევება. როგორ უნდა შევათანხმოთ ეს ორი  
ერთმეორის საწინააღმდეგო მოძრაობა ერთსა და იმავე ადგილას?  
პასუხი ის არის, რომ ერთი და მეორე მოძრაობა სხვადასხვა დროს  
მიმდინარეობს: ჯერ დაძირვა და სედიმენტაცია, შემდეგ დანაოჭება  
და აზევება. ერთი მეორეს სცვლის, რეგულარული მ ო რ ი გ ე ო ბ ა  
არის:

• აქ უნდა აღინიშნოს, რომ გეოსინკლინის განვითარების მანძილზე  
ასეთი მორიგეობა მრავალჯერ მეორდება. მაგალითად, კავკასიონის  
გეოსინკლინში მარტო ქვედა იურულიდან დაწყებული ცხრა ასეთი  
მორიგეობა გვაქვს (იხ. ცხრილი 9) /

ცხრილიდან კარგად ჩანს ისიც, თუ რამდენად ხანგრძლივია მთე-  
ბის 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 გა-  
საგებია და აუცილებელიც ნაოჭების მორფოლოგიის თანდათან  
განვითარება-გართულება (სურ. 255).

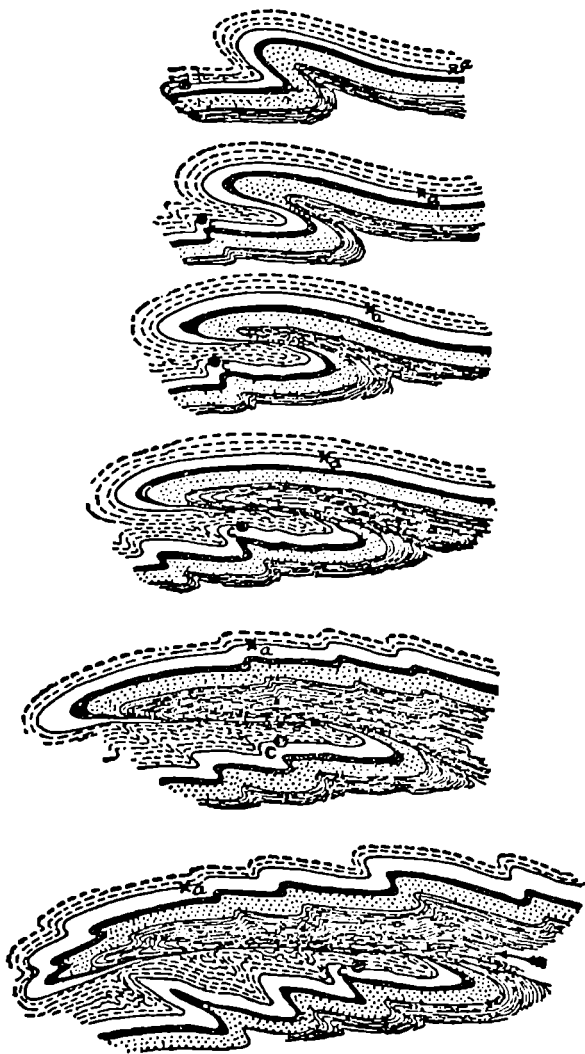
დანაოჭების დათარიღება. აქ ბუნებრივად ისმის ორივენეტულ  
მოძრაობათა დათარიღების საკითხი, კერძოდ, დანაოჭების დათარი-

კავკასიონის განვითარება მეზოკაინოზოურში	
შუა და ზედა ნეოგენი	დანაოქება სელიმენტაცია
ოლიგოცენ-ქვედა ნეოგენი	დანაოქება სელიმენტაცია
პალეოცენ-ეოცენი	დანაოქება სელიმენტაცია
ზედა ცარცული	დანაოქება სელიმენტაცია
	დანაოქება სელიმენტაცია
ქვედა ცარცული	დანაოქება სელიმენტაცია
ზედა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია
შუა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია
ქვედა იურული	დანაოქება სელიმენტაცია

ლების საკითხი. უკვე საუკუნეზე მეტია ნაოქების დასათარიღებლად ფრანგმა გეოლოგმა ე. დე ბომონმა (E. de Beaumont) გამოიყენა კუთხური უთანხმოების მეთოდი: მსჯელობა შემდეგია:

ვთქვათ, გვაქვს დანაოქებული შრეების კომპლექსი; გადარეცხილი, და ზედ უთანხმოდ განლაგებული მეორე კომპლექსი, ჰორიზონტული ან სხვაგვარად დანაოქებული (სურ. 63). ქვედა შრენარში ყველა შრე დანაოქებული არის, — მაშასადამე, დანაოქება მომხდარა, როდესაც ქვედა კომპლექსის ყველა ეს შრე და, კერძოდ, უახლგაზრდესი მათ: შორის უკვე დალექილი იყო: დანაოქება უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა (ყველაზე ზედა) დანაოქებულ შრეთა შორის.

მეორე მხრით, ზედა კომპლექსის შრეებს ამ დანაოქებაში მონაწილეობა არ მიუღიათ. მაშასადამე, როდესაც ისინი



სურ. 255. ნაოჭის განვითარება დელის მიხედვით. ზევით მარტივი წახრილი ნაოჭი; შემდეგ — დაწოლილი ნაოჭი, შებრუნებული ფრთის გაწვევით, შეცოცების განვითარება, შეორადი ნაოჭები, იგივე გაძლიერებული (კერძო შემთხვევა და არა ტიპური).

ილექებოდნენ, კერძოდ, როდესაც ილექებოდა ყველაზე ძველი მათ შორის, დანაოჭება უკვე დამთავრებულ იქნა და ყოფილიყო. ამგვარად, უთანხმოება დათარიღებული არის, თუმცა არა უშუალოდ: დადგენილია არა თვით თარიღი, არამედ მისი ქვედა და ზედა საზღვარი. განსაზღვრა მით უფრო ზუსტი იქნება, რაც უფრო ახლოს არის ერთმანეთთან ეს ორი საზღვარი, და პირიქით.

შეიძლება ქვედა კომპლექსის უახალგაზრდესი შრეები გადარეცხილი იყვნენ. დებულება, რომ დანაოჭება უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე ყველაზე ახალგაზრდა დანაოჭებულ შრეთა შორის, ძალაში დარჩება, მაგრამ გადარჩენილი ზედა შრე დანაოჭებულ შრეთა შორის ყველაზე ახალგაზრდა აღარ იქნება. ასევე დაუნაოჭებელ შრეთა დალექვა შეიძლება დაგვიანებით დაწყებულიყო და უძველესი მათ შორის დანაოჭების უშუალოდ მომყოლი არ იქნება. ასეთ ჭრილში შრეებით წარმოდგენილ ქვედა და ზედა საზღვარს შუა მეტნაკლებად დიდი ინტერვალი დარჩება, რომელშიც უთანხმოების ზუსტი ადგილი დამატებით გასარკვევი იქნება.

მაგალითად, დასავლურ საქართველოში კარგად არის ცნობილი კალოვიური სართულის კუთხური უთანხმოებან ბათურ სართულზე, რაც კალოვიურისწინა დანაოჭების გამომხატველი არის. მაგრამ არის ადგილები, სადაც ბაიოსურს უთანხმოდ ადევს ზედა იურის ზედა ნაწილი. ესეც შეიძლება იმავე დანაოჭებას გამომხატავდეს, მაგრამ ნაკლებად ზუსტად. მარტო მის მიხედვით ვერ ვიტყვით, რომ კოლოვიურისწინა დანაოჭებასთან გვაქვს საქმე.

უთანხმოების მეთოდი დღესაც საყოველთაოდ მიღებული არის და მას უეჭველად მრავალი ღირსება აქვს, მაგრამ მასთანვე ხშირად დიდი გაუგებრობაც არის დაკავშირებული. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ეს მეთოდი ათარიღებს უკვე მომხდარი დანაოჭების ფაქტს და სრულიად არაფერს გვეუბნება დანაოჭების პროცესის შესახებ, მისი მიმდინარეობის დროის შესახებ. სწორედ ამ ნიადაგზე არის წარმომოხილი შემდეგი გაუგებრობა: დანაოჭებული შრეები პრაქტიკულად პარალელური არიან ერთმანეთთან. აქედან დაასკვნიან, რომ დანაოჭებისას ისინი ყველა უკვე დალექილი უნდა ყოფილიყვნენ თავშივე, თორემ უფრო ზედანი დანაოჭების დაწყების შემდეგ რომ დალექილიყვნენ, ისინი ნაკლებად დანაოჭდებოდნენ, ვიდრე ქვედა შრეები, და მათი პარალელ-

ლ უ რ ი ვერ იქნებოდნენ. დანაოქება ქვედა კომპლექსის ყველა შრეების და ლექვის შემდეგ არის ჰომბდარიო.

რადგან ამავე დროს დანაოქება უთანხმოების ზევით მღებარე შრეების და ლექვიმდე უნდა იყოს მომხდარი, გამოდის, რომ დანაოქება მთლიანად თავსდება იმ ინტერვალში, რომელიც უთანხმოების ქვედა და ზედა კომპლექსს შუა რჩება. ეს ინტერვალი კი, თუ უთანხმოების ასაკს კარგად დავაზუსტებთ, სრულიად უმნიშვნელო არის. მაგალითად, როგორც ზემოთ აღვნიშნავდით, ჩვენში ცნობილია ქვედა კალოვიურის კუთხური უთანხმოება ზედა ბათურზე. გამოდის, რომ დანაოქება სადღაც ზედა ბათურის მიწურულში უნდა მომხდარიყო! ამგვარად წარმოიშვა წარმოდგენა, რომ დანაოქება უეცარი მოვლენაა. XIX საუკუნეში ზოგნი 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, როგორიც კირქვა და მისთანები არიან, კი აზ გაიღუნებოდნენ და შენაოქდებოდნენ, მთლიანად უნდა დამსხვრეულიყვნენ. როგორც არაერთგზის აღვნიშნეთ, დრო უმნიშვნელოვანესი გეოლოგიური ფაქტორია. 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 არა მარტო დანაოქების დროინდელი და დანაოქების შემდეგი ნალექები, არამედ დანაოქების თ ა ნ ა დ რ ო უ ლ ი ც . შეიძლება თუ არა მათი გამოცნობა? უკვე ო გ ი აღვნიშნავდა, 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. პირველად იყო მისი ტრანსგრესია, ხოლო მეორე — რეგრესია. ამის მიხედვით ბუნებრივია 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: ეს იქნება უკვე არა თარიღის ქვედა და ზედა საზღვრის კვლევა, არამედ უშუალო დათარიღება.

ამ გარემოებას სათანადო ყურადღება მიექცა ჩვენში. გამოირკვა,

რომ ყოველ დანაოქებას თან ახლავს რეგრესია და, რაც მთავარია, მზარდი რეგრესია, ხოლო დანაოქების ხანგრძლივობა არანაკლებ 7-ოდე მილიონი წლის რივისა არის. მაგალითად, ბაიოსურ დროს გეოსინკლინური დაძირვა მიმდინარეობს, ბაიოსურის ბოლოდან დაწყებული ბათურის ბოლომდე რეგრესია გვაქვს და დანაოქება.

მერე როგორღაა, რომ შრეები, რომელთაგან ზოგი დანაოქების დაწყებისას უკვე დალექილი იყო (დაძირვის ინტერვალში) ან ამ დროს ილექებოდა, და შრეები, რომელნიც დანაოქების ბოლოს დაილექნენ, ერთნაირად არიან დანაოქებული, ერთმანეთის პარალელურად გამოიყურებიან? პასუხი ერთი ჩანს ყურადსაღები: თვითონ დანაოქება იწვევს შრეების ერთმანეთზე მოკვებას, ანუ როგორც ფრანგები ამბობენ, აკორდანსს<sup>1</sup>, ნაოქის ხასიათის შესაბამისად. ერთი და იგივე შრეც ხომ სხვადასხვაგვარადაა დისლოკებული ნაოქის თალსა და ფრთებში. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ამ მხრივ კომპეტენტურს<sup>2</sup>, ე. ი. სქელსა და მტკიცე შრეებს, რომელნიც უფრო სუსტ შრეებს თავის დეფორმაციას კანონად უხდიან. ეს ხდება ერთიმეორის მომყოლი ფაზისებობის 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 წარმოშობი ძალები მოქმედებდნენ მარტო იქ, სადაც ოროგენეზისი 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 წარმოშობი ძალები მოქმედებდნენ და რუსეთში კი არა. ასევე იქნებოდა სხვაგანაც, სადაც მთები არის ან არ არის.

ადვილი დასაწახავია, რომ ასეთი პასუხი საკითხის რეალურ გადაჭრას არ იძლევა. კითხვა იცვლება მხოლოდ: რა ძალებია ეს, რომ

<sup>1</sup> Accordance, ფრანგ.— მორგება, შეგუება.

<sup>2</sup> Competentia, ლათ. უფლებამოსილება, აქ იგულისხმება შემძლეობა.

მართო გარკვეულ ადგილას მოქმედებენ, და რის მიხედვით არის გამოჩენილი ეს ადგილები? პასუხი ამგვარად დასმულ კითხვებზე დღემდე ვერაფერს გაუცია. არის შემთხვევები, როდესაც გეოლოგი ამტკიცებს, მთების წარმოშობა იქვე მოქმედი ვერტიკალური ძალების შედეგიაო, ხოლო ამ ძალებს რადიქტიური 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 დაუშვათ, რომ მთების წარმოშობა ძალები ყველგან მოქმედებენ მიწის ქერქში, მაგრამ დანაოქება მხოლოდ იქ ხდება, მთები მხოლოდ იქ წარმოიშობა, სადაც ქერქის თვისებები ამისათვის შესაფერია, სახელდობრ, სადაც ქერქი სუსტია და მთების წარმოშობა ძალებს წინააღმდეგობას გაუწევს. ასეთი ადგილია სწორედ გეოსინკლინური ზოლები. რადგან ოროგენეტური მოძრაობები (სედიმენტაცია და დაძირვა, დანაოქება და აზევება) სწორედ ამ ზოლებთან არის დაკავშირებული, მათ (ამ ზოლებს) ჩვეულებრივ მოძრავ სარტყლებს უწოდებენ და კონტინენტურ ბელტებს უპირისპირებენ. რუსეთის ველი მეზოზოურსა და კაინოზოურ დროში კონტინენტურ ბელტს წარმოადგენდა ისევე, როგორც დღეს. მისი დაძირვა-აზევება თუ ხდებოდა, მხოლოდ მცირე, ეპიროგენეტური ხასიათის, და დანაოქება 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 დანაოქებების შედეგად ბოლოს მაღალი მთები წარმოიშვა:

მოძრავი სარტყლის ასეთი ქცევა იმით აიხსნება, რომ იქ მიწის ქერქის სიმტკიცე მცირეა, ზოლი ლ ა ბ ი ლ უ რ ა <sup>1</sup>, მაშინ როდესაც კონტინენტური ბელტი მტკიცეა და ს ტ ა ბ ი ლ უ რ ი <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

<sup>1</sup> Labilis, ლათ. — ვარდნადი, მერყევი.

<sup>2</sup> Stabilis, ლათ. — მდებარე.

გეოსინკლინი. გეოლოგიური ისტორია ადასტურებს, რომ სწორედ ასეც ხდება.

მოდრავი სარტყელი ლაბილური კი არის, მაგრამ ეს მისი უცვლელი თვისება როდია. კარგად არის ცნობილი, რომ დანაოჭება მას სიმტკიცეს ჰმატებს. რაც უფრო ძლიერაა შრენარი დანაოჭებული, მით უფრო ძნელია მისი შემდგომი დისლოკაცია. ამიტომ თითოწლიური დანაოჭება გეოსინკლინის ლაბილობას ამცირებს და ზრდის სიმტკიცეს. მიმდინარეობს მისი თანდათან კონსოლიდაცია<sup>1</sup>. ბოლოს სიმტკიცე იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ შემდეგი დანაოჭება შეუძლებელი გახდება, — გეოსინკლინის ისტორია დამთავრებულია. ამგვარად, მთების წარმოშობის პროცესს ბუნებრივი ბოლო აქვს.

გეოსინკლინის კონსოლიდაცია ძლიერ თანდათან და უაღრესად ხანგრძლივი მოვლენაა. რაც უფრო შორსწასულია კონსოლიდაცია, მით უფრო გაძნელებულია ახალი დისლოკაცია და იცვლება დისლოკაციის ხასიათიც. სანამ ლაბილობა დიდი არის, დანაოჭება თავისუფლად მიმდინარეობს, წყვეტები იშვიათია. შემდეგ დანაოჭება ძნელდება და წყვეტები ხშირია. დასასრულ, მეტი დანაოჭება შეუძლებელი ხდება და, თუ მთების წარმოშობი ძაბვა ძლიერია, ვითარდება ღრმა წყვეტები და დიდი ბელტების ერთმანეთზე შესხლეტები. პირველ შემთხვევაში ნაოჭამთები გვექნება, როგორც ალპები; მხოლოდ, ალპებში შემნაოჭებელი ძალები განსაკუთრებით დიდი და ნაოჭების გვერდით შარიაყები განვითარებულან. მეორე შემთხვევაში წყვეტილ-ნაოჭამთებზე ლაპარაკობენ. მაგალითია გერმანიის მთები და რამდენადმე კავკასიონიც. მესამე შემთხვევაში ბელტურ მთებს მივიღებთ, როგორც ყაზახეთში არის წარმოდგენილი.

ამრიგად, მთების წარმოშობაში არჩევენ ერთმანეთთან მჭიდროდ დაკავშირებულ ორ მოვლენას: დანაოჭებას და კონსოლიდაციას. მთების განვითარება შეიძლება დამთავრებულად ჩაითვალოს, როდესაც კონსოლიდაცია იმ ზომამდე მიაღწევს, რომ მიწიერ პირობებში შემდეგი დანაოჭება შეუძლებელი ხდება. ბელტური მთები არსებითად ოროგენეზის მომყოლო მოვლენად შეიძლება ჩაითვალოს: ყაზახეთის მთები პალეოზოურში არიან წარმოშობილი, როგორც ნაოჭამთები, ხოლო ბელტური ტექტონიკა იქ შემდეგ, ალპური სისტემის დანაოჭების გავლენით წარმოიშვა.

<sup>1</sup> Consolidare, ლათ. — გაყარება, განმტკიცება.



დანაოჭების მექანიზმი. ჭეოსინკლინის დანაოჭება ძლიერ რთული მოვლენა არის. მისი მსვლელობისა და შედეგისათვის გადამწყვეტ მნიშვნელობა აქვს დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას, დანაოჭებელი მასალის მეტნაკლებ ლაბილობას, მის ერთგვაროვნობას თუ სხვადასხვაობას, გავრცელებას, ადრინდელ დანაოჭებას და სხ. იმის მიხედვით, თუ როგორია ეს პირობები, სხვადასხვა იქნება ნაოჭების განვითარება და მათი რაგვარობა. †

დამნაოჭებელი ძალის რაგვარობას განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა. თუმცა სხვა აზრით გამოთქმულა. გეოლოგები, როგორც წესი, შეთანხმებული არიან, რომ დანაოჭებას პორიზონტული, ანუ სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ტანგენსიური ძალები იწვევენ. საილუსტრაციოდ შემდეგ შედარებას მიმართავენ: მაგიდაზე რომ ნოხი გავშალოთ და მას (ნოხს) ერთი მხრიდან მივაწვეთ, ნოხი შეიკეცება და ნაოჭებს მოგვცემს. ასევე წახვეტით არის წარმოდგარი იურული მთები: საფრანგეთში და სხვა ზეწრული მთები (იხ. სურ. 253).

ჭეოსინკლინური მთების შემთხვევა უფრო რთულია (იხ. სურ. 255), მაგრამ არსებითად მსგავსი. დამნაოჭებელი ძალების რეალურობას და ინტენსიურობას მოწმობს ისეთი მოვლენები, როგორც გაქცეული ქვარგვალეები (სურ. 256) და წნევითი ნაწიბურები.



სურ. 256. გაქცეული ქვარგვალე.

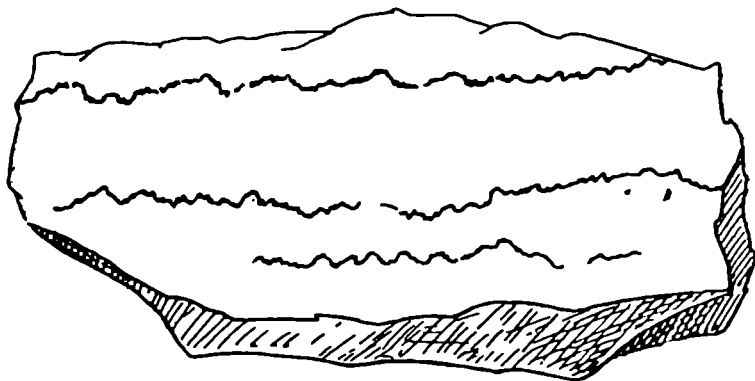
(სურ. 257) და სხვა მისთანა, ხოლო ამ ძალების ტანგენსიურობის სასარგებლოდ მეტყველებს შემდეგი დაკვირვებები და მოსაზრებები:

1. ნაოჭის თაღში შრეები მეტად თუ ნაკლებად გასქელებულია, რაც განსაკუთრებით მკაფიოდ ჩანს ასიმეტრიული ნაოჭების შემთხვევაში (იხ. სურ. 40). ასეთი თავისებურება შეკუმშვას მოასწავებს და სავსებით ბუნებრივია ტანგენსიური ძალის შემთხვევაში.

ანტიკლინი რომ ვერტიკალურ ძალას ამოეზნიქა, თაღში გაჭიმვა და გათხელება მოხდებოდა.

2. ტანგენსური ძალის მოქმედების გამომხატველია წახრილი და დაწოლილი ნაოჭები (იხ. სურ. 40).

3. მხოლოდ ტანგენსურ ძალებს შეუძლიათ იზოკლინური ნაოჭები 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 ნაოჭისაგან შედგება. მათი წარმოშობა რომ ვერტიკალურ ძალებს გამოეწვიათ, იმდენი დისკრეტული ძალა იქნებოდა საჭირო, რამდენიც ანტიკლინია, და თითოეული სწორედ სათანადო ანტიკლინზე მორგებული. ასეთი წარმოდგენა იმდენად ხელოვნურია, რომ მაზედ მსჯელობა ზედმეტი იქნებოდა.

მეორე და უფრო რთული საკითხია: ეს კუმშვითი ტანგენსური ძალა მარტო მოქმედებს გეოსინკლინის განვითარებაში, თუ არის სხვა ძალაც? დანაოჭებას შეკუმშვა იწვევს და ამას გეოსინკლინის განის შემცირება მოსდევს, მაგრამ ამის შემდეგ დაძირვა ხდება. ამასაც იგივე ძალა ხომ ვერ გამოიწვევს? ჩვეულებრივი პასუხი შემდეგია: კუმშვა დანაოჭებას და აწევებას იწვევს, მაგრამ ერთი ხნის შემდეგ ეს ძალა მოეშვება და მაშინ დაძირვა დაიწყებაო.

ეს აშკარა გაუგებრობაა. კუმშვის ძალა თუ მოეშვა, დანაო-

ჰება უნდა შეწყდეს და ყველაფერი ისე დარჩეს როგორც ამ მომენ-  
ტში იყო. რომ ძალის მოშვებამ საწინააღმდეგო მოძრაობა გამოიწ-  
ვიოს, დეფორმაცია ელასტური უნდა იყოს და ქერქი დრეკადი.  
რესორზე რომ რაიმე მასა დაეკიდოთ, 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 პლასტური არის და მისი შეკუმშვა შეუბრუნებადი. ქერქის  
დაძირვისათვის შესატყვისი ძალა არის აუცილებელი.

შეიძლებოდა გვეფიქრა, რომ ვეოსინკლინის 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, ვეოსინკლინში 9000 მეტრი ნალექი დაგროვდა. აყოს ამ  
ნალექების სიმკვრივე 2 და ზედა მანტიისა მხოლოდ 3. ქერქი ჩაეფ-  
ლობა 6000 მეტრით და მისი ზედაპირი კი ზევით აიწევს 3000 მეტრით.  
ნალექების დაგროვება, მიუხედავად იზოსტაზიისა, აუზის სისტემა-  
ტურ გამარჩხებას ნიშნავს.

ამავე დროს ცნობილია, რომ ვეოსინკლინი კი არ მარჩხდება და-  
ძირვის პერიოდში, ხშირად ღრმავდება კიდევ. როგორც ზემოთ აღვ-  
ნიშნეთ, ამას უწოდებდა ო გ ი ტრანსგრესიას ვეოსინკლინში. მაშა-  
სადამე, ვეოსინკლინის დაძირვა იზოსტაზიის ჩათვლით იგულისხმე-  
ბა, დამატებითი არის. იგი სხვა ახსნას მოითხოვს. თანაც მიზეზი ისე-  
თი უნდა იყოს, რომ ვეოსინკლინის განვითარებები კანონზომიერებას  
ითვალისწინებდეს: დაძირვა შეკუმშვა-აზევებასთან უნდა მორი-  
გეობდეს.

ასე დასმულ კითხვაზე პასუხი დღემდე ერთია ცნობილი და ისიც  
პიპოთეზური. თუ დანაოქების დროს ქერქი იკუმშება, შემდეგ მისი  
გაჭიმვა უნდა ხდებოდეს, ვთქვათ, მანტიის გაფართოების გამო. გა-  
ჭიმვა გამოიწვევს ვეოსინკლინის ლაბილური ძირის გათხელებას,  
რაც გამოიხატება აუზის ფსკერის დაძირვაში. ამ საკითხს შემდეგ და-  
ვებრუნდებით, ახლა კი საჭიროა უფრო ახლოს გავეცნოთ ოროგე-  
ნების ლოკალიზაციას დროში.

**დანაოქების ციკლები.** — გასული საუკუნის მეორე ნახევარში  
ფრანგმა გეოლოგმა მ. ბერტრანმა (M. Bertrand) აღნიშნა, რომ  
ევროპაში მკაფიოდ გაირჩევა მთების სამი ჯგუფი. პირველს ეკუთვნის  
სკანდინავიის და შოტლანდიის მთები, რომელნიც წარმოშობილი არიან  
ქვედა პალეოზოურში, მეორეს — კორნუელსი ინგლისში, ბრეტანი,

ცენტრული პლატო, არდენები საფრანგეთსა და ბელგიაში, ვოგეზე-  
ბი, შვარცვალდი, ჰარცი და სხ. საფრანგეთ-გერმანიაში, ურალი  
რუსეთში. ესენი ზედა პალეოზოურში არიან წარმომობილი. მესამეს  
შეადგენენ პირენეები, აპენინები, ალპები, კარპატები, ბალკანები და  
სხ.. ყველა მესამეულში წარმომობილი. პირველი ჯგუფის მთებს მან  
უწოდა კალედონიური<sup>1</sup>, მეორეს ჰერცინული<sup>2</sup> და მე-  
სამეს ალპური სისტემა.

ამგვარად მთების სისტემის ცნებას გენეტური ხასიათი  
მიეცა. ერთი სისტემის მთები დაკავშირებული არიან ერთმანეთთან  
არა მარტო გეოგრაფიულად და სტრუქტურულად, არამედ წარმოშო-  
ბითაც. მათაც ტერმინების — კალედონიური, ჰერცინული და ალპუ-  
რი სისტემები — გვერდით მალე დამკვიდრდა გამოთქმები: კალე-  
დონიდები, ჰერცინიდები და ალპიდები. იგულისხ-  
მებოდა, რომ ეს სისტემები მთელს მიწაზედ არიან გავრცელებული  
და ყველგან იმავე დროს წარმომობილი. თითოულ ასეთ პროცესს  
ოროგენეტური ციკლი უწოდეს. ითვლებოდა, რომ კამბრა-  
ულს აქეთ სამი ოროგენეტური ციკლი გვაქვს და რამდენიმე სხვა  
კამბრიულის წინ.

შემდეგმა გამოკვლევებმა ნათელჰყო, რომ ეს სურათი, რომელიც  
ევროპაში იქნა დადგენილი, ყველგან არ დასტურდება. კერძოდ წყნა-  
რი ოკეანის ირგვლივ და ზოგან სხვაგანაც ზემოთ ჩამოთვლილთ  
გარდა არის იურულ-ცარცული ოროგენეზიც. გარდა ამისა, თვით  
ევროპაშიც ერთისა და იმავე სისტემის მთები მთლად ერთდროუ-  
ლი როდი არიან. ალპური სისტემა რომ ავიღოთ, პირენეების კონსო-  
ლიდაცია რამდენადმე უფრო ადრე არის მომხდარი, ვიდრე ალპების.  
ალპებისა უფრო ადრე, ვიდრე კავკასიონის. ასევე ჰერცინიდებში  
ურალი უფრო ახალგაზრდაა, ვიდრე იმავე სისტემის მთები შუა და  
დასავლურ ევროპაში.

ეს მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ერთისა და იმავე სის-  
ტემის კონსოლიდაციის ასაკი სხვადასხვა მხა-  
რეში თვით ევროპაშიც კი ზუსტად ერთი არ  
არის, შესამჩნევი გადანაცვლება ხდება. კიდევ  
უფრო საყურადღებო არის, რომ კალედონიური დროის ოროგენეტუ-  
რი მოძრაობების გავრცელება თვით ევროპაში მარტო კალედონიდე-

<sup>1</sup> კალედონია, შოტლანდის ძველი სახელი.

<sup>2</sup> ჰარცის მასივის მიხედვით.

ზიბ კი არ არის შემოფარგლული,—ეს მოძრაობები შუა ევროპაშიც, ე. ი. პერცინიდეზის ზოლშიც, მკაფიოდ არის გამოხატული, მხოლოდ ბევრად უფრო სუსტია. ასევე შესამჩნევია პერცინული მოძრაობები და უფრო აღრინდელიც ალპურ ზოლში. კავკასიონი ხომ ალპურ სისტემას მიეკუთვნება, მაგრამ ოროგენეზი აქ ძლიერი არის პერცინული ციკლის პროცესშიც და ყველა ნიშნის მიხედვით კალედონიურ დროშიც. დღეს გამორკვეულად შეიძლება ჩაითვალოს, რომ მათაა სისტემის წარმოშობა ერთი ოროგენეტური ციკლის ფარგლებში არ თავსდება. ეს უადრეადაც ხანიერი პროცესი რამდენიმე „ციკლს“ მოიცავს. ის, რასაც ოროგენეტური ციკლი უწოდეს, ოროგენეზის დასკვნითი ეტაპია 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-აზევეზის-მოვლენები, რომელნიც გეოსინკლინის 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 ასეთ ეპიზოდს შტილე დანაოჭების ფაზის სუსტად უწოდებს. დანაოჭების ფაზისების მსვლელობა და ინტენსივობა სხვადასხვა ადგილას სხვადასხვა არის გეოლოგიური პირობების მიხედვით და ამიტომ გეოსინკლინის 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 პოზიციები თანდათან დაეთმო. ამის მიზეზი ის იყო, რომ დანაოჭების ფაზისების დასადგენად შტილე მხოლოდ და მხოლოდ კუთხურ უთანხმოებებს ემყარებოდა. უთანხმოება კი, როგორც დავინახე

(იხ. სურ. 63, 64), შეიძლება ორსა და მეტს დანაოქების ფაზისს შეე-  
საბამებოდეს და ერთი ფაზისიცი შეიძლება რამდენიმე უთანხმოებით  
იყოს წარმოდგენილი.

✓ მაგალითად, დასავლურ საქართველოში ხშირია, რომ ქვედა ცარ-  
ცული კუთხური უთანხმოებით ედოს ბაიოსურ ნალექებს, მაგრამ ეს  
დიდი ხარევი გამოჰხატავს არა ერთს, არამედ ორ ფაზისს. იმავე რე-  
გიონში სხვა კრილების შესწავლა გვიჩვენებს, რომ კალოვიური სარ-  
თული უთანხმოდ ადევს ბათურს, ეს არის კალოვიურისწინა ფა-  
ზისი. სხვაგან კიდეც (ზემო რაქაში, აფხაზეთში) ტიტონურ-ქვედა ცარ-  
ცული არის უთანხმოდ განლაგებული კიმერაჯულზე, ეს ტიტონუ-  
რისწინა ფაზისი იქნება. ასეთივე ფაზისები იქნებოდა იქაც, სადაც  
ქვედა ცარცული უშუალოდ ბაიოსურს მოჰყვება, მაგრამ ნალექები  
გადარეცხილია და ნამდვილი ვითარება აღარ ჩანს. მაინც სხვა კრი-  
ლების შედარებითი კვლევა საშუალებას იძლევა პირველადი ურთი-  
ერთდამოკიდებულება აღუადგინოთ.

უფრო რთულია მდგომარეობა, როდესაც ერთი ფაზისი რამდენ-  
იმე უთანხმოებით არის წარმოდგენილი. ასეთია, კერძოდ, უახლო-  
ესი ოროგენეტური ფაზისის სურათი, რომელიც დაკვირვებისათვის  
უკეთ მისაწვდომი არის და ამიტომ გაცილებით უკეთ შესწავლილიც.  
ჩვენში ზედა სარმატულიდან დაწყებული ხუთამდე კუთხურ უთანხ-  
მოებას აღნიშნავენ და სხვაგან კიდეც მეტს. ეს უკვე პრინციპული სა-  
კითხი არის: ეს უთანხმოებები გამოხატავენ არა დანაოქების ფაზი-  
სებს, არამედ მოძრაობის არათანაბარ მსვლელობას ერთსა და იმავე  
ფაზისის ფარგლებში; მოძრაობა ხან აჩქარებულია, ხან შენელებული  
და შეჩერებულიც კი და მარჩხ აუზებში ეს წარმოშობს ადგილობრი-  
ვი ხაზითის უთანხმოებებს.

ამ რთულ ვითარებაში გარკვევის საშუალებას იძლევა უთანხმოე-  
ბასთან ერთად რეგრესიების და ტრანსგრესიების გათვალისწინება.  
დანაოქება რეგრესიას იწვევს. მას მოჰყვება დაძირვა და  
ტრანსგრესია. სწორედ ეს ცკლა არის ოროგენეტური მოძრა-  
ობის მიმართულების შეცვლის მომასწავებელი. ამიტომ დანაოქების  
ფაზისის დასადგენად საჭირო არის კუთხური უთანხმოება  
და რეგრესია უთანხმოების წინ. ოკრიბაში ბაიოსურ-  
რის ბოლოში იწყება რეგრესია, რომელიც მთელი ბათური დროის  
განმავლობაში გრძელდება. ზღვიური ნალექები იცვლება ჭერ ლა-  
გუნურით 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 დაძირვა-სელიმენტაციის (ტრანსგრესია) და დანაოქება-აზვევების (რეგრესია) შემდეგი ფაზისები გვაქვს:

ცხრილი 10

ახალგაზრდა ოროგენეტიური მოძრაობები საქართველოში

სტრატოგრაფიული ნაკვეთი	რეგრესია ტრანსგრესია	ფაზისი	ციკლი	განლაგება
მეთოხელი შუა ნეოგენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ნეოგენური	უთანხმოება
ქვედა ნეოგენი ოლიგოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ქვ. ნეოგენური ოლიგოცენური	
ეოცენი	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ეოცენური	უთანხმოება
ზედა ცარცული II	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ზედა ცარც. II	უთანხმოება
ზედა ცარცული I	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ზედა ცარც. I	უთანხმოება
ქვედა ცარცული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ქვ. ცარცული	უთანხმოება
ზედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ზედა იურული	უთანხმოება
შუა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	შუა იურული	უთანხმოება
ქვედა იურული	რეგრესია ტრანსგრესია	დანაოქების სელიმენტაციის	ქვ. იურული	უთანხმოება

როგორც ვხედავთ, დანაოქების ფაზისები რეგულარულად სცვლიან დაძირვის ფაზისებზე. ბუნებრივი იქნება, რომ ამ წყვილს დანაოქების ციკლი ვუწოდოთ (ოროგენეტიური ციკლისგან გასარჩევად). ქვედა იურულიდან დაწყებული ჩვენში ცხრა ასეთი ციკლი არის: ქვედა იურული, შუა იურული, ზედა იურული, ქვედა

კარცული, ზედა კარცული I, ზედა კარცული II, ეოცენურა, ოლიგოცენურ-ქვედა ნეოგენური, შუა ნეოგენურ-პლეისტოცენური. აღსანიშნავია, რომ ამ ციკლების აბსოლუტური ხანგრძლივობა ერთი რიგისა არის (20—25 მილიონი წელიწადი), ხოლო მათი საზღვრები კარგად ემთხვევა სტრატოგრაფიული ერთეულებისას. ეს გვაფიქრებინებს, რომ დანაოჭების ციკლებს პლანეტური ხასიათი აქვს და ასეთ დასკვნას საკმაოდ ადასტურებს ის გარემოებაც, რომ წარმოდგენილი სქემა კარგად ეთანხმება შტილეს მიერ თავდაპირველად მოცემული ოროგენეტური ფაზისების ნუსხას. უკანასკნელი ხომ სწორედ მთელი მიწის მასალების შედარებითი ანალიზის შედეგი იყო.

მომავალი გამოკვლევების მოლოდინში დღეს უკვე შეიძლება ითქვას, რომ დანაოჭების ციკლები მთელ მიწაზე, როგორც ჩანს, ერთდროულად მიმდინარეობენ და მათი სელა არასოდეს არ წყდება. როგორც ვხედავთ, მიწაზე უწყვეტი მოვლენა არის. რაც შეეხება ოროგენეტურ ციკლებს, რომლებზედაც ზემოთ გვქონდა ლაპარაკი და რომლებისთვის შეიძლება კონსოლიდაციის ციკლები გვეწოდებია, ისინი დანაოჭების ციკლების სქემაზე მორგებული არიან, მაგრამ მიწის ზედაპირის სხვადასხვა ნაწილზე მათი მსავლელობა სხვადასხვაა. მაინც ევროპისათვის გამოთქმები კალედონიდები, პერციინიდები, ალპიდები სავსებით გამართლებული რჩება.

**მთების ზრდა და დენუდაცია.** დანაოჭება მთების აზევებას იწვევს. რამდენად ჩქარია ეს მოძრაობა?

როგორც დავინახეთ, არც ისე შორეულ წარსულში ეგონათ, რომ მთების წარმოშობა უეცარი, კატასტროფული მოვლენაა. ამ მხრივ მას უპირისპირებდნენ ეპიროგენეტურ მოძრაობებს, როგორც ნელს, და ამიტომ უკანასკნელთ საუკუნეებრივს 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 დანაოჭების ციკლი 20-ოდე მილიონ წელიწადს გრძელდება და საკუთრივ დანაოჭების ფაზისი (რეგრესია გეოსინკლინში) ამის ნახევარზე ბევრად ნაკლები არ უქნება. საჭიროა აქედან სათანადო დასკვნა გამოვიტანოთ.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სკანდინავიის აზევება წელიწადში 1 სანტიმეტრამდე აღწევს. თითქო ძალიან ნელი მოძრაობა არის, მაგრამ იგი რომ მხოლოდ ერთ მილიონ წელიწადს გაგრძელებულიყო, 10 კილომეტრის სიმაღლეს მოგვცემდა. ცხადია, ასეთი სიჩქარეც



გადაქარბებული იქნებოდა. მთების ზრდა ადამიანური გაგებით უკიდურესად ნელა უნდა მიმდინარეობდეს და ამ მხრივ ეპიროგენეტიურსა და ოროგენეტიურ მოძრაობათა შორის განსხვავება არ არის. კიდევ მეტა: დანაოჭების თითოული ფაზისი ხომ არაერთ მილიონ წელიწადს გრძელდება და მთების წარმოშობაში კი მრავალი ფაზისი მონაწილეობს, მთების მოსალოდნელი სიმაღლე მაინც შეუსაბამოდ დიდი გამოდის. ამიტომ აღვნიშნავდით ზემოთ, რომ დანაოჭების 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 დანაოჭება სცვლის დანაოჭებულ კომპლექსის სიმტკიცეს, და მეორე მხრივ ერთი უბნის დანაოჭების მიმდინარეობა გავლენას ახდენს მეზობელ უბანზე და შეიძლება მისი მეტად თუნაკლებად დაძირვა ცკი გამოიწვიოს, როგორც მთის წინა დაბლობებში ხდება. ეს ითქმის ნაოჭების ჯგუფებზე და ცალკეულ ნაოჭებზეც.

მაგრამ მთების სიმაღლე მათი აზვევების საზომად მაინც ვერ გამოდგება. საქმე ის არის, რომ მთების აზვევებასთან ერთად მიმდინარეობს მათი დენუდაცია. როგორც კი ნაოჭები ზღვის დონეს ასცილდებიან, ისინი ეროზიის და აბრაზიის მსხვერპლი ხდებიან. ასე რომ, ერთდროულად მიმდინარეობს მათი ამალღება და დადაბლება. მთების რეალური სიმაღლე ამა თუ იმ დროს ამ ორი პროცესის სხვაობას წარმოადგენს.

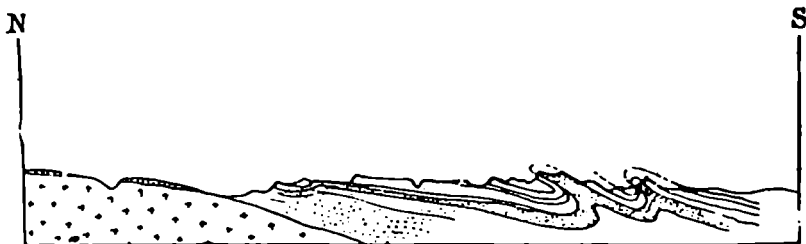
მოვლენის სირთულე ამითაც არ თავდება. მთების ნგრევა იწყებს მათი მასის შემცირებას და იზოსტაზიური წონასწორობის დარღვევას. იწყება მთების ზეაწევა ისევე, როგორც გემი იწევს ზევით განტვირთვისას. მართალია, იზოსტაზიური აზვევება ნაკლებია, ვიდრე მისი გამომწვევი დენუდაცია, მაგრამ ეს მოძრაობაც უქველად ანგარიშგასაწევია.

ამგვარად, მთების ზრდა და მათი ნგრევა ერთდროულად მიმდინარეობს. თანაც, რაც უფრო ამალღებულია მთები, მით უფრო ინტენსიურია ნგრევა. უპირატესობა ბოლოს ამ უკანასკნელს რჩება. მართ-

ლაც, მზარდი კონსოლიდაცია დანაოქება-აზევებას თანდათან აძნელებს და ბოლოს იგი სავსებით უნდა შეწყდეს. ეროზია კი გაგრძელდება, სანამ მთების მოვაკება არ მოხდება პენეპლენამდე. ასეთ 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.

ამ ქველსა და მტკიცე ფუძეს სუბსტრატს უწოდებენ, ზედ გაშლილ ნალექებს — საფარს. საფარის შრეები ჰორიზონტული იმიტომ რჩებიან, რომ მათ ტანგენსური ძალების შემოქმედებისგან მტკიცე სუბსტრატი იცავს (სურ. 63). საფარის მცირე უბანზე შეიძლება ნალექების წახვეტა და დანაოქებაც მოხდეს. ეს იქნება ზეწრული დანაოქება (სურ. 258).



სურ. 258. სუბსტრატი და საფარი. ჯვრებით აღნიშნულია სუბსტრატი, რომელიც მარჯვნივ საფარს ქვეშაც გრძელდება, მაგრამ ნახაზზე არ ჩანს.

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 ქმ მთები არ ყოფილიყოს. პირიქით, ყველაფერი მოწმობს, რომ ეს მხარე მთლიანად პალეოზოურისადრინდელი მთებით იყო დაფარული. მრავალი ასეთი მილიონი წლების მანძილზე ეს მთები გადარეცხილან და მათი ფუძე-და დარჩენილა, ინტენაიურად მეტამორფიზებული ქანებისაგან შემდგარი. უეჭველია, თანამედროვე ე. წ. ახალგაზრდა მთები (გეოსინკლინური) რომ ამჟამად

ზომამდე გადაირეცხონ, მათ ადგილასაც ასეთსავე სურათს მივიღებდით. ხერხდება ისიც, რომ ფინეთშიც და სკანდინავიაშიც იმ ძველი მთათა სისტემების მდებარეობა გააკვირონ. აქ ყოფილა ძველი გეოსინკლინები, მომხდარა მათი დანაოქება და კონსოლიდაცია, გადარეცხილა ამგვარად აზევებული მთები და წარმოშობილა კონტინენტის ნაოჭა 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 უწოდა. ფინეთ-სკანდინავია ეგრეთწოდებულ ბ ა ლ ტ ი უ რ ფ ა რ ს წარმოადგენს.

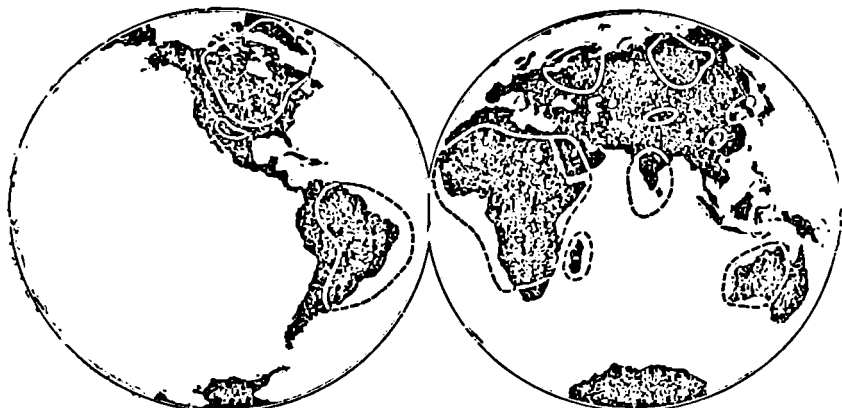
მაგრამ ეს არ არის მთელი ბირთვი. ჩრდილო-დასავლეთისკენ მას კალედონიდები საზღვრავს, მაგრამ სამხრეთისაკენ და აღმოსავლეთისაკენ იგი დაუნაოქებელ პალეოზოურ ნალექებს ქვეშ იფარება. საზღვარი არ ჩანს, მხოლოდ ეს კი არის, რომ მთელ რუსეთის ველზე, დონეცის აუზის გამოკლებით, პალეოზოური და უფრო ახალგაზრდა ნალექები ჰორიზონტული დარჩენილან. ამის მიხედვით ისინი უდრეკ სუბტრატზე უნდა იყვნენ განლაგებული, თორემ უცილობლად დანაოქდებოდნენ პალეოზოური და შემდგომი ოროგენეზის პროცესში. აქედან დაასკვნინდნენ, რომ ბალტიის 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 გადარეცხილან. 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 ეწოდება. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ბალტიური ფარის კამბრიულისწინა ბაქანი ურალამდე და კავკასიონამდე გრძელდებოდა, დღეს ცნობილია, რომ აღმოსავლეთისკენ და სამხრეთისკენ, ზოგან მაინც, კამბრიულისწინა ბირთვს კალედონიური და ჰერცინული არშია განაგრძობს. მაშასადამე, რუსეთის ბაქანი მთლიანად კამბრიულისწინა არ არის,—გაირჩევა შემდეგ მინაზარდი ზოლები.

ბალტიური ფარის გვერდით შეიძლება დავაახლოთ 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 ბირთვების და მათი განვითარების შესწავლას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს თანამედ-

როვე 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 კონტი-



სურ. 259. ქველი კონტინენტური ფარები: ბალტიური, ციმბირის (ანგარის), კანადის, ბრაზილიის და სხ.

ნენტს შეეზარდა სკანდინავიის, შოტლანდის და ჩრდილო ირლანდის კალედონიდები. აქ გეოსინკლინმა კონსოლიდაციას მიაღწია, მაგრამ ოროგენეტური მოძრაობა მარტო ამ უბანზე როდი მიმდინარეობდა: იმავე დროის დანაოჭების ციკლები დადასტურებულია არდენებში და შუა ევროპაში პოლონეთამდე. ცნობილია ბალკანეთსა და კავკასიაში, აღმოსავლეთით კი — ურალზე. არხანგელსკი ურალის დასავლეთით კალედონურ ბაქანსაც ვარაუდობდა ურალის გასწვრივ. კონსოლიდაცია მოხდა და კონტინენტს მთები შეეზარდა ჩრდილო-დასავლეთისკენ, მაგრამ გეოსინკლინი მას ირგვლივ ერთყა და ოროგენეტური მოძრაობა ყველგან შეიმჩნევა.

ჰერცინული მთები აიპართნენ 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 მიმდი-

ნარეობდა 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, როგორც ის პროცესში ხდება არაკონტინენტების შრდა 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 უადრესად მნიშვნელოვან კანონზომიერებათა წინაშე, რომელთა ახსნა მთლიანად მომავლის ამოცანაა.

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 ისეთია, რომ მათ ანტიპოდებს<sup>1</sup> 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 მიჰყვე-

<sup>1</sup> „ანტი“, ბერძნ. — წინააღმდეგ, პირისპირ; „პუს“ — ფეხი. ანტიპოდი — მიწის ზედაპირის რომელიმე უბნის დიამეტრულად საწინააღმდეგო უბანი.

ბიან 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. გამოსთქვამენ მოსაზრებას, რომ გაცივებისა და კუმშვის პროცესში მიწას ტეტრაედრული ფორმა უნდა მიეღო, რადგან ტეტრაედრი არის წესიერი ფიგურა, რომლის ზედაპირის ფართობს უმცირესი მოცულობა შეესაბამება. კუმშვით გამოწვეული ფართობის შემცირება მინიმალური არის, 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 გამოიძიწირება ეს აფრიკის და სამხრული ამერიკის შემთხვევაში.

მერე რა არის მიზეზი? კონტინენტის განვითარების ზემოთ მოხაზული სქემის მიხედვით ხომ კონტინენტი მთებით უნდა ყოფილიყო გარემოცული! ამას ემატება ისიც, რომ გეოლოგიური მონაცემების მიხედვით ზედა პალეოზოურში სამხრულ აფრიკაში, სამხრულ ბრაზილიაში, ინდოეთში და ავსტრალიაში დიდი მომყინვარება მოხდა. თანაც ამავე ქვეყანაში იმავე დროს ხმელეთის ერთგვარ ფაუნას და ფლორას ჰპოულობენ. ეს თითქო იმას უნდა ნიშნავდეს, რომ ეს კონტინენტები და ინდოეთის ნახევარკუნძული, ეგებ ანტარქტიდისი, იმ დროს დაკავშირებული უნდა ყოფილიყვნენ და თან ისე, რომ საერთო მომყინვარება შესაძლებელი გამხდარიყო. უკვე XIX საუკუნეში გამოითქვა ჰიპოთეზი, რომ ზედა პალეოზოურში აფრიკა, ბრაზილია, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია წარმოადგენდნენ ერთ კონტინენტს, რომელსაც გონდვანიის<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

<sup>1</sup> გონდვანა მხარეა ცენტრულ ინდოეთში.

ერთმანეთს. შემდეგ მათ შუა ნაპრალები გაჩნდა და გათვისებულმა ნაწილებმა სხვადასხვა მხარეს გაცურეს.

როგორც უნდა იყოს ამ ჰიპოთეზების საბუთიანობა, ეს კი უდავოა, რომ მათი გამომწვევი ფაქტები რეალურია და „გონდვანისის პრობლემა“ პასუხს მოითხოვს.

XX საუკუნეში ამას მიემატა არანაკლებ მნიშვნელოვანი და ასევე რთული სხვა პრობლემაც. მანამდე საექვოდ არ მიაჩნდათ, რომ მიწას ერთიანი სიალური ქერქი აქვს გადაკრული. კონტინენტებში ეს ქერქი დანაოჭებული და გასქელებული, მაგრამ შედგენილობით ისეთივე წარმოედგინათ, როგორც ოკეანეებს ქვეშ. დღეს გამოკვეულია (იხ. ზემოთ), რომ კონტინენტური ქერქი არსებითად განსხვავდება ოკეანური თხელი ქერქისაგან თავისი შემადგენლობითაც. პირველი გრანიტისაგან და გრანიტული დანალექი და მეტაზოორფული 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 უნდა იყოს. კონტინენტში ისეთი უბანი არ მოიპოვება, რომ მას დანაოჭება არ შეეხებოდეს. თუ სადმე ჰორიზონტული შრეები არის (ბაქნებზე), მათ ქვეშ დანაოჭებული და შემდეგ გადარეცხილ-მოვაკებული სუბსტრატი უდევს. მართალია, ქედებს ოკეანის ფსკერზეც აღნიშნავენ, მაგრამ ეს მთების განვითარების კონტინენტურისწინა სტადია უნდა იყოს. ამიტომ ბუნებრივია, გრანიტის წარმოშობა ოროგენეზის დაუწყავშიროთ. ასეც მოიქცა ამერიკელი პეტროგრაფი ბოუენი: მისი აზრით გრანიტული მასალა ფუძე მაგმის დიფერენციაციის შედეგია. დიფერენციაციას ოროგენეტური მოძრაობა იწვევს, მაგრამ პროცესი უკიდურესად ნელი და ამიტომ ხანგრძლივი არის. ნორმული გრანიტი რომ მივიღოთ, საჭიროა ოროგენეტური მოძრაობა არაერთხელ გამეორდეს.

ეს შეხედულება ჰიპოთეზი არის მხოლოდ, მაგრამ უნდა აღინიშნოს, რომ საბჭოეთის და უცხოელი სპეციალისტების გამოკვლევებით თქო გვიჩვენებენ, რომ ძველ კონტინენტურ ფარებში უძველესი გრანიტები, რომელთაც კონსოლიდაციის შემდეგ მოძრაობა აღარ გახუცდიათ, უფრო ფუძე არიან, ვიდრე ახალგაზრდა გრანიტები, რო-

მელნიც ნაწილობრივ იმ ძველი გრანიტების ახლად გადამუშავების შედეგი არიან.

### ზოგი შეკითხვა და რჩევა

რა არის გორა, ქედი, მთების სისტემა? რა არის მათთვის არსებითი, რელიეფი თუ აგებულება? რა კავშირია მთებსა და ნაოქებს შორის?

რა არის ზეწრული მთები? ასწრეთ 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 მართლად 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, ჰერცინული და სხვა)?

ასწრეთ მთების ზრდის და ნგრევის ერთდროული მიმდინარეობა.

რა არის კონტინენტური ფარები? დასახელეთ ზოგი. რა არის ბაჰანი?

როგორ მიმდინარეობს კონტინენტების ზრდა? მათი შეზრდა? ევრაზიის მაგალითი.

6.

### ოროგენეზური თეორიები

ოროგენეზი გეოლოგიური ისტორიის ძირითადი მოვლენა არის და გასაგებია, რომ მის ახსნას არაერთი თეორია და ჰიპოთეზი მიედევნა. ზოგი მათგანი უეჭველად გონებამახვილიც არის, მაგრამ საკითხი არსებითად დღემდე გადაუჭრელი რჩება. ამის მიზეზია მოვლენის სირთულე და განსაკუთრებით კი ის, რომ იგი უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელია. გასარკვევია არა მიზეზი თუ მიზეზები მხოლოდ, არამედ თვით მოვლენის ხასიათიც. ყოველ შემთხვევაში თეორიები ვითარდებოდნენ იმის კვალდაც, თუ როგორ მიდიოდა წინ თვით პროცესის გაცნობა.

საშუალო საუკუნეებში, როდესაც მთები, როგორც რელიეფის ამალღებული ზოლები, მიწის თანდაყოლილ თვისებად მიაჩნდათ, ასახსნელი ჩანდა მხოლოდ მთების მეორადი რელიეფის განვითარება, ხეობების და სერების წარმოშობა. ეს ახსნა ბუნებრივად მდინარე წყლის მოქმედებაში დანახეს. ამგვარად გამოისახა ოროგენეზის



ეროზიული თეორია, რომელსაც დღეს მხოლოდ ისტორიული მნიშვნელობა აქვს.

გეოლოგიური მეცნიერების ჩასახვისთანავე XVIII და XIX საუკუნეთა მიჯნაზე გამოირკვა, რომ მთები მიწის თანდაყოლილი თვისება კი არ არის, არამედ მიწის ისტორიის მანძილზე წარმოიქმნება. ვულკანების შესწავლა თითქო ნათელყოფდა, რომ მთების ადგილას მიწის ქერქის შემადგენელი შრეები ამოზნექილი-არია. მიზეზი მაგმის მოწოლა უნდა ყოფილიყო. ამგვარად ჩამოყალიბდა მთების წარმოშობის ვულკანური თეორია, 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 როგორც ამოზნექილი, არამედ ზევიდან დაზვიინული არიან. ასეთ ვითარებაში ვულკანური თეორია აღარაფრის მაქნის იყო და საჭირო შეიქნა სხვა რამ ახალი. ფრანგმა გეოლოგმა დე ბომონმა, ამერიკელმა დენამ და სხვებმა ააგეს ახალი თეორია, რომელსაც კონტრაქციული ეწოდა და რომელიც XX საუკუნემდე უცილობლად გაბატონებული იყო. შემდეგ მდგომარეობა არაებითად 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-ლავლასის თეორია. როგორც ვიცით, ამ თეორიის მიხედვით მზესმოწყვეტილი მიწა ერთ ხანს მთლიანად მდნარი უნდა ყოფილიყო, გავარვარებული პლანეტი დიდძალ სითბოს ასხივებდა საპლანეტთაშორისო სივრცეში და ცივდებოდა: ასეთ პირობებში მას მალე მყარი ქერქი გადაეკრა. ამით დაიწყო მიწის გეოლოგიური ისტორია.

გაცივება ისევ გრძელდებოდა, რადგან მიწა დღესაც ბევრად უფრო თბილია, ვიდრე გარემო. ცივდება ქერქიც და შიგნეთიც. გაცივება იწვევს კუმშვას (კონტრაქციას). იკუმშება ისევ ქერქიც და შიგ-

იეთიც, მაგრამ შიგნეთი მეტად, რადგან სითხეების თერმიული კუმშვა-გაფართოების კოეფიციენტი დაახლოებით 10-ჯერ მეტია, ვიდრე მყარი ტანის.

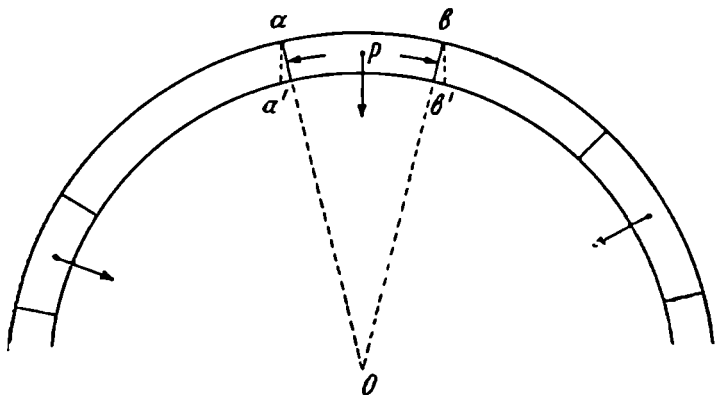
ამის გამო შიგნეთი ქერქთან შედარებით მეტად პატარავდება. მისი ვირტუალური ზედაპირი, ე. ი. ზედაპირი, რომელიც მას ექნებოდა, გაშიშვლებული რომ ყოფილიყო, უფრო მეტად დაიწვეს ქვევით, ვიდრე ქერქის ძირი, და ქერქი მანტიაში საკმაოდ ჩაფლობილი აღარ იქნება — იზოსტაზიური წონასწორობა დაირღვევა. წონასწორობის აღსადგენად 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 დანაოჭება მისცემს. დანაოჭებული 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 ეწევა ვერტიკალურად, მაგრამ ქვევით დაწევა სფერული ზედაპირისათვის უფრო პატარა ფართობზე მოთავსებას ნიშნავს. ქერქის ვერცერთი ნაკვეთი ქვევით ვერ დაიწვეს ისე, თუ მეზობელი ნაკვეთი არ მისწია განზე, თითოეული ნაკვეთი მეზობელს შიწევა 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 დანაოჭება დაიწყება. დანაოჭება მოხდება ყველგან, სადაც ასეთი ზოლი არის, რადგან ტანგენსური ძალები (კამარული წნევის ძალები) მოქმედებენ ყველგან ქერქში და ჰორიზონტის ყველა მიმართულ ებით. ძაბვა მიმართულია ყოველმხრივად, ხოლო მოძრაობა იწარმოებს იქეთ, საითაც წინააღმდეგობა ნაკ-

ლებია. შენაოქება შემცირებული ქერქის დაძირვა-ჩაფლობას იწვევს, ძაბვა მცირდება და მოძრაობა შეწყდება, როგორც კი ძაბვა ქერქის სიმტკიცეზე ნაკლები გახდება.

ამგვარად, გასაგები ხდება არა მარტო თვით დანაოქება, არამედ ოროგენეზის გავრცელებაც მთელ მიწაზე, მისი ერთდროულობა, მი-



სურ. 260. კამარული წნევა.

სი 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 აზევებისა 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 პროცესია, 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 რა-

დიაქტიური სიტბო, რომელიც კონტრაქციული თეორიის ფუძემდებლებისათვის უცნობი იყო, და აღნიშნა, რომ, თუმცა რადიაქტიური ელემენტების ხარჯვის გამო მიწა თანდათან ცივდება უალრესად ნელა. ამ ფონზე განუწყვეტლივ მიმდინარეობს გაცივებისა და გათბობის მორიგეობა.

დავიწყოთ მდგომარეობით, როდესაც მიწის ქერქის ტემპერატურა უდაბლესია. სიტბოს ხარჯვა ამ დროს მინიმალურია. შიგნეთში და ქერქში წარმოშობილი რადიაქტიური სიტბო ხარჯზე მეტი იქნება და მიწაში სიტბოს დაგროვება იწარმოებს. სუსტი სიტბოგამტარობის გამო შიგნეთის ტემპერატურა საგრძნობლად მოიმატებს, ქერქისა კი მცირედ. შიგნეთი გაფართოვდება და ქერქი კი არა ან თითქმის არა. ქერქის ტევადობა გაფართოებული შიგნეთის მოცულობისათვის აღარ იკმარებს და დაიწყება ქერქის გაჭიმვა, გეოსინკლინების ფსკერის გათხელება და შესაბამისი დაძირვა.

ბოლოს შიგნეთის ტემპერატურა იმდენად აიწევს, რომ ტურბულენტური კონვექცია დაიწყება ქერქისკენ. ახლა უკვე ქერქის გათბობა იწარმოებს, რასაც ხელს შეუწყობს ჭიმვის დროს წარმოშობილ ნაპრალებში ვულკანიზმის გაცხოველება და მხურვალე მაგმის ზედაპირზე ამოსვლა. ამ პირობებში მიწის ზედაპირზე სიტბოს ხარჯვა მეტი იქნება, ვიდრე რადიაქტიური სიტბო. 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. ამ 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 კანტისა და ლაპლასის ჰიპოთეზი კონტრაქციული თეორიის აუცილებელი საფუძველი იყოს. ბ) მეორე მხრით,

მართალია, რადიექტიური სითბო აპირობებს მიწის გაცივების უარესად ნელ მიმდინარეობას, მაგრამ იგი სრულიადაც არ უარყოფს თვით გაცივების პროცესის რეალობას: რადიექტიური ენერგია იხარჯება და მცირდება ისევე, როგორც ყველა სხვა ენერგია.

ოსცილაციური თეორია. კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ დიდი ვაკუუმი დასტოვა გეოლოგიაში. შეუძლებელი იყო ისეთი მოვლენის მექანიზმის შესახებ, როგორც 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 ჰარმანის (Harmann) ოსცილაციური<sup>1</sup> თეორია. ჰარმანის მიხედვით მთების წარმოშობას იწვევს არა იმ ნაოჭების განვითარება, რომელთაც ტექტონისტები ასწერენ, არამედ მიწის ქერქის დიდრადიუსიანი ამოზნექვები, რომელთაც ის უნდაც იებს<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 პირიქით. სწორედ ამიტომ დაერქვა თეორიას ოსცილაციური (ქანაობითი).

ორივე შემთხვევაში უნდაციის ფრთები დაქანებული იქნება მეტნაკლებად და ეს, ჰარმანის აზრით, სრულიად საკმაო არის, რათა ზედ განლაგებული ნალექების მეწყრულისებრი დაცოცება და დანაოჭება გამოიწვიოს. ასე წარმოიშობა ნაოჭა მთები: პირველადი და მთავარი არის უნდაცია, ხოლო დანაოჭება — მეორადი.

არაერთხელ აღნიშნულია, რომ, კიდევ რომ სხვაა ყველაფერს დავეთანხმობთ, ანგარიში უნდა გავუწიოთ გარემოებას, რომ დაქანება უნდაციების ცვლის პროცესში ერთიმეორის საწინააღმდეგო მიმართულებას მიიღებს: ერთი იქნება ამოზნექვის დროს და მეორე ჩაზნექვისას. მეწყრული დანაოჭებაც სხვადასხვა მიმართულებით იწარმოებს და, რადგან ოროგენეზის პროცესში ამოზნექვა-ჩაზნექვა მრავალჯერ უნდა გამეორდეს, დანაოჭებას ქაოტური ხასიათი უნდა ჰქონდეს, რაც სრულიად არ შეეფერება სინამდვილეს და საერთოდ მთების აგებულება, დღეს საკმაოდ კარგად ცნობილი, არაერთხელ შემთხვევაში მეწყრულად არ ჩაითვლება. ისეთი მთები რომ წარმოიშვას, როგორც მარაოსებური კავკასიონი არის, საჭირო იქნებოდა

<sup>1</sup> Oscillation, ფრანგ. — ქანაობა.

<sup>2</sup> Unda, ლათ. — ტალღა. უნდაცია — ტალღებრივობა.

არა ნალექების დაცოცება უნდაციის ფრთებზე, არამედ მთელი რუსეთის ბაქნის ცოცვა სამხრეთისკენ.

მეორე მხრით, თვით უნდაციების ქანობა მთლიანად ნებისმიერი პოსტულატი<sup>1</sup> არის, დასაბუთებას მოკლებული.

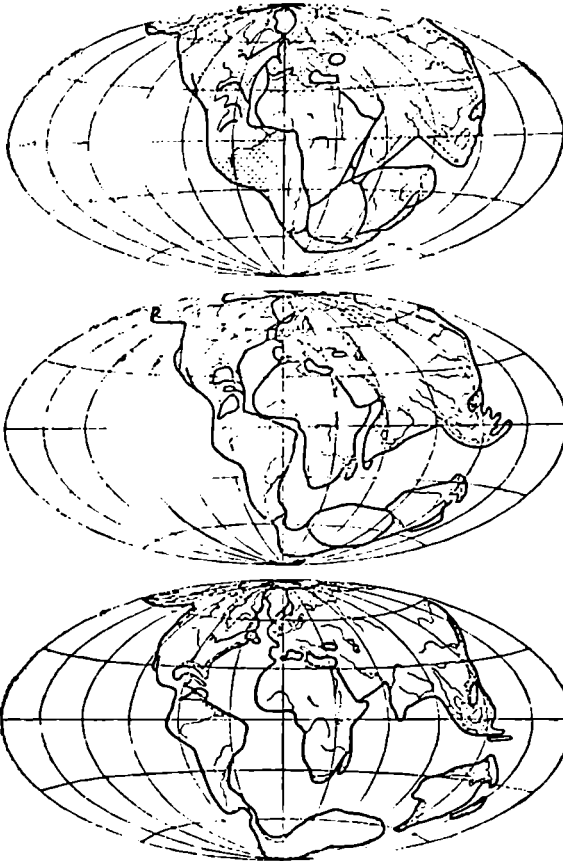
3: მობილისტური თეორია. სწორედ მთელი კონტინენტების ცოცვა ანუ, უკეთ, ცურვა არის გათვალისწინებული გერმანელი გეოფიზიკოსის ვეგენერის (Wegener) თეორიაში, რომელიც მან სრული სახით პირველი მსოფლიო ომის მომყოლ წლებში გამოაქვეყნა. ვეგენერმა ყურადღება მიაქცია ატლანტური ოკეანის აღმოსავლური და დასავლური ნაპირების კონტურების დამთხვევადობას და დაასკვნა, რომ გღმა-გამოდმა კონტინენტები ერთ დროს შეერთებული უნდა ყოფილიყვნენ. მხოლოდ შემდეგ განვითარებულა ნაპრაალი სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ და ორივე ამერიკა, აფრიკასა და ევროპას მოწყვეტილი, დასავლეთისკენ გაცურებულა, გაჩენილა ატლანტური ოკეანე. დასავლეთისკენ მოძრავ სამხრულ და ჩრდილო ამერიკას მათ წინ გაშლილი ნალექები წაუხვევტია და ამგვარად შენაკებულა ამერიკის კორდილიერები და ანდეზი.

თუმცა შემდეგ არგანმა (Argand), შტაუბმა (Staub) და სხვებმა ვეგენერის შეხედულება ევრაზიის და ალპებ-ჰიმალაისის ზოლის მიმართაც გამოიყენეს, თვით ვეგენერი ძირითადად დიდგონდვანისის ნაწილებზე მსჯელობს. ის ეყრდნობა გეოლოგების აზრს, რომ პალეოზოურის ბოლოში აფრიკა, ინდოეთის ნახევარკუნძული, ავსტრალია, ანტარქტისი 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 ზედაპირზეო, ამბობს ვეგენერი, და სწორედ ამიტომვე იგი ვერ დაიძირებოდაო. 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 პალეოზოურში ერთად იყვნენ თავმოყრილი, ერთ კონტინენტს წარმოადგენდნენ და მჭიდროდ იყვნენ დაკავშირებული ევრაზიასა და ჩრდილო ამერიკასთანაც. ასე რომ, მიწაზე ერთი კონტინენტი-და იყო, რომელსაც ეს მეცნიერი პანგეას, „საყოველთაო

<sup>1</sup> Postulatum, ლათ. — მოთხოვნა, აუცილებელი დაშვება.

ხმელეთს“ უწოდებდა. შემდეგ მოხდა ამ უზარმაზარი კონტინენტის დაწყვეტა და ნაწილების სხვადასხვა მხარეს გაცურვა, რამაც ახალგაზრდა მთების დანაოკება გამოიწვია (სურ. 261).



სურ. 261. ვეგენერის ჰიპოთეზი. ზევით — მდგომარეობა კარბონული დროის მიწურულში: ყველა კონტინენტი ერთად არიან თემოყრილი და შეადგენენ ერთ კონტინენტს — პანგეას. დაწერტილი ეპიკონტინენტური ზღვები არის. შუაში — ეოცენი; ამერიკა, ანტარქტიისი და ავსტრალია მოწყვეტიან ძველ ქვეყანას (ევრაზიას და აფრიკას) და შუაში ოკეანე შექრილა. ქვევით — ქვედა მეოთხეული; კონტინენტების განლაგება თანამედროვეს უახლოვდება.

ვეგენერის უეჭველად გონებამახვილმა და ამდენადვე გაბედულმა თეორიამ პირველხანად დიდი ყურადღება მიიპყრო. შემდეგ თანდათან უფრო თვალსაჩინო შეიქმნენ მრავალრიცხოვანი ფაქტური 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 ზასიათის 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 6. განსაკუთრებით საბედისწერაა თეორიისათვის, რომ არ ჩანს რაიმე ისეთი ძალა, რომ კონტინენტების ამგვარი გადაადგილება შეეძლოს.

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 პალეომაგნეტურმა გამოკვლევებმა. ირკვევა, რომ მაგნეტური მერიდიანის მიმართულება აქა თუ იმ კონტინენტზე გეოლოგიური წარსულის სხვადასხვა დროს სხვადასხვა არის. ამის მიხედვით უნდა დაგვესკვნა, რომ იცვლებოდა მაგნეტური პოლუსის მდებარეობა. მაგრამ ყველა ნიშნის მიხედვით მაგნეტური პოლუსის მდებარეობა დაკავშირებული არის მიწის ბრუნვის ლერქთან, რომლის მდებარეობა ინერციის გამო უცვლელი უნდა იყოს, მაშასადამე, მაგნეტური პოლუსის და მაგნეტური მერიდიანების მდებარეობაც უცვლელი არის. იცვლება არა მაგნეტური 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 აწუხებდა, არის მამოძრავებელი ძალის თუ ძალების საკითხი. ზოგის აზრით ასეთი ძალა არსად არის. სხვები გატაცებით ეძებენ მას. ერთს თითქოს მიაკვლიეს კიდევც. ეს არის კონვექციური დინებები.

რადიაქტიური ნივთიერებების განაწილება მიწაში უცნობი არის, მაგრამ მეცნიერებს ბუნებრივად მიაჩნიათ დაშვება, რომ ეს განაწილება არათანაბარი იყოს. და თუ მიწაში არის უბნები, სადაც ამ ნივთიერების ჭარბი რაოდენობა იყრის თავს, ცხადია, რომ იმავე უბნებში სითბოს ჭარბი რაოდენობა უნდა გამოიყოფოდეს. ქანების დაბალი სითბოგამტარობის გამო მოსდება სითბოს თანდათან დაგროვება და ტემპერატურის ამალღება. ასეთ პირობებში უნდა გაიზარდოს გეოთერმიული გრადიენტი. როდესაც გრადიენტი საჭირო სიდიდეს მიაღწევს, დაიწყება კონვექცია. ცნობილი პოლანდელი გეოფიზიკოსი ვენინგ მენესი (Venning Meinesz) და ბევრი სხვა ფიქრობენ, რომ ამ კონვექციას მოწესრიგებული ხასიათი ექნება, დინების სახეს მიიღებს. ინდონეზიაში ჩატარებული წყალქვეშა გრავიმეტრიული დაკვირვებების საფუძველზე ვენინგ მენესი მივიდა დასკვნამდე, რომ კონტინენტებს ქვეშ აღმავალი დინება არის მანტიამში. ქერქსქვეშამდე რომ მიაღწევს, იგი ჰორიზონტულ მიმართულებას იღებს და კონტინენტის კიდისკენ წაიშრება. კონტინენტის და ოკეანის საზღვარზე მას ოკეანიდან მომდინარე ასეთივე დინება შეხვდება და ორივე ქვევით დაუხვევს ერთად, როგორც დაღმავალი დინება.

ქერქსქვეშა დინებას ატივტივებული კონტინენტები მიაქვს და იქ, საცა საწინააღმდეგო დინებას შეხვდება, კონტინენტის კიდის გასწვრივ ორმხრივად შეკუმშული ზოლი ქვევით ჩაიხნიჭება 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 ქერ-

ქის გაჭიმვა უნდა მოხდეს და თან ისეთი მაშტაბით, რომ კონტინენტის კიდეზე მიმდინარე შეკუმშვა-დანაოჭება შესაძლებელი გახდეს. ასეთი წარმოდგენის დამადასტურებელი ცნობილი არაფერი არ არის. შეიძლება ვთქვათ, ჰიმვის გამო კონტინენტი დაწყდებაო, და ეს თითქო კარგად ასურათებს გონდვანისის შემთხვევას, მაგრამ კონტინენტის დაწყვეტამ და ნაწყვეტების ერთმანეთის დაშორებამ ხომ დინებათა მთელი სქემა უნდა დაარღვიოს.

გარდა ამისა ძალაში რჩება მეტი წილი შენიშვნები ვ ე გ ე ნ ე რ ი ს თეორიის გამო გამოთქმული.

ახლა თვით კონვექციის შესახებ. კონვექცია მიწის შიგნეთში უქველად შესაძლებელი არის. ზემოთ ჩვენ იგი გამოვიყენეთ ჯოლი ს ე ბ უ რ ად 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. თეორიის 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, ჰგულისხმობს არამარტო ლოკალიზებულ გათბობას, არამედ ლოკალიზებულ გაცივებასაც. ეს არის ე. წ. ც ი ვ ი კ ე დ ლ ი ს პრინციპი. აქ ასეთი რამე არავის აღუნიშნავს და გაუგებარია, რამ უნდა გამოიწვიოს კონვექციური მობრუნალი. საჭიროა დამატებითი ანალიზი.

დ ა ს კ ვ ე ა. ასეთი არის ამჟამად უფრო გავრცელებული ოროგენეტური თეორიები. არც ერთი მათგანი დღეს საყოველთაოდ მიღებული არ არის და მეტი წილი ჯეროვან საფუძველს თითქო აშკარად მოკლებული ჩანს. განსაყუთრებულად ნაჩქარევი ჰიპოთეზები გამოიწვია კონტრაქციული თეორიის დისკრედიტაციამ.

ეს უკანასკნელი თეორია მაინც ყველაზე უფრო თანამიმდევრულად არის დამუშავებული. მისი ხანგრძლივი არსებობის მიანძილზე გ ე ო ლ ო გ ი უ რ ი თ ვ ა ლ ს ა ზ რ ი ს ი თ მისი საწინააღმდეგო თითქმის არაფერი თქმულა. თეორიის უარყოფა გამოიწვია მისი კოსმოგონიური (კანტისა და ლაპლასის თეორია) და გეოფიზიკური (მდნა-

რი შიგნეთი) საფუძვლის შერყევამ, მაგრამ არსაიდან ჩანს, რომ კონტრაქციის ახლური დასაბუთება შეუძლებელი იყოს.

მეორე მხრით, ვერც კონტრაქციული თეორია ხსნის ტექტოგენეზისის ყველა მოვლენას (მაგ. გონდვანისის პრობლემას) და აქ ეგებ გამართლებული იქნებოდა საკითხის ახლურად დასმა: ჩვეულებრივ ოროგენეტიკური თეორია მიზნად ისახავს (ან მოითხოვენ მისგან) ყ ვ ე - ლ ა ფ რ ი ს ახსნას, უნივერსალობის პრეტენზიას იჩენს. ეგებ უფრო სწორი იქნებოდა დიფერენციალური მიდგომა? ზომ არ არის ტექტოგენეზი სხვადასხვა ფაქტორის მოქმედების შედეგი? რთული საკითხია, რომელზედაც აქ შეჩერება უადგილო იქნებოდა.

მიწის გაფართოების ჰიპოთეზი. ზემოთ აღნუსხული ოროგენეტიკური თეორიები მეტნაკლებად გონებამახვილ მოსაზრებებს ეყრდნობიან ძირითადად და დაკვირვებითი მასალა მხოლოდ მცირე აქვთ. უფრო მართებული იქნებოდა მათთვის ჰიპოთეზები<sup>1</sup> გვეწოდებია, მაგრამ კვალიფიკაცია „თეორია“ საყოველთაოდ არის მიღებული და ჩვენც შეიძლება პირობითად ეს წესი გავიზიაროთ. არ უნდა დავივიწყოთ კი, რომ ჭერჭერობით მხოლოდ გაბედულ „სამუშაო ჰიპოთეზებთან“ გვაქვს საქმე.

რაც შეეხება „გაბედულობას“, ბოლო ხანებში უფრო შორსაც კი მიდიან. 1935 წელში სამხრულ აფრიკელმა ასტრონომმა Halim-მა წამოაყენა მოსაზრება, რომ მიწა დასაწყისში ბევრად უფრო მკვერივი იყო, ვიდრე დღეს არის. ამის გამო უფრო მცირე მოცულობა ჰქონდა და მისი რადიუსი 5430 კმ უდრიდა მხოლოდ, ნაცვლად აწინდელი 6 371 კილომეტრისა. მიწის საშუალო სიმკვრივე ასეთი შეკუმშულობის გამო უდრიდა 9,13-ს (ნაცვლად 5,52-ისა). თვით შეკუმშვა გამოწვეული იყო არა გაცივებით, არამედ ატომური სტრუქტურის რადიკალური განსხვავებით.

სწორედ ამ დროს გადაეკრა მიწას სიალური ქერქი, რომელიც მთელ მიწას უვლიდა გარს და აწინდელი კონტინენტებისგან შედგებოდა. მიწის ქერქის ფართობი კონტინენტების საერთო ფართობს უდრიდა და ოკეანური აუზები არსად იყო.

ამის შემდეგ დაიწყო მიწის (უფრო ზუსტად მიწის შიგნეთის) გაფართოება. სიალური ქერქი დაწყდა და მოგვცა თანამედროვე კონტი-

---

<sup>1</sup> ბერძნული „ჰიპოთეზის“ ნიშნავს რაიმე დაშვებას, წარმოდგენას. ცნობილი მაგრამ გაურკვეველი მოვლენების ასახსნელად. თვით წარმოდგენის რეალობა დასადასტურებელი არის.

ნენტები. ნაპრალები ამ ნაწყვეტებს შუა თანდათან ფართოვდებოდნენ. და ასე წარმოიშვა ოკეანური აუზები; მაშასადამე თანამედროვე ოკეანეების საერთო ფართობი მიწის გაფართოების საზომი არის,—გაფართოების ზედაპირს უდრის. გაფართოება გრძელდება დღესაც.

ადვილი შესამჩნევია, რომ ეს წარმოდგენა მიზნად ისახავს იმავე მოვლენების ახსნას, რომელნიც საფუძვლად დაედო ვ ე გ ე ნ ე რ ი ს. მობილისტურ ჰიპოთეზს. ოღონდ აქ კონტინენტები მიწის ზედაპირზე გადაადგილებას კი არ ჯანიცდიან, ერთმანეთს მოსწყვეტიან და, სცილდებიან შიგნეთის გაფართოების გამო:

ასეთ შეხედულებას ცოტა, მაგრამ მიმდევრებიც ჰყავს.

### **ზოგი შეკითხვა. და რჩევა:**

რა არის ტანგენსური ძალები? არის თუ არა საკმარისი 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. სუსტობხარეები.

## გეოლოგიური მენიერება

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. ჰაგრამ მიწის მეცნიერება სხვაც არაერთი არის: მიწას, როგორც პლანეტს, შეისწავლის ასტრონომია, 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 მეთოდი ძირითადად უშუალო დაკვირვება არის და მიწის ზედაპირით ისაზღვრება. მიწის ქერქის უფრო ღრმა უბნებში ჩახედვის საშუალებას გეოლოგს ეროზიის მიერ ღრმად გაქრილი ხეობები, დენუდაციური ზედაპირები და ტექტონიკური დისლოკაციები აძლევენ. ამას ერთვის ხელოვნური ნაჩენები: შურფები, ბურღილები და სხვა მისათნა. ქანების რავარობის შესწავლის გზით ირკვევა მათი წარმოშობის პირობები, 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, სეისმომეტრიული და სხვა იარაღებითაც შეიძლება, მაგრამ ეს გეოლოგია არ იქნება — მეთოდი გეოლოგიური არ არის. ასევე ქანების ასაკის დადგე-

ნა რადიაქტიური მოვლენებითაც შეიძლება, მაგრამ ეს იქნება ფიზიკა და არა გეოლოგია.

გეოლოგია, როგორც ვიცით, 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 ხანგრძლივობა წელთა მილიონებით გამოიხატება. სამაგიეროდ ექსპერიმენტული კვლევა თანდათან მეტ ადგილს იჭერს პრაქტიკულ გეოლოგიაში, კერძოდ საინჟინრო გეოლოგიაში. გრანდიოზულმა ჰიდროტექნიკურმა და სამელიორაციო 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, — გეოლოგია 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, გეოლოგია კომპლექსური მეცნიერება არის. ეს გარემოება გასაგებს ხდის იმ დიდ გავლენას, რომელსაც ახდენს ამ მეცნიერებაზე ყოველი არსებითი წინსვლა მეზობელ მეცნიერებათა სფეროში. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ XX საუკუნის ფიზიკა.

გეოლოგიის ჩამოყალიბება და განვითარება მარტო მეცნიერული

ცნობისმოყვარეობის საქმე როდია. მას უზარმაზარი მნიშვნელობა აქვს სახალხო მეურნეობისთვის, კერძოდ სამთო მრეწველობისათვის. საინჟინრო გეოლოგია დად როლს თამაშობს აგრეთვე ჰიდროტექნიკურ, სამელიორაციო და საერთოდ კაპიტალურ მშენებლობაში. მეცნიერების საერთო წინსვლამ და სახალხო მეურნეობის დიდმა მოთხოვნილებებმა გამოიწვიეს გეოლოგიის აჩქარებული ზრდა და მის ფარგლებში თუ მის გვერდით მთელი რიგი ახალი მეცნიერების ჩასახვა და განვითარება. ასეთებია გეოლოგიის ფარგლებში პეტროლოგია, პალეონტოლოგია, სასარგებლო ნამარხების მეცნიერება, საინჟინრო გეოლოგია (მინერალოგია გეოლოგიაზედ აღრე არის წარმოშობილი და თანაც მას ხშირად ქიმიურ მეცნიერებათა ჯგუფს მიაკუთვნებენ). გეოლოგიის გვერდით და გეოლოგიის გავლენის 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 მეცნიერებაა. 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 ხანაში პოულობდნენ 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 ფრანგმა ბუნებისმეტყველმა კუვიემ (Cuvier) დაამტკიცა, რომ უკვე დიდი ხნის ცნობილი ნამარხები, რომელთა ბუნება ათასგვარ მოსაზრებებს იწვევდა, ხშირად მთლიანად ფანტასტურს, გადაშენებული ორგანიზმების, ცხოველებისა და მცენარეების ნაშთებს წარმოადგენენ. მათ შესასწავლად ახალი მეცნიერება, პალეონტოლოგია შექმნა.

იმავე დროს დიდი სამრეწველო რევოლუცია მიმდინარეობდა. საორთქლე ქვაბმა სახე გამოუცვალა სახალხო მეურნეობას. ქვანახ-

შირის მოპოვებას გადამწყვეტი 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, პეტონი, 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, საინჟინრო საქმეში და თავდაცვის უზრუნველყოფაში ისეთი აღმოჩნდა, რომ ყველა მოწინავე ქვეყანაში დაარსდა გეოლოგიური რეჟისის სამსახური უმაღლეს საკოლაში 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 უზრუნველჰყოფს, საშუალება მისცეს გეოლოგებს მასპინძელი ქვეყნის გეოლოგია უშუალოდ გაიცნონ, რისთვისაც შესაფერი ექსკურსიები ეწყობა, და ზოგიერთ საერთო ხასიათის საკითხზე პრაქტიკულ შეთანხმებას მიაღწიონ.

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

---

<sup>1</sup> Identificare, სქოლასტ. ლათინ.—იგივეობის დადგენა, გამოცნობა, აქედან იდენტიფიკაცია.



არის: ზოგი მხარე დიდი სიზუსტით არის შესწავლილი, ხოლო სხვებში 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 მამულებით გაიშალა სასარგებლო წარმოების ძებნა-ძიება. განსაკუთრებული გაქანება მიეცა ნავთობის გეოლოგიას. თითქმის მთელი მიწის ზედაპირი დღეს დასვერებული არის ბურღვლებით, რომელთა სიღრმემ ბევრ შემთხვევაში უკვე გადააჭარბა 7 კილომეტრს. სწორედ ნავთობის გეოლოგიამ გამოიწვია და შეუწყო ხელი ისეთი დისციპლინების ორგანიზაციას და განვითარებას, როგორც არის დანალექი ქანების პეტროლოგია და მიკროპალეონტოლოგია.

ამავე დროს იცვლება გეოლოგიური კვლევის ხასიათიც. თუ მანამდე გეოლოგი ამბობდა, ჩემი შეიარაღება არის სამთო კომპასი, ჩაქუჩი, მარილმჭავა და უბის წიგნაკიო, რასაც უნდა მიეუმატოთ რულეტი, შესაფერი რუკა და ფოტოაპარატი, დღეს ის ფიზიკურ, ქიმიურ, პეტროლოგიურ, პალეონტოლოგიურ და სხვა ლაბორატორიებს გვერდს ვეღარ აუვლის და ზოგჯერ გეოლოგიური ავეგმვაც კი აეროფოტომეთოდით წარმოებს.

რუსეთის იმპერიაში, რომლის ტერიტორია უზარმაზარი სივრცით და გეოლოგიური გარემოს მრავალგვარობით ხასიათდებოდა, 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 თვალუწყვდენელ ტერიტორიას და ეძებენ მის წიაღში დაფარულ სასარგებლო წებღეულს.

საქართველოში გეოლოგია გასული საუკუნის 30-იანი წლების ბოლოში შემოიჭრა. ამ საქმის პიონერი იყო ფრანგი მეცნიერი და მოგზაური დიუბუა დე-მონპერე (Dubois de Montpéroux). შემდეგ კავკასიის და საქართველოს გეოლოგიის კვლევას რამდენიმე ათეული წლის მანძილზე განაგრძობდა დორპატის (ტარტუ) უნივერსიტეტის პროფესორი ჰერმან აბიხი (H. Abich). ამ უკანასკ-

ნელის 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: ბუნებისმეტყველი-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 ქართულ გეოლოგიის პირველი კერა.

დღეს საქართველოში გეოლოგია უნივერსიტეტს გარდა მთელრიგ 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 ტრესტი და სხვა საძებნადიებო ორგანიზაციები. საქართველოს გეოლოგიური საზოგადოება მარტო თბილისში 400-ზე მეტ წევრს აერთიანებს, მაგრამ ქართველი გეოლოგების რიცხვი ბევრად მეტი არის.

## ს ა ძ ი ე ბ ე ლ ი

ბ ბ ი ხ ი 457  
აბრაზია 274  
აბსოლუტური ასაკი 130  
აეროლოგია 51  
აისბერგი 224  
ალპური სისტემა 428  
ალუვიონი 191  
ამონიტი 124  
ანგსტრემი 62  
ანტეცედენტური 212  
აპოფიზი 107  
ა რ გ ა ნ ი 414, 446  
ა რ ი ს ტ ო ტ ე ლ ი 23, 378  
არტეზიული წყალი 167  
არქეოპტერიქსი 127  
არქეოცოტი 122  
ასეისმური 378  
ასტრონომიული ერთეული 7  
ასხლეთი 99  
ატმოსფერო 48  
აუზისთვის ზრძოლა 205  
აფჰელიუმი 19  
აშხაბადი 382  
ახარისხება ვერტიკალური 283

ბალტიკა 401  
ბარანკოსები 356  
ბარქანი 315  
ბენტოსი 269  
ბ ე რ ტ რ ა ნ ი 427  
ბიოცენოზი 270  
ბოგხედი 299  
ბომბები (ველკანური) 330  
ბ ო მ ო ნ ი 418, 441  
ბ ო უ ე ნ ი 439

ბ რ უ კ ნ ე რ ი 236  
ბურცობი სანაპირო 276

ბალაქტიკა 6  
განსხლეთი 99  
გარე გალაქტიკა 8  
გარედინამიური მოვლენები 134  
გასხლტომის სიჩქარე 31  
გეიზერი 169, 350  
გეიზერიტი 354  
გეოთერმიული გრადიენტი 39  
გეოთერმიული საფეხური 39  
გეოთერმია 37  
გეოიზოთერმი 40  
გეოსფერო 46  
გიიო 254  
გოლფსტრიმი 261  
გრამენი 101  
გრაეიტაციკა 30, 33  
გრაბტოლითი 122  
გუმბათი 337

ღაბალკაობი 300  
დაიკი 105  
დალქვა 71, 279  
დანალექი ქანი 72  
დანალექ-ველკანოგენური 364  
დ ა რ ვ ი ნ ი 142, 286  
დასტა 83  
დასხლეთი 99  
დაქანება 87  
დევისი 209  
დევის ქვაბი 187  
დელტა 192  
დელტა მისისიპის 193

- დენა 441
- დენუდაცია 146
- დერჩი 151
- დეფლაცია 304
- დე ფ ლ ო რ ი ე 244
- დიაგნეზი 72
- დიასტროფიზმი 412
- დიატრემა 335
- დინამიური გეოლოგია 134
- დ ი ე ბ უ ა დ ე მ ო ნ პ ე რ ე 457
- დიუნი 316
- დიუნი ნალისებური 317
- დისლოკაცია 89, 412
- დისლოკაცია წყვეტილი 98
- დისლოკაცია უწყვეტო 90
- დიპლოდოკი 125
- დ ო ბ რ ე 333, 335
- დოლინა 174
- დინებები ოკეანური 261
- დრიფტის თეორია 234
- დრუმლინი 238
- მეზარაცია 227
- ევაპორიტი 298
- ევსტატიური 404
- ეკლიპტიკა 15
- ეპიცენტრი 373
- ე რ ა ტ ო ს თ ე ნ ი 23
- ერატული ლოდები 233
- გ რ გ ი 311
- ეროზია 181
- ეროზიის ციკლი 209
- ეროზიული თეორია 441
- ესტუარი 192
- ეფუზიური ქანები 104
- ექოლოტი 246
- ექსცენტრიციტეტი 13
- მადოზური 158
- ვ ა ლ ტ ე რ ი 304, 324
- ვარსკვლავთ სამყარო 5
- ✓ ვეგენერი 450, 452
- ვეზუვი 325, 335, 356
- ველური წყლები 178
- ვ ე ნ ი ნ გ - მ ე ნ ე ზ ი 449
- ვერძის შუბლი 227
- ვულკანო 346
- ვულკანური თეორია 441
- ვულკანოგენურ-დანალექი 105
- ზანდრები 238
- ზღვის წყალი 256
- ზღვიური ნალექები 275
- ✓ ზუსი 158, 244
- შავწახრილი შრეები 155
- თანატოცენოზი 271
- თამაგა-ლაჯანური 413
- თბილისის ზღვა 296
- თელეთის ქედი 111
- თერმი 169, 350
- იარდანგი 310
- იზოსენიტი 375
- იზოსტაზია 407, 442
- ინტრუზიული 105
- ისტორიული გეოლოგია 134
- იუვენური 158
- იურული მთები 415
- იხთიოზავრი 126
- პაკეასიონი 418
- კალაპოტი 182
- კალდეირა 334
- კალედონიდები 428
- კამარული წნევა 442
- კამები 239
- კანიონი 212
- კარი 172
- კანტ-ლაპლასის თეორია 393, 441
- კარსტი 170
- კიბური ნასხლეტი 101
- კიმბერლიტი 335
- კ ი უ ვ ი ე 118, 455
- კლარკი 56
- ✓ კლივაჟი 76
- კოდმანი 111
- კომანდელი 150

- კომეტა 15, 16  
კომპეტენტური შრეები 90, 422  
კონვექციური თეორია 449  
კონტრაქციული თეორია 441  
კონუსი გამოზიდვის 191  
კო ს ი ნ ა 54  
კომპასი სამთო 86  
კონსოლიდაცია 424  
კორაზია 304  
კორელაცია 114  
კრაკატოა 346  
კრატერის ტბა 332  
კუესტა 204  
კუნძულთა რკალები 253
- ლაბილური 423  
ლაგუნა 295  
ლა ი ე ლ ი 198, 234, 338, 400, 456  
ლაპილები 330  
ლიმნოლოგია 290  
ლოესი 319
- შაარი 336  
მაგმატიზმი 361  
მაგმეული ქანები 66, 104  
მაგნეტიზმი მიწის 41  
მაგნეტური ანომალია 43  
მაგნეტური მერიდიანი 42  
შადანი 57  
შამონტი 128  
მანგროვი 300  
მარადი თოვლი 214  
მარიანის კ-ბი 53  
მაუნა ლოა 345  
მაღალქაობი 300  
მდინარეთა სისტემა 183  
მდინარეთა ქსელი 183  
მეანდრები 199  
მეზა 202  
მ ე ნ დ ე ლ ე ე ვ ი 55  
მეტამორფიზმი 75  
მეტამორფული ქანები 74  
მეტეოროტი 16  
მელოდი 153
- მეწყერი 149  
მზე 8  
მზის სისტემა 10  
მზრალობა 240  
მიმართება 86  
მთვარე 14  
მთების აგებულება 412  
მინერალიზატორები 75  
მიტაცება მდინარის 206  
მიწისძვრის სიძლიერის სკალა 372  
მობილიზმი 448  
✓ მობილისტური თეორია 446  
მონ პელე 347  
მონტე სომა 334  
მორენი 228  
მოფეტი 349  
მყინვარი 218  
მყინვარის სახეობები 221
- ნაზუავი 148  
ნამარხი ყინული 241  
ნამზღვლევი 147  
ნაოკი 91  
ნაპრალური ვულკანები 341  
ნარიონალი 200  
ნახსლეთი 98  
ნარჩენი 80  
ნაწევი 100  
ნეკი 106  
ნექტონი 269  
ნიადაგი 145  
ნი უ ტ ო ნ ი 26, 34  
ნუმულიტი 111, 127
- ო ბ რ უ ჩ ე ე ვ ი 320, 324  
ო გ ი 421  
ოზები 239  
ოკეანოლოგია 245  
ოკრიბის შეცოცება 414  
ოსცილაციური თეორია 445
- პალეასტომი 281, 290  
პალინოლოგია 285  
პარაზიტული ვულკანი 333

პარალელიზაცია 114  
პარიკუტინი 338  
პარსევი 7  
პანგეა 446  
პალეომეგნეტიზმი 448  
პელეს თმები 342  
პენეპლენი 209  
პ ე ნ კ ი 236  
პერიპელიუმი 19  
პ ე რ ო 157  
პითეკანთროპი 129  
პიროსფერო 394  
პლანეტები 12  
პლანქტონი 269  
პლეისტოცენისტური არე 375, 382  
პ ლ ი ნ ი უ ს 325  
პნეუმატოლიზი 350  
პოლე 174  
პოსტულკანური მოვლენები 349  
პოტუოლი 400  
პროფილი მდინარის 197

რამფორინსუს 126  
რეგრესია ზღვის 116, 404  
რიპელმარკი 86  
რიფული კირქვა 285  
რ ი ხ ტ ჰ ო ფ ე ნ ი 319, 324  
რკინამეტეორიტები 17  
რუჟა გეოლოგიური 132  
რძეული სარბიელი 6, 8

სალსი 354  
სალტაცია 190  
საპროპელი 299  
სასულე 171  
საუკუნეებრივი მოძრაობა 405  
სეზონები 20  
სეისმოგრამა 385  
სეისმოგრაფი 384  
სეისმოლოგია 367  
სეისმური დარაიონება 390  
სეისმური ტალღა 367  
სეისმური ძეხნა-ძიება 391

სვენ პედინი 324  
სიმაგრეთა სკალა 59  
სიმკვრივე მიწის 33  
ს ი მ ო ნ ო ვ ი ჩ ი 458  
სიმძიმე მიწაში 35  
სინათლე-წელიწადი 7  
სისხლის წვიმა 309  
სკანდინავიის იზობაზები 402  
ს მ ი ტ ი 456  
სოკოსებური გამოფიტვა 311  
სოლიფლუქცია 154, 242  
სოლფატარა 349  
სტაბილური 423  
სტალაგმიტი 175  
სტალაქტიტი 175  
სტადია მომყინვარების 238  
ს ტ რ ა ბ ო ნ ი 325  
სტრატეგრაფია 118 ,  
სტრატოვულკანი 337  
სტრომბოლი 345

ტაკირი 322  
ტანგენსური ძალები 425  
ტბები 290  
ტბების კლასიფიკაცია 293  
ტერასი 210  
ტექტონიკა 90  
ტელურული 134  
ტემპერატურა მუდმივი 38  
ტეტრაედრული ჰიპოთეზა 438  
ტილიტი 239  
ტ ი ნ დ ა ლ ი 351  
ტორფი 301  
ტრანსგრესია 116, 399  
ტრილობიტი 122  
ტურბულენტური 184, 450.  
ტუფბრექჩია 363  
ტუფი 105  
ტუფიტი 105

შადი 323  
უდაბნოები 305  
უთანხმოება 116  
უთანხმოების მეთოდი 418

უკუსელითი ეროზია 196  
უნდაცია 445  
უფსკრულის წითელი თიხა 280

შარი ვულკანური 337  
ფაეტრიანი ქვები 312  
ფიზიოგრაფიული გეოლოგია 134  
ფირნი 217

ფიორდი 245  
ფიტვა 136, 145  
ფიქალი 77  
ფიქსებური გამოფიტვა 310  
ფლექსურა 103

ფორელი 290  
ფორმა მიწის 22  
ფურთენა 265

ჭანები 65  
ქარი 303  
ქვაშეტეორიტი 17  
ქსეროფიტი 308

ლეუა 262  
ღვარი სიმღვრიის 267  
ღრმაობი ოკეანური 251

შარიავი 413  
შელფი 249  
შვაი 147, 216  
შვიდი მნათობი 13  
შიგადინამიური მოვლენები 135  
შიგა პლანეტები 19  
შოტი 320  
შრე 81  
შრეძარღვი 107  
შტაუბი 446  
შტილე 429  
შტოკი 105

შუაატლანტური ქედი 250  
შუა პლანეტები 19

ჩალენჯერი 246  
ჩაჩქერი 197  
ჩაჩქერი ლაის 342  
ჩრდილო ზღვის ფსკერი 403

ცენტრალური ვულკანი 341  
ცერერა 15  
ცეცხლის რგოლი 358  
ციკლი ოროგენეტური 428

ძარღვი 105

წნევიანი წყალი 167  
წნევითი ნაწიბური 426  
წოლის ფორმა 79  
წულუკიძე 458  
წყალი მიწასქვეშა 157, 158, 172.  
წყაროები 164, 168

შაობი 299

ხარეზი 115  
ხმელეთის ნახევარსფერო 437

ჯემნიანი თევზები 124  
ჯოლი 443, 450  
ჯომოლუნგმა 52

ჭაარმანი 445  
ჭავიური ვულკანებუ ტიპი 341  
ჭალპიროლიზი 355  
ჭამადა 313  
ქერცინული ციკლი 428  
ქიდროთერმული წყაროები 350  
ქიდროსფერო 244  
ქიპოცენტრი 374  
ქორსტი 102

შ ი ნ ა ა რ ს ი

წინასიტყვა	3
შესავალი	5
ვარსკვლავთ სამყარო	5
მზე და მზის სისტემა	10
მიწა როგორც პლანეტი	19
მიწის საერთო რაგვარობა	23
მიწის ფორმა და სიდიდე	23
— გრავიტაცია	30
გეოთერმია	37
მიწის მაგნეტიზმი	41
— გეოსფეროები	46
ატმოსფერო	48
— მიწის ქერქის საერთო რაგვარობა	52
* მიწის ქერქის რელიეფი	52
მიწის ქერქის ნივთიერი შემადგენლობა	55
— ქინერალები	57
— ქანები	65
მაგმული ქანები	66
დანალექი ქანები	70
— ქემოგენური და ორგანოგენური ქანები	70
— მეტამორფული ქანები	74
— დანალექი ქანების წოლის ფორმა	79
შრეების დისლოკაცია	89
— მაგმული ქანების წოლის ფორმები	104
გეოლოგიური წარსული	111
გეოლოგიური ქრონოლოგია	119
გეოლოგიური რუკა	130
გარედინამიური მოვლენები	134
• დიტვა და გრავიტაციული დენუდაცია	135
• მიწსაქვეშა წყალი	157
• მდინარე წყლის მოქმედება	178
ფართობული ეროზია	181
ხაზებრივი ეროზია	182
ხეობის განვითარება	194
ეროზიის ციკლები	209
მდინარე წყლის მოქმედების გეოლოგიური მნიშვნელობა	213
წყინვარების მოქმედება	214
წყლის ცირკულაცია და მყარი წყალი	214
მარადი თოვლი	214



მყინვარები	216.
მყინვარების სახეობები	221
მყინვარის გეოლოგიური მოქმედება	226
მეთოთხეულის მომყინვარება	233
ძველი მომყინვარებები	239
მუდმივი მზარლობა	240
მყინვარების მნიშვნელობა	242
ზღვის მოქმედება	244
მსოფლიო ოკეანე და მისი შესწავლა	241
მსოფლიო ოკეანის ფსკერის რელიეფი	248
ზღვის წყალი	256
მსოფლიო ოკეანის წყლის ტემპერატურის რეჟიმი	257
წყლის მოძრაობა ოკეანეში	258
სიცოცხლე ზღვაში	268
*ზღვის გეოლოგიური მოქმედება	271
ზღვის გეოლოგიური მნიშვნელობა	288
ტბები და ქაობები	290
ტბები	290
ტბების კლასიფიკაცია	293.
ტბების გეოლოგიური მნიშვნელობა	295.
ქაობები	299.
ტბების, ლაგუნების და ქაობების მნიშვნელობა	302
ქარის მოქმედება	303
ქარი და მისი მოქმედება	303
უდაბნოები	305
ქარის მოქმედება უდაბნოში	303.
წყალი უდაბნოში	320
ეოლური რელიეფის განვითარება	322
უდაბნოების შესწავლა და მისი მნიშვნელობა	324
შიგადინამიური მოვლენები	325
ვეულკანიზმი	325
ვეულკანი და მისი მოქმედება	325
ვეულკანიზმის პროდუქტები	327.
ვეულკანური აპარატი	332
ვეულკანური აპარატის და ვულკანური მოქმედების ტიპები	340
პოსტვეულკანური მოვლენები	349.
ზღვასქემა ვულკანიზმი	355
ვეულკანური აპარატის დენუდაცია	355.
ვეულკანების გეოგრაფიული განაწილება	357
ეფუზიური და ინტრუზიური ვულკანიზმი: მაგმატიზმი	360.
ვეულკანიზმის გეოლოგიური მნიშვნელობა	362
ვეულკანიზმის პრაქტიკული მნიშვნელობა	364
მიწისძვრები	366.
მიწისძვრების ბუნება და სხვადასხვაობა	366
მიწისძვრების სიხშირე და გეოგრაფიული გავრცელება	376.

მიწისძვრების მიზეზები	379
სეისმური მოძრაობის გავრცელება	383
მიწისძვრების მნიშვნელობა	389
სეისმური ძებნა-ძიება	391
მიწის ქერქის მოძრაობა	393
ეპროგენეზი	393
მიწის ქერქი	393
მიწის ქერქის მოძრაობა	399
ეპროგენეტური მოძრაობები	401
ეპროგენეზის სახეობები	405
ოროგენეზი	411
მთები და მათი აგებულება	411
გეოსინკლინები	415
დანაოქების დათარიღება	417
მთების ლოკალიზაცია სივრცეში, მათი კონსოლიდაცია	422
დანაოქების მექანიზმი	425
დანაოქების ციკლები	427
მთების ზრდა და დენუდაცია	432
კონტინენტების ზრდა	432
ოროგენეტური თეორიები	440
კონტრაქციული თეორია	445
ოსილაციური თეორია	445
მობილისტური თეორია	446
კონვექციური თეორია	449
მიწის გაფართოების ჰიპოთეზი	451
გეოლოგიური მიცნაობა	453
საძიებელი	459

რედაქტორი მ. რ უ ბ ი ნ შ ტ ე ი ნ ი  
გამომცემლობის რედაქტორი ა. კ ა ჯ ა რ ა ვ ა  
ტექრედაქტორი ი. ხ უ ც ი შ ვ ი ლ ი  
კორექტორი ე. თ ო ფ ჩ ი ა შ ვ ი ლ ი

ხელმოწერილია დასაბეჭდად 27/V-71  
ქალაქის ფორმატი 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
ნაბეჭდი თაბახი 27,55  
სააღრიცხვო-საგამომცემლო თაბახი 25,31

შეკვეთა 1427                    უე 07329                    ტირაჟი 2000

ფასი 1 მან. 20 კაპ.

თბილისის უნივერსიტეტის გამომცემლობა  
თბილისი, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 14  
Издательство Тбилисского университета,  
Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе, 14

თბილისის უნივერსიტეტის სტამბა,  
თბილისი, ი. ჭავჭავაძის პროსპექტი, 1  
Типография Тбилисского университета,  
Тбилиси, пр. И. Чавчавадзе, 1