

ე. კაიზერი

ზოგადი გეოლოგიის მოკლე კურსი

მე-4 და მე-5 გერმანული გამოცემიდან ნათარგმნი

დ. შიქელაძის და ი. კახაძის მიერ

პროფ. ა. ჯანდღიძის რედაქციით

რედაქტორის წინასიტყვა

ჩვენს უმაღლეს სკოლაში გეოლოგიას მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს. მიუხედავად ამისა დინამიური გეოლოგიის ქართული სახელმძღვანელო დღემდე არ არსებობს. უნივერსიტეტის გეოლოგიის კათედრას არ შეეძლო ამ გარემოებისთვის ყურადღება არ მიექცია, მაგრამ ორიგინალური სახელმძღვანელოს შედგენა ძლიერ პასუხსაგები საქმე არის და დიდ დროსა და სამზადისს მოითხოვს. ამიტომ უმჯობესად იქნა მიჩნეული პირველ ხანად რომელიმე უკვე ნაცადი სახელმძღვანელო გვეთარგმნა.

კათედრის არჩევანი ე. კაიზერის მოკლე კურსზე (E. Kayser, Abriss der allgemeinen und stratigraphischen Geologie, პირველი ნაწილი) შეჩერდა. ეს წიგნი რუსულადაც არის ნათარგმნი და მცირე ხნის განმავლობაში ოთხჯერ გამოიცა. მის ღირსებას შეადგენს პატარა მოცულობა, მეცნიერულად შემოწმებული მასალის სიუხვე და საერთოდ კარგი დალაგება.

მიუხედავად ამისა იგი სავსებით დამაკმაყოფილებლად მაინც ვერ ჩაითვლება. მთავარი ისაა, რომ ეს არის არა საკუთრივ მოკლე კურსი, არამედ შემოკლებული კურსი, იმავე ავტორის კარგად ცნობილი დიდი სახელმძღვანელოს მიხედვით დაწერილი. ამიტომ მას რაოდენადმე კონსპექტის ხასიათი აქვს და მოსალოდნელია, რომ შიგ ბევრი რამ მოუმხადებელი მკითხველისათვის გაუყვებარი ან ძნელად გასაგები დარჩეს. ამავე დროს წინასწარ უნდა შევეუბნოთ იმ გარემოებას, რომ მაგალითები თითქმის სულ გერმანიაში არის აღებული. დასასრულს, აღსანიშნავია ისიც, რომ უკანასკნელი გერმანული გამოცემა 1925 წელს არის გამოსული და შექმნილი 12 წლის მეცნიერული სიახლენი შიგ გათვალისწინებული ვერ იქნებიან.

მაგრამ ისეთიც, როგორიც არის, ეს წიგნი ლექციების გვერდით სტუდენტობას უეჭველად დიდ სამსახურს გაუწევს და უფრო დიდი, ორიგინალური თუ ნათარგმნი რუსული სახელმძღვანელოებით სარგებლობას გაუადვილებს. ხოლო მომავალში, იმედი უნდა ვიქონიოთ, ჩვენი ქვეყნისა და სოციალისტური მეცნიერებისათვის უფრო შესაფერი სახელმძღვანელო გვექნება.

მთარგმნელებმა თავისი ამოცანა კარგად შეასრულეს. მთელი წიგნი თარგმნილი არის უშუალოდ გერმანულიდან და რუსულ თარგმანზე უეჭველად უფრო ზუსტად. თარგმანი დიდი ხანია დამთავრებული იყო და უკვე 4 წლის წინათ გადაეცა სახელგამს, მაგრამ, სამწუხაროდ, მისი დაბეჭდვა მანამ არ მოხერხდა, სანამ ხელნაწერი უკანვე არ იქნა გამოტანილი.

შესავალი

გეოლოგია ეწოდება მეცნიერებას მიწის ნივთიერი, უმთავრესად მინერალური შედგენილობის, მისი აგებულების და ისტორიის შესახებ.

მიწად აქ უნდა ვიგულისხმოთ უპირველეს ყოვლისა ჩვენი პლანეტის მტკიცე ქერქი. თუმცა ჰაერის და წყლის გარსი, ისევე როგორც მცენარეთა და ცხოველთა სამეფოც, მიწის განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ამ სამივე ეგრედწოდებულ სფეროს—ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს და ბიოსფეროს,—გეოლოგიისათვის მხოლოდ იმდენად აქვს მნიშვნელობა, რამდენადაც ისინი მტკიცე ქერქზე ანუ ლითონსფეროზე ახდენენ გავლენას. სწორედ ეს მიწის ქერქი და მისი შემადგენელი ქანები წარმოადგენენ გეოლოგიური კვლევის მთავარ საგანს.

გეოლოგია არ განისაზღვრება მიწის ქერქის შემადგენელ ქანთა წარმოშობის, აგებულების და შედგენილობის შესწავლით. იგი გაცილებით უფრო შორს მიდის და ცდილობს შეიცნოს მიწის სხეულის განვითარების ისტორია. სწორედ ეს უკანასკნელი წარმოადგენს მის უმთავრეს და მასთან ურთულეს ამოცანას. კითხვაზე, თუ რა საშუალებით ახერხებს გეოლოგია დასახელებული ამოცანის გადაწყვეტას, შეიძლება ეუბასუხოთ: მიწის ქერქის შემადგენელ ქანთა შესწავლით.

ეს მოკლე განმარტებას მოითხოვს. მიწას განუზომელად დიდი წარსული აქვს. სანამ იგი დღევანდელ მდგომარეობას მიაღწევდა და აწინდელ სახეს მიიღებდა, მან განვითარების გეოგრაფიულად, კლიმატურად და ბიოლოგიურად ერთი მეორისაგან განსხვავებული მრავალი საფეხური განვლო. ყველა ეს განვითარების განსხვავებული მდგომარეობანი საუკეთესო გამოხატულებას კპოულობენ მიწის ქერქის უამრავ, ერთი მეორეზედ მდებარე ნაღებებში, რომლებიც თითქმის უსაზღვრო დროის განმავლობაში წარმოშობილან და რომელთა ყოველი თავისებურობა წარმოშობის პირობების თავისებურობათა გამომხატველია.

ქანებს გეოლოგიისათვის იგივე მნიშვნელობა აქვთ, რაც ისტორიკოსისათვის წერილობითს ან ბეჭდვითს საბუთებს, ხოლო არქეოლოგიისათვის იარაღს, ან ამათუიმ დროის დამაჩასიათებელ რაიმე ძეგლს. გეოლოგიისათვის ქანები წარმოადგენენ საშუალებას მიწის ისტორიის აღსადგენად.

განვმარტოთ, მაგალითად, თუ რა საინტერესო დასკვნამდე შეუძლია მიყვანოს გეოლოგი ქანების თვისებათა შესწავლამ. წარმოვიდგინოთ, რომ სადმე

შუა ევროპაში, ხმელეთზე, ზღვისაგან კარგა დაშორებით იურული დროის მარჯნების მიერ აგებული რიფული კირქვა ვიპოვეთ. ეს კირქვა ნათლად მოწმობს, რომ მის წარმოშობის დროს იქ, სადაც ამჟამად ხმელეთია, ძველად ზღვა ყოფილა. მეორე მხრით ის გარემოება, რომ რიფების მშენებელი მარჯნები თავის არსებობისათვის ტროპიკული ზღვის პირობებს მოითხოვენ, ამტკიცებს, რომ იურულ პერიოდში, ხსენებული კირქვის წარმოშობის დროს, შუა ევროპის კლიმატური პირობები მკვეთრად განსხვავდებოდნენ თანამედროვე პირობებისაგან. დასასრულ, ის გარემოება, რომ უდიდესი რიფები ამ ქამად ყოველთვის ზღვის სანაპიროსთან მდებარეობენ, გვაიძულებს ვიფიქროთ, რომ ძველი ზღვა, სადაც მარჯნის რიფები წარმოიშვნენ, ასეთ სანაპიროს ზოლს ეკუთვნოდა და, რომ აქედან ხმელეთიც ახლოს უნდა ყოფილიყო. უკანასკნელის უფრო დაზუსტებით ძებნამაც ხელსაყრელ პირობებში შეიძლება კარგი შედეგი მოგვეცეს: ზუსტი დაკვირვებები როგორც რიფის ფორმაზე და გავრცელებაზე, ისე მის გარშემო მდებარე ადგილების გეოლოგიურ პირობებზე, იძლევიან განსაზღვრულ ცნობებს, რომელთა მიხედვით შესაძლებელი იქნება წარმოვიდგინოთ, თუ როგორი იყო მიწის ზედაპირის ეს ნაწილი იურულ პერიოდში. ამ მაგალითიდან ჩანს, რომ მარტივ დაკვირვებათა საშუალებითაც კი (როგორც ამ შემთხვევაში კირქვის არსებობა იყო) შესაძლებელი არის შორეული წარსულის შესახებ მრავალი მნიშვნელოვანი გეოგრაფიული, კლიმატური თუ ბიოლოგიური საკითხის გადაწყვეტა.

ავიღოთ მეორე უფრო რთული მაგალითი. ჩრდილო გერმანიის დაბლობზე ჩვენ გვაქვს სხვადასხვა სიღიღის, აგებულობისა და პეტროგრაფიული შედგენილობის ლოდებისაგან და შლამისგან შემდგარი მეოთხეული დროის ნალექები, რომლებიც შრეებრივობას მოკლებულ ფენად არიან დიდ სივრცეზედ გაშლილი და ლამლოდნარის სახელს ატარებენ. ამ თავისებური ნალექების დაწვრილებითი შესწავლა გვიჩვენებს, რომ ლოდების უმეტესობა სკანდინავიიდან არის მოტანილი, რომ ბევრი მათგანი მოვლევარებული და დაკაწრული არის თანამედროვე მყინვარული მორენის ლოდების მსგავსად და რომ საზოგადოდ ამ ლამლოდნარის ყველა თვისებები საესებით ემსგავსება თანამედროვე მყინვარის ფსკერის მორენის თვისებებს. ყველა ამ დაკვირვების შედეგად გეოლოგები იმ დასკვნამდე მივიდნენ, რომ მიწის ისტორიის შედარებით ახლო წარსულში გერმანიის მთელი ჩრდილო ნაწილი ყინულის სამოსის ქვეშ იყო დამარხული იმ კონტინენტური მყინვარის მსგავსად, რომელიც ახლაც კვარაგეს გრენლანდს. ეს მყინვარული მასები სკანდინავიიდან მთლიანი სამოსის სახით მთელ გერმანიაზე ვრცელდებოდნენ. ქანების უამრავი ნატეხები, რომელნიც მეოთხეული ნალექების მასალას წარმოადგენენ (როკვი, ქვიშა და თიხა), ჩრდილო გერმანიის დაბლობებში მათ მოზიდეს.

ორივე მაგალითი თვალსაჩინოდ მოწმობს იმას, თუ როგორ მეტყველობს თვითოეული ქვა თავის საკუთარ ისტორიას. ეს უკანასკნელი; მიწის მთელი ისტორიის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილია და ჩვენ მოვალეობას ამ ცალქე ნაწილებების შეკრება და ერთ მთლი-

ანად ასახვა შეადგენს, რათა ამით შესაძლებელი გახდეს მიწის სრული ისტორიის აღდგენა.

ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ უკანასკნელი მიწის მხოლოდ მკვლარ ნაწილს არ შეეხება და ცოცხალ ბუნებაზედაც ვრცელდება. კვლევის ეს ორივე მხარე მტკიცედ არის დაკავშირებული: ქანების უმეტესი ნაწილი მინერალურ შემადგენელ ნაწილებთან ერთად იმ დროს არსებულ მცენარეთა და ცხოველთა ნაშთებსაც შეიცავს. ასეთი ნაშთების (ნამარხების) შესწავლა და ერთი მეორის მომდევნო დანაღები ქანების სისტემაში დაკრულ გადასულ ფორმათა დიდი სხვადასხვაობა საშუალებას გვაძლევს მიწაზე ორგანიული სიცოცხლის განვითარების მსვლელობას გავეცნოთ უძველესი დროიდან დღევანდლამდე.

თავისთავად ცხადია, რომ მრავალრიცხოვანი ხარვეზების არსებობის პირობებში, შესაძლოა ერთსადაიმთხვევე გეოლოგიურ დოკუმენტს სხვადასხვაგვარი ახსნა უდგებოდეს. ამიტომ მიწის ისტორიის აღდგენა არც ისე ადვილი საქმეა. ცხადია, რომ სპეციალური მოზაღდებაა საჭირო იმისათვის, რომ ამა თუ იმ ქანის თავისებურების მიხედვით მისი წარმოშობის შესახებ სწორი დასკვნა გავაკეთოთ. საჭიროა იმ ხელთნაწერის წაკითხვის ცოდნა და გაგება, რომლითაც ბუნებამ თავისი ისტორია აღბეჭდა. ამისათვის არ კმარა, რომ მრავალრიცხოვანი ფიზიკური, ქიმიური, მეტეოროლოგიური, მინერალოგიური, პალეონტოლოგიური, ბიოლოგიური და სხვა ცოდნანი გვექონდეს, არამედ საჭიროა კიდევ კარგად ვიცნობდეთ იმ პირობებს და გარემოს, რომელშიაც ქანების წარმოშობა ხდება. ზემოთ დასახელებული იურული დროის რიგული კირქვების წარმოშობას მხოლოდ ის ახსნის ჯეროვანად, ვინც კარგად იცნობს თანამედროვე მარჯნის რიფების ზრდის პირობებს. მხოლოდ ის წარმოადგენს ნათლად მეოთხეული ლამლონარის წარმოშობას, ვინც იცნობს თანამედროვე მყინვარების ხასიათს, მათ მოქმედებას და ნალექებს.

მაშასადამე გეოლოგიის მთავარი ამოცანა არის იმ მოვლენების შესწავლა, რომლებიც ქანების წარმოშობას იწვევენ. ამისათვის კი საჭიროა შევისწავლოთ და გავიცნოთ მიწაზე მოქმედი ძალების ერთობლივობა, რადგან თითქმის ყველა გეოლოგიურ მოვლენათა შედეგად, განუჩევლად იმისა მიწის ზედაპირზე წარმოებენ ისინი თუ მის სიღრმეში, ვულკანურ მოვლენათა რიგს ეკუთვნიან თუ გამოფიტვის და დაშლისას, ზღვის მოქმედების გამოხატველი არიან ისინი, თუ მდინარის, მყინვარის ან უდაბნოსი, ყოველთვის ევბერთელა მინერალური მასები ანუ ქანები წარმოიშევიან.

გეოლოგიის იმ ნაწილს, რომელიც მიწის ზედაპირზე მოქმედ გეოლოგიურ პროცესებს შეისწავლის, ცნობილმა ამერიკელმა გეოლოგმა დენამ (James Dana) დინამიური გეოლოგია უწოდა. იგი წარმოადგენს გეოლოგიის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ნაწილს, რადგან ამჟამად მოქმედი ძალები წარსულ გეოლოგიურ დროებშიც მოქმედებდნენ. ამგვარად, დინამიური გეოლოგია მოვლენათა გავების საშუალებას იძლევა.

დინამიური გეოლოგია ე. წ. ზოგადი გეოლოგიის მთავარ ნაწილს წარმოადგენს.

ყოველივე ზემოთ თქმულის შემდეგ ცხადია, რომ ზოგადი გეოლოგია საერთოდ გეოლოგიის პირველ საფუძვლებს იკვლევს. ჩვენც სწორედ აქედან დავიწყებთ. ჩვენი მეცნიერების მეორე ასევე მნიშვნელოვან ნაწილს წარმოადგენს სტრატოგრაფიული გეოლოგია, ანუ მეცნიერება გეოლოგიური ფორმაციების შესახებ. იგი ამ წიგნის საგანს არ შეადგენს.

ზოგადი გეოლოგია

ზოგადი გეოლოგიის საფუძველს, როგორც უკვე ვსთქვით, დინამიური გეოლოგია შეადგენს; ამას გარდა ზოგად გეოლოგიაში განიხილება მთელი რიგი სხვა საკითხები. ზოგ მათგანს, როგორც არის მაგ. მიწის აგებულობა, სიმკვრივე, სითბო, მისი ზედაპირის საერთო დანაწილება და სხვა, გეოლოგია მონათესავე მეცნიერებათა მეშვეობით ეცნობა; ზოგ კი, როგორც მაგ. მოძღვრება შრეების ნაშენობის შესახებ (ტექტონიკა) წმინდა გეოლოგიური დისციპლინაა. ზემოთ დასახელებული საკითხების შემსწავლელი მეცნიერება დენას წინადადებით ფიზიოგრაფიულ გეოლოგიად იწოდება. იგი წარმოადგენს დინამიური გეოლოგიის შესავალს.

ამგვარად ზოგადი გეოლოგია ორ ნაწილად იყოფა: 1. ფიზიოგრაფიული გეოლოგია და 2. დინამიური გეოლოგია.

I. ფიზიოგრაფიული გეოლოგია

აქ პირველ, ასტრონომიულ—გეოფიზიკურ ნაკვეთში მიწა განიხილება როგორც ციური სხეული. აქვე განიხილება მისი დამოკიდებულება ჩვენი მზის სისტემის დანარჩენ წევრებისადმი. ამას თან დაერთვის ცნობები სხვა პლანეტების და მზის შესახებ და მზის სისტემის წარმოშობის თეორიები.

მეორე, გეოგრაფიულ ნაკვეთში განიხილება მიწის უმთავრესი ნაწილები: ატმოსფერო, ჰიდროსფერო და საკუთრივ მტკიცე მიწა. უკანასკნელ, პეტროგრაფიულ—ტექტონიკურ ნაკვეთში გაშუქებული იქნება მიწის ქერქის ქიმიური და მინერალური შედგენილობა, ქანების უმთავრესი ნიშნები, მათი კლასიფიკაცია და წოლის ფორმები. დასასრულ, მოცემული იქნება სწავლება შრეთა ნაშენობის ანუ ტექტონიკის შესახებ.

II. დინამიური გეოლოგია

მიწაზედ მოქმედი მოვლენები, მათი არაჩვეულებრივ მრავალსახეობის მიუხედავად შეიძლება ორ დიდ ჯგუფად გავყოთ: 1. ენდოგენური მოვლენები, რომელთა გამოწვევი ძალები მიწის სხეულს ეკუთვნიან, და ეგზოგენური მოვლენები, რომელთა ენერჯის წყარო მიწის გარეშეა. ეგზოგენურ პროცესებში ანუ გარედინამიურ მოვლენებში უმთავრესი მნიშვნელობა მზის მიერ გამოსხივებულ სითბოს ეკუთვნის; ამით განისაზღვრება წყლის მოძრუნალი მიწაზედ, ატმოსფეროს და ზღვის მოძრაობანი და მთელი ორგანიული სიცოცხლე, ე. ი. მიწის ზედაპირის თანდათან შეცვლისათვის გადამწყვეტი ფაქტორე-

პის მთელი რიგი. ენდოგენური პროცესების ანუ შიგა დინამიურ მოვლენათა მიზეზი მთელი გეოლოგიური წარსულის განმავლობაში და ახლაც არსებული მიწის გულის თანდათან გაცივებაა.

გარე დინამიური მოვლენები ცნობილი ინგლისელი გეოლოგის ლაიელის (Charles Lyell) მიხედვით ასე იყოფა: 1. ატმოსფეროს, 2. წყლის და 3. ორგანიზმების მოქმედებით გამოწვეული მოვლენები.

შიგა დინამიკის მოვლენებს ჩვენ ასე ვყოფთ: 1. ვულკანური მოვლენები და 2. მიწის ქერქის სხვადასხვაგვარი მოძრაობანი. უკანასკნელთა სხვადასხვა სახეს წარმოადგენენ მიწისძვრები, მთების წარმოშობა, ქანების მექანიკური დეფორმაცია და ზღვის დონის ქანობა.

მიწის გეოლოგიური წარსულის სქმა და ქრონოლოგია¹

ფიქრობენ, რომ დედამიწა თავდაპირველად წარმოადგენდა გავარვარებულ ვალდობილ სსეულს, რომელიც თანდათანობით გაცივების გამო შემდეგში ქერქით შეიშოსა. ქერქის გაჩენის შემდეგ უთუოდ იყო ხანგრძლივი ანჰიდრული (უწყლო) პერიოდი. მიწას წყლის გარსი გაუჩნდებოდა მხოლოდ მის შემდეგ, რაც მიწის ქერქის ტემპერატურა წყლის კრიტიკულ ტემპერატურაზე (365°) დაბლა დაეცემოდა. მაგრამ პირველყოფილი ზღვა იქნებოდა ისე ცხელი, რომ პასში ორგანიზმები ვერ იცხოვრებდნენ და უწყლო პერიოდს, უთუოდ, ძლიერ ხანგრძლივი უსიცოცხლო (აზოური) პერიოდი მოჰყვა. მიწის საკუთრივ გეოლოგიური ისტორია იწყება მიწაზე სიცოცხლის გაჩენის შემდეგ. ამრიგად მაგარი მიწის ისტორია შეიძლება ორ მთავარ ნაწილად გაიყოს:

I. გეოლოგიურის წინა დრო, რომელშიც მიწის ანჰიდრული და აზოური პერიოდები შედიან, და

II. გეოლოგიური დრო.

გეოლოგიური დროის განმავლობაში დაგროვილი და აქამდე მიწაზე შერჩენილი ნალექები დიდ ერთეულებად—ჯგუფებად იყოფიან. ჯგუფებს თავის მხრივ ჰყოფენ სისტემებად, სისტემებს—სექციებად, სექციებს—სართულებად და უკანასკნელებს—ზონებად. ზონა აირს ყველაზე მცირე გეოლოგიური ერთეული, რომელშიც რამდენიმე შრეს ჰკულისხმობენ სრულიად გარკვეული ფაუნით და ზოგჯერ ერთი რომელიმე კარგი ნაშარხით.

დროის მიხედვით ჯგუფს ერა შეესაბამება, სისტემას—პერიოდი, სექციას—ხანა, სართულს—საუკუნე და ზონას—ჰემერა. ამრიგად, ჩვენ გვაქვს შემდეგი თანამიმდევრობითი დაყოფა:

სივრცეში:

დროში:

ჯგუფი ერა

სისტემა პერიოდი

¹ ამოღებულია შემოკლებით Kayser-ის კურსის მე-II ტომიდან.

მთ. შენიშვნა.

სექცია	ხანა
სართული	საუკუნე
ზონა	ჰემერა

ამის მიხედვით ევროპაში ამჟამად მიწის ყველა ნალექ ფორმაციას ასე ჰყოფენ (ზევიდან ქვევით):

V. ნეოზოური ჯგუფი

- | | |
|--------------------------------|-------------------------|
| 2. მეოთხეული სისტემა | } ალუვიუმი
დილუვიუმი |
| 1. მესამეული სისტემა | |

IV. მეზოზოური ჯგუფი

- | | | |
|-------------------------------|--|--|
| 3. ცარცული სისტემა | } ზედა ცარცული
შუა ცარცული
ქვედა ცარცული | |
| 2. იურული სისტემა | | } ზედა იურული (მალმი)
შუა იურული (დოგერი)
ქვედა იურული (ლიასი) |
| 1. ტრიასული სისტემა | | |

III. პალეოზოური ჯგუფი

- | | | |
|--|---|---|
| 5. პერმული სისტემა | } ცებშტაინი
როტლიგენდი | |
| 4. ქვანახშირიანი (კარბონული) სისტემა | | } ზედა ქვანახშირიანი (პროდუქტიული წყობა)
ქვედა ქვანახშირიანი |
| 3. დეკონური სისტემა | } ზედა დეკონური
შუა დეკონური
ქვედა დეკონური | |

2. სიღურული სისტემა } ზედა სიღურული (გოტლანდური)
ქვედა სიღურული (ორდოვიციული)

1. კამბრიული სისტემა } ზედა კამბრიული
შუა კამბრიული
ქვედა კამბრიული

II. პროტეროზოული ფგუფი (ალგონკური).

I. არქეული ფგუფი.

ფიზიოგრაფიული გეოლოგია

I. ასტრონომიულ-გეოფიზიკური ნაკვეთი

მინა, როგორც მზის სისტემის წევრი.

სხვა პლანეტებთან (ყოთონილებთან) ერთად მზის გარშემო მიწაც მოძრაობს წრისებურ ორბიტზე, დასაყვებითიდან—აღმოსავლეთისაკენ. მზე სისტემის ცენტრში არის და ყველა პლანეტებს სინათლეს და სითბოს აწვდის. მზის მასა 330000 ჯერ აღემატება მიწის მასას, ხოლო ყველა პლანეტების მასას ერთად აღემატება 700-ჯერ. მანძილი მზესა და მიწას შორის 20 მილიონი გეოგრაფიულ მილს¹ უდრის, მზის დიამეტრი 108 მიწის დიამეტრს და მოცულობა—1 260 000 მიწის მოცულობას. მზის სიმკვრივე კი მიწის სიმკვრივის მეოთხედს არ აღემატება. მზე ბრუნავს თავის ღერძზე დასაყვებითიდან --აღმოსავლეთისაკენ და ერთ შემობრუნებას დაახლოებით 25 დღეს ანდომებს.

პლანეტებში შეიძლება გავარჩიოთ:

I. შიგა პლანეტები — საშუალო სიდიდის, ძლიერ მკვრივი, სუსტად ჩაბრტყელებული, ამათ ეკუთვნიან: მერკური, ვენერა, მიწა და მარსი.

II. პატარა პლანეტები ანუ პლანეტოიდები, რიცხვით ნახევარ ათასზე მეტი და ყველა ტელესკოპური.

III. დიდი პლანეტები—დიდი, მცირე სიმკვრივიანი და ძლიერ ჩაბრტყელებული: იუპიტერი (უდიდესი ყველა პლანეტებს შორის), სატურნი (თავისი რგოლის გამო კარგად ცნობილი), ურანი და ნეპტუნი.

ყველა პლანეტების ორბიტების სიბრტყეები თითქმის თანხვედნილი არიან როგორც ერთმანეთთან, ისე მზის ეკვატორულ სიბრტყესთან. ყველა პლანეტები მოძრაობენ საკუთარი ღერძის და მზის გარშემო დასაყვებითიდან აღმოსავლეთისაკენ.

მაშასადამე, მიწასაც ორგვარი მოძრაობა ახასიათებს: თავის ღერძზე ბრუნვა და მზის ირგვლივ ტრიალი. პირველი (ღერძზე ბრუნვა) დღელა-

¹ გეოგრაფიული მილი დაახლოებით 7¹/₂ კილომეტრს უდრის.

მის არსებობის მიზეზი არის, ხოლო მეორე (მხის ირგვლივ ტრიალი), მიწის ლერძის დახრილობის (ეკლიპტიკის დახრილობის) გამო, წლის დროთა მორიგეობას იწვევს. სხვადასხვა გეოლოგიური ფაქტორების მიხედვით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მიწის ლერძიც და მასთან დაკავშირებით პოლუსებიც გეოლოგიურ წარსულში თავის მდებარეობას იცვლიდნენ.

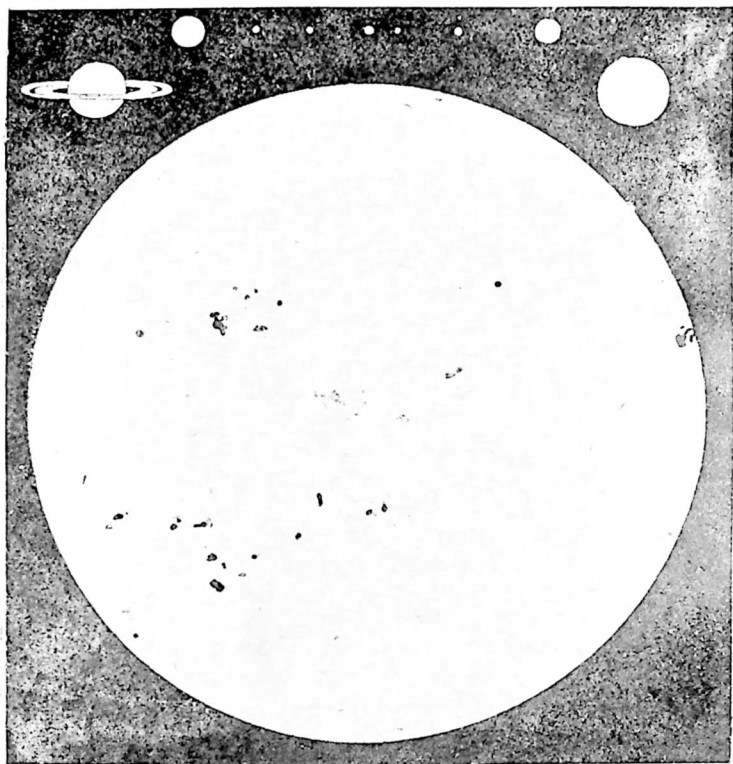
ასტრონომები წინათ უარყოფდნენ ბრუნვის ლერძის და პოლუსების საგრძნობ გადაადგილების შესაძლებლობას, თანამედროვენი კი, განსაკუთრებით სკიაპარელი (Schiaparelli) იმ შეხედულებას ადგანან, რომ თუ კი მივიღებთ მიწის შიგნეთის განსაზღვრულ პლასტიურობას, ჩვენ შეგვიძლია დავუშვათ, რომ მიწის ზედაპირზე ან მიწის სიღრმეში მასების დიდი რაოდენობის გადაადგილებას მიწის ლერძის და პოლუსების საკმაოდ დიდი გადაინაცვლებაც შეუძლია გამოიწვიოს.

მხის სისტემის დანარჩენი წევრების რაბვაარობა. შეხედულებანი მხის სისტემის წარმოშობის შესახებ

პლანეტების მდგომარეობის შესახებ ჩვენი სარწმუნო ცნობები მეტად მკირერიცხოვანია. მთვარეს, მისი სიახლოვის გამო, შედარებით უკეთ ვიცნობთ, მაგრამ ისიც მხოლოდ ერთ მის ნახევარს. ამის მიზეზი ის არის, რომ მთვარე (ისევე როგორც ყველა სხვა თანამზავრები თავიანთი ცენტრული მნათობის მიმართ) მუდამ ერთიანიმევე გვერდით არის მიწისკენ მობრუნებული. მთვარის მასა, დაახლოებით, მიწის მასის $\frac{1}{80}$ უდრის, სიმკვრივე კი—3,4, ე. ი. მიწის ქერქის სიმკვრივეზე (2,6) ცოტა მეტია. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მთვარეც, მიწის ქერქის მსგავსად, სილიკატებისაგან შედგება. მტკიცედ დადგენილია, რომ მთვარე მოკლებულია როგორც ატმოსფეროს, ისე წყალს. მთვარის ზედაპირისათვის დამახასიათებელი არიან ერთფეროვანი, რკალისებური მოყვანილობის, შუაში ჩაღრმავებული მთები. ამათგან უფრო დიდებს ცირკებს უწოდებენ (ყოველი მხრიდან მალღობით შემოზღუდული დაბლობი), პატარებს კი კრატერებს და ფიქრობენ, რომ მათი წარმოშობა (ფიფელის მარების მსგავსად) გაზების აფეთქებით არის გამოწვეული. ყოველ შემთხვევაში არსებობს შეხედულება, რომ მთვარეზე, სანამ იგი დიდ სიღრმემდე არ გაცივდა და თავისი პირვანდელი პერის და წყლის გარსები საეხებით არ დაჰკარგა, ვულკანური პროცესები მოქმედებდნენ. მერკურს, ვენერას, მარსს, იუპიტერს და სატურს ატმოსფერო აქვთ. საკუთრივ მარსის შესახებ შეიძლება დავუშვათ, რომ მის პოლუსებზე თევრი ლაქები ჩანს, რომლებიც შესაძლოა თოვლიანი მოედნები იყვნენ; ყოველ შემთხვევაში მარსზე ხმელეთის და წყლის არსებობა დამტკიცებულია და შესაფერისი რუკებიც არის შედგენილი.

მხის რაგვარობის შესახებ უმთავრესად ამ უკანასკნელ 50 წლის განმავლობაში მიიღეს უფრო ზუსტი ცნობები. იგი რომ გავარჯარებული სხეულია, შეიძლება იქედანაც დავასკვნათ, რომ იგი სითბოს მეტად დიდ რაოდენობას ასხივებს სამყაროს სივრცეში. სპექტრული ანალიზი გვიჩვენებს, რომ იგი მკვი-

ვი ბირთვისაგან და მის გარშემო შემოკრული გაზებრივი გარსისგან შედგება. მზის მაღალი ტემპერატურით (6000° — 8000°) აიხსნება, რომ მისი სიმკვრივე მიწის სიმკვრივის ერთ მეოთხედს არ აღემატება. თუ კი მიუხედავად ამისა მისი გული მაინც თხევად ან მაგარ მდგომარეობაში იმყოფება, ეს აიხსნება უმ-



სურ. 1. მზისა და პლანეტების შედარებითი სადიდე. ნზეხ წარმოდგენილია ლაქების ჯგუფები.

ზევით (მარცხნიდან მარჯვნივ): სატურნი, ნეპტუნი, მერკური, მარსი, ძიწა, მთვარე, ვენერა, ურანი, იუპიტერი.

თავრესად იმ დიდ წნევით, რომელსაც მზის ატმოსფერო მის შიგა ნაწილებზე ახდენს. რადგანაც მზე წარმოუდგენელი დროიდან სითბოს ჰკარგავს, უნდა ვიფიქროთ, რომ წინათ მისი ტემპერატურა გაცილებით უფრო მაღალი იყო. არსებობდა დრო, როდესაც გარე ნაწილების დიდ წნევასაც კი არ შეეძლო შიგა-

ნაწილების გაოხვეადება და მაშინ მთელი მზე გავარვარებული გაზებისაგან შედგებოდა. შორეულ ზონაქალში კი, უნდა ვიფიქროთ, მზის თანდათან გაცივება მისი ბირთვის გარშემო მაგარი ქერქის გაჩენას გამოიწვევს, რაც მას მანათობელი სხეულის თვისებებს დაუქარგავს და მხეც მსოფლიო სივრცეში გაბნეულ ჩაქქრალ ვარსკვლავთა რიცხვს მიემატება.

ასეთია მზის თანამედროვე მდგომარეობის გათვალისწინებით მიღებული შედეგები. რომელნიც კანტ-ლაპლასის თეორიას არსებითად ეთანხმებიან. მზის და პლანეტების მოძრაობის გასაოცარი ერთგვარობის გამო აღნიშნულმა მკვლევარებმა დაასკვნეს, რომ პლანეტები და მათი თანამგზავრები გაზის უზარმაზარი გავარვარებული პირველადი სფეროს დანაწილებით წარმოიშვნენ. ამ სფეროს თანდათან გემკვრიფების გამო, მისი ბრუნვის სისწრაფე თანდათან მატულობდა. რაც თავის მხრივ ჯერ სფეროს გეოლოგულ გამობურცვას იწვევდა. შემდეგ კი სფეროს ირგვლივ ისეთი რგოლის გაჩენას, როგორც, ვანსაქუტრებით ხელსაყრელი პირობების წყალობით, დღემდე შენახულა სატურნზე. ჩვეულებრივ კი ასეთი რგოლები წყდებოდნენ და მათი ნაწყვეტებიდან კალკე პლანეტები წარმოადგებოდნენ. ასეთ რიგად უნდა იყვნენ წარმოშობილი მთავარ სფეროსგან პლანეტები, ხოლო უქანასკნელთაგან მათი თანამგზავრები.

მისი სისტემის სხვადასხვა წევრების მოძრაობის ხასიათი და სიმკვრიფივები კარგად ეთანამება ასეთ შეხედულებას. სამყაროს შორეულ სივრცეთა სპექტრულ-ანიალიზი კიდევ ზედმეტად ადასტურებს ასეთი დაშვების აუცილებლობას. მისი შედეგების მისდევით ჩვენ ვიცით, რომ უძრავ ვარსკვლავთა უმრავლესობა, რიცხვით ერთ მილიონამდე, ჩვენი მზის მდგომარეობაში იმყოფება და გაზებრივ გარსში ვასველ მკვრივ ბირთვებს წარმოადგენს, მაშინ როდესაც სხვა სხეულები, ე. წ. პლანეტური ნებულოზები, მხოლოდ ევებრთელა მანათობელი გაზებრივი მასებისაგან შედგებიან. სამყაროში ჩვენ ვაჩნევთ ყველა იმ გარდასვალ საფეხურებს, რომელნიც კანტ-ლაპლასის თეორიის მიხედვით მზის სისტემას თავისი განვითარების განვავლობაში უნდა გაეველო. ამგვარად შესაძლებელი არის გავარჩიოთ მდგომარეობათა მიმდევრობა, რომელიც ძალაში დარჩება არა მარტო ჩვენი პლანეტური სისტემისათვის, არამედ მის გარემეც. ასეთია: პირველადი გაზებრივი სფერო, გაზებრივი სფერო ბირთვით. ჩამქრალი ციური სხეული.

ციური სხეულების განვითარებითი მდგომარეობა უმთავრესად მათი სიდიდის მეტ-ნაკლებობაზეა დამოკიდებული. ციურ სხეულში მოთავსებული თბობითი ენერგია მისი მოცულობის ანუ რადიუსის კუბის პროპორციულია; გამოსხივებული სითბოს რაღდენობა კი ზედაპირის ანუ რადიუსის კვადრატის პროპორციული. ამიტომ სხეული მით უფრო ჩქარა გაცივდება, რაც უფრო პატარაა იგი. აქედან თავისთავად ნათელია თუ რატომ გაუსწრო გაცივებაში მთვარემ მიწას და პლანეტებმა მზეს.

თუ ყოველივე ზემოთქმულს შევაჯამებთ, დავინახავთ, რომ „ნებულარული თეორიის“ სასარგებლოდ იმდენი ფაქტები დაგროვდება, რომ ჩვენ სრული უფლება გვექნება, ძირითად საკითხებში მაინც, იგი სავსებით მართებულ და ჭეშ-

მარტ თეორიად მივიჩნით¹. ამის მისეღვით თანამიმდევრობა: გაზებრივი სფერო, გაზებრივი სფერო ბირთვით, ჩამქრალი ვარსკვლავი მკერვივი ქერქით გარშემოკრული. ჩვენი მიწისათვისაც უნდა მივიღოთ. მაშასადამე, მიწაც თხელი ნებულარი მასის შეკუმშვა—შემქიდროებით წარმოიშვა. შემქიდროებით წარმოშობილი სითბოს გავლენით იგი თანდათან გახურებულ თხევად მდგომარეობაში გადავიდა, რის შემდეგაც სამყაროში გასხივებამ ისევე სითბოს დაკარგვა და გაცივება გამოიწვია, რასაც შემდეგ მანათობელი სხეულის თვისებათა დაკარგვა მოჰყვა.

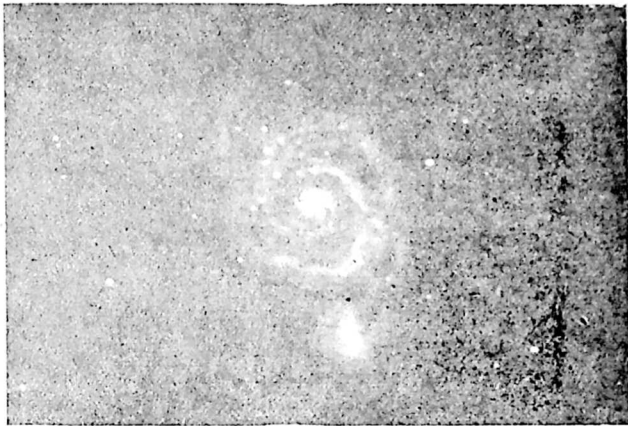
თუმცა ჩვენ ნებულარული თეორიის საფუძველზე ვღგევიართ, მაგრამ არ უნდა დავივიწყოთ კი. რომ ასტრონომებსა და გეოფიზიკოსებს შორის ყველას როდი მიაჩნია იგი მართებულად. თუმცა ერთზე მინც ყველანი შეთანხმებული არიან. სახელდობრ, რომ ყველა ციური სხეულები მსოფლიო გრძობილ დეველოპმენტის ძალით კონდენსაციამქმნილი ვაზების ან მეტეორული მტერის მტერის სფეროს წარმოადგენენ. მაგრამ დანარჩენ საკითხებში მკენიერთა შეხედულებანი მეტად თუ ნაკლებად განსხვავდებიან როგორც ერთმანეთისგან. ისე კანტ-ლაპლასის თეორიისგან და მისგან გამომდინარე დასკვნებისგანაც. ამ მხრივ განსაკუთრებით აღსანიშნავია ამერიკელი მეცნიერები: ჩემბერლენი (Chamberlin), მულტონი (Moulton), ბარელი (Barrell) და სხვები². ამ მკვლევართა მისეღვით პლანეტები მზის პირველადი ნებულოსის კვანძებისგან წარმოიშვნენ. დასაწყისში მზე ორიონის ნებულოსის მსგავსი მეტად გაიშვიათებული ნებულოსი უნდა ყოფილიყო, რომელსაც უზომოდ სანგრძლივი ვანეითარება უნდა გაეკლო. სანამ პლანეტურ სისტემას მოკცემა. პირველადი მზე უზომოდ დროის განმავლობაში ციურ სივრცეში მოძრაობდა და თანდათან მკერიედებოდა: ვანსახლერულ მონენტში უფრო ძალოვანი ვარსკვლავის გავლენის არეში მოხედრისა და მისი მიმხიდველობის ძალის გავლენის გამო იგი ორ ტოტიან სპირალურ ნებულოსად იქცა. ამ ნებულოსის ტოტებში თანდათანობით უფრო და უფრო მკერივი ვახურებელი კვანძები წარმოიშვნენ, რომლებიც მომავალი პლანეტების ბირთვებს წარმოადგენდნენ და რომელთა მსგავსებს ზოგიერთ ნებულოსებში ამჟამადაც ვხვდებით (სურ. 2). ეს კვანძები პატარა მყარი სხეულებისგან ანუ ჩემბერლენის ე. წ. პლანეტეზიმალისგან შედგებოდნენ და თავდაპირველად თვითონაც პატარა უნდა ყოფილიყვნენ. მაგრამ შემდეგში ახალ-ახალ პლანეტეზიმალური ნივთიერების მიხიდვით და შემოერთებით ისინი თანდათან იზრდებოდნენ. პლანეტეზიმალები,

¹ „ნებულარული თეორიის გარწმე, რაგინდ ფორმით არ იყოს იგი მოცემული, ჩვენ პლანეტური სისტემის აგებულობის ყოველგვარ ახსნაზე უარი უნდა ვანვაყხადოთ ბუნების საყოველთაო კანონები ამ თეორიის დაშვებაზე მიგვითითებენ“. (Newcomb—Engelmann, Populäre Astronomie; გამოც. 4. გვ. 671. 1910).

² შეად. მეტადიუ პირსონის (Pirsson) და შუხერტის (Schuchert) ახალი დიდი შრომა Textbook of geologie. New—York 1915, აგრეთვე Jos. Barrell, Ch. Schuchert und Genossen, The evolution of the earth, New Haven, 1918, 1919, 1920.

ჩემპერლენის აზრით, მტერისა ან ქვიშის მარცვლის სიდიდის უნდა იყვნენ. ბარელის შეხედულებით კი უფრო მოზრდილი, სახელდობრ პლანეტოიდების ოდენა. მათი ვარდნა დიდძალ სიბზოს წარმოშობდა, ხოლო მოზარდი პლანეტის გარე ნაწილის შიგა ნაწილზე წნევის მომატება ტემპერატურის კიდევ მეტ ამაღლებას გამოიწვევდა. რასაც თავის მხრივ პლანეტის მთელი მასა უნდა გაეოხვადებია და იგი გავარვარებულ მანათებელ სხეულად გადაექცია.

ამერიკელ მკვლევართა მეორე, ჩვეულებრივი თვალსაზრისისაგან განსხვავებული შეხედულება იმაში მდგომარეობს, რომ მთვარე მიწის თანამგზავრი კი



სურ. 2. სპირალური ნებულოზი ძალღას კრებულში.

არ არის, არამედ მიწასთან ერთად ორმაგ ვარსკვლავს წარმოადგენს, რომლის ჩანასახი მზის სპირული ნებულოზის ორ კვანძში უნდა ვეძიოთ. მანძილი ამ კვანძთა შორის არ აღემატებოდა იმ მანძილს, რომლითაც აშეაპად მთვარე მიწიდან არის დაშორებული. დასაწყისში თვითივეული მათგანი გაცილებით უფრო პატარა იყო და მხოლოდ შემდეგში, პლანეტეზიმალების ვარდნის გამო, თანამედროვე სიდიდემდე მიაღწიეს. ამ შეხედულების მიხედვით, მთვარეს არასოდეს არ ჰქონია საკუთარი ატმოსფერო და ჰიდროსფერო, ვინაიდან მასის სიმცირის გამო იგი მოკლებული იყო მასთან შეხებაში მყოფი გაზების შეკავების და შენარჩუნების უნარს. შიგნითიდან გამოყოფილი გაზების შეკავების უნარი მიწამაც მხოლოდ საკმაოდ გაზრდის შემდეგ მიიღო, რის შემდეგაც ადვილად შეიმოსა ჰაერის და წყლის სამოსით.

პლანეტებს გარდა მზის სისტემას ეკუთვნიან კომეტები და მეტეორიტები. პირველთ ჩვენ შეგვიძლია არ გავეცნოთ, თუ გინდ იმ მოსაზრებით, რომ ისინი უფრო დრო გამოშვებით გარედან შემოსიზნული სტუმრები არიან, ვიდრე

ჩვენი სისტემის სრულყოფილიანი წევრები. გაცილებით უფრო საყურადღებო არიან ჩვენთვის მეტეორიტები—კოსმიურ ნივთიერების ერთადერთი ხელსაწები წარმომადგენლები, რომლებიც ისევე როგორც ქანები, შეგვიძლია უშუალოდ შევისწავლოთ, რასაც მეტად დიდი მეცნიერული მნიშვნელობა აქვს. მეტეორიტები მზის ირგვლივ მდებარე უწყვირუსი მასებისგან წარმოდგებიან და ზოგჯერ თავის მოძრაობის დროს შემთხვევით მიწის ორბიტს გადაჰყვებიან ხოლმე და ისე დაუახლოვდებიან მიწას, რომ უკანასკნელის მიმზიდველობის გამო ზედ ეცემათ. პლანეტური სისწრაფით მოძრაობის გამო, ატმოსფეროში შემოქრის დროს გამოწვეული დრეხა მათ ისე ასურებს, რომ უკვე მიწის ზედაპირიდან ასიოდე კილომეტრის სიმაღლეზე აინთებიან კიდევ. ამ დროს ისინი გვეჩვენებიან, ან როგორც მოწყვეტილი ვარსკვლავები, რომელნიც სწრაფად ჰქრებიან, ან კიდევ, თუ უფრო დაბლა არიან, როგორც მანათობელი ბირთვები. მეტეორიტების სახით მიწის ზედაპირამდე მიღწევა მათ შორის მხოლოდ განსაკუთრებით მავარს და გამძლეებს შეუძლიათ.

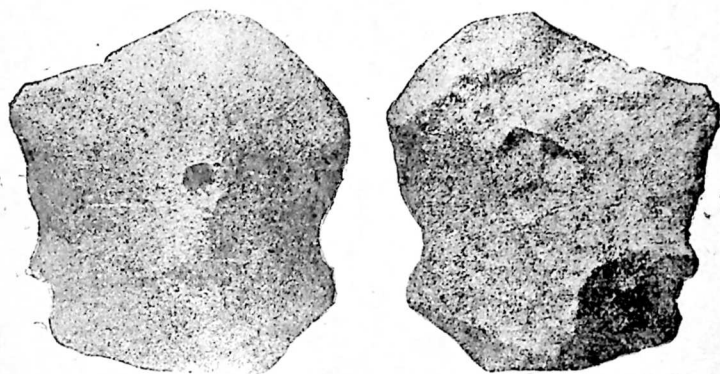
მეტეორიტებს ყოველთვის უწესო ნამტკარეების მოყვანილობა აქვთ და მართლაც, ისინი წინათ არსებულ ბუმბერაზ სხეულთა ნატებებს და ნამტკარეებს წარმოადგენენ. მათი სიდიდე უმეტეს შემთხვევაში უმნიშვნელოა. 5 კგ-იანი ნატებები უკვე იშვიათია, თუმცა ზოგიერთ შემთხვევაში გაცილებით უფრო დიდი მასებიც ჩამოვარდნილა (50000 კგ-მდე). დროგამოშვებით ერთად ვარდება ათასობით პატარა ქვები ან კიდევ რკინის ქანგის წმინდა მტკერი (ე. წ. მტკერ-მეტეორიტები). ჩამოვარდნილი მეტეორიტი ზოგჯერ მიწაში ეფლობა მკირდე.

ყველა მეტეორიტები იმავე ქიმიური ელემენტებისგან შედგებიან, რომლებსაც მიწაზეც ვპოულობთ. იგივე ითქმის მეტეორიტების შემადგენელი მინერალების შესახებ. მთავარი მნიშვნელობა მათ შორის ნიკელიან რკინას აქვს. მის გვერდით განსაკუთრებით ხშირია სილიკატები: ოლივინი, რომბული და მონოკლინური პიროქსენები და პლაგიოკლასები (განსაკუთრებით ანორთიტი). გაცილებით ნაკლებ მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენენ ფოსფორ-ნიკელიანი რკინა (შრეიბერზიტი), ქრომიტი, ალმასი, გრაფიტი და ამორფული ნახშირი, ტროილიტი, აპატიტი, ტრიდიმიტი-ასმანიტი, კვარცი, ცირკონი და სხვა.

ყველა მეტეორიტები უწყლო არიან. მეტეორიტების უმრავლესობა მთლიანად ან უმთავრესად რკინისგან შედგება. მათ რკინამეტეორიტებს უწოდებენ, ხოლო სტრუქტურის მიხედვით ოქტაედრიტებად (ოქტაედრული აგებულებით, რაც ე. წ. ვიდმანშტეტის ფიგურებს იძლევა), ჰექსაედრიტებად (ჰექსაედრული აგებულებით) და ატაქსიტებად (მკერივი შედგენილობით) ჰყოფენ.

გაცილებით უფრო იშვიათია რკინით ღარიბი ქვამეტეორიტები. მათ შორის ხშირად გვხვდებიან მოთეთრო-ნაცრისფერი, წვრილ მარცვლოვანი ქონდრაიტები, რომელთა ძირითადი მასა ოლივინის, ბრონიტისა და ნიკელიანი რკინისგან შედგება და შიგ ვაფანტულ ბურთულებს შეიცავს (Aurifer—ბურთულა). რკინით უფრო მდიდარი არიან აგრეთვე ქონდრებიანი სიდეგოლითები და ქონდრებს მოკლებული აქონდრიტები. ქვამეტეორიტების კიდევ

სხვა ჯგუფებს წარმოადგენენ ნახშირბადიანი მეტეორიტები და ე. წ. მი-
ნებრივი მეტეორიტები ანუ ტექტიტები, რომელთა მეტეორიტული წარ-
მოშობა ყველასაგან მიღებული არ არის.



სურ. 3. მეტეორიტი მოკსიდან (წინა და უკანა მხარე, E. Döll-ის მიხედვით)

აქედან გამომდინარეობს მეტეორიტების შემდეგი დაჯგუფება:

I. რკინამეტეორიტები

- | | | | | | | | | |
|---|--|-----------------------|--------------|-----------------------|---|---------------|---|------------|
| 1. მეტეორული რკინა | <table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>ოქტაედრიტები</td> <td rowspan="3">} სიკვრივე
7,5—7,8</td> </tr> <tr> <td>{</td> <td>ჰექსაედრიტები</td> </tr> <tr> <td>{</td> <td>ატაქსიტები</td> </tr> </table> | { | ოქტაედრიტები | } სიკვრივე
7,5—7,8 | { | ჰექსაედრიტები | { | ატაქსიტები |
| { | ოქტაედრიტები | } სიკვრივე
7,5—7,8 | | | | | | |
| { | ჰექსაედრიტები | | | | | | | |
| { | ატაქსიტები | | | | | | | |
| 2. ლითოსიდერიტები (ვარდამაველნი I-დან, II-საკენ). | | | | | | | | |

II. ქვამეტეორიტები

- | | | | | | | | | |
|--|--|------------------|--------------|------------------|---|------------|---|-------------|
| 1. ჩვეულებრივი | <table border="0"> <tr> <td>{</td> <td>სიდეროლითები</td> <td rowspan="3">} სიკვრივე 3—3,4</td> </tr> <tr> <td>{</td> <td>ქონდრიტები</td> </tr> <tr> <td>{</td> <td>აქონდრიტები</td> </tr> </table> | { | სიდეროლითები | } სიკვრივე 3—3,4 | { | ქონდრიტები | { | აქონდრიტები |
| { | სიდეროლითები | } სიკვრივე 3—3,4 | | | | | | |
| { | ქონდრიტები | | | | | | | |
| { | აქონდრიტები | | | | | | | |
| 2. ნახშირბადიანი მეტეორიტები | სიკვრივე | | | | | | | |
| 3. ტექტიტები ანუ მინებრივი მეტეორიტები | 1,7—2,9 | | | | | | | |

თავისი შემადგენლობის და სტრუქტურის მიხედვით მეტეორიტები შეიძლება
მხოლოდ მიწიერი წარმოშობის ერთპტივულ ქანებს შევადაროთ და ისიც
მხოლოდ ძლიერ ფუძებრივებს და რკინით მდიდართ, როგორც არის, მაგალი-
თად, ოლივინიანი ქანები (პერიდოტიტი, ლერზოლითი, დუნიტი), რომლებსაც
იგივე შემადგენელი ნაწილები აქვთ, რაც ზოგიერთ ქონდრიტებს (ოლივინი,
ენსტატიტი, ავგიტი, ანორთიტი და ა. შ.). მხოლოდ რკინის რაოდენობა მეტეო-

რიტებში გაცილებით მეტია, ხოლო ტალმანჯანგასი და ჟანგბადის ნაკლები, ვიდრე მიწის მაგმურ ქანებში.

რაც შეეხება მეტეორიტების წარმოშობის საკითხს, დანამდვილებით მხოლოდ ის შეიძლება ითქვას, რომ მათი ყველა თვისებები უფრო ვულკანურ წარმოშობას მოწმობენ, ვიდრე დალექვას. თუ სხვადასხვა სახის მეტეორიტებს რაიმე ერთი კოსმიური სხეულის ნაწილებად ჩავსთვლით, მაშინ ფრანკ ქიმიკოს და გეოლოგ დობრესთან (Dobrinski) ერთად უნდა წარმოვიდგინოთ, რომ რკინით ღარიბი და ტალმანჯანგით მდიდარი სახეები ციური სხეულის გარსს ეკუთვნოდნენ. ამიტომ რკინის მეტმა წილმა დაქანგვა განიცადა და სილიციუმის სიმკვევრებს შეუერთდა. რკინით მდიდარი მძიმე მეტეორიტები კი ამ სხეულის გულისგან წარმოდგებიან, სადაც რკინა დაქანგვისგან დაცული იყო. ამრიგად შეიძლება დავეშვათ, რომ ციური სხეულები აგებული არიან მსგავსად ჩვენი მიწისა, რომლის ქერქი მეტად მსუბუქი ქანებისგან შედგება, ღრმად მდებარე შიგა ნაწილები კი უფრო მძიმე ნვითიერებებით, როგორც ფიქრობენ, რკინის დიდი მასებით არის წარმოდგენილი. მეტეორიტები სრულებით არ შეიცავენ ბუშტოვან და წილისებურ ნვითიერებებს და ამის გამო ჩერმაკმა (Tschermak) დაასკვნა, რომ იმ ციური სხეულების, რომლებმაც მეტეორიტები მოგვცა, ვულკანურ მოქმედებას აფეთქებებითი სახე ჰქონდა და გაზების უხარმაზარ ამოფრქვევებში გამოიხატებოდა, რამაც თვით მათი დამსხვრევეც გამოიწვია.

მიწის ფორმა, სიდიდე და სიმკვრივე

მიწას რომ სფეროს ფორმა აქვს, ამას უკვე პითაგორიანთა სკოლა ასწავლიდა: არისტოტელემ კიდევ უფრო განამტკიცა ეს შეხედულება, შემდეგში კი მიწის გარშემო მოგზაურობებმა საესებით დაადასტურეს იგი. მიწის მოყვანალობის გამოსარკვევად ახლა უკვე გრადუსის გაზომვებით სარგებლობენ. ამ გაზომვებით გამოირკვა, რომ მიწა პოლუსებთან ჩაბრტყელებულ სფეროიდს ანუ ე. წ. ბრუნვით ელიპსოიდს წარმოადგენს. ჩაბრტყელების სიდიდე ჰელმერტის (Helmert) და ჰაიფორდის (Hayford) მიხედვით $\frac{1}{256}$ -ს უდრის. აქედან პოლუსური რადიუსის სიგრძე რვეალად 6357 კმ და ეკვატორულის კი 6377 კმ უდრის. თუმცა გრადუსის გაზომვები და საქანის დაკვირვება ამტკიცებს, რომ მიწა ბრუნვითს ელიპსოიდს წარმოადგენს, მაგრამ მიუხედავად ამისა, ზუსტმა გაზომვებმა კიდევ საგრძნობი განსხვავებანი მოგვცეს ამ წესიერ გეომეტრიულ ფიგურასთან შედარებით: ამიტომაც ბრუნვითი ელიპსოიდი ჩვენ უნდა მივიღოთ მხოლოდ როგორც იდეალური ფორმა, რომელსაც მიწა ყველგან უახლოვდება, მაგრამ განსხვავება მაინც შესამჩნევი რჩება.

წარსული საუკუნის სამოცდაათიან წლებში ჯერ კიდევ საყოველთაოდ მიღებული იყო, რომ სმელეთი თუ არა, ზღვის წყნარი ზედაპირი მაინც ბრუნვითი ელიპსოიდის თანხედენილია. ფიშერმა (Phil. Fischer) ამ შეხედულების სიყალბეც დაგვიტკიცა; მატერიკების, ამ გივანტური ქვის ბელტების მიშვიდველი ძალის გავლენით ზღვის ზედაპირი ნაპირებთან ყველგან მაღლა იწევს და ამიტომაც ნაპირებთან ზღვის დონე საგრძნობლად უფრო მაღალია, ვიდრე გაშლილ

თქვენშ ბრუნვითი ელიპსოიდისზან ყველა ადგილობრივი გადახრების მხედველობაში მიღების შემდეგ, მიწის ქეშმარიტ ფორმას გეოდი უწოდეს, ლისტინგის (Listing) მიხედვით გეოდის ზედაპირის ხილულ ნაწილს ზღვის უძრავი ზედაპირი უნდა წარმოადგენდეს. მეორე ნაწილის კი ასევე თვალსაჩინოდ გამოხატვა შეიძლება ოკეანის ნაპირებიდან კონტინენტების შიგნით გაყვანილი არხებით.

მათემატიკური თვალსაზრისით გეოდი არის ზედაპირი, რომლის მიმართ სიმძიმის ძალა ყოველ წერტილში მართობულია. ეს მრუდე ზედაპირი მთელ რიგ ნაწილ-ზედაპირებისგან შედგება, რომელთაც მეტი ან ნაკლები სიმრუდე აქვთ და რომელნიც ერთი მეორეს უკავშირდებიან. ოკეანეებზე გეოდის ზედაპირი ბრუნვითი ელიპსოიდის ზედაპირის ქვეშ უნდა მდებარეობდეს, კონტინენტებისაკენ ზევით უნდა იწვევდეს და თვით კონტინენტებზე ელიპსოიდისას უნდა ასცილდეს. მაგრამ ამის შემწნევა ნიველობის შემოწმებით არ შეიძლება, რადგან გეოდის ზედაპირის აწვე-დაწვევას ნიველირიც იზიარებს და, მაშასადამე. ვერავითარ ცვლილებას ვერ აღნიშნავს. სამაგიეროდ ამის შემწნევა შეიძლება საქანის საშუალებით, რომელიც სიმძიმის ძალის უმცირეს ცვლილებებსაც კი გამოხატავს. თუ კი ოკეანეები გეოდის ჩაზნექვას შეესაბამება, კონტინენტებს კი მისი ამობურცვა, მაშინ ბუნებრივია, რომ გაშლილ ზღვაში, ნაპირებიდან შორს. საქანმა უფრო სწრაფად იმოძრაოს, ვიდრე იმავე განედზე ნაპირის ახლოს, ვინაიდან გაშლილ ზღვაზე (გეოდის ჩაზნექვის გამო) მანძილი მიწის ცენტრიდან უფრო მცირეა და, მაშასადამე, მიმზიდველობის ძალა მეტი. გარდა ამისა, ამ თეორიის მიხედვით საქანის მოძრაობა კონტინენტის შიგნით, გეოდის ამობურცვის ადგილებში კიდევ უფრო ნელი უნდა იყოს, ვიდრე ზღვის პირას.

მართლაც დადასტურდა, რომ სეკუნდიანი საქანის რხევათა რიცხვი ოკეანურ კუნძულებზე გეოგრაფიული განედის მიხედვით მოსალოდნელზე უფრო დიდია. სამაგიეროდ კონტინენტებს შიგნით საქანის რხევას შენელება სრულებით არ ეტყობა. რხევათა რიცხვი აქაც ისეთივეა, როგორც სათანადო გეოგრაფიულ განედზე ზღვის ნაპირთან.

გეოდებისტების და განსაკუთრებით ჰელმერტის (Helmert) აზრით საქანის ასეთი მოულოდნელი ქცევა შეიძლება მხოლოდ იმით აიხსნას, რომ არსებობს მუდმივად მოქმედი მიზნები, რომელიც კონტინენტზე მიმზიდველობის ძალის შემცირებას წინააღმდეგობას უწევს.

ბავარიის და ტიროლის ალპებში სიმძიმის ძალის გაზომვის საშუალებით 90-ან წლებში შტერნეკმა (Sterneck) პირველად მოჰფინა სხივი ამ მიზნის ბუნებას. გაზომვებით გამოირკვა, რომ ალპების ამ ნაწილისათვის სიმძიმის სიძლიერე ნაკლები იყო, მაშინ როდესაც მეზობლად მდებარე დაბლობებისათვის (სამხრეთ გერმანიის ზეგანი, ლომბარდის დაბლობი) იგი ჰიარბი აღმოჩნდა. ამის მსგავსი გაზომვანი წარმოებულ იქმნენ შემდეგ იურის მთებში, იტალიაში, ჩრდილო და შუა გერმანიაში, კავკასიაში და სხვაგანაც და თითქმის ყოველთვის ერთისადაიმავე შედეგით: სიმძიმის ძალა მთებში ნაკლებია, ხოლო მეზობელ და-

ბლობებში ქარბი¹. იმავე მოვლენას, რომელსაც ადგილი აქვს დაბლობებში, ზღვებზედაც ვამჩნევთ. მაშინ როდესაც სიმძიმის ძალა მთებში ნორმალურზე დაბალია, დაბლობებში და ოკეანეებზე, პირიქით, იგი ნორმალურს აღემატება. ამ მხრივ ოკეანეს ფსკერსა და კონტინენტურ ბელტებს შორის იგივე დამოკიდებულება არის, რაც დაბლობებსა და მთებს შორის: კონტინენტზე სიმძიმის სიძლიერე ქვენორმულია, ოკეანეზე კი გადაამეტ².

ასეთი განსხვავების ახსნას წინათ მთების ქვეშ სიციარიელეთა არსებობით ცდილობდნენ, ახლა კი სიმკვრივეთა სხვადასხვაობით. ალბათ კონტინენტური ბელტები საკმაო სიღრმემდე, — როგორც ფიქრობენ, დაახლოებით 120 კილომეტრამდე, — უფრო მსუბუქი ქანებისაგან შედგებიან, ოკეანეს ფსკერს ქვეშ მოთავსებული მასები კი უფრო მკვრივი და მძიმე მასალისაგან არიან აგებული. ამგვარად შეიძლება იმ დასკვნამდე მივიდეთ, რომ მიწის ქერქის ამოწეული ნაწი-



სურ. 4. სიმძიმის ძალის ანომალიების წარმოშობა მიწის ქერქში (ალბ-ჰაიმის მიხედვით).

ლები უფრო მსუბუქ ნივთიერებებისგან შედგებიან, ხოლო ჩაზნექილი უფრო მძიმისაგან. აქედან გამომდინარეობს დებულება, რომ მიწის ქერქის მაღალ და დაბალ ნაწილთა შორის წონასწორობა არსებობს, — მდგომარეობა, რომელსაც იზოსტაზისს უწოდებენ.

ალბ. ჰაიმის (Alb. Heim)³ აზრით, მთიანი ადგილების დამახასიათებელი „მასის ლეფექტი“ (ნაკლულობა) მთების ნაოქებრივი აგებულებით აიხსნება. დანაოქებამ გამოიწვია ზედმეტი დატვირთვა, რასაც შედეგად სათანადო ბელტის ჩაძირვა მოჰყვა. ამან კი გამოიწვია უფრო მძიმე ნაწილებისგან შემდგარი და სიღრმეში მოთავსებული მასის (ე. წ. ბარისტეროს) გადაადგილება და უფრო მსუბუქი ზედაპირული ლითოსფეროთი შენაცვლება.

ამიტომაც არის, რომ ლითოსფეროს სისქე მთების ქვეშ მეტია, სიმძიმის ძალა კი ნაკლები, ვიდრე დაბლობზე და ოკეანეზე.

¹ გამოწვევის შედეგად ჰარტი, ალბათ, ყველაზე მძიმე ქანების, დიაბაზების დიდი რაოდენობის გამო.

² Helwert, Die Schwerkraft im Hochgebirge, Berlin 1890. — იგივე, Schwerkraft und Massenverteilung der Erde, Leipzig 1910.

³ ზედ. Heim-ის მშენიანობის ნარკვევი: Das Gewicht der Berge, Jahrb. der Schweiz Alpenklubs, 1918.

მაგრამ როგორც არ უნდა იყოს სიმძიმის ინტენსივობის განაწილების ამ თვისებების ახსნა, ეს კი დამტკიცებულად უნდა ჩაითვალოს, რომ ნაპირთან კონტინენტების მიმზიდველობის გავლენა ზღვის ზედაპირზე ან ძლიერ შემცირებული არის ან სრულყოფილთა გაბათილებული კონტინენტების სიმკვრივის სიმცირის გამო ოკეანის ფსკერთან შედარებით.

სიმძიმის ძალის ანომალიის ანუ ნორმალურ სიდიდიდან ადგილობრივ გადახრათა დაწვრილებიას შესწავლას უაღრესად დიდი გეოლოგიური მნიშვნელობა აქვს¹, რადგან საშუალებას გვაძლევს წარმოვადგინოთ ვიქონიოთ მიწის სიღრმეში მოთავსებული და უშუალო დაკვირვებისათვის მიუწვდომელი ადგილების აგებულობის შესახებ. სამწუხაროდ, ევროპის კულტურულად მოწინავე ქვეყნებშიაც კი ცნობები სიმძიმის ძალის ანომალიების შესახებ მეტად მცირეა იმისათვის, რომ შესაძლებელი იყოს კემზარიტი შეხედულების შემუშავება სიმძიმის ძალის განაწილების თავისებურებათა შესახებ, თუნდ ერთ მხარეში მაინც.

მიწის სიმკვრივე. უმათერესი ქანთაშენი მინერალების სიმკვრივე 2,5 არ აღემატება, ყველაზე გაყრცელებული ქანების სიმკვრივე კი ამაზე ცოტა მეტია. ზედაპირული ქანების საშუალო სიმკვრივე 2,8-ს არ აღემატება. რადგან მიწის ზედაპირის უმეტესი ნაწილი დაფარულია წყლით (რომლის სიმკვრივე 1 უდრის), ამიტომ როგორც მტკიცე, ისე თხევადი ზედაპირული გარსის საერთო საშუალო სიმკვრივე 2-ზე მეტი არ უნდა იყოს.

ასეთი შედეგი ძირითადად ეწინააღმდეგება სხვა მეთოდებით გამოანგარიშებულს მიწის საშუალო სიმკვრივეს, რომელიც 5,5 უდრის. ამიტომ უნდა ვიფიქროთ, რომ მიწის გულში გაცილებით უფრო მკვრივი მასებია მოთავსებული, ვიდრე მის ზედაპირზე გვხვდება. ბუნებრივია, რომ ამ მასების სიმკვრივე 5,5-ზე მეტი უნდა იყოს, რომ ზედაპირული მცირე სიმკვრივის კომპენსაცია მოხდეს.

როგორც უკვე ზემოთ იქმნა აღნიშნული, მიწის შიგა ნაწილს ბარის ფერო ეწოდება, უფრო მზატე ზედაპირულს კი — ლითოს ფერო. ამ უკანასკნელში უფრო მსუბუქი შემადგენელი ნაწილები სპარბობენ: მეტადრე ტალჰანჯანგა, ალუმინიუმი და ტუტე-მიწიანი მეტალები; ბარისფეროში კი უფრო მძიმე ნივთიერებები გვხვდებიან, როგორც არიან მაგალითად: რკინა, კალციუმი და მაგნიუმი. დასასრულ, მიწის კიდევ უფრო ღრმა ფენებში, ეგრედწოდებულ ცენტროსფეროში, ახალ შეხედულებათა თანახმად მიწა უმთავრესად ნიკელიანი რკინისაგან შედგება. ვიხერტის (Wiechert) მხედულებით, რომელიც მიწის შიგნით მიწის ძვრის ტალღების გავრცელების დაკვირვებას ემყარება, თუ მიწის ზედაპირული ნაწილის სისქეს დაახლოვებით 1200 კმ ვივარაუდებთ, მის ზედა ფენებში საშუალო სიმკვრივე 2,7 იქნება, ხოლო ქვევით 3,4; რაც შეეხება რკინის ბირთვის, რომელსაც მიწის რადიუსის $\frac{3}{4}$ -დან $\frac{1}{5}$ -მდე უკავია, მისი სიმკვრივე 4—12-ამდე უნდა აღწევდეს და საშუალოდ 8-ს უნდა უდრიდეს (შეად. სურ. 5).

¹ Franz Kossmat, Die Beziehungen zwischen Schwereanomalien und Bau der Erdrinde, Geol. Rundschau, 12, zsg. 165. 1921.

მიწის სითბო და შიგნეთის მდგომარეობა

მიწას ორი წყარო აწვდის სითბოს: მზე და მიწის შიგნეთი. მიწის ზედაპირის გათბობისათვის მხოლოდ მზის სითბოს აქვს მნიშვნელობა, ხოლო მიწის შიგნეთის ტემპერატურისათვის კი მთავარი შიგნეთის სითბო არის¹.

უკვე დიდიხანია რაც შენიშნულია, რომ მიწის ქერქის ზედა ნაწილში, ჩვენი განედისათვის დაახლოებით 15 მეტრის სიღრმემდე, ტემპერატურა ქანაობს როგორც დღედაღამის, ისე წლის განმავლობაში; ამის ქვევით კი იგი ერთსა და იმავე დონეზე წლიდან წლამდე უცვლელი რჩება², ხოლო სიღრმესთან ერთად განუწყვეტლივ მატულობს.

ამას ადასტურებს შახტებში, გვირაბებში და უმთავრესად კი ღრმა ბურღილებში წარმოებული გაზომვები. ასე მაგალითად, შპერენბერგის (ბერლინის სამხრეთით) ბურღილში 1268 მ სიღრმეზე ტემპერატურა $98^{\circ},1^{\circ}\text{C}$ იყო. შლადებახის ბურღილში (მერნებურგის ახლოს) 1716 მ სიღრმეზე $56,6^{\circ}$, პარუშოვიციში (ზემო სილეზიაში) 1959 მ სიღრმეზე $69,25^{\circ}$, ჩუხოვთან კი, ამჟამად დედამიწაზე არსებულ ბურღილებიდან ყველაზედ უფრო ღრმაში, 2221 მეტრის სიღრმეზე ტემპერატურა $83,4^{\circ}$ -მდე აღწევდა.

ასეთი დაკვირვების მიხედვით შეგვიძლია სიღრმესთან დაკავშირებით ტემპერატურის ზრდის სისწრაფე გამოვიანგარიშოთ. საშუალო სიღრმეს, რომელიც უნდა გავიაროთ, რათა ტემპერატურის ერთი გრადუსით მომატება მივიღოთ, გეოთერმული გრადიენტი ეწოდება. ჩვენი მხარეებში იგი დაახლოებით 30 მეტრს უდრის. მაგრამ ხშირად იგი საგრძნობლად იცვლება, რადგან სხვადასხვა პირობების გავლენას განიცდის. ასეთია, მაგ., ტოპოგრაფიული პირობები, ქანების სხვადასხვა სითბოგამტარობა, ქიმიური პროცესების გამო (განსაკუთრებით ქვანახშირთან) ქანებში წარმოშობილი სითბო და ვულკანურ მოვლენათა გავლენა, როგორც ამას იაპონიაში, ოვერნი და შვაბეთის ზოგიერთ ადგილებში ვხედავთ, სადაც ვულკანების სიახლოვე შესამჩნევად ამცირებს გეოთერმული გრადიენტის სიდიდეს.

აქამდე მიღწეულ უმნიშვნელო სიღრმეთა ფარგლებში ტემპერატურა თითქოს სიღრმის პროპორციულია, მაგრამ უნდა ვიფიქროთ, რომ უფრო დიდ სიღრმეებზე ტემპერატურის ზრდა შენელებულია და გეომეტრიული პროპორციით სწარმოებს.

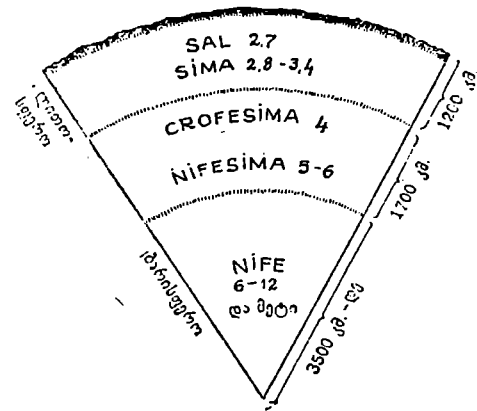
მრავალი კილომეტრის სიღრმეზე არსებული მაღალი ტემპერატურის შესახებ, რომელიც 1000° -ს აღემატება, ლავის ამონახვევანი მოწმობენ. ამის მიხედვით ჩვენ იმ დასკვნამდე მივიღივართ, რომ დაახლოებით 100 კილომეტრის სიღრმეზე უკვე იმდენად მაღალი ტემპერატურა უნდა არსებობდეს, რომ ყველა ქანები გალლობილ მდგომარეობაში იმყოფებიან. და მართლაც, ვიხერტი და სხვებიც ფიქრობენ, რომ მიწის მაგარ ქერქს და შიგარკინის გულს შორის 100—200 კილომეტრის სისქე მაგმური ზონაა მოთავსებული, რომელიც მთლიანად გალლობილი ქანებისაგან შედგება.

¹ Ed. Dunker, Die Wärme im Innern der Erde, Stuttgart, 1896.

² იგი კოტა მეტია, ვიდრე მოცემული ადგილის საშუალო წლიური ტემპერატურა.

ამგვარად კვლავ ვუბრუნდებით ძველ გეოლოგიურ დებულებას, „მიწის გა-
 ლლობილი შიგნეთის“ შესახებ დებულებას, რომელიც კარგად ეთანხმება ზემოთ
 გამოთქმულ შეხედულებებს მიწის წარმოშობასა და მის პირველად მდგომარე-
 ობაზე. როგორც ზემოთ დავინახეთ, მიწაც, მზის სისტემის დანარჩენ სხე-
 ულთა მსგავსად, დასაწყისში გაღობილ მდგომარეობაში იმყოფებოდა და მხო-
 ლოდ შემდეგ დაიწყო გაცივება ზედაპირიდან და მტკიცე სამოსელი (ქერქი) გა-
 დაიკრა. გაცივება თანდათან მატულობდა გეოლოგიური დროის განმავლობაში.
 მიუხედავად ამისა სითბოს მარაგის ნაწილი აქამდე დარჩა მიწის გულში, რაც
 სიღრმეში სითბოს ზრდას იწვევს¹.

მიწის შიგნეთის მდგომარეობის შესახებ შეიძლება ესა თუ ის შეხე-
 დულება მხოლოდ პირობითად წამოგაყენოთ. როგორც უკვე ზემოთ იყო აღ-



სურ. 5. მიწის აგებულება (ზიუსის და ვიხერტის მიხედვით).

ნიშნული, ახლა ფიქრობენ, რომ
 გარეგანი მტკიცე ქერ-
 ქის შიგნით გაღობილი ქა-
 ნების ზონა მდებარეობს, რო-
 მელიც სიღრმეში, წნევის თან-
 მეთანი ზრდის გამო, მტკიცე
 მდგომარეობაში გადადის. ასე
 რომ თვით მიწის გული
 მტკიცე უნდა იყოს. ამთან
 ერთად, ზოგიერთი მკვლევარის
 აზრით, მიწის გული ზეკრიტი-
 კულ მდგომარეობაში მყოფი გა-
 ზებისგან შედგება, ე. ი. გაზე-
 ბისგან, რომელთა გათხევადება
 მათი მეტად მაღალი ტემპერა-
 ტურის გამო უდიდეს წნევასაც
 აღარ შეუძლია; მაგრამ ეს იქას
 არ ნიშნავს, თითქო არ შეიძ-

ლებოდეს მიწის გულს თხევადი ან თვით მტკიცე სხეულის მსგავსი სიმკვრივე
 ჰქონდეს.

¹ რადიუმის და რადიოაქტიური ნივთიერებების აღმოჩენის შემდეგ დასაშვებად მი-
 ანდათ მიწის გათბობის მეორე წყაროდ რადიოაქტიური პროცესების წარმოდგენა; მაგრამ,
 როგორც ჩანს, მიწა ამგვარი ნივთიერებებით იმდენად მდიდარი არ არის, რომ მათ მიწის სი-
 თბოზე დიდი გავლენის მოხდენა შეეძლოს. მიუხედავად ამისა, მაინც შესაძლებელია, რომ არა-
 მარტო მიწის, არამედ სხვა ციური სხეულების გაცივებაც რადიოაქტიური პროცესების დროს
 გამოყოფილი სითბოს შედეგად საგრძნობლად შეწვლულია.

რადიუმის მსოფლიოში რომ დიდ როლს თამაშობს, 1912 წლის ახალი ვარსკვლავის (Nova
 Geminorum 2) გამოჩენის დროს ბონის ობსერვატორიაში წარმოებულმა დაკვირვებებმა გვი-
 ჩვენა, რომელთა საშუალებით დამტკიცებულ იქნა, რომ აქ რადიოაქტიური ნივთიერებების
 დიდ ამოფრქვევას ჰქონდა ადგილი, სპექტროსკოპის საშუალებით გარდა რადიუმის მომცემი
 ნივთიერების, ურანისა, ალმოჩნილ იქმნენ აგრეთვე მისი დაშლის პროდუქტები—ემანაცია და
 ჰელიუმი.

ასეთი შეხედულებები მიწის შიგნით ზე საკმაოდ კარგად დადასტურდნენ მიწისძვრების უახლოესი დროის გამოკვლევებით. მიწისძვრის ტალღების გადაცემის ხასიათი გვაფიქრებებს, რომ მიწა შედგება შედარებით პლასტიური და ნაკლებად მკვრივი გარეგანი სფეროსაგან, მის ქვეშ მდებარე მაგმური ზონისაგან და მეტად მკვრივო, მტკიცე და დიდ დიამეტრიანი ბირთვისაგან (გულისაგან). ამიტომ მიწის აგებულება შეიძლება წარმოვიდგინოთ ისე, როგორც ეს ნაჩვენებია სურ. 5-ზე.

მიწის გულის ტემპერატურა ვიხერტის მიხედვით 3000°-ს არ აღემატება.

ზიუსმა (E. Suess)¹, რომელიც ემყარებოდა ვიხერტის გამოკვლევებს, მიწის გარეგან ქერქს, რომელიც დანალექ ქანებს გარდა უმთავრესად სილიციუმის (Si) და ალუმინიუმისაგან (Al) შემდგარ განიტებს და გენისებს შეიცავს, „სალი“ (Sal) უწოდა, რაც ბოლო დროს ვეგენერმა უფრო მოხდენილი სიალი-ით (Sial) შესცვალა. სალი-ის ქვეშ მდებარე ზონას, სადაც ტალმანჟიანით ღარიბი და მაგნიუმით მდიდარი ქანები სქარბობენ (დიორიტები, დიბაზები, გაბროები და სხვა), ზიუსი „სიმა“ (Sima) სახელწოდებით აღნიშნავს. ამ ორ ზონას ქვეშ მდებარეობენ მიწის გულისკენ ანუ ზიუსის „ნიფესკენ“ (Nife) გარდამავალი ზონები: Crofesima და Nifesima (სურ. 5).

მიწის სხეულის ასეთი კონცენტრულ—ფენობრივი აგებულების ჰიპოთეზისაგან ცოტაოდნად განსხვავდება გოლდშმიდტის² ახალი შეხედულებანი. ატმო-და ჰიდროსფეროს ქვემოთ გოლდშმიდტი არჩევს:

1. გარეგან მტკიცე სილიკატურ ქერქს, რომლის სისქეს იგი 120 კმ და სიმკვრივეს 2,8 სთვლის.

2. უფრო მკვრივ გაბროსებური სილიკატების ანუ ეკლოგიტურ გარსს 3,6—4 სიმკვრივით. მიწისძვრებზე დაკვირვებების მიხედვით იგი 1200 კმ სიღრმემდე უნდა აღწევდეს.

3. სულფიდურ-ქანგურ გარსს, რომელიც Fe, Cr, Ti-ის გოგირდშენაერთებისა და ქანებისაგან შედგება (პირიტი, მაგნეტიტი, ქრომიტი, ტიტანუმიანი რკინა, რუტილი). 5,6-ის საშუალო სიმკვრივით და 2900 კილომეტრის სიღრმემდე.

4. მეტალურ გულს, უთუოდ ნიკელ-რკინისაგან შემდგარს და 8 სიმკვრივით.

გეოლოგიური წახსულის კლიმატური მითარება

მიწის ჰავათა ჯგუფებად დანაწილების ცდა უმთავრესად კოპენმა (W. Köppen) მოახდინა. უკანასკნელ თავის შრომაში³ იგი ჰავის შემდეგ 5 მთავარ ჯგუფსა და თერთმეტ ქვეჯგუფს არჩევს:

¹ Suess, *Antlitz der Erde*, III, 2, გვ. 626, 1909.

² Goldschmit, *Geochemische Verteilungsgesetze der Elemente*. Videns. Selsk. Skrifter, Kristiania. Mat.—Naturw. Kl. 1923, 3.—შეად. აგრეთვე—იგივე: *Die Naturwissenschaften*, 42, Berlin (Springer) 1922.

³ Köppen, *Klassifikation der Klimate*, Peterm. Mitteil., 1918. გვ. 193.

მეტეოროლოგი	ცხელი, ნესტიანი	}	1. ტროპიკული პირველყოფილი ტყე
			2. სავანები, (ორი ან მეტი მშრალი პერიოდით)
მეტეოლოგი	ცხელი, მშრალი	}	3. სტეპები
			4. უდაბნოები
მეტეოლოგი	ზომიერად თბილი	}	5. მშრალ ხამორიანი (ჩინეთი)
			6. მშრალ ხაფხულიანი (იტალია)
			7. ზომიერად ნესტიანი (გერმანია)
მეტეოლოგი	ცივი (სუბარქტიული)	}	8. ნესტიანი, ცივ ხამორიანი (ჩრდილო ევროპა)
			9. მშრალი, ცივ ხამორიანი (ალპოსავლ. ციმბირი)
	პოლუსური (არქტიული)	}	10. ტუნდრები და ხავსიანი სტეპები (ჩრდილო აზია)
			11. მუდმივი ყინვა

როგორც ეს სურ. 6-დან ჩანს, მიწის ზედაპირზე კლიმატური ტიპები მომდევნო, თუმცა არა წესიერ სარტყლებს წარმოადგენენ. ისინი ერთი მეორეს მიჰყვებიან არა მარტო ჰორიზონტული მიმართულებით, არამედ ვერტიკალური მიმართულებითაც ადგილების სიმაღლის ცვალების გავლენით.

რაც უნდა საინტერესო იყოს კოეპენის დანაწილება, იგი მეტად რთულია იმისათვის, რომ გამოყენებულ იქნას გეოლოგიაში. უფრო მისაღებია პენკის¹ მიერ წამოყენებული დანაწილება ნესტიანი (ჰუმიდური), მშრალი (არიდული) და თოვლიანი (ნივალური) ჰავის სახით, დაფუძნებული ატმოსფეროს ნალექების რაოდენობასა და ხასიათზე: ჩვენთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ნესტიანს, ნალექებით მდიდარს, და მშრალს, ნალექებით ღარიბს ქვეყნებს შორის განსხვავებას. იგი ნაწილობრივ უდგება რიხტჰოფენის² მიერ ძველად დადგენილ კონტინენტების ცენტრალურ და პერიფერიულ მხარეებად დანაწილებას.

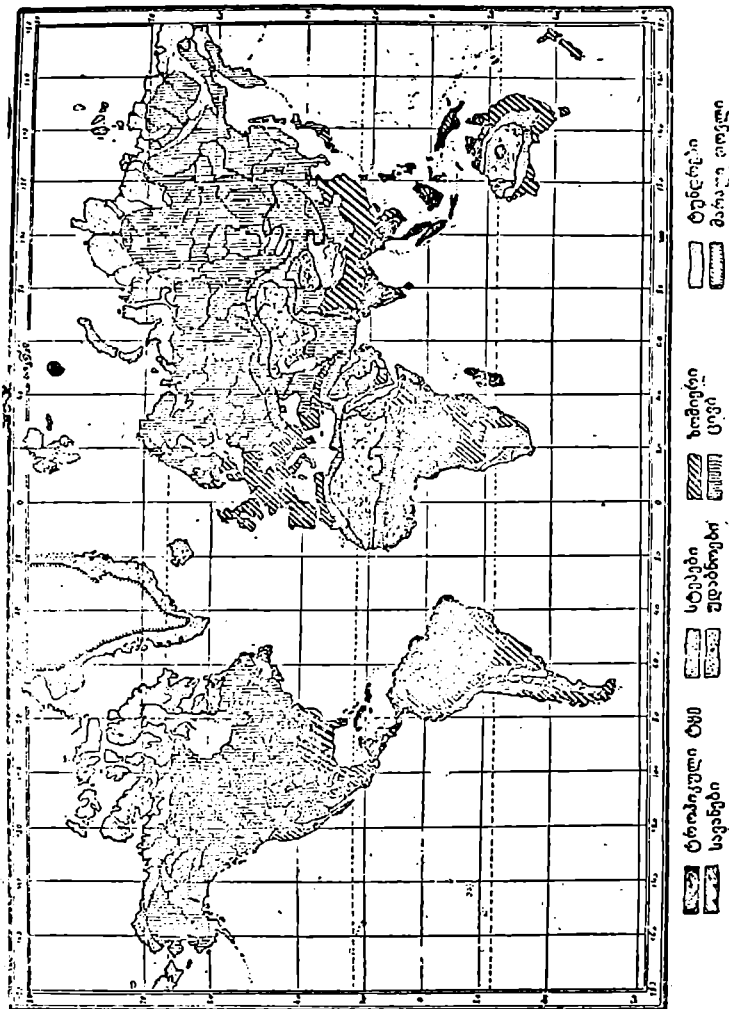
პერიფერიული მხარეები მიწის ვიწრო ზოლებია, სადაც ატმოსფეროს ნალექების რაოდენობა სპარბობს აორთქლებას და ზემოეტი წყალი მდინარეების მეშვეობით ზღვაში ჩადის. ცენტრული მხარეები, პირიქით, ნალექებით ღარიბი არიან. მათში აორთქლება სპარბობს ნალექების რაოდენობას და მდინარეები შრებიან სანამ ოკეანეს შიდაწვედნენ. ამასთან არის დაკავშირებული მშრალი მხარეების ძლიერ დამახასიათებელი მოვლენა—შივა გაუდინარი ტბების არსებობა.

ნესტიან ჰავაში გამოფიტვის პროდუქტების ძლიერი დაგროვება შეუძლებელია. აქ ეროზია ღიდ მუშაობას აწარმოებს ზედაპირზე არსებული ხრამების გაფართოებისა და გაღრმავებისათვის და აგრეთვე ახლების გაჩენისათვის. ამნაირად აქ რელიეფის მრავალფეროვნება უფრო მკაფიო ხდება. მშრალი ჰავის პირობებში, პირიქით, დაშლის და გამოფიტვის პროდუქტები მძლავრ მასებად გროვდებიან და ქიმიური ან მექანიკური ნალექების სახით თანდათან აგებენ

¹ Penck, Versuch einer Klimaklassifikation, Sitzungsber. Berl. Acad., 1910, 83. 239.

² Richthofen, China, I, 33. 8. Berlin 1877.

არა შარტო არსებულ ღრმა ადგილებს, არამედ ჰფარავს გორაკებსაც და შუებს. მთები იფარებიან თავიანთივე ნაშალი მასალის ქვეშ. ვინაიდან ეროზიის პრო-



სურ. 6. დედამიწის მთავარი კლიმატური ზონები (კოქენის მიხედვით, კოტა გამბარტენ-ბელად).

ცხი აქ ძლიერ სუსტია, რელიეფის უსწორ-მასწორობა, წინააღმდეგ ნესტიანი მხარეებისა, უფრო და უფრო თანაბრდება. ამ მხარეებს შორის განსხვავებას კიდევ უფრო აღრმავებს ის გარემოება, რომ ჰაერის სინესტე და რელიეფის ცვა-

ლება ხელს უწყობს მდიდარი და მრავალფეროვანი მცენარეულობის განვითარებას, იმ დროს როდესაც მშრალ ჰავაში და ერთგვაროვან ზედაპირზე მხოლოდ ერთფეროვანი და ღარიბი ფლორა ვითარდება.

გეოლოგებისთვის მშრალ და ნესტიან მხარეებს შორის განსხვავება იმაში მდგომარეობს, რომ ნესტიანი მხარეებიდან დაშლის (გამოტუტების) პროდუქტები თითქმის მთლიანად გაიტანება, იმ დროს როდესაც მშრალ ქვეყნებში ისინი ადგილზე რჩებიან და ახალი ნალექებისთვის მასალას იძლევიან (მდინარეებისა, ტბების თუ ეოლური ნალექები).

სხვადასხვა ფორმაციების დანალექ ქანებს ხშირად აქვთ სხვადასხვა ნიშნები, რომელთა მიხედვით შეიძლება წარმოდგენა ვიკონიით იმ კლიმატურ პირობებზე, რომლებშიაც ისინი წარმოშობიან. ეოლურ, მდინარეების, ტბების, მყინვარებისა და ორგანიულ წარმონასხთა განხილვის დროს შემდეგში შემთხვევა გვექნება ამ ნიშნებზე არა ერთხელ შევჩერდეთ. აქ მხოლოდ აელნიშნავთ, რომ ქვაშარილი და თაბაშირი და აგრეთვე, ძლიერ ხშირად, ქანების მოწითლო ფერი უდაბნოს ნალექებს ახასიათებს, ქვანახშირი გვაფიქრებინებს ნესტიან ჰავაზე, ხოლო ლამლოდნარი თოვლიან ჰავაში წარმოშობას მოწმობს.

ამ არაორგანიულ ნიშნებს ნალექ ქანებში თან ახლავს აგრეთვე ორგანიული ნიშნებიც, ესე იგი ნამარხები. ესენი ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად სწორად გვიჩვენებენ ამა თუ იმ მხარის კლიმატურ ვითარებას მიწის წარსულის რომელიმე პერიოდში.

თუ რომელიმე გეოგრაფიულ განედზე, სადაც დღეს მთელი წელიწადი თოვლისა და ყინულის სამფლობელოა, ჩვენ ვიპოვით რიფის მანუშნებელი მარჯნების ნაშთებს, დიდრონ ტროპიკული ტიპის მოლუსკებს, გვიმბრის მაღალ ხეებს და სხვ., ჩვენ უფლება გვექნება დავასკვნათ, რომ აქ ოდესღაც თბილი ჰავა ყოფილა. მართალია, ეს დასკვნა ყოველთვის უდავო არ იქნება, — მაგალითად, სპილო და მარტორქა, რომლებიც დღეს ტროპიკულ მხარეებში ცხოვრობენ, ყინულოვან ხანაში ცივ მხარეებშიც ბინადრობდნენ და ეს ამტკიცებს, თუ რამდენად ძლიერია ცოცხალი არსების ჰაეისდამი შეკუების უნარი, — მაგრამ ამის მიუხედავად, თუ ჩვენ შრეების რომელიმე წყებაში სხვადასხვა ჯგუფის ცხოველებს და მცენარეებს ვპოულობთ, რომელნიც თბილ ჰავას ახასიათებენ, თითქმის შეუცდომლად შეგვიძლია შესაბამე პერიოდს და ადგილს თბილი ჰავა მივაკუთვნოთ.

ნამარხების შესწავლა ისეთ ფაქტებს იძლევა, რომ შეგვიძლია დავუშვათ, რომ ბევრი ქვეყნის ჰავა წინათ გაცილებით უფრო თბილი იყო, ვიდრე დღეს არის. წინათ ცდილობდნენ ეს აეხსნათ უბრალოდ, მიწის საერთო მაღალი ტემპერატურით. ვერნერი (Werner) და ჰეტტონი (Hutton) მიმდევრები ამბობდნენ, რომ მიწის ქერქის წინანდელი უმნიშვნელო სისქის გამო შინაგანი სითბო ზედაპირზე მეტის ინტენსივობით მოქმედებდა და ამით ხსნიდნენ ძველი გეოლოგიური პერიოდების უკეთეს კლიმატურ პირობებს.

უფრო ახლო განხილვის შემდეგ ცხადი ხდება, რომ ამგვარი ახსნა მხოლოდ დიდის სიფრთხილით შეიძლება იქმნას მიღებული. ახლა, როდესაც ქანების სითბოგამტარობის რაგვარობა ცნობილია (რამდენად უმნიშვნელოა იგი, იქედან

ჩანს, რომ მოძრავი ლავის ნაკადზე გავლა შეიძლება), ძნელი არ არის იმის გამოანგარიშება, თუ რამდენი სითბო მიიღწევს ზედაპირამდე მიწის შიგნეთის განსაზღვრული ტემპერატურისა და მიწის ქერქის განსაზღვრული სისქს პირობებში. სარტორიუს ვალტერსჰაუსენმა (Sartorius v. Waltershausen) შეასრულა ასეთი გამოანგარიშება და გვიჩვენა, რომ მიწის ქერქს უკვე მეზოზოური ერის შუაგულში ისეთი სისქე ჰქონდა, რომ შინაგან სითბოს არ შეეძლო შესაძინევი გავლენა მოეხდინა მიწის ზედაპირის ტემპერატურაზე. ამასთანავე მიწის ქერქის სიმძლავრის შეფასება, რომელსაც სარტორიუსი სხვადასხვა გეოლოგიურ პერიოდებისათვის იძლეოდა, გაცილებით ნაკლებია, ვიდრე სინამდვილეში; ამიტომ შეიძლება მივიღოთ, რომ უფრო ადრეც, ვიდრე ის ვარაუდობდა, მიწის გარეგანი ტემპერატურა უკვე არ შეიძლებოდა შინაგანი სითბოს გავლენით საგრძნობლად აწვეულიყო.

მაგრამ არსებობს ყოველ შემთხვევაში მთელი რიგი ფაქტები, რომელნიც გვაიძულებენ დავუშვათ, რომ პალეოზოოლოგიაში მალაღვანელებზეც თბილი ჰაეა მეფობდა. შეიძლება, მაგალითად, დავასახელოთ პალეოზოოლოგიის მწერები, რომელთა მონათესავე თანამედროვე ფორმები, სპეციალისტების მეტი წილის აზრით, განსაკუთრებულ ტროპიკულ მხარეებს ახასიათებენ (და რომელნიც პალეოზოოლოგიაში მალაღვანელებზე გვხვდებიან. მთარგმ.) ამგვარად, პუტონიკს (Putonic) აზრით ის ფაქტი, რომ გიგანტური გვიმბრანაირი მცენარეები, კლამიტები, სიგილარიები და ლეპიდოდენდრონები მდ. ზამბეზიდან მოყოლებული (15°-სამხ. გან.) შიკებერგენამდე და ბარენცის კუნძულებამდე (75—80° ჩრ. გან.) იყვნენ გავრცელებულნი, სულ მცირე რომ ვსთქვათ, უყინულო ჰავას მაინც მოწმობს. ამასვე ამტკიცებს ის გარემოებაც, რომ ქვანახშირული დროის არც ერთ ხეს არა აქვს ზრდის წლიური რგოლები¹, რაც ქვანახშირული პერიოდის ტროპიკული ჰავის მაჩვენებელია, და ბოლოს ის ფაქტი, რომ პალეოზოოლოგიის ზღვის ყველა ფაუნები მიწის სხვადასხვა განედებზე ერთფეროვანი და ყოველგან ტროპიკული ტიპის არიან, ისევე როგორც ზოგიერთი სახის არაჩვეულებრივი გავრცელება მერიდიანული მიმართულებით (*Productus semireticulatus* და *Spirifer masquensis* გვხვდებიან ჩრდილოეთ აფრიკიდან დაწყებული პოლუსის წრემდე, ხოლო *Atrypa reticularis* და *Spirifer Verneuli* საყოველთაოდ არიან გავრცელებული) ხშირად მოჰყავთ ხოლმე იმის საბუთად, რომ პალეოზოოლოგის განმავლობაში მთელ მიწაზე ნესტიანი თბილი ჰაეა იყო.

მაგრამ რამდენადაც ღიდი არ უნდა იყოს პალეოზოოლოგიის ნამარხების მნიშვნელობა იმ დროინდელი ჰავის გამოსარკვევად, არ უნდა დავივიწყოთ, რომ სითბოს რაოდენობა, რომელსაც მიწა სხვადასხვა განედზე მზისგან ღებულობდა, ყოველთვის არათანაბარი იყო. მიწის ზედაპირის თერმულ ურთიერთობაზე უკვე

¹ ზრდის წლიური რგოლები წარმოდგებიან წლის ცივი პერიოდის განმავლობაში ზრდის შეწყვეტის გამო. ეს მოვლენა საერთოა ყველა ხეებისათვის ჩვენ მხარეებში, მაგრამ ტროპიკულ ხეებს არ ემჩნევა, ვინაიდან იქ ზრდის შეწყვეტას ადგილი არ აქვს.

(შეად. *Gothan Naturw. Wochenschr.*, Berlin 1908 წ. და 1911 წ. აგრეთვე *Kayser, Lehrbuch der allgemein. Geologic*, 7—8 გამოტ. 1923, I, გვ. 96, Anm.)

ძველი დროიდან გავლენა უნდა ჰქონოდა ადგილის მდებარეობას ზღვის დონის ზევით, ზღვისა და ჰაერის მდინარეებს და სხვა მიზეზებს. რასაკვირველია, მიწის ნამდვილად საყოველთაოდ თანაბარ ჰაეაზე ლაპარაკი თვით უუშვარეულის კამბრიული პერიოდისათვისაც კი არ შეიძლება.

რომ თვით უძველესი პალეოზოური პერიოდებისთვისაც ჰავის თანაბრობა საფიქრებელი არ არის, ამას შშვენიერად ამტკიცებს უკანასკნელ წლებში როგორც ჩინეთში (იან-ძის რაიონი), ისე სამხრეთ ავსტრალიაში (ადელაიდის მახლობლად) ნაპოვნი ქვედა კამბრიული გამყინვარების კვალი, მორენული თიხებისა და დაკაწრული და მოელვარებული ლოდების სახით.

თავისებურ მოგარძო ჯვარედინ აღნაბეჭედებში ნიუ-იორკის შტატის ზედა დეკონურ ფიქლებზე (ეგ. წოდებული *Fukoides graphica*) კლარკი (John M. Clarke) ყინულის კრისტალებს ჰხედავს და დაასკვნის, რომ იმ დროს ყინულოვანო ხანა არსებობდა.

კიდევ უფრო ადრინდელია კოლემანის (Coleman) მიერ ნაპოვნი ალგონკური მძლავრი ლამლონარი (ტილიტი) კანადაში, ჰურონული ტბის მიდამოებში და აგრეთვე მსგავსი ნალექები კაპლანდის „ტრანსეაალის ფორმაციაში“. უფრო ახალგაზრდა პალეოზოურშიაც არ არის უცნობი მსგავსი მყინვარეული ნალექები, მაგალითად, კაპლანდისვე ქვედა დეკონურში. სწორედ სამხრეთ აფრიკის მაგალითზე კარგად ჩანს გამყინვარებათა პერიოდული გამეორება. მეორე უფრო შესანიშნავმა გამყინვარებამ, ნამდვილმა ყინულოვანმა დრომ მიწა მოიციო პალეოზოურის ბოლოს, როგორც ჩვეულებრივ ფიქრობენ, პერმულ პერიოდში (ზოგიერთი მკვლევარების მიხედვით უკვე ქვანახშირულში). პალეოზოურის ბოლოს გამყინვარება შენიშნულია სამხრეთ ნახევარსფეროს ყველა კონტინენტებზე (ავსტრალია, აფრიკა, ბრაზილია და ფალკლანდის კუნძულები) და აგრეთვე ინდოეთში მძლავრი ტილიტების და მოელვარებულ—დაკაწრული ქვების სახით, რომელნიც განლაგებული არიან რვეალ-ბორცკულად გადაწმენდილ საფუძველზე, ასე რომ მათი წარმოშობა არავითარ ექვს არ იწვევს. წინააღმდეგ მეოთხეული პერიოდის გამყინვარებისა მას არ მოუტყავს მთელი მიწა, არამედ შეზღუდული იყო დღევანდელი სამხრეთ ნახევარსფეროს უდიდესი ნაწილით; ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ქვანახშირულ-პერმულ ნალექებში (თუმცა ევროპისა და ამერიკის შესატყვისი ნაწილები მთელი მიწის საუკეთესოდ შესწავლილ ადგილთა რიცხვს (ეკუთვნიან) გამყინვარების არავითარი კვალი არ არის ცნობილი. მეოთხეულის გამყინვარებისაგან მას კიდევ ის გარემოებაც ასხვავებს, რომ, როგორც ეტყობა, მაშინ, მაგალითად, ინდოეთში კონტინენტური მყინვარი ეკვატორის მახლობელ მხარეებშიაც კი ოკეანის დონემდე აღწევდა. ზოგიერთი გეოლოგების მიხედვით ხსენებული გამყინვარების თანადროულად პალეოზოურის ბოლოში, პერმულ პერიოდში, ძველი ქვეყნის სხვადასხვა ნაწილებში (ევროპა, ინდოეთი, სამხრეთი აფრიკა და სხვა) ალბათ მშრალი, უდაბნური ჰაეა მეფობდა. უზღვისნამარხო რკინის ქანგებთ მდიდარი წითელი ქვიშაქვები და კონგლომერატები გერმანიის Rotliegend-ისა ასეთ შეხედულებას ადასტურებენ. ცეხშტაინის ეპოქისათვის კიდევ უფრო მეტი საბუთი გვაქს ვიფიქროთ, რომ გერმანიის არაჩვეულებრივად მძლავრი ზედა პერმული ქვამარილის საბა-

დოები, განსაკუთრებით კი ადგილად ხსნადი კალიუმის მარილები, მხოლოდ მშრალი და ცხელი ჰაეის პირობებში შეიძლება წარმოშობილიყვნენ. შესაძლებელია, რომ ამნაირივე წარმოშობისა იყვნენ უფრო ძველი სისტემების ზოგიერთი წითელი ქვიშაქვები, მაგალათად, ნამარხებს მოკლებული ქვედა კამბრიულის ქვეშ უთანახმოდ განლაგებული ჩრდილო-დასავლეთ შოტლანდის ტორიდონის ქვიშაქვები,¹ რომელთა სიმძლავრე რამოდენიმე ათას მეტრამდე აღწევს. ამის მიხედვით ჩანს, რომ მიწის ზოგიერთ ნაკვეთებს უკვე შორეულ წარსულში უდაბნოს ტიპის მშრალი ჰავა ახასიათებდა. ეს იმას ამტკიცებს, რომ უკვე უძველეს დროიდან მიწაზე კლიმატური პირობები ძლიერ ცვალებადი და ადგილის მიხედვით განსხვავებული უნდა ყოფილიყვნენ; მიწაზე კლიმატური ზონების ჩამოყალიბების შესახებ პირველი გარკვეული საბუთები მეზოზოური დროიდან გვაქვს. პირველად ეს აღნიშნულ იქნა როემერის (Römer) მიერ ცარცული პერიოდისთვის, ხოლო შემდეგ ნეიმაირის¹ მიერ იურული პერიოდისთვის. ორივე პერიოდის განმავლობაში ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში შესაძლებელი არის ეკვატორის ახლო ზოლს დაუპირისპიროთ უფრო ცივი ბორეალური ზოლი. ეკვატორული ზონის უფრო მაღალი ტემპერატურა მტკიცდება იქ გავრცელებული რიფის მშენებელი მარჯნებით (რომელნიც ბორეალურ ზოლში სრულებით უცნობი, არიან), მით რომ ხეებს იქ ზრდის წლიური რგოლები არა აქვთ, და სხვა პალეონტოლოგიური ფაქტებით.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ მეზოზოურ ნალექებში გამყინვარების კვალი გერ, გარდა, შესაძლებელია, სამხრეთ აფრიკისა, არსად შენიშნული არ არის.

აქვე განსაკუთრებით უნდა აღინიშნოს რომ, როდესაც ჩვენ იურული დროის კლიმატური ზონების არსებობაზე ვლაპარაკობთ, ეს სრულებით არ ნიშნავს, თითქო ასეთი ზონები მანამდე არ არსებულებიყვნენ. ამით ჩვენ მხოლოდ იმის თქმა გვსურს, რომ პირველად ამ პერიოდში მიწის ტემპერატურა იმდენად დაეცა, რომ მანამდე ძნელად შესაძინევი ჰაეის სხვადასხვაობანი ცხადად გამომჯლავნდნენ. მათ გავლენა იქონიეს ზღვის ფაუნებზე და მით ჩვენი დაკვირვებისათვის მისაწდომი შეიქმნენ. მაკრამ მიწის ისტორიის უფრო ძველი პერიოდებისთვისაც გვაქვს ფაქტები, რომელნიც მოწმობენ ჰაეის სხვადასხვაობას, თუმცა, მართალია, არა ისეთი კლიმატური ზონების სახით, როგორც ეს ცარცულ და იურულ პერიოდებში არის. შეიძლება საესებით დავეთანხმოო კოკენს (B. Köken), როდესაც ის თბილი მდინარეობის გავლენით ხსნის ქვანახშირულ-პერმული დროის ფუზულინების შეზღუდულ გავრცელებას ჩრდ. ნახევარსფეროში, სადაც ისინი ჩრდ. გან. 80°-მდე აღწევდნენ. ცეილერი (Zeller) და სხვა გეოლოგები ფიქრობენ, რომ პერმულ მყინვარულ ნალექებთან მჭიდროდ დაკავშირებული *Glossopteris*-ის ცნობილი ფლორა უფრო ცივ ჰავას ეკუ-

¹ Römer, Die Kreidebildungen von Texas, 1852; Neymayr, Über klimatische Zonen, während der Jura und Kreidezeit. Denkschr. Wien. Akad., 1883.

თენის, ვიდრე მის წინა ქვანახშირული ჰავა იყო. ამ შეხედულებამ სრული და-
დასტურება ჰპოვა არბერის (Arber, Glossopteris—Flora, 1905) მიერ ახალ
სამხრეთ უელსში აღმოჩენილი პერმული გაქვავებული ხეების წლიურ ზრდის რგო-
ლებში; ასეთივე რგოლები ნახულ იქნა ჰალეს (Halle) მიერ ფალკლანდის კუნ-
ძელებზე ნაპოვნ პერმულ-კარბონულ ხეებზე.

თუ ახლა ნეოზოურ დროს მივმართავთ, აუცილებელი იქნება უწინა-
რეს ყოვლისა აღვნიშნოთ საყოველთაო და შეუწყვეტელი გაცივება
მესამეული პერიოდის განმავლობაში. ასე, თუ ფლორის შემადგენ-
ლობის მიხედვით ვიმსჯელებთ, უძველეს მესამეულ დროში, პალეოცენში და
კიდევ მეტად ეოცენში, დასავლეთი ევროპის ჰავა გარკვეულად ტროპიკული
იყო. მის მომდევნო ოლიგოცენის დროსაც კი აქ კიდევ ხარობდნენ პალმები და
სხვა მუდმივ მწვანე მცენარეები, რომელნიც ჩრდილოეთით თანამედროვე ბალ-
ტიური ზღვის ნაპირებამდე აღწევდნენ. მიოცენის დასაწყისში გერმანიაში ჯერ
კიდევ გვხვდება თითო-ორჯერ პალმა, მაგნოლია, დაფნა და სხვა, მაგრამ შემ-
დეგ ისინი მალე ისპობიან და მესამეული პერიოდის ბოლოს, პლიოცენში, შუა
ევროპის კლიმატური პირობები დიდად აღარ განსხვავდებოდა თანამედროვის
გან; ამ დროს ზოგიერთ ნალექებში, როგორც, მაგალითად, ინგლისურ Crag-ში,
ფართოდ არის განვითარებული შორეული ჩრდილოეთის მოლუსკები, რომელ-
ნიც მომავალი ყინულოვანი ხანის უდავო წინამორბედებად უნდა ჩაითვალოს.

თუ ეს გარემოებანი საკვირველს არაფერს წარმოადგენენ, სამაგიეროდ ძნე-
ლი ასახსნელია შორეული ჩრდილოეთის ფლორები, რომელთაც მიოცენს
მიაკუთვნებენ და რომელნიც უფრო სწორი იქნებოდა ძველ მესამეულში მოგვე-
თავსებია (ისლანდი, ჩრდილო გრენლანდი, შპიცბერგენი, მდ. მეკენხის აუზი,
მელვილის კუნძულები). ჰეერის (Heer)¹ კლასიკური შრომების წყალობით ჩვენ
ვიცით, რომ ამ მხარეების ნამარხი ფლორები მრავალი ფოთლოვანი და წიწ-
ვიანი მცენარის — იფნის, ნაკერჩხლის, ქადრის, სოკის — ნაშთებს შეიცავენ. ეს
მცენარეები იმ ხანაში ჩრდ. განედის 80°-მდე აღწევდნენ, ხოლო დღეს მათი
გავრცელების საზღვარი გრენლანდის სამხრეთიდან 5°-ის დაშორებით გადის,
ჰკვეთს ისლანდს, გადადის ნორდკაპზე და ლაპლანდისა და ციმბირის ნაპირებს
ცოტა სამხრეთით მიჰყვება.

ეს ფაქტები გვიჩვენებენ, რომ მესამეულ დროში ჩრდილო პოლუსური ქვეყ-
ნების მეტ ნაწილში თბილი ჰავა იყო. რა იყო ამის მაზეზი, თქმა ძნელია. ხო-
ლო ზემო ნათქვამიდან საესვებით ცხადია, რომ ეს მიზეზი არ შეიძლება მიწის
შინაგან სითბოში ვეძიოთ. აგრეთვე ძნელი ასახსნელია ეს მოვლენა ხმელეთისა
და წყლის სხვაგვარი განაწილებით, ვინაიდან სწორედ დღეს შპიცბერგენი გოლფ-
შტრომის მდინარების წყალობით განსაკუთრებით ხელსაყრელ პირობებში იმ-
ყოფება.

ამიტომ ამ მოვლენის ასახსნელად ის-ღა დაგვრჩენია, რომ კოსმიურ მი-
ზეზებს მივმართოთ. არსებობს შეხედულება, რომ პოლუსური ქვეყნების ძლი-
ერი გათბობა დაკავშირებული უნდა იყოს ძველი მესამეული დროს ექსცენტრი-

¹ Heer, Flora fossilis arctica, 1868—1883.

ციტეტის მაქსიმუმთან. უკანასკნელის გამო ჩრდილო ნახევარსფერო ზამთრობით აღიზნება და რჩებოდა მზის ახლოს. მაგრამ ნატჰორსტის (Nathorst) გამოკვლევები აღმოსავლეთ აზიის მესამეულის ფლორის შესახებ თითქო ამ შესაძლებლობასაც სპობენ. უკანასკნელი რომ სწორი იყოს, მაშინ იაპონიის უფრო დაბალ განედებში ჩვენ უფრო სამხრეთის ხასიათის ფლორა უნდა გვხვდებოდეს, ვიდრე პოლუსურ მხარეებში. ნამდვილად ეს ასე არ არის. პირიქით, მაგალითად, დუსის მახლობლად, რუსეთის სახალინზე, ჩრდ. გან. 51°-ზე, ისე როგორც მოგის მახლობლად და იაპონიის სხვა ადგილებში, უფრო დაბალ განედებში (40-35°) ნაპოვნია მესამეულის ფლორა, რომელიც არა თუ არ ამტკიცებს სითბოს სიჭარბეს, არამედ დღევანდელზე უფრო ცივ ჰაერს არსებობას მოწმობს. ყველა ფლორა, რომელიც საგრძნობლად მაღალ ტემპერატურას გვიჩვენებს, თავმოყრილია პოლუსიდან აღმოსავლეთ აზიის მოწინააღმდეგე მხარეზე; ამ გარემოებამ ნეიმარი და ნატჰორსტი ზედა მესამეულში პოლუსის გადაწველების ჰიპოთეზამდე მიიყვანა. პოლუსმა რომ დაახლოვებით 20°-ით გადაინაცვლოს ისე, რომ იგი ჩრდ. გან. 70°-ზე და აღმ. განედის 120°-ზე მოხვდეს, მაშინ ახალი ციმბირის უნძო-ს ფლორა, კერძოდ მესამეულის ძალაზე ჩრდილოური ფლორა, ჩრდ. 80°-ს ზევით მოხვდება; უფრო სამხრეთული ხასიათის კამჩატკის, ამურის ოლქისა და სახალინის ფლორა მოექცევა 68°-70°-ში, ხოლო კიდევ უფრო სამხრეთული ფლორები, მაგალითად, შპიცბერგენის, გრინელის მიწის, გრენლანდის და სხვა—64°—62°—53°—51°-მდე ჩამოვლენ. „ამნაირად ნამარხი ფლორების თვისებები სასვებით ეთანხმება პოლუსის ხსენებულ მდებარეობას. ყოველ შემთხვევაში ყველა ის ფორმები, რომელნიც მარად მწვანე ხეებს შეიცავენ, პოლუსის წრის გარედ რჩებიან“¹.

სემპერიც (M. Sempér)², რომელიც ადრინდელ თხზულებებში ცდილობდა მესამეულის არქტიკული ფლორა მხოლოდ წყლისა და ხმელეთის სხვაგვარი განაწილებით და მდინარებათა სხვა მიმართულებით აეხსნა, შემდეგ აგრეთვე პოლუსის გადაადგილების ჰიპოთეზამდე მივიდა. იგი ჰფიქრობს, რომ ცარცული პერიოდის ბოლოში პოლუსს დაახლოვებით იგივე ადგილი ეჭირა, რაც დღეს აქვს, ხოლო შემდეგ გადაინაცვლა ამერიკის ჩრდილო-დასავლეთით. ეოცენის შუა გულში იგი 30°-ის მანძილზე იყო აღიასკიდან და მხოლოდ ოლიგოცენში დაუბრუნდა თავის ძველ მდგომარეობას. სემპერიც აზრით, ამ დაშვების გამო ძველი ქვეყნის დიდი ცენტრული ჰმელთაშუა ზღვა, რომელიც მესამეულის დასაწყისში თითქმის იმავე სახით არსებობდა, როგორც იურულ დროში, ჰასატების არეში მოექცევოდა და ატმოსფერული წნევა და ქარების განაწილება ისეთი იქნებოდა, როგორიც შეეფერება სემპერიცს მიერ ნაგულისხმევ ზღვის მდინარებას, რომელიც მიმართული უნდა ყოფილიყო აღმოსავლეთიდან დასავლეთისკენ და ინდოეთიდან წამოსული აწინდელ ხმელთაშუა ზღვაზე გაივლიდა.

¹ Nathorst, Zur fossilen Flora Japans. Dames u. Kayser, Paläont., ნაწ. IV, გვ. 3. 1888.

² Sempér, Zeitscht. d. Deutch. Geol. Ges. 1896, გვ. 185 და 1899, გვ. 201.

ამრიგად პოლუსის გადახანაცვლების ჰიპოთეზი, რომელსაც ვეგენერიც (Alf. Wegener)¹ მეტად ცოცხლად აგვიწერს, მიუხედავად მრავალგვარი ექვებისა თანდათან უფრო მტკიცე ნიდაგს პოულობს. ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ძლიერ ძნელია მას გვერდი აუხვიოთ თუნდაც მარტო იმის გამო, რომ პოლუსური ღამის გამანადგურებელი ქარიშხლები და აუარებელი სითბოს გასხივება დაუძლეველ დაბრკოლებას წარმოადგენენ იმ ხე-მცენარეულობის განვითარების ასახსნელად, რომელსაც გრენლანდისა და შპიცბერგენის მესამეულში ვპოულობთ.

მეოთხეული დრო ცნობილია, როგორც მიწის ვაციების პერიოდი, როდესაც ჩრდ. ამერიკის და ჩრდილო ევროპის მეტი წილი მყინვარებმა მოიცვეს. ამავე დროს ჩრდილოეთის მცენარეები და ცხოველები შორს ჩამოვიდნენ სამხრეთისკენ; სამწუხაროდ, ამ განსაკუთრებულ გეოლოგიურ მოვლენაზე, მიუხედავად იმ ვრცელი ლიტერატურისა, რომელიც ამ საკითხს ეხება, გარკვეული არაფერი ვიცით.

გამყინვარების ასახსნელად ბევრი ჰიპოთეზი იყო წამოყენებული. ასე მაგალითად, იგი უნდოდათ დაეკავშირებიათ გეოგრაფიულ ცვლილებებთან, შემდეგ მეტეოროლოგიურ მიზეზებთან, სახელდობრ, ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობის უფრო ძლიერ რხევასან, ვიდრე ეს ბრუკნერის (Brückner) ცნობილ შრომების მიხედვით ყოველ 35 წელში ხდება.

შემდეგ ცდილობდნენ გამოეძებნათ სხვადასხვა გეოლოგიური მიზეზები; მაგ. მესამეულის ბოლოს მომხდარი ძველი და ახალი ქვეყნის დიდი სივრცეების დონის ამაღლება 100 მეტრზე მეტით ან მესამეული და მეოთხეული დროის ვულკანებიდან გაზებისა და ორთქლის უზარმაზარი ამოფრქვევა, რასაც დიდძალი მტვერისა და ფერფლის მასა უნდა აეტაცა ატმოსფეროს ზედა ფენებში და დიდი ხნით დაესუსტებია მზის სინათლე, რაც დიდ მეტეოროლოგიურ პერტურაციებს გამოიწვევდა.

შემდეგ კოსმიურ მიზეზებსაც მიმართეს. ასე ინგლისელი კროლი (Croll) ცდილობდა მიწის გამყინვარება ორბიტის ექსცენტრიულობის მაქსიმუმით აეხსნა, ბელგიელი დიუბოა (Dubois) იმავე მოვლენას მზის თეთრი (უფრო მხურვალე) ვარსკვლავის მდგომარეობიდან ყვითელი ვარსკვლავის მდგომარეობაში გადასვლას მიაწერდა; მაგრამ ყველა ამნაირი ცდა ამოიგამოდგა. იგივე ითქმის არენიუსის (Arrhenius)² ახალ ცდაზე მეოთხეულის კლიმატური ვითარება ატმოსფეროს ნახშირმჟავის რაოდენობის დაკლებით ახსნას. ეყრდნობა რაცდებს, არენიუსი ლებულობს, რომ ნახშირმჟავის რაოდენობის ზრდა ატმოსფეროს მიერ მზის სხივების შთანთქმის უნარს აძლიერებს და იმავე დროს მიწის ზედაპირიდან გასხივებას ასუსტებს. ამას შედეგად უნდა მოჰყვეს მიწის ზედაპირის ტემპერატურის ამაღლება, ხოლო ნახშირმჟავის დაკლებამ, პირიქით, ტემპერატურის დაცემა უნდა გამოიწვიოს. ამნაირად არენიუსის სურს ჩრდ.

¹ Alf. Wegener, Entstehung der Kontinente und Ozeane, გამოც. 2, გვ. 82. Braunschweig 1921.

² Arrhenius, Über den Einfluss des atmosphärischen Kohlendioxidgehalts auf die Temperatur der Erdoberfläche, Bihang Svenska Vet. Akad. Handlingar, ტ. 22, I, გვ. 1, 1896.

ვეროპის თბილი ჰაერის არსებობა მესამეულ დროში ნახშირმჟავის იმ უამრავი რაოდენობით ახსნას, რომელიც იმ დროს ვულკანურ ამოფრქვევებს თან მოჰყენენ. მესამეულის არაჩვეულებრივად აყვავებულმა მცენარეულობამ და კარბონატების გაძლიერებულმა დალექვამ გაიხმარეს ეს მჟავა და მით გამოიწვიეს, არენიუსის აზრით, მეოთხეულის დასაწყისში დიდი გამყინვარების პერიოდი.

შემდეგში ფრეხმა¹ არენიუსის აზრი უფრო მკაფიო ფორმაში გამოსტკეა და ქვანახშირული პერიოდის კლიმატური მოვლენების ასახსნელად გამოიყენა. მან ყურადღება მიაქცია, რომ დივონური პერიოდის უძლიერეს ვულკანურ მოქმედებას, რასაც თან ახლდა ნახშირმჟავის რაოდენობის ზრდა, კარბონული მცენარეულობის უჩვეულო განვითარება მოსდევს. ძლიერმა მცენარეულობამ და მასთან დაკავშირებულმა ნახშირმჟავის ხარჯვამ პერმული გამყინვარება გამოიწვია.

მაგრამ გრეგორიმ (Gregory), კოკენმა (Koken), ფილიპიმ (Philippi) და სხვებმა აშკარა ჰყვეს, რომ გეოლოგიური ფაქტები არავითარ შემთხვევაში არ ადასტურებენ ფრეხისა და არენიუსის შეხედულებას. მაგალითად, არ შეიძლება იმის მტკიცება, თითქო ნახშირმჟავის გაძლიერებული ხარჯვის და მისი სუსტი გამოყოფის პერიოდში ყოველთვის გამყინვარების ხანა დგებოდას. როგორც ჩემბერლენმა (C. Chamberlin) ნათელჰყო, ზღვაში მძლავრი კირქვების დალექვის დროს გაცილებით მეტი ნახშირმჟავა იხარჯება ატმოსფეროდან, ვიდრე ქვანახშირის წარმოშობისას. ამის მიხედვით იმდენად მძლავრი და ვრცელი კირქვების დალექვის შემდეგ, როგორც ეს ზედა იურულსა და ცარცულ დროს მოხდა, მოსალოდნელი იყო მომდევნო ეოცენის დროს გამყინვარება მოეტანა, მაგრამ სინამდვილეში ამას ადგილი არ ჰქონია. არ არის აგრეთვე მართალი ის მტკიცება, თითქო დიდ გამყინვარებათა დროს ვულკანური მოვლენები შესამჩნევად დაკლებული ყოფილიყვნენ. სახელდობრ, ქვედა პერმული პერიოდი, თავისი ვრცელი გამყინვარებით ისეთი დრო იყო, როცა ძლიერ ფართოდ გავრცელებულ ამოფრქვევებს ჰქონდა ადგილი. რაც შეეხება მეოთხეულის გამყინვარებას, მისი წინამორბედი გაცივება უკვე მესამეულში დაიწყო; იგი შეუწყვეტილად და თანდათან ძლიერდებოდა ოლიგოცენიდან დაწყებული მიოცენამდე და აქედან ქვედა და ზედა პლიოცენამდე². ამ გრძელი დროის ნაკვეთში—შუაგულ მიოცენში—გვხვდება ძლიერ განვითარებული ვულკანური მოქმედება, რომელსაც, არენიუსის და ფრეხის აზრით, ტემპერატურის საერთო ამძლავრება უნდა გამოეწვია.

სინამდვილეში ჩვენ წინააღმდეგ ვხედავთ. ასეთ პირობებში საესებით გასაგებია, რომ კოკენმა არენიუსის და ფრეხის ჰიპოთეზის საწინააღ-

¹ Frech. Zeitschr d. Ges. f. Erdkunde. Berlin 1902 და 1906.

² Harrassowitz-ის მიხედვით გერმანიის საშუალო ტემპერატურა უდრიდა: პალეოცენში 20°, ეოცენში 22°, ოლიგოცენში 20°, ქვედამიოცენში 19°, ზედამიოცენში 17°, პლიოცენში 17—14° C. (Geol. Rundschau, VII, გვ. 240. 1917).

მდეგო აზრიც კი გამოსთქვა, სახელდობრ, რომ გამყინვარების დაწყება ემთხვევა უფრო ვულკანური მოქმედების გაძლიერების, ვიდრე მისი შესუსტების დროს.

გარდა ამისა განსაკუთრებით მეოთხეულის გამყინვარებათაშორისი დროები წარმოდგენენ ფრეიზის ჰიპოთეზებთან სრულიად შეუთავსებელ მოვლენას, როგორ თვალსაზრისხედაც არ უნდა ვიჯგეთ, შეუძლებელია იმის უარყოფა, რომ გამყინვარების ხანაში განმეორებით ხდებოდა ყინულის დიდი წინსვლა და უკან დახევა ეს! ცვლილებები მხოლოდ ჰაერის რხევებზე შეიძლება ყოფილიყო დამოკიდებული და, ყოველ შემთხვევაში, არა ატმოსფეროში ნახშირმჟავის რაოდენობის ცვალებაზე.

ამრიგად არენიუსის პირველი შეხედვით ასე მომხიბლველი ჰიპოთეზი ნახშირმჟავის გავლენის შესახებ ვერაფრითარ დასაყრდენს ვერ ჰპოულობს გეოლოგიურ ფაქტებში. ასევე სუსტია მისი ფიზიკური საფუძველი. ეს გამოირკვევა ქვემოთ მიწის ჰაეროვანი გარსის განხილვის/ დროს. გამოჩენილი ამერიკელი გეოლოგები, მეტადრე ჩარლზ შუხერტი (Charles Schuchert)¹ იმ აზრს ადგანან, რომ კლიმატური პირობები მიწის ზედაპირზე უკვე ალგონკური პერიოდიდან მოყოლებული იგივე იყვნენ, რაც დღეს. თუ ანგარიშს არ გავუწევთ განსაზღვრულ კოსმიურ გავლენებს, როგორიც არის, მაგალითად, ზოგიერთი მკვლევარების აზრით მზის ლაქების გატლენა, შეიძლება დავუშვათ, რომ მიწა თვით ჰქმნიდა თავის ჰავას. ეს საესებით მისაღები არის უკვე პროტეროზოული დროიდან ცნობილ ხშირ გამყინვარებათათვის, რომელნიც დროის მიხედვით მიწის დიდ რევოლუციებს ემთხვევიან, განსაკუთრებით კი გაძლიერებული ოროგენეტიული მოძრაობის ხანათ. მიწის ზედაპირის ვრცელი ნაკვეთების დიდ სიმალლეზე აწევას შედეგად უნდა მოჰყოლოდა ტემპერატურის ისეთი დაკლება, რომ დიდი თუ მცირე მხარეები შეიძლებოდა მყინვარებს დაეფარა.

გეოლოგიური წამოთავისება.

არაერთხელ სცადეს სხვადასხვა გეოლოგიური მოვლენისა და თვით მიწის ხნოვანობის რიცხვობრივი გამოანგარიშება.

ჯერ ისევ წარსული საუკუნის სამოციან წლებში ცნობილი კელვინი (Lord Kelvin) შეეცადა ამ ამოცანის გადაწყვეტას, იღებდა რა მიწის თავდაპირველ ტემპერატურად 3900°C, მიწის ასაკს იგი 100 მილიონი წლით განსაზღვრავდა. მის დროს ჯერ კიდევ უცნობი იყო რადიოაქტიური ელემენტების თბობითი ენერჯის წყარო. ამჟამად ფიზიკოსები იმ აზრს ადგანან, რომ მიწის გაცივება გაცილებით უფრო ნელა მიმდინარეობდა, ვიდრე კელვინი ანგარიშობდა და ამიტომ მიწის ასაკიც გაცილებით უცრო დიდი უნდა იყოს. უფრო გვიან ჯოლი (Joly) და სხვები მიწის ასაკს თანამედროვე ზღვებში მარილის

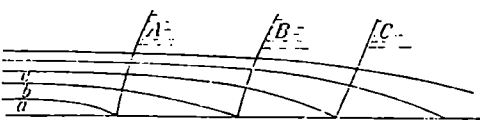
¹ Persson and Schuchert, Textbook of Geologie. New-york, 1915. შეად. აგრეთვე Ellsw. Huntington and Stephen S. Vischer, Climatic changes, their nature and causes, New-Haven, 1922.

რაოდენობის მიხედვით განსაზღვრავდნენ. საფუძვლად იმ დებულებას იღებდნენ, რომ ზღვაში მარილის მარაგი ქანებისა და უმთავრესად კი ველკანური ქანების გამოფიტვის ხარჯზე წარმოიშვა და მიწის ასაკს 50-დან 150 მილიონ წლამდე ანგარიშობდნენ, თუმცა ეს რიცხვებიც მეტად საეკეო არიან.

დამაკმაყოფილებელი შედეგი ვერც გეოლოგიური დროის ცალკეული ნაკვეთების ხანგრძლივობის განსაზღვრამ მოგვცა.

ასე მაგალითად, მისისიპის და ნილოსის დელტების აწევის სისწრაფის შესწავლით ცდილობდნენ გამოერკვიათ დრო, რომელიც მათ წარმოშობას დასჭირდებოდა. ნიაგარის ჩაჩქერის უკან დახევის სისწრაფის მიხედვით ცდილობდნენ გაეგოთ დრო, რომელმაც ჩაჩქერის წარმოშობიდან გაიარა, ე. ი. მყინვარული პერიოდის დასასრულიდან დღემდე. ლაიელის (Lyell) აზრით, იგი 70000 წელს უდრის, უახლოეს მკვლევართა შეხედულებით კი—7000 წელს არ აღემატება. შემდეგში პენკმა (A. Penck)¹ ჩრდილო ალპებში მყინვარული ნალექების სისქისა და იმავე ადგილებში ეროზიის სიძლიერის საფუძველზე ვიწრომულ გამყინვარების შემდეგი დროის ხანგრძლივობა 20000 წლით განსაზღვრა; მთელი ყინულოვანი დროისთვის კი რამდენიმე ასიათას წელს ანგარიშობს.

უფრო საიმედოა გეერის (de Geer) ახალი ცდა უკანასკნელი გამყინვარების შემდგომი დროის ხანგრძლივობის განსაზღვრისა. იგი ეყრდნობა ბოლო



სურ. 7. შედეგითი გამყინვარების დროის ზღვის თიხების წარმოშობა თვითოეული ფენის კონტინენტური მყინვარის კიდესთან ყოველწლიური დაღვევის გზით (მყინვარი უკან იხევს). (გეერის მიხედვით). A, B, C, მყინვარის მდებარეობა სამერთიმეორის მომდევნო ხამთარში; a, b, c, სამი ერთიმეორის შემდეგ დაღვიპილი წლიური შრე.

გამყინვარების დროის Voelgia-ნი ზღვის თიხის მკაფიო ზოლებრივობას შევლეთში. ამ თიხის წარმოშობა შეიძლება აეხსნათ ასე: ზღვაში, მყინვარის ბოლოსთან, რომელიც სულ უკან იხედა, ყოველ ზაფხულს ახალ-ახალი შრე ილექებოდა, ასე რომ თიხის ზოლების რიცხვის მიხედვით შეიძლება გავიგოთ წლების რაოდენობა, რომელიც საჭირო იყო მყინვარის დადნობისა

და თიხის დაღვიპისათვის. გეერის მიხედვით ეს დრო დაახლოვებით 12000 წელს უდრის.

უკანასკნელ დროს გეერმა გამოარკვია, რომ ზემოთ აღნიშნულ თიხები გავრცელებულია არა მარტო შედეგითი ასეული კილომეტრების მანძილზე, არამედ ატლანტური ოკეანის იქითა მხარესაც გვხვდებიან საცვებით მსგავს პირობებში როგორც შეერთებულ შტატებში, ისე კანადაშიც². ეს მოწმობს, რომ ჰავის წლიური ქანაობა იმ დროს მიწის უმეტეს ნაწილისათვის საოცრად ერთგვარი იყო.

¹ Penck, Die Alpen im Eiszeitalter III, გვ. 1169, 1909.
² De Geer, Geol. Förening, Förhandl, 30, გვ. 475, 1909; იქვე 43, გვ. 70, 1921.

სულ სხვა გზას დაადგა ქანების ხნოვანობის განსაზღვრის საქმეში ინგლისელი ფიზიკოსი სტრუტი (Strutt)¹. იგი იმ დებულებიდან გამოდიოდა, რომ ურანუმიდან და თორიუმიდან ჰელიუმის იმ უმნიშვნელო რაოდენობის წარმოშობისთვისაც კი, რომელიც თითქმის ყველა ქანებში მოიპოვება, საჭიროა საესებით გარკვეული და გარეგანი პირობებისაგან სრულიად დამოუკიდებელი დრო. მთელი რიგი მინერალური მასებისათვის სტრუტიმა გამოაკვია ჰელიუმის რაოდენობა ამ შეეცადა ამ გზით მათი ხნოვანებაც განესაზღვრა. იგი შემდეგ დასკვნამდე მივიდა:

ქ ა ნ ე ბ ი .

ასაკი წლებში .

მესამეულისშემდეგი სანიდინიტი (ვებუვი)	100.000 ზე ნაკლები
მესამეულისშემდეგი ლავები (ლაახის ტბა)	1.000.000
ოლიგოცენის სფეროსიდერიტი (რაინის მხარე)	8,4 მილიონი
ეოცენის წითელი რკინაქვა (ირლანდი)	31 „
კარბონულის წითელი რკინაქვა (ინგლისი)	150 „
ქვედადეკონური (?) გრანიტი (ურალის)	200 „
სხვადასხვა არქეული ქანები	200—600

ჰელიუმის გარდა ურანუმის და თორიუმის დაშლის დროს წარმოდგება აგრეთვე ტყვიის სახესხვაობა არააქტიური ანუ ურანის ტყვია²; რადგანაც ტყვიის რაოდენობა ქანის ხნოვანობასთან ერთად მატულობს, ქანის ანოვანობის გასაგებად იგიც გამოდგება. აღსანიშნავია, რომ ტყვიის რაოდენობის მიხედვით გამოანგარიშებული ხნოვანობა ყოველთვის საგრძნობლად აღემატება ჰელიუმის მიხედვით გამოანგარიშებულს. ეს უკანასკნელი ბარელის (Barrell) აზრით ყოველთვის მინიმალურია.

უკანასკნელის მიხედვით³ ჩვენ გვაქვს:

ქ ა ნ ე ბ ი	ტყვიის რაოდენობა	ასაკი მილიონ წლებში
სხვადასხვა კარბონული ერუპტიული ქანები	0,04	300
დეკონური ერუპტიული ქანები	0,04—0,06	350
შუა-კამბრიულიდან კამბრიულისწინამდე ერუპტიული ქანები	0,13—0,15	940—1120
კანადისა და ფინლანდის უძველესი გრანიტ-გნეისები	0,21	1400

ამ შედეგების საფუძველზე ბარელმა კვლავ სცადა გეოლოგიურ პერიოდების ხანგრძლივობის გამოანგარიშება და გაცილებით უფრო ღიბი რიცხვები მიიღო, ვიდრე მანამდე ვარაუდობდნენ. თვითოეული გეოლოგიური პერიოდის ხანგრძლივობა ბარელის მიხედვით საშუალოდ 35—40 მილიონი წლით განისაზღვრება, მაგრამ ზოგიერთი პერიოდი, როგორც, მაგალითად, კარბონული, ქვედა სილურული და კამბრიული, უფრო ხანგრძლივი უნდა ყოფილიყვნენ. პირველი უნდა შეიცავდეს 85—90 მილიონ წელს. მეორე 80—130 და მესამე 70—110.

¹ STRUTT, Proc. Roy Soc. 1910, 84, გვ. 379.
² მისი ატომური წონა მხოლოდ 206 უდრის, ჩვეულებრივი ტყვიისა კი 207.1—207,2.
³ Barrell, Measurements of geol. time, Bull. Geol. Soc. Amer. ტ. 28, გვ. 851 1917.

ბარელი ცდილობს ასევე გამოიანგარიშოს გეოლოგიური დროის უდიდესი ნაკვეთების—ერების ხანგრძლივობა. იგი ლებულობს

კაინოზოურისთვის	55— 65 მილ. წელს.
მეზოზოურისთვის	135— 180 " "
პალეოზოურისთვის	360— 540 " "
ალგონეურისა და არქეულისათვის	1200—1400 " "

ამის მიხედვით მიწის ასაკი გაცილებით უფრო დიდი უნდა იყოს, ვიდრე აქამდე ფიქრობდნენ და 1700-დან—2100 მილიონი წლით¹ უნდა განისაზღვრებოდეს².

უკვე ამ მოკლე მიმოხილვიდან ჩანს, თუ რამდენად ძნელია ქანების აბსოლუტური ხნოვანობის გამოკვლევა და როგორ საეკვოა შედეგი. მაგრამ ჩვეულებრივ გეოლოგი მხოლოდ შედარებითს ასაკს იკვლევს. როდესაც ჩვენ ვამბობთ, რომ ტრიასული იურულზე უფრო ძველია, ეს უქვეელი ქვმარიტებაა, რადგან მტკიცე სტრატეგრაფიულ და პალეონტოლოგიურ საფუძველს ემყარება.

მიწის მაგნიტური მოვლენები.

1. მიწის მაგნეტიზმი.

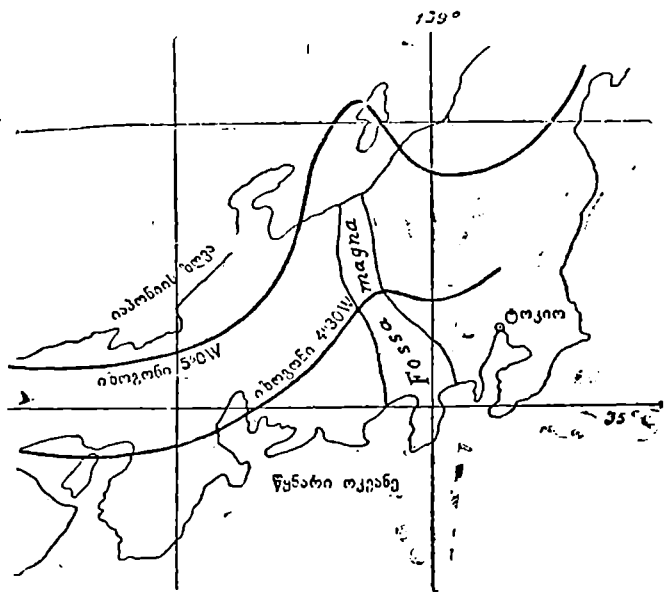
მიწაზე მაგნიტური ძალების ვითარების კარტოგრაფიული გამოსახვისათვის ჩვეულებრივად ე. წ. იზოგონებს, იზოკლინებს და იზოდინამებს ხმარობენ. მრუდეების ეს სისტემები მხოლოდ საშუალო სიდიდეებს იძლევიან. დღიური, წლიური და დროის უფრო დიდი ნაკვეთების შესაბამისი გადახრები აქ გამორიცხული არიან. თანამედროვე შეხედულებათა მიხედვით მაგნიტური მრუდეების ცვლაზე გავლენას ახდენს არა მარტო რელიეფის საერთო ფორმა, არამედ სხვადასხვა გეოლოგიური პირობებიც. ასე მაგალითად, რკინით მდიდარი ქანები (ლიბაზი; ბაზალტი) მაგნიტური ძალების მიმართულებაზე დიდ გავლენას ახდენენ. იგივე ითქმის დიდი ნახსლეტების შესახებაც, სადაც ხშირად სრულიად სხვადასხვა შედგენილობის ქანები ერთმანეთს ხვდებიან.

¹ იგულისხმება დრო, რომელიც გავიდა მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მიწის ქერქი გაუჩნდა. ე. ი. გეოლოგიური დრო. მთ. უნ.

² ზემოთ მოყვანილი რიცხვები შესაძლოა მეტად დიდი იყვნენ, საწინააღმდეგო უნდა ითქვას ნიუ-იორკის „აშერიკული მუზეუმის“ თანამშრომლის რეე დის (Chester A. Reeds) მიერ მოცემულ ცალკეული პერიოდების და საერთოდ მიწის არსებობის ხანგრძლივობის შესახებ (Natural History, XXIII, გვ. 370, 1923). მისი აზრით, კამბრიულის ხანგრძლივობა უდრიდა 3 მილიონ წელიწადს, კედა სილურულის—4,5, ზედა სილურულის—2, დეონურის—2,5, კვანახშირულის—5, პერმულის—1,5, ტრიასულის—2,5, იურულის—2, ცარკულის—4,5, მესამეული და მეოთხეული პერიოდებისა კი ერთად—3. ამის მიხედვით მეზოზოურის ხანგრძლივობა აღწევდა 6—9, პალეოზოურის 12—18 და მიწის არსებობის ხანგრძლივობა არქეოზოურ დან დაწყებულ დღემდე—41—60 მილიონ წელიწადს.

სრული უთანხმოება ძველ შეხედულებებსა და ბარელის დასკვნებს შორის ნათლად მოწმობს, თუ რა დიდი ადგილი რჩება ეპქისათვის, როგორც ამ საკითხში, ისე მრაველ სხვა გეოლოგიურ საკითხშიც.

ტექტონიკასა და მაგნიტური ძალის მოქმედებას შორის არსებული კავშირის საუკეთესო მაგალითს იაპონიის კუნძულები იძლევიან, რომელთა დასავლეთური მიხრილობის ფართობი აღმოსავლეთური მიხრილობის ფარგლებშია მოქცეული. იზოგონებს იაპონიაში ისეთივე რკალური მოხაზულობა აქვთ, როგორც თვით კუნძულებს და მთის ქედებს. მაგრამ იქ, სადაც მრუდეები „Isoga mag-ნიკ“-ს, ე. ი. მთების მართობულად მდებარე გრაბენის ფორმის ვულკანებიან ჩაქირვის ზონას უახლოვდებიან, უეცრივ ჩრდილოეთისკენ იხრებიან (სურ. 8).



სურ. 8. კუნძულ ნიპონის იზოგონების მიმართულება (ე. ნა უ მ ა ნ ი ს მ ა ხ ე დ ი თ) ¹

გერმანიის თიოქმის ყველა მთები მაგნიტურ ანომალიებს იძლევიან. ასეთი არიან შვარცვალდი, ოდენვალდი, რონის მასივი, ჰარცი, რიზენგებირგე და სხვა. მაგრამ ზოგჯერ მაგნიტური ანომალიები დაბლობ ადგილებზედაც ვრცელდებიან. ასეთი არიან განსაკუთრებით აღმოსავლეთი და დასავლეთი პრუსია და მათი გამაგრძელებელი ზოლი, რომელიც პომერანიაზე და მეკლენბურგზე გადის და ჰოლმშტაინისა და შლეზვიგისაკენ მიემართება. მცირე უწყსოებანი შემჩნეული არიან აახენთან, დრეზდენთან და სხვაგან.

¹) Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in ihrer Abhängigkeit vom Bau der Erde. 1887.

მეტად საინტერესოა ამ უკანასკნელ დროს შემჩნეული კავშირი ზოგიერთ მიწისძვრასა და უშუალოდ მის მომყოლ უეცარ მაგნიტურ წესრღვევათა შორის. იაპონელი გეოლოგები დიდი ხანია ამ მოვლენას იცნობენ. იგი შემჩნეული იქმნა 1910 წელს ნოემბრის მიწის ძვრის დროს სამხრეთ დასავლეთ გერმანიაში¹.

2. ძანების მაგნიტიზმი.

ქანების ამ თვისებას არავითარი კავშირი არა აქვს მიწის. მაგნიტიზმთან. ქანები ზოგჯერ დაუმაგნიტებელი რკინის მასის მსგავსად მოქმედობენ და ამ შემთხვევაში მაგნიტური ისრის ორივე პოლუსს ერთნაირად იზიდავენ ან უუაქცევენ. ზოგჯერ კიდეც ქანი მაგნიტურია და, მაშასადამე, პოლარობაც ემჩნევა; ასეთ შემთხვევაში ისრის ერთი პოლუსი მიიზიდება, მეორე კი უუაქცევა.

ჰარცის ზოგიერთი გრანიტის კლდეების (ელენდთან და სხვ.) პოლარობა უკვე ძველი დროიდანვეა ცნობილი: აღნიშნული თვისება კიდეც უკეთ მკვლევანდება ეიფელის, ფოგელსბერგისა და სხვა ბაზალტურ მთებში. საერთოდ ვულკანური წარმოშობის თითქმის ყველა მთები მაგნიტურია და მათი მაგნიტური თვისებები უშუალოდ დაკავშირებული არიან ქანში არსებული რკინისა და განსაკუთრებით კი მაგნიტური რკინის რაოდენობასთან. დამტკიცებელია, რომ ქანების მაგნიტიზმი უმთავრესად მიწის ზედაპირზე მკვლევანდება და სიღრმესთან ერთად სწრაფად კლებულობს. აქედან შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მისი მკვებავი წყარო ატმოსფეროა და ხშირად გამომწვევი მიზეზი მენის მოქმედება არის. ასეთი აზრი მით უფრო მართებულია, რომ უკანასკნელ დროს პოკელსმა (Pockels) ელექტრული ნაპერწკლის შემწეობით მაგნიტური თვისებები ქანებში ხელოვნურად გამოიწვია².

II. გეოგრაფიული ნაკვეთი.

თუ მიწას სრულიად ზოგადად განვიხილავთ, დაინახავთ, რომ იგი მტკიცე ბირთვისა და მაზე შემორტყმული ორი გარსისგან შედგება. ერთი მათგანი ჰაერის გარსი ანუ ატმოსფეროა, მეორე—ოკეანური გარსი ანუ ჰიდროსფერო. გამოანგარიშებულია, რომ ბირთვი შეადგენს მთელი მიწის 93%, ჰიდროსფერო 7%—ამდე, ხოლო ატმოსფერო 0,03%.

ატმოსფერო წარმოადგენს მიწის სფეროს გარე სამოსს, რომელიც ძლიერი გათხელებისა და სიმსუბუქის გამო მიწის ნაწილებს შორის ყველაზე მოძრავი არის. მისი სისქე რამდენიმე ას. კილომეტრს უდრის. ხუთიათასი (5000) მეტრის სიმაღლეზე ატმოსფეროს წნევა უკვე განახევრებულია, ხოლო 10—11 კილომეტრის ზევით ატმოსფეროს მთელი მასის ერთი მეოთხედი—ლა რჩება. დიდხანია უკვე ცნობილია, რომ ჰაერის ტემპერატურა მიწის ზედაპირიდან მაღლა აწევასთან ერთად ყოველ 100 მეტრზე დაახლოვებით 1°-ით ეცემა. ამ უკანასკნელ დროს გამოირკვა, რომ ტემპერატურის ასეთი დაცემა ხდება მხოლოდ 11

¹ R. Lang, Neues Jahrbuch, f. Min., 1913, Beil.-Bd. XXXV.

² Pockels, Neues Jahrb. f. Min., 1897, I, 83. 66.

კილომეტრის სიმაღლემდე, ამის ზევით კი ჰაერის ტემპერატურა უდიდეს სიმაღლემდე უცვლელი რჩება და 55°-ს უდრის.

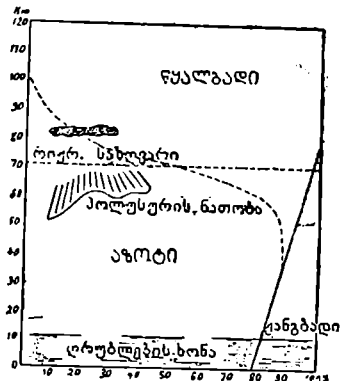
11 კილომეტრის სიმაღლის დონეს განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროსათვის. იგი საზღვრავს სწრაფად კლებადი ტემპერატურის მქონე გაზების ქვედა ზონას და ზედა გათხელებულს და მუდმივ ტემპერატურიან ზონას. ქვედა ზონაში, მეტეოროლოგების „ტროპოსფეროში“, ხდება ჰაერის მოძრაობა, წყლის ორთქლის გათხევადება და მაშასადამე, ღრუბლების წარმოშობა; ერთი სიტყვით ყველა ის მოვლენა, რაც ამინდს ჰქმნის. ზედა ზონაში კი მხოლოდ სტატიკური წონასწორობაა გაბატონებული.

ჩვენთვის მისაწვდომ ქვედა ნაწილში ატმოსფერო წარმოადგენს 4 მოცულობა აზოტის, 1 მოცულობა ჟანგბადის, ნახშირჟანგის ცვალებადი რაოდენობის, წყლის ორთქლისა და რამდენიმე სხვა ნივთიერების (არგონი და სხვა) ნარევის. უფრო დიდ სიმაღლეზე, დაახლოებით 70 კილომეტრზე, ჰაერის შედგენილობა საგრძობლად იცვლება. იქ გაბატონებულია მჩატე წყალბადი, რომელიც ქვედა ზონაში მხოლოდ ნიშნად არის წარმოდგენილი; სამაგიეროდ ქვედა ზონაში გაბატონებული აზოტი სრულიად არ მოიპოვება (სურ. 9.)

განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჰაერში წყლის ორთქლისა და ნახშირმჟავის არსებობას. მზის სინათლისა და სითბოს სხივებს ისინი თავისუფლად ატარებენ, მიწისაგან ანარეკლ სხივებს კი, პირიქით, აკაევენ ან შთანთქავენ. მაშასადამე, ორივე საჩქველივით მოქმედებს, რადგან სითბოს მხოლოდ შიგნითკენ ატარებს, გარეთ კი აღარ უშვებს, რაც, თავისთავად ცხადია, უარესად უწყობს ხელს ტემპერატურის ზრდას მიწის ზედაპირზე.

ამყამად ნახშირჟანგის მოცულობითი რაოდენობა ატმოსფეროში დაახლოებით 0,03% -ს უდრის. უნდა დავუშვათ, რომ გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში ნახშირჟანგის რაოდენობა ჰაერში საგრძობლად იცვლებოდა. ასევე ცვალებადი უნდა ყოფილიყო მიწის წარსულში ერთის მხრივ ვულკანურ მოქმედებათა ინტენსივობა, რომელიც ხელს უწყობდა CO₂-ის დიდი რაოდენობის დაგროვებას, და მეორე მხრივ ნახშირისა და კირქვის წარმოშობი პროცესების განვითარება, რაც, პირიქით, ამ გაზის შთანქვეას იწვევდა.

სწორედ ამასთან იყო დაკავშირებული არენიუსის უკვე ხსენებული ცდა, რომ გეოლოგიური წარსულის კლიმატური თავისებურებანი და განსაკუთრებით კი გამყინვარებანი ატმოსფეროში ნახშირჟანგის რაოდენობის შემცირებით აეხსნა. ჰაერის ნახშირჟანგით გამდიდრებას, მისი აზრით, ტემპერატურის საგრძობი



სურ. 9. ატმოსფეროს შედგენილობა. თანამედროვე წარმოდგენით.

ზრდა უნდა გამოეწვია, ხოლო მის შემცირებას ტემპერატურის შემცირებაც მოჰყვებოდა.

ამ თვალსაზრისის მიხედვით, ქვანახშირულისა და მესამეულის თბილ ჰავას არ ენიუსი მძლავრი ვულკანური მოქმედებით ხსნის; სამაგაეროდ პალეოზოო-რის და მეოთხეულის გამყინვარებას იგი ძლიერ განვითარებული ფლორის მიერ ნახშირქანგის ქარბ მოხმარებას აწერს. სამწუხაროდ, ასეთი ახსნა ეწინააღმდეგება როგორც გეოლოგიურ, ისე ფიზიკურ ფაქტებსაც. ნახშირქანგის ახლანდელი რაოდენობა, როგორც ეს ანგისტრემმა (Angström) დაამტკიცა¹, თითქმის საესებით საკმარისია იმისთვის, რომ ყველა სხივები, რომელთა შთანთქმაც კი შესაძლებელია, შთაინთქას. ამიტომ ნახშირქანგის სიქარბეს არავითარი მნიშვნელობა არ უნდა ჰქონდეს. ანგისტრემის აზრით, ნახშირქანგის ახლანდელი რაოდენობის $\frac{1}{5}$ -იც კი სრულიად საკმარისი იქნებოდა სითბოს მთლიანი შთანთქმისათვის. ჰავის შეცვლა მხოლოდ იმ შემთხვევაში მოხდება, ოუ კი ნახშირქანგის რაოდენობა ახლანდელის $\frac{1}{5}$ -ზე ნაკლები გასდებოდა. მისი მომატებაც კი ჰავაზე არავითარ გავლენას არ იქონიებდა.

საერთოდ ატმოსფეროს სიციოცხლის მთავარი პირობაა. ამასთან ერთად მისი მეშვეობით წარმოებს წყლის განუწყვეტელი მობრუნალი, რომლის დროსაც წყალი ორთქლის სახით თანდათან გადადის ატმოსფეროში, რომ გაჯერებისა და კვლავ წყლად გადაქცევის შემდეგ ხელახლა დაუბრუნდეს მიწას. ამას გარდა დიდი მნიშვნელობა აქვს ატმოსფეროს მექანიკურ მოძრაობას — ქარს. ქარი მიწის ზედაპირს სხვადასხვა ნაწილების არათანაბარი გათბობისა და ამით ტროპოსფეროში გამოწვეული წონასწორობის დარღვევის შედეგია. დარღვეული წონასწორობის აღდგენა კი თვით ქარის საშუალებით ხდება. როგორც ცნობილია, თბილი ეკვატორული სარტყლიდან (დაახლოებით 10° განედიდან) ცხელი მსუბუქი ჰაერი მალა აღის და შემდეგ ანტიკასატების სახით ჰქრის. ამავე დროს ქვევით მათი მოწინააღმდეგე პასატები უბერავენ ჩრდილო-ნახევარ სფეროში N(-)დან SW-კენ, ხოლო სამხრეთ ნახევარსფეროში SO-დან NW-კენ. ამ ქარების ზონა დაახლოებით 30° განედამდე ვრცელდება, პოლუსებისკენ ამას თან ერთვის პოლუსის დიდი მობრუნალე. აქ ქვევით მოძრაობის დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ გადახრა ხდება და ჰაერი პოლუსისაკენ მოძრაობს, ხოლო ზევით, პირიქით, ეკვატორისკენ. ამგვარად წარმოდგება სხვადასხვაგვარი, დეტალებში ხშირად ძლიერ რთული ატმოსფერული მობრუნალები².

როგორც ვიცით, მიწის ზედაპირის მეტი ნაწილი ($\frac{6}{8}$) ოკეანეების წყალს უჭირავს. ასე რომ, თუ დედამიწას გარედან დავაკვირდებით, იგი უმთავრესად წყლის სფეროდ მოგვეჩვენება.

ზღვის წყლის სიმკვრივე, მასში გახსნილი მარილების გავლენით 0-დან 15 გრადუსამდე 1,027 უდრის. მარილების რაოდენობა ზღვის წყალში ძლიერ მყარია და საშუალოდ 3,5% უდრის. მარილებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვან-

¹ Angström, Über die Abhängigkeit der Absorption der Gase, besonders der CO₂, von der Dichte. Öfvers. Vet. Akad. Förh. 1901, გვ. 371.

² უმთავრესად Bornstein-ის მიხედვით, Handwörterb. d. Naturw. I, 580.

ნია NaCl , რომელიც ყველა გახანჩლ ნივთიერებათა $\frac{1}{2}$ -ზე მეტს შეადგენს (საშუალოდ 78%). მას მოსდევენ MgCl_2 , MgSO_4 , CaSO_4 და KCl .

ზღვებში მოთავსებული ყველა მარილი საკმარისი იქნებოდა, რომ მთელ მიწას 40 მეტრის სისქე მთლიან ფენად გადაკვროდა. მარილებს გარდა, ზღვის წყალი შეიცავს მთელ რიგ ნივთიერებებს, რომლებიც მეტწილად იმდენად უმნიშვნელო რაოდენობით არიან, რომ მათი აღმოჩენა მხოლოდ ზღვის მცენარეთა ფერფლში არის მოსახერხებელი. პირველი შეხედვით საკვირველია ის გარემოება, რომ კირქვა, რომელიც მდინარეებს სხვა მარილებზე მეტი ჩააქვთ ზღვაში, იქ მხოლოდ ნიშნად მოიპოვება. ამ მოვლენის ახსნა ადვილად შეიძლება თუ მხედველობაში მივიღებთ ორგანიზმების მიერ ნახშირბედი კალციუმის მოხმარებას. სანაპირო ზოლის კირქვის გამოყოფი ცხოველები მტკნარი წყლის მიერ მოტანილი კალციუმის მარილებს სანაპირო ზოლს იქით აღარ უშვებენ და ამის გამო გაშლილი ზღვის წყალი მოკლებულია ამ ნივთიერებას.

დასახელებულ მარილებთან ერთად ზღვის წყალი სხვადასხვა გახეობის უმნიშვნელო რაოდენობასაც შეიცავს. განსაკუთრებით საყურადღებოა ნახშირყანგა, რომელიც ზღვის წყალში 27-ჯერ მეტია, ვიდრე ატმოსფეროში. ნახშირყანგის წნევის მცირედით გაზრდაც კი საგრძნობლად მაღლა სწევს ზღვის წყლის მიერ მისი შთანთქმის უნარიახრობას. ამ მხრივ ზღვის წყალი ატმოსფეროში ნახშირყანგის რაოდენობის საუცხოვო რეგულატორია.

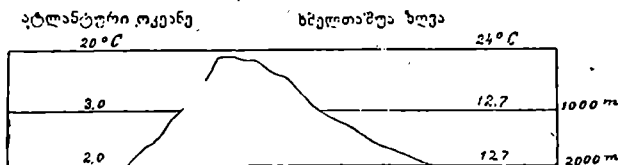
ოკეანის ზედა ფენაში ტემპერატურა $+32^{\circ}$ და -3° შორის მერყეობს. სიღრმესთან ერთად ტემპერატურა თანდათან კლებულობს, დასაწყისში სწრაფად და შემდეგ კი უფრო და უფრო ნელა 750-1000 მეტრის სიღრმეზე საზოგადოდ გაბატონებულია წყლის უდიდესი სიმკვრივის ტემპერატურა, ე. ი. $+4^{\circ}$. მაგრამ ამ საზღვრის ქვევითაც ტემპერატურა, თუმცა მეტად ნელა, მაგრამ მაინც კლებულობს. დიდ სიღრმეზე, ეკვატორთანაც კი, ტემპერატურა $+2^{\circ}$ და -2° -ს შორის მერყეობს. ეს აიხსნება ცივი და მძიმე პოლუსური წყლის (განსაკუთრებით ანტარქტიკულის) დაბალი განედებისაკენ მოძრაობით. ამ მოსაზრების სისწორე იქედან ჩანს, რომ ასეთი დაბალი ტემპერატურა მხოლოდ გაშლილ ოკეანეში გხვდება და არა ისეთს ზღვებში, როგორც არის მაგ. ხმელთაშუა ზღვა, ოკეანისაგან წყალქვეშა ზღურბლით განცალკევებული. ფსკერის ტემპერატურა აქ, პირიქით, ზამთრის საშუალო ტემპერატურას შეესაბამება (სურ. 10).

გეოლოგიისათვის ისეთ მნიშვნელოვან მოვლენებს, როგორიცაა ზღვის მოძრაობანი, ნალექების წარმოშობა და სხვა, ჩვენ შემდეგში განვიხილავთ.

მაგარი მიწის იმ მცირე ნაწილს, რომელიც ზღვის დონის ზევით მდებარეობს, ხმელეთი ეწოდება. ზღვისა და ხმელეთის შეფარდება დაახლოებით 2,6 : 1 უდრის. როგორც უკვე ზემოთ იყო აღნიშნული, მიწა ზოგადად წყლის სფეროს წარმოადგენს, რომელზედაც ხმელეთის რამდენიმე მოზრდილი და მრავალი მომცრო ნაკვეთი მოჩანს.

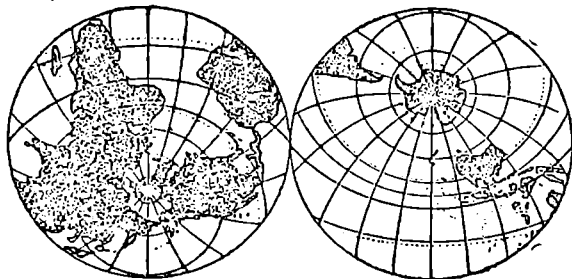
მიწის სახის უფრო ზედმიწევნით შესწავლის დროს განსაკუთრებით საში რამ აშკარადება: 1. მეტად შესამჩნევი დაგროვება ხმელეთისა ჩრდილო პოლუსის ირგვლივ და წყლისა სამხრეთ პოლუსის ირგვლივ; 2. კონტინენტების სამკუთხედი მოყვანილობა,

სამკუთხედის ფუძის ჩრდილოეთისაკენ და წვეროს სამხრეთისაკენ მიქცევით და 3. ოკეანეებისა და კონტინენტების ანტიპოდური მდებარეობა. აღნიშნული სამი ფაქტი იმდენად მკვეთრად და თვალსაჩინოდ არის



სურ. 10. ატლანტური ოკეანის და ხმელთაშუა ზღვის ტემპერატურათა ვითარება ზაფხულში გიბრალტართან

გამოსახული, რომ მათ ხშირად უყურებენ როგორც მიწის წარმოშობის ზოგადკანონს. უნდა ითქვას, რომ ასეთ შეხედულებას მხოლოდ მაშინ ექნებოდა კა-

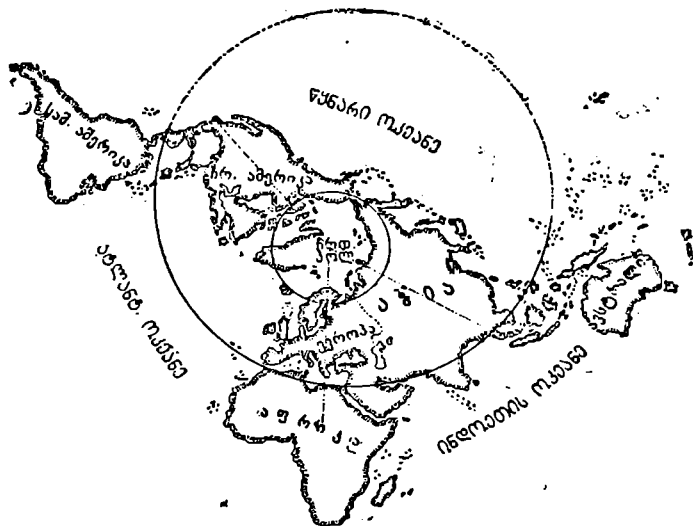


სურ. 11. ხმელეთისა და წყლის ნახევარ სფეროები.

ნონიერი საფუძველი, თუ დამტკიცდებოდა, რომ ზემოხსენებული თვისებები მიწის გეოლოგიურ წარსულშიაც ახასიათებდა. მაგრამ ეს კიდევ სადაჟო საკითხია. მაშინ როდესაც ზოგიერთი გეოლოგი, განსაკუთრებით ამერიკელები, კონტინენტებსა და ოკეანურ აუზებს პერმანენტულად სთვლიან, სხვებს, პირიქით, გეოლოგიურ წარსულში კონტინენტებისა და ოკეანეების ცვალებადობა შესაძლებლად მიაჩნიათ.

ასე მაგ., ზიუსის (E. Suess), ნეიმაირის (Neumayr) და სხვების მიხედვით, მთელი მეზოზოურის განმავლობაში და, უეჭველია, უფრო ადრეც სამხრეთი ამერიკა და აფრიკა ერთმანეთთან შეერთებული იყვნენ ფართო კონტინენტური ხილით. ალბათ ასეთივე უშუალო კავშირი ჩრდილო ამერიკასა და ევროპას შორის მესამეულშიც არსებობდა. აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ მთელი თანამედროვე ატლანტური ოკეანე შედარებით ახალი წარმოშობისაა. ასეთი შეხედულების წინააღმდეგ ამ უკანასკნელ დროს დინერმა (K. Diner) გაილაშქრა.

ოკეანეთა შორის უდიდესი—წყნარი ოკეანე უეჭველად ძველისძველი არის და უკვე კამბრიულის დროს არსებობდა. ამგვარადვე შუხერტის (წ. Schuchert) უახლესი პალეოგეოგრაფიული გამოკვლევების მიხედვით თუმცა ჩრდილო ამერიკა წარსულში არა ერთხელ დაფარულა ზღვით, მაგრამ მიუხედავად ამისა, მისი მოხაზულობა მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში არსებითად უცვლელი დარჩა. ის ფაქტი, რომ კონტინენტზე ვერსად ვერ ვხვდებით უდავო ღრმა ზღვის ხალებებს, გვაფიქრებინებს, რომ წინანდელი ღრმა ზღვის ფსკერის მხოლოდ მცირე ნაწილმა ამოიწია ზღვის დონის ზევით და ხმელეთად იქცა. ეს კი იმას ამტკიცებს, რომ ღრმა ზღვის დიდი აუზები მეტად შეზღუდულ ცვლილებას განიცდიან. აი ის ოთხი დიდი კონტინენტი, რომლებიც უმეტესობის აზრით მთელი გეოლოგიური წარსულის განმავლობაში არსებობდნენ: ჩრდილო ატლანტური (ჩრდ., ამერიკა და სკანდინავია), ციმ-



სურ. 12. დედამიწის დიდი რღვევის ხოლი.

ბირ-ჩინეთის, აფრიკა-ბრაზილიის და ავსტრალია-ინდოეთ-მადაგასკარის. როგორც უმთავრესი ჩაძირული კონტინენტური მასები, შეიძლება დავასახელოთ არქტიკისი (ჩრდ. ატლანტისი), სამხრეთი ატლანტისი (ძველი შემაკავშირებელი ხიდი სამხ. ამერიკასა და აფრიკას შორის), გონდვანისი (ძველად, ინდოეთს მადაგასკართან აერთებდა) და წყნარი ოკეანის სამხრეთი კონტინენტი.

ხმელეთის მოხაზულობა. ხმელეთს, ჩვეულებრივად, ძველ და ახალ ქვეყანად ჰყოფენ. ძველი ქვეყნის ცენტრულ ნაწილს აზია შეა-

დგენს. განაპირა ნაწილებს კი ევროპა, აფრიკა, და ავსტრალია. ახალი ქვეყანა ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკისაგან შედგება. ამგვარად სამი სამხრეთი და სამი ჩრდილო კონტინენტი გვაქვს. მათ შორის O—W მიმართულებით მთელი მიწის ირგვლივ მიუყვება რღვევის ზოლი, რომელიც მიწის ვეებერთელა შიგა ზღვებზე გადის და უდიდესი რღვევის ზოლს წარმოადგენს (სურ. 12). მის დიდ გეოლოგიურ მნიშვნელობას ზედ მოთავსებული მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანების დიდი რიცხვი და ხშირი მიწისძვრები მოწმობენ.

თანამედროვე გეოგრაფიულ შეხედულებათა მიხედვით, ზემოთ აღნიშნულ 6 კონტინენტს კიდევ მეშვიდე კონტინენტი ანტარქტისი ემატება. მისი სიდიდე (14 მილიონი კვ. კილომეტრი), რომელიც ავსტრალიას თითქმის ორჯერ აღემატება, აგრეთვე თითქმის უწყვეტი წყალქვეშა ბაქანი, რომელიც მას ირგვლივ უფლის და უმთავრესად კრისტალური ფიქლებისგან შედგენილობა, მისი კონტინენტური ბუნების სასარგებლოდ ლაპარაკობს¹.

რიტერი (K. Ritter) განასხვავებს მილიან და დაყოფილ სანაპიროებს. გაცილებით უფრო საყურადღებოა ჩვენთვის ნაპირების დანაწილება, რომელიც ე. ზიუსს ეკუთვნის. უკანასკნელი სანაპიროთა ორ ტიპს არჩევს: წყნაროკეანურსა და ატლანტურს. წყნაროკეანურ ტიპს მთის ქედებისა და სანაპიროს პარალელობა ახასიათებს, ატლანტურ ტიპში კი ასეთი დამოკიდებულება არ არსებობს და ქედების მიმართულება ხშირად საკმაოდ დიდ კუთხეს ჰქმნის ნაპირთან. პირველის მაგალითს ჩვენ წყნაროკეანის ირგვლივ ვხედავთ, მეორისას კი ატლანტური—ოკეანის ორივე ნაპირზე.



სურ. 13. წყალქვეშა შეღვი, რომელიც ბრიტანეთის კუნძულებს კონტინენტთან აკავშირებს (ამათ და ნორვეგიის სანაპიროებს შორის, ე. წ. ნორვეგიის ხრამი მდებარეობს).

თანამედროვე სანაპირო ხაზი ყოველთვის როდია კონტინენტის ნამდვილი მოხაზულობის გამეორება. ამის კარგ მაგალითს ბრიტანეთის კუნძულები წარმოადგენენ. ისინი დიდ წყალქვეშა პლატოზე არიან დაყრდნობილი. ამ ვრცელ პლატოს უჭირავს არა მარტო ლამანშის სრუტე, არამედ აგრეთვე ჩრდილოეთის ზღვის უდიდესი ნაწილი და საკმაოდ ფართო ზოლი ირლანდისა და შოტლანდის დასავლეთით. მხოლოდ საკმაოდ შორს, კიდევ უფრო დასავლეთით, ზღვის ფსკერი სწრაფად ეშვება ძირს დიდ სიღრმემდე და ამით აღნიშნავს კიდევ ევროპის კონტინენტის ქვემარბიტ საზღვარს (სურ. 13).

დასავლეთისკენ დაბალი ზღვის ფართო ზოლი სწორედ ასევე მიჰყვება ჩრდ-

ამერიკის აღმოსავლეთ სანაპიროსაც (სურ. 14).

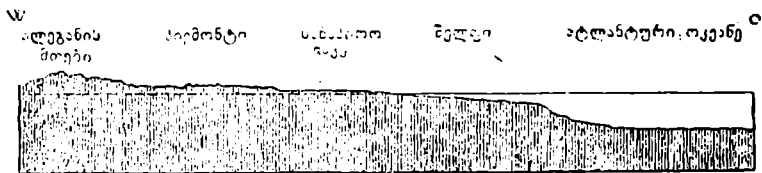
¹) შეად. ც. Drygalski, Sitzungsber. Bayer. Akad. Wissensch., 1919, I, 83, 2.

სმელეთის ნაპირებს თითქმის ყოველთვის არშინასავეით არტყია მსგავსი წყალქვეშა მცირე, სიღრმეზე მდებარე ბაქანი, რომელსაც ხშირად ზოგი შიგა ზღვებიც უჭირავს მთლიანად (ჩრდილო და ბალტიური ზღვები, ჰუდზონის უბე).

დაბალი ზღვის ამ არშინას შეეღეს უწოდებენ. კონტინენტსა და ოკეანეს შორის ტენზიონი სახლვარი შეღვის განაპირა კიდეზე მდებარეობს.

შელღების მნიშვნელობისა და წარმოშობის შესახებ დღემდე ასრთა სხვადასხვაობა არსებობს. ჩენის აზრით ბართალია დელია (Daly), ჰემფრის (Humphrey), ვოგანის (Wanghan) და სხვა ამერიკელი გეოლოგების შეხედულება, რომლის თანახმად შელღები დაღეკვის და აბრაზიის ტერასებს წარმოადგენენ და წარმოიშვნენ მეოთხეული გამყინვარების ხანაში და მას ადრე. როდესაც მყინვარული პერიოდის დასასრულს დადნა ყინული, რომელიც კონტინენტებს ჰფარავდა, ზღვას დაუბრუნდა წყლის ის რაოდენობა. რომელიც მანამდე ამ ყინულში იყო დაბანდებული. თუ ჰემფრის თანახმად მეოთხეულის ყინულის ზეწრის სისქეს 1000 მეტრს ვივარაუდებთ, ხოლო მოედანს, რომელსაც გამყინვარება შეეხო, ოკეანეთა ზედაპირის 1/10-ად მივიღებთ, დაეინახავთ, რომ გამყინვარების პერიოდის დასასრულს, ყინულის მთელი მასის წყლად გადაქცევის გამო. ზღვის დონე 60-70 მეტრით უნდა აწეულიყო ანუ. რაც იგივეა, ამავე სიღრმის ზღვას შეღვის ზედაპირი უნდა დაეფარა. ვოგანის მშენიერი დაკვირვებანი მარჯნის რიფებსე ნათლად მოწმობენ ასეთი შეხედულების სისწორეს. ამ დაკვირვებათა მიხედვით ირკვევა, რომ ნამარხი მარჯნის რიფები, შუა ამერიკის, ინდოეთ-წყნარ ოკეანისა და ავსტრალიის მიდამოებში თითქმის ყველგან.

ა.წ



სურ. 14. კრილი ალგანებსა და ატლანტურ ოკეანეს შორის მდებარე მხარეზე (მოცემულია კონტინენტის მსახლვრავი შეღვის საჩვენებლად).

ზღვის დონის მერყეობის კვლას ატარებენ: გამყინვარების ხანაში ზღვის დონეს 60-80-მეტრით დაუწევია, ხოლო გამყინვარების შემდეგ ხანაში ამდენადვე აწეულა¹.

¹) Daly, Pleistocene glaciation and the coral problem. Am. Journ. Sci. (4.) 30, 297, 1910. — Humphrey, Changes of sea level due to change of ocean volume, Washington Acad. Sci. 5, 448, 1915. — Wanghan, Fossil corals from central America, Cuba etc. Smith's Inst. U. S. Nation. Mus. Bull. 103, Wash., 1919.

ხმელეთის ზედაპირის ფორმები. ხმელეთის სხვადასხვა სიმაღლეთა შესაბამისად გამოსავალ წერტილს ზღვის დონე წარმოადგენს. თანამედროვე ზუსტი გაზომვების მიხედვით, ევროპაში იგი მეტრის მხოლოდ რამოდენიმე მეათედის ფარგლებში მერყეობს.

ზღვის დონესთან შედარებული სიმაღლე აბსოლუტური სიმაღლედ იწოდება, სხვა რომელიმე დონესთან შედარება კი შეფარდებით სიმაღლედ იძლევა. დიდი მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე რომელიმე ქვეყნის საშუალო სიმაღლეს, ე. ი. იმ სიმაღლეს, რომელსაც მივიღებთ, მთელი მხარის მასა მის ზედაპირზე თანაბრად რომ გავანაწილოთ. ევროპის საშუალო სიმაღლე ყველაზე მეორეა—375 მ, აზიის ყველაზე დიდი—920 მ. ხმელეთის მთელი ზედაპირის საშუალო სიმაღლე 825 მ უდრის.

აბსოლუტური სიმაღლის მიხედვით განასხვავებენ მაღლობებსა და დაბლობებს. უკანასკნელნი დაბალი და ვაკე ადგილებია და სანაპირო და შიგა დაბლობებდა განიყოფებიან. პირველნი (ლომბარდის, გარონის დაბლობები) წარმოადგენენ ზღვის ახლო მდებარე, ნალექებით ამოვსებულ ძველი ზღვის უბეებს, მაშინ როდესაც მეორენი ზოგჯერ მთელ კონტინენტებზე არიან გადაქმული (სარმატული დაბლობი) და მათი წარმოშობა არ შეიძლება იყოს უშუალოდ ზღვის ფსკერის გაშიშვლების შედეგი.

მაღლობებად იგულისხმება ზეგნები, და მთიანი მხარეები (მთიანეთები). ზეგნებს ეკუთვნიან: საკუთრივ ზეგნები და ვაკე-მაღლობები. პირველი მათგანი (სამხრ. გერმანია-შვეიცარიის ზეგანი, დიდი მლაშე ტბის ზეგანი ჩრდილო ამერიკაში და სხვა) სანაპირო დაბლობების მსგავსად შედარებით გვიან ამოვსებული, უმარტივო ან მლაშე აუზის ფსკერს წარმადგენენ. ვაკე მაღლობებს, პირიქით, დანალექი ან ერუპტიული ქანებით დაფარული, მოვაკებული ფართო მოედნები უქირავთ (ლიბიის უდაბნოს პლატო, კოლორადოს ზეგანი, და ა. შ.).

დასასრულ, მთიანი მხარეები (მთიანეთები) თავის მხრივ კიდევ ასე ნაწილდებიან: მთის ქედები, მთები, და გორაკები. ქვემოთ, როდესაც საუბარი გვექნება მთების წარმოშობის შესახებ, ამ საკითხს კიდევ დაუბრუნდებით და უფრო ვრცლად გავეცნობით.

ყოველივე თქმულის საფუძველზე მიწის აღნაგობაში შეიძლება შემდეგი მთავარი ფორმები აღვნიშნოთ:

ა. დაბლობები: სანაპირო და შიგა კონტინენტური.

ბ. მაღლობები: ზეგნები: ვაკე მაღლობები და საკუთრივ ზეგნები.
მთიანეთები: მთის ქედები, მთები, და გორაკები.

მიწის ზედაპირის შესახებ მთლიანი წარმოდგენა რომ ვიქონიოთ, ხმელეთის გარდა ზღვის ფსკერიც უნდა შევისწავლოთ. მართლაც, ყველაზე უფრო ძლიერი კონტრასტი მიწის ქერქის აგებულებაში სწორედ კონტინენტებსა და ოკეანეებს, ანუ კონტინენტურ ბელტებსა და ოკეანურ აუზებს შორის გვხვდება. სწორედ ის წარმოადგენს მიწის ქერქის აგებულების ძირითად და უმთავრეს მოვლენას. ხმელეთის ზემოთგანხილულ ფორმებს კი მხოლოდ მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვთ.

ჩვენ უკვე ვიცით, რომ ზღვის ფსკერი საერთოდ მეტად ერთგვაროვანია და უზარმაზარ სივრცეზე თითქმის სრულიად სწორი. უფრო ციკაბო ფერდობები და უფცარი ამალღებანი მხოლოდ იმ ადგიღებში გვხვდებიან, სადაც ფსკერი, როგორც ეს ჩვეუღებრივია, ფხვიერი ნალეკებით დაფარული არ არის. ასეთია ვულკანური ან მარჯნის კუნძუღების ფერდობები და წყალკვეშა ვულკანების კალთები (მაგ. ფარადეს მთები ატლანტურ ოკეანის ჩრდ. ნაწიღში). ზღვის უღიდღსი სიღრმე, ზუსტი ხელსაწყოთი გაზომიღი (1907 წელს, გერმანიის ჰიდროგრაფიულ გემი „პლანეტიდან“), ფიღიპეს კუნძუღების აღმოსავღეთით მღებარეობს და 9780 მეტრს აღწევს¹.

ცოტათი ნაკღები (9636 მ: არის კუნძულ გუამას სამხრეთით „მარიანის ხრამში“, ე. წ. ნერონის სიღრმე. ესა და სხვა 9000 მეტრზე უფრო ღრმა ადგიღები სამარღეთ ოკეანის დასავღეთ ნაწიღში მღებარეობენ და მოთავსებული არიან ვიწრო, წაგრძეღებული ჩაღრმავეღებში, რომღებსაც ახღა ხრამებს უწოღებენ. უკვე დასახეღებული მარიანის კუნძუღების ჩაღრმავეღა ჩრდილო-აღმოსავღეთის მიმართუღებით არის გაკღიმული და სიგრძით 800 კმ აღწევს.

კერმადღეის ხრამი, რომელიც ახალ ზელანდის ჩრდილო აღმოსავღეთით მღებარეობს, NNO-კენ მიიღართება და მის გაგრძეღებაზე მღებარე ტონგას ხრამთან ერთად მარიანის ჩაღრმავეღას სიგრძით სამჯერ აღემატება.

ღრმა ოკეანური ხრამები დაკავშირებული არიან ე. წ. კიღურ ანუ წინა სიღრმეღებთან. ეს არის კონტინენტების წინ მღებარე მეტად თღ ნაკღებაღ ვიწრო ჩაღრმავეღებული ადგიღი, რომღის სიღრმე ზღვის მოსაზღვრე ნაწიღის სიღრმეს ზოგჯერ რამოღენიმე ათასი მეტრით აღემატება. ასეთი ჩაღრმავეღა გვხვდება აღმოსავღეთ აზიის კუნძუღების რკალის წინ, იავისა და სუმატრის სამხრეთ ნაპირებთან (ზუნდის ჩაღრმავეღა), აღღუტების და ანტიღურ კუნძუღებთან, ახალი ზელანდის. აღმოსავღეთ ნაპირებთან და სამხრ. ამერიკის დასავღეთ ნაპირთან (პერუსა და ატაკამის ჩაღრმავეღა).

ტუსკარორის ხრამი, რომელიც 7000 მეტრზე ღრმაა, იაპონიის კუნძუღების აღმოსავღეთით მღებარეობს და მას ღღემღე ცნობიღ ხრამებს შორის ყვეღაზე მეტი ფართობი უკირავს. ატლანტური ოკეანის უღრმეს ნაწიღს ვესტინდოეთის ხრამი წარმოადღენს, რომელიც ბერმუღდის და ანტიღურ კუნძუღებს შორის მღებარეობს და 5000—6000 მეტრის სიღრმეს აღწევს.

ზემოთ ჩვენ უკვე აღღნიშნეთ კონტინენტური საფეხური ანუ შეღფი, რომელიც არშიასავით გარს აკრავს კონტინენტებს. მისი განაპირა კიღე საშუალოდ 200 მეტრამღე სიღმეს აღწევს. აღსანიშნავია აგრეთვე ზშირად 5000 მეტრზე უფრო ღრმა კვაბისებური ჩაღრმავეღები, რომღნიც განსაკუთრებით შიგა ზღეღებში გვხვდღებიან. არა ნაკღებ მნიშვნეღოვანია ოკეანური აუზების ფსკერიღდან კეღების სახით ამოწეული ზღურბღები. ამის საუკეთესო მაგალითს შუა-ატლანტური ზღურბღი წარმოადღენს, რომელიც ზღვის ღონის კეღშ 500 მეტრის სი-

¹ ამავე კუნძუღებთან, ე. წ. ემღენის ჩაღრმავეღაში ბოღო ხანებში ჩატარებღმა გაზომეღებმა 10793—10829 მ სიღრმე მოგვცა. მთარგმ. შღნიშნა.

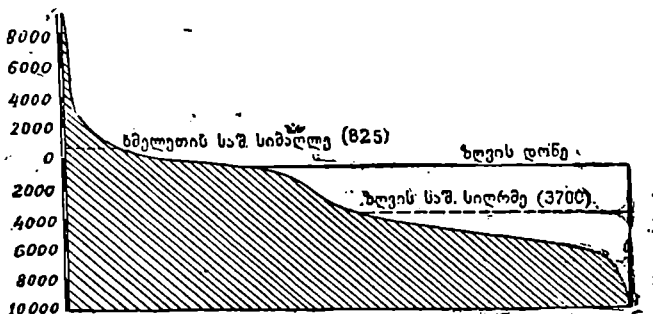
ღრმეზე მდებარეობს და თავის მიმართულებაში ატლანტური ოკეანის ხაპირების ორმაგ მიმოხრას იმეორებს. ამას გარდა ცნობილია სხვა ამოწვევანიც. ასეთია მაგ., ტომსონის ზღურბლი, რომელიც ბრიტანეთის შელფიდან ისლანდიასა და გრენლანდისაკენ მიიმართება.

აღსანიშნავია, რომ ზღვის უდიდესი სიღრმეები გაშლილ ოკეანეში კი არ მდებარეობენ, როგორც წინათ ფიქრობდნენ, არამედ მაღალ ნაპირობთან არიან მოთავსებული. ტუსკარორის, ვესტ-ინდოეთის, ზონდის, ატაკამის, ნორ-



სურ. 15. ზღვის უდიდესი სიღრმეებისა და უდიდესი მაღლობების განაწილება.

ვეგიისა (600 მეტრის სიღრმე) და სხვა ხრამები ამის საუკეთესო ილუსტრაციას იძლევიან. სხვა ღრმა ხრამები, როგორცაა ავსტრალიის კონტინენტის



სურ. 16. მიწის ზედაპირის ჰიპოგრაფიული მრუდე.

აღმოსავლეთით მდებარე კერმადეკისა და ტონგის ხრამები, თანამედროვე ნაპირებს თუმცა უშუალოდ არ უდგებიან, მაგრამ მესამეულში დანაოქებული ზოლის კიდესთან არიან დაკავშირებული.

მეორე მხრივ არც უმაღლესი მთები მდებარეობენ კონტინენტების შუაგულში, როგორც წინათ ეგონათ. უმეტეს შემთხვევაში ისინი კიდესთან არიან. სურ. 15 მიწის ზედაპირზე სიმაღლეთა სხვადასხვაობის სქემატიურ გამოხატულებას იძლევა. მიწის ზედაპირის საერთო აგებულება და სიმაღლე—სიღრმეთა განაწილება მოცემულია სურათ 16-ზე.

1000 მეტრზე მაღლა მიწის ზედაპირის მხოლოდ უმნიშვნელო ნაწილი მდებარეობს, დიდი უმრავლესობა კი ამ დონეზე დაბალია. სამაგიეროდ ზღვის

ფსკერის საერთო ფართობიდან 1000 მეტრზე ნაკლები სიღრმის ადგილებს მხოლოდ 8—9% უჭირავს, მაშინ როდესაც 50" ა-ზე მეტი 3000 მეტრზე ღრმა მიწის ზედაპირის ნახევარზე მეტი მსოფლიო ოკეანის სიღრმეებს უჭირავს [ზუჰანი (Supan)].

ჩვენ შევეძლია გამოვიანგარიშოთ როგორც მიწის საშუალო სიმაღლე, ისე ოკეანის საშუალო სიღრმეც. კრუმმელი (Krummel) ამ უკანასკნელისათვის 3680 მეტრს იძლევა. მაშასადამე, ზღვების საშუალო სიღრმე ხმელეთის საშუალო სიმაღლეს (825 მეტრი) ოთხნახევარჯერ აღემატება.

გამოანგარიშებულია ოკეანის მოცულობაც. იგი 1330 მილიონ კუბურ კილომეტრს უდრის და ზღვის დონის ზევით მდებარე ხმელეთის 104 მილიონ კუბურ კილომეტრს ბევრად აღემატება. ამ სიდიდეთა შეფარდება დაახლოებით ისეთივეა, როგორც 13:1. მაშასადამე, ზღვის აუზების ამოსავებად საჭირო იქნებოდა 13-ჯერ მეტი მასა, ვიდრე ამჟამად ზღვის დონის ზევით არის. ეს რიცხვები ნათელ წარმოდგენას გვაძლევენ ზღვის მოცულობის სიდიდეზე კონტინენტურ მასებთან შედარებით. კონტინენტები საშუალოდ 4500 მეტრის სიმაღლე (3680 III—825 III—ხმელეთის საშუალო სიმაღლე) უზარმაზარ ბელტებს წარმოადგენენ. ამ ვეებერთელა მასასთან შედარებით, ხმელეთის ზედაპირის ყველა ამაღლებანი უმნიშვნელო წვრილმანებად გამოიყურებიან.

ისეთი მთებიც კი, როგორცაა ჰიმალაისის მთები, ოდნავ შესამჩნევ ბორცვებს წარმოადგენენ უზარმაზარი ბელტის ზედაპირზე. აქედან უკვე ცხადია ძველ შეხედულებათა სრული შეუსაბამობა, თითქო მთები კონტინენტების ძირითად ჩონჩხს წარმოადგენენ. ცხადია, რომ ეს უმნიშვნელო ნაოკები დიდ გავლენას ვერ იქონიებენ კონტინენტებზე და ამიტომ უნდა ვიფიქროთ, რომ მაშინ, როდესაც კონტინენტები უძველესსა და უმთავრეს ძირითად ერთეულებს წარმოადგენენ, მთები, პირიქით, ახალ წარმოშობილი და მეორე ხარისხოვანი არიან. დენა (J. Dana) იქამდისაც კი მიდიოდა, რომ ნაოკა მთებს კონტინენტების ამოწეულ კიდეებად, ვითომდა მათ მოკახმულობად სთვლიდა.

III. პეტროგრაფიულ-ტექტონიკური ნაკვეთი.

მიწის ქარკის შემადგენელი ნივთიერება.

ქიმიური და მინერალური შემადგენელი ნაწილები.

დღემდე მიწის ქერქში ცნობილ 70-დე ქიმიურ ელემენტს შორის არსებითი მნიშვნელობა მის შედგენილობაში მხოლოდ მცირე ნაწილს აქვს. არამეტალური ელემენტებიდან ასეთები არიან: ქვანახადი, წყალბადი, ნახშირბადი, ქლორი, გოგირდი, ფოსფორი და აზოტი; მეტალებიდან: სილიციუმი, ალუმინიუმი, რკინა, მანგანუმი, კალიუმი, ნატრიუმი, კალციუმი, მაგნიუმი, ბარიუმი, ტიტანიუმი, ცირკონიუმი და ქრომი. მხოლოდ ეს 20 ელემენტი მოიპოვება მიწის ქერქში ისეთი რაოდენობით, რომ რომელიმე მათგანის მოსპობა საგრძნობლად შესცვლიდა მის შედგენილობას.

მეტად საინტერესოა მიწის ქერქის შემადგენელი ნაწილების რაოდენობის განსაზღვრის ცდა, რომელიც კლარკსა (ვაშინგტონი) და ფოგტს (ქრისტინა) ეკუთვნის¹. მათ მოგვცეს შემდეგი ცხრილი:

ელემენტები	მათი რაოდენობა მიწის ქერქში პროცენტებად
უანგბადი	47
სილიციუმი	28
ალუმინიუმი	8
რკინა	4,5
კალციუმი	3,2
მაგნიუმი	2,5
კალიუმი	2,5
ნატრიუმი	2,5
წყალბადი	} თვითოეული დაახლოებით 0,25
ნაზირბადი	
ტიტანიუმი	
კლორი	
მანგანუმი	} თვითოეული დაახლოებით 0,1
ფოსფორი	
გოგირდი	

აქედან ნათლად ჩანს, რომ მიწის ქერქის ნახევარს უანგბადი შეადგენს, სილიციუმი—მეოთხედს, ხოლო ცხრილის პირველი რვა ელემენტის ჯამი—98,2%; შემდეგი შვიდი ელემენტის რაოდენობა 1,3% არ აღემატება და ყველა დანარჩენის—0,5%-ს.

ეს რიცხვები სწორია მხოლოდ ლითონფეროსთვის. ბარისფეროს (იხ. ზემოთ) შედგენილობა ალბათ საგრძნობლად განსხვავებული უნდა იყოს.

ამჟამად ცნობილი 1000-ოდე მინერალიდან მიწის ქერქის შედგენილობისათვის არსებითი მნიშვნელობა მხოლოდ რამდენიმე ათეულს აქვს. ისინი შეიძლება ასე დაეჯგუფოლ:

1. უანგბები:

- თოვლი, წინული (H_2O).
- კვარცი (სილიციუმის ანჰიდრიდი, SiO_2)

2. სილიკატები

- მინდერის შპატების ჯგუფი— SiO_2 , Al_2O_3 , ტუტეები ან CaO .
- ფელდშპატიდები (ლევიტრი, ნეფელინი და სხვა)— SiO_2 , Al_2O_3 , ტუტეები ან CaO .
- ციოლითები— SiO_2 , Al_2O_3 , ტუტეები, CaO , აგ.
- ქარსების ჯგუფი— SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ტუტეები, HO .
- ქლორიტი— SiO_2 , Al_2O_3 (Fe_2O_3), Mg (Fe) O , აგ.
- ავგიტ-რქატყუარის ჯგუფი— SiO_2 , Al_2O_3 (Ca , Mg , Fe) O .
- გრანიტი— SiO_2 , Al_2O_3 (Fe_2O_3) Ca (Mg , Fe , Mn) O .

¹ Clarke, 'The data of geochemistry', 4. გამოც., 1920 (U. St. Geol. Surv. Bull., 695). Vogt. Zeitschr. f. prakt. Geol., 1898—1899.

ჟიდოტი— SiO_2 , $\text{Al}(\text{Fe})_2 \text{O}_3$, CaO .

ტურმალინი— SiO_2 , (B_2O_3) , Al_2O_3 ; Na_2O , $\text{Mg}(\text{Fe}) \text{O}$

ტოპაზი— SiO_2 , (F) , Al_2O_3 .

ოლივინი— SiO_2 , $\text{Mg}(\text{Fe}) \text{O}$.

3. კარბონატები: კალციტი (CaCO_3), დოლომიტი (CaMgC_2O_6) მაგნეზიტი (MgCO_3).

4. სულფატები: ანჰიდრიტი (CaSO_4), თაბაშირი ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{aq}$), ბარტი (BaSO_4).

5. ქლორიდები: ქვამარილი (NaCl).

6. ფლუორიდები: ფლუორიტი (CaF_2).

7. ფოსფატები: აპატიტი ($3\text{Ca}_3 \text{P}_2\text{O}_8$, $\text{Ca}(\text{Cl}, \text{F})_2$).

8. რკინის მადნები: ჰემატიტი, რკინის კრიალა (Fe_2O_3) მაგნეტიტი (Fe_3O_4) ილმენიტი (Fe, Mg) TiO_2 , სიდერიტი (FeCO_3), ლიმონიტი ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{aq}$), პირიტი (FeS_2).

9. ნახშირები და ნახშირწყალბადები: ტორფი, მურანახშირი, ქვანახშირი, ანტრაციტი, ნაფთობი, ასფალტი.

უმთავრეს ქანებში უმნიშვნელოვანესი მინერალების გავრცელების შესახებ შემდეგი უნდა შეენიშნოს:

ა) ერთბაშად და კრისტალურ ფიქლებსა და სხვა მეტამორფულ ქანებში გვხვდება:

კალიუმისანი და კალიუმ-ნატრიუმისანი ფელდშპატები—გრანიტში, კვარცპორფირში, ლიპარიტში, სიენიტში, ტრაქიტში, ნეფელინიან სიენიტში, ფონოლიტში, გნეისში.

ნატრიუმისანი და კალციუმ-ნატრიუმისანი ფელდშპატები—დიორიტში, პორფირიტში, ანდეზიტში, გაბროში, დიაბაზში, მელაფირში, ბაზალტში. ამას გარდა წინა მიწერალებთან ერთად ყველა ზემოთ ჩამოთვლილ ქანში.

კვარცი—გრანიტში, კვარცპორფირში, ლიპარიტში, კვარციან დიორიტში, გნეისში, ქარს-ფიქალში, კვარც-ფიქალში.

რქატყუარა—სიენიტში, დიორიტში, პორფირიტში, ანდეზიტში, რქატყუარაიან გნეისში, რქატყუარაიან ფიქალში.

აეგიტა—აეგიტაიან სიენიტში, აეგიტაიან ანდეზიტში, გაბროში, პერიდოტიტში, დიაბაზში, მელაფირში, ბაზალტში, პიროქსენიტში და მის მონათესავე ქანებში.

ქარსები—გრანიტში, ქარსიან პორფირიტში, გნეისში, ქარს-ფიქალში და ბევრ სხვაში.

ქლორიტი—ქლორფიქალში და სხვა კრისტალურ ფიქლებში.

ოლივინი—პერიდოტიტში და სერპენტინში, ოლივინიან გაბროში, ოლივინიან დიაბაზში და ბაზალტში.

ნეფელინი—ნეფელინიან სიენიტში, ფონოლიტში, ნეფელინიან ბაზალტში.

გრანატი—გრანატიან გნეისში, გრანატიან ქარს-ფიქალში, და გრანატიან რქატყუარაიან პორფირიტში.

ტურმალინი—ტურმალინიან გრანიტში და გრანულიტში.

აპატიტი—როგორც მეორე ხარისხოვანი შემაღლებული ნაწილი თითქმის ყველა ქანებში.

კალციტი—მარცვლოვან კირქვაში (მარმარილო), კირქვიან-ქარსიან-ფიქალში და კირქვიან რქატყუარაში.

ბ) დანალექ ქანებში:

კაოლინი—კაოლინიან ქანებში მეტად თუ ნაკლებად უსუფთაო სახით: პლასტიურ თიხებში, ფიქლებრივ თიხებში, თიხა-ფიქლებში, მერგელში, არკოზებში.

ფელდშპატები—არკოზებში.

კვარცი—ქვიშაში, ქვიშაქვაში, კვარციტში, არკოზში, თიხაში.

კალციტი—კირქვაში, მერგელში, შალშტაინში.

დოლომიტი—დოლომიტქვაში, დოლომიტოვან მერგელში, დოლომიტოვან ქვიშა-ქვაში.

თაბაშირი და ანჭიდრიტი—წმინდა ან მერგელიდან და თიხასთან ზერეულა.

ქვამრილი და თანამგზავრი ხსნადი მარილები (კალიუმის).

გრაფიტი და ნახშირი—გრაფიტთან და გრაფიტოიდთან ქანებში.

ა) მინერალურ და ზაღნიან ქარღვებში, შტოკებში, შრე ქარღვებში:

კვარცი.

კალციტი და სხვა კარბონატები.

ბარიტი.

სიდერიტი, რკინის კრიალა და ჰემატიტი, ლიმონიტი, მალაქიტი, ილმენიტი, ქრომიტი, ფლუორიტი, სფალერიტი, გალენიტი, პირიტი, პიროტიანი, ქალკოპირიტი.

შაქაქვიშა მადნები—(პიროლუნიტი, ფსილომელანი და სხვა).

ქანების ზოგი მთავარი თვისება.

1. საერთო შედგენილობა.

ყველა ქანი ზემოაღნიშნული და ზოგიერთი სხვა იშვიათი მინერალების შეერთებას (აგრეგატს) წარმოადგენს. იმისდამიხედვით, არაორგანიული თუ ორგანიულ წარმოშობისა არიან აღნიშნული მინერალები, არჩევენ მინერალოგენურ და ორგანოგენურ ქანებს.

ორგანოგენური ქანები, მათი შემადგენელი ნაწილის ცხოველური თუ მცენარეული წარმოშობის მიხედვით. იყოფიან ზოოგენურ (ძვლების და ნიჟარების ბრექჩია, ცარცი, ღრმა ზღვის შლამი და სხვა), და ფიტოგენურ (წყალ-მცენარეული კირქვები, ნახშირი და სხვა) ქანებად.

ზოგი მინერალოგენური ქანი მხოლოდ ერთი მინერალისგან შედგება და მაშინ მას მარტივს ან ერთგვაროვანს უწოდებენ. (ასეთია მაგ. ქვამარილი, კრისტალური კირქვა და სხვა). ქანების უმრავლესობა კი სხვადასხვა მინერალებს შეიცავს და მაშინ მათ რთული ან არაერთგვაროვანი ეწოდება (გრანიტი, კვარცპორფირი და სხვა).

2. შველაღმენელი ნაწილები.

აქ უნდა გავარჩიოთ ქარსებითი და არაარსებითი ანუ აქსესორული მინერალები. პირველთა არსებობა ქანში აუცილებელია, რათა ქანმა თავისი განსაზღვრული პეტროგრაფიული სახელოდება მიიღოს. მაგ., გრანიტისათვის ასეთია კვარცი, ქარსი, მინდვრის შვატი. მეორეთა არსებობას კი გადაამწყვეტი მნიშვნელობა არ აქვს; გრანიტისათვის ასეთია გრანატი, ტურმალინი, აპატიტი და სხვა.

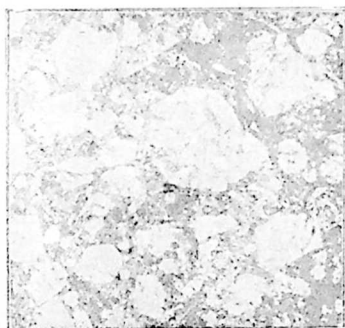
ქანმაშენ მინერალებთან ერთად ბევრი ქანი პეტროგრაფიულად განსხვავებულ ნაწილებსაც შეიცავს. მათ ქანმაშენ მასებს უწოდებენ და აქაც არჩევენ არსებითსა და არაარსებითს. არსებითი არის მაგ., ხვინჭა და რიყის ქვე-

ბი კონგლომერატებში; აქცესორული ანუ არაარსებითი არიან: 1. კონკრეციები, რომლებიც უმეტეს შემთხვევაში მათ შემცველ ქანებთან ერთად წარმოიშვებიან გარკვეული ცენტრის ირგვლივ მინერალური ნივთიერების შემოკრების გზით. ასეთია რგვალი და კორძებრივი მოყვანილობის სხეულები, როგორც მაგ., პირიტის და სფეროსიდერიტის კორძები თიხებში ან ფიქლებში და სხვა. 2. სეკრეციები: ქანებში წარმოშობილ სიციარიელეთა შემდგომი ამოვსების გზით წარმომდგარი მასები (ავატის დრუხები მანდელშტაინებში და სხვა.). 3. ჩანართები: ძველი უცხო სხეულები, მავალ. უცხო ქანის ნამტვრევები ერუბტივულ ქანებში, ნამარხება დანალექ ქანებში.

წ. სტრუქტურა.

სტრუქტურად იწოდება ქანმაშენი მინერალების შეკავშირების სხვადასხვა სახეობა. არჩევენ კრისტალურ, მინებრივ და კლასტიურ სტრუქტურებს.

კრისტალური ქანები კრისტალური ინდივიდუუმებისგან (კრისტალებისგან) შედგებიან და თავის მხრივ კრისტალურ მარცვლოვან (სურ. 18) და პორფირულ (სურ. 17) ქანებად იყოფიან. მარცვლოვანი სტრუქტურის ქანე ქანებში ცალკე ნაწილები უშუალოდ ერთიმეორესთან არიან შე-



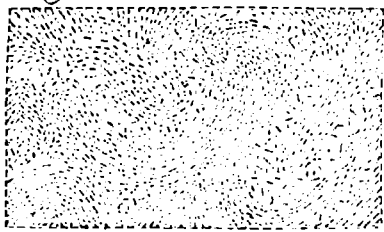
სურ. 17. პორფირული სტრუქტურა.

სურ. 18. მარცვლოვან-კრისტალური სტრუქტურა

ზრდილი, ისე რომ მათ შორის არავითარი შემკავშირებელი ნივთიერება არ მოიპოვება. შემადგენელი ნაწილების სიდიდის მიხედვით არჩევენ მსხვილ-მარცვლოვანს (მაკროკრისტალურს) — გრანიტების უმეტესი ნაწილი და გაბროები — წვრილმარცვლოვანს (მიკროკრისტალურს) და წმინდამარცვლოვანს ანუ, პირველი შეხედვით, თითქო ამორფულს (კრიპტო-კრისტალურს—ფარულ კრისტალურს)—ბაზალტების უმეტესობა.

პორფირულ ქანებში ყოველთვის ვხვდებით ფარულ-კრისტალურ ან მინებრივ ძირითად მასას და შივ გაფანტულ ცალკეულ მოზრდილ კრისტალებს. (კვარცპორფირი, ლევიტოფირი).

მინებრივი (ჰიალური) ქანები გამდნარი ნივთიერების გამტკიცების შედეგად მიღებულ ბუნებრივ მინას წარმოადგენენ (ობსიდიანი და სხვა).
დასასრულ, კლასტიური ქანები უფრო ძველი ქანების მექანიკური



სურ. 19. ისლანდის ობსიდიანის ფლუიდური ტექსტურა (Zirkel-ის მიხედვით).

დაშლის შედეგად წარმოიშვებიან. კრისტალური ქანების მსგავსად, შემადგენელი ნამტვრევების სიდიდის მიხედვით ისინი ასე ნაწილდებიან: მსხვილ-კლასტიური ანუ პსეფიტური (დარგვალეებულ მასალისაგან შემდგარი კონგლომერატები და კუთხედი ნამსხვრევებისაგან შემდგარი ბრეკიები), წვრილ-კლასტიური ანუ პსამიტური (ქვიშა-ქვების უმეტესობა) და წმინდა-კლასტიური ანუ პელიტური (თიხები და სხვა).

4. ტექსტურა ანუ შემადგენელი ნაწილების წყობა ძანში.

ტექსტურის მთავარი სახეები იქნებიან: მასივიური, როდესაც შემადგენელი ნაწილების წყობა ყველა პიმართულებით ერთგვარია: შრეებრივი, როდესაც ქანის მასალა მთელი რიგი, ერთი მეორეზე განლაგებული ბრტყელი ფენებისაგან ანუ შრეებისგან შედგება: ფიქლებრივი, როდესაც ქანს შემადგენელი ნაწილების ფურცლებრივი (ლაშელური) ბუნებისა და მათი პარალელური წყობის გამო გარკვეული მიმართულებით ტექსტურა ემჩნევა (სახურავი ფიქალი).

სხვა, ნაკლებად მნიშვნელოვანი ტექსტურები არიან: ფლუიდალური ანუ ფლუქტუალური, რომელიც გამყარების პროცესში მყოფ ქანში დინების შოვლენათა შედეგად წარმოიშობა და უწვრილეს კრისტალურ წარმონაახთა დაკლკინილ თოკისებურ ზოლებს შეიცავს (სურ. 19). მინებრივი და წიფური, მანდელშტაინური, სფერეოლითური, დრუზებიანი, ოლითური, პოროვან-ბუშტოვანი და სხვა.

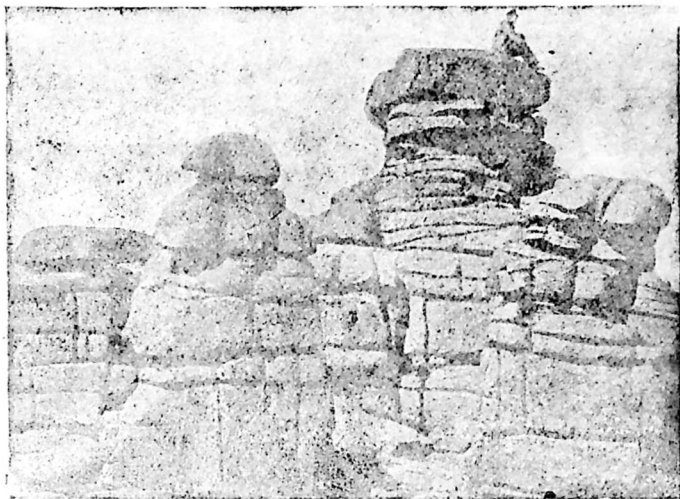
5. მანწევრება.

თითქმის ყველა ქანს ახასიათებს ზოგჯერ ამჟარა, ზოგჯერ კი ფარული და მხოლოდ მტვრევის დროს ან გამოფიტვის შემდეგ შესამჩნევი განწევრება, რომელიც ან ქანის გაციება-შეკუმშვის ან გაშრობის შედეგად ჩნდება. ამ მოვლენის გამო ქანი ხშირად საოცრად წესიერი ფორმის ნაწილებად იყოფა.

უწესო-პოლიედრული განწევრება ეწოდება ისეთს, როდესაც განცალკევებული ნაწილები დაკუთხული, მახვილწიბოიანი და უწესო ფორმისა არიან.

წესიერ განწევრებათა შორის საყურადღებოა:

1. ფილაქნური, ზოგიერთ ბაზალტებისათვის და კვარცპორფირებისათვის დამახასიათებელი. თუ კი ფილაქნები დიდი სისქის არიან, მაშინ გვექ-



სურ. 20. გრანიტის პარალელოპიპედური განწყევრება. მედელსტაინი რიხენგებირგში.

ნება პარალელოპიპედური განწყევრება, რაც ძლიერ ხშირია გამოფიტულ გრანიტებში (სურ. 20)¹.

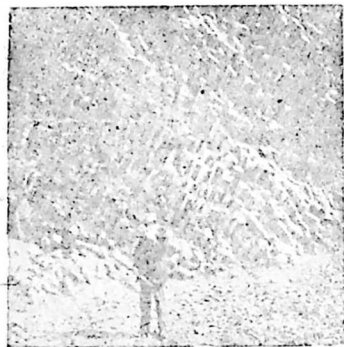
¹ გრანიტულ ქვისატეხებში მომუშავეთა მიერ უკვე დიდიხანია ცნობილია ამ ქანის ნაპრალიანობა, რომელიც გამოფიტვის დროს ბუნებრივი კუბების გაჩენას იწვევს. კლოოსის (H. Cloos, Der Mechanismus tiefenvulkanischer Vorgänge. Sammlung Vieweg. Braunschweig 1921.—შეად. აგრეთვე მისივე, Der Gebirgsbau Schlesiens. Berlin, Bornträger, 1922) ახალმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ ამგვარ გრანიტულ მასივებში განვითარებული უნდა იყოს ნაპრალობა ორი სისტემა:

1. ნაპრალობა მთავარი სისტემა, განვითარებული გაცივების დროს მოქმედი ძაბვის მიმართულებით. ეს ნაპრალები (კლოოსი მათგაწყევრის ნაპრალებს უწოდებს) ზოგაჯერ ოია არიან და ერუპტიველ ან მინერალურ ძარლებს იძლევიან.

2. ამ ნაპრალებისადმი მართობულად განლაგებული განწყევრების ანუ განაწილების სიბრტყეები, წნევეთი ნაპრალები კლოოსის მიხედვით (გამოიხატებიან მინერალების პარალელურ განლაგებაში). ისინი ქანის გაფბერვის მიმართულებით მდებარეობენ და კრისტალური ფიქლების ფიქლებრივობის სიბრტყეების შესაბამისს „ლატენტური გაზიდების“ ნაპრალებს წარმოადგენენ. ამ მიმართულებას ზოგი შლირი და უცხო ქანების ჩანართებიც მისდევენ.

ეს და სხვა დებულებები, რომლებიც კლოოსის და მისი მოწაფეების მიერ ჯერ შტრელენის გრანიტული მასივებისათვის (ბრესლაუს მახლობლად) იქმნენ დადგენილი, შემდეგში სხვა გრანიტული მასივებისათვისაც დადასტურდნენ და შესაძლებლობა მოგვეცეს გაგვეკეთება მნიშვნელოვანი დასკვნები იმ დაწოლის მიმართულების შესახებ, რომლის ქვეშაც ეს მასივები გაცივებას განიცდიდნენ (შეად. S. Bubnoff, Die Methode der Granitmessung und ihre bisherigen Ergebnisse. Geol. Rundschau, ტ. 13, გვ. 151, 1922).

2. პრიზმულ-სვეტებრივი განწევრება ხშირია ბაზალტებში და სხვა ამონთხეულ ქანებში. სვეტები უმეტეს შემთხვევაში ექვსწახანაგოვანი არიან და ხშირად განივ განწევრებასაც იჩენენ (სურ. 21).



სურ. 21. ბაზალტის სვეტებრივი განწევრება. ლინცი რაინზე.

3. სფერული განწევრება აგრეთვე ხშირია, როგორც ბაზალტებსა და დი-



სურ. 22. ბაზალტის სფერული განწევრება შლისბერგი აუსტიტან.

აბაზებში, ისე ვრანიტებსა და სხვა მაგმურ ქანებში. სფეროებს ხშირად კონცენტრულ-ფურცლოვანი ნაშენობა ახასიათებს (სურ. 22).

6. წოლის ფორმა.

წოლის ფორმა ეწოდება ქანის სხეულის მოყვანილობას და მის დამოკიდებულებას ირველივ მდებარე ქანებთან. არივნენ:

- ა) ნორმულ ანუ შრეებრივ და
- ბ) ანორმულ ანუ გამკვეთ წოლის ფორმებს.

ა. შრეებრივობა.

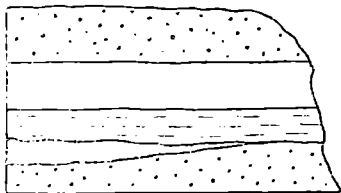
შრეებრივობა თანდათანობითი დაღეჭვის შედეგია. შრეს შედარებით მცირე სისქესთან ფართო პორიზონტული გავრცელება და ამიტომ საერთოდ ბრტყელი მოყვანილობა ახასიათებს. ყოველ შრეს ზევით („სახურავი“) და ქვევით („საგები“) მდებარე შრეებისაგან მკაფიო საზღვარი აქვს. მაშინ როდესაც თვითოეული შრე გეოლოგიური დროის გარკვეული ნაკვეთის განმავლობაში განუწყვეტელი დაღეჭვის შედეგია, შრეებს შორის საზღვარი, პირიქით, დაღეჭვის შეწყვეტის ან დაღეჭვის პირობებში მომხდარი ცვლილების მაჩვენებელია.

შრის სისქეს აგრეთვე „სიმძლავრესაც“ უწოდებენ. იგი დაღეჭვის ხანგრძლივობის შესაბამისი ყოველთვის არ არის. ზოგიერთი შრე წლის რომელიმე დროშია დაღეჭილი, ზოგი მთელი წელიწადის განმავლობაში, ზოგი კიდევ ათა-

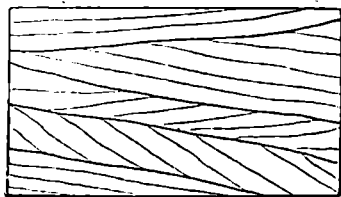
სეულ წლებში. ასაკითა და წარმოშობით მსგავსი შრეების დიდ რიცხვს შრეების წყება, შრეების ჯგუფი ან შრეების სერია ეწოდება. თუ შრე რაიმე სასარგებლო ნაშარსს (მადანს, ქვანახშირს) შეიცავს, მას „ფლოც“ ეწოდებენ. თვითოეულ შრეს ხვეით სახურავი გვერდი საზღვრავს, ხოლო ქვეით — საცები გვერდი. ერთი და მეორე ივეულებრივად ურთიერთ შორის პარალელური არიან. მაგრამ შრის გავრცელების საზღვარზე ისინი ერამანეთს უახლოვებიან და ამით მის დაბოლოვებას ანუ გამოსოლვას იწვევენ (სურ 23). გამოსოლვის გარდა შრე შეიძლება ბოლოვდებოდეს ან მიწყვეტი. ე. ი. სხვა სეულთან გადაკვეთით ანდა ტოპოგრაფიული ადგილით გადაკვეთით. უკანასკნელ შემთხვევაში შრეთა განაკეთს „შრეთა თავები“ ეწოდება (სურ. 25).

უმეტეს შემთხვევაში შრეების წყებას კარგად ემსხვევა დალექვის სიბრტყეთა პარალელურობა | ნ ა უ მ ა ნ ის (Narmanis). წ. პარალელური სტრუქტურა|, რაც ათელსაინო ხდება ღია და მუქი, მსხვილ და წვრილმარცვლოვანი მასალისა და ზოგჯერ კი ნაშარებიანი ან სვინკიანი ზოლების მორიგეობის წყალობით. გამოწკლისს შეადგენს ხლართული (გვარდინი) შრეებრივობა, რომლის შემთხვევაში შრეებრივობის მიმოიხულება მკირე სივრცეზე მრავალჯერ უაყრალ იკვლება (სურ. 24).

შრეების ზედაპირი ივეულებრივად ბრტყელი და სწორია. გამოწკლისს წარმოადგენს ან მსრეე ზოგიერთი ქვიშაჭებები, რომლებსაც ნათლად ემსხვევა



სურ. 23. შრის გამოსოლვა.



სურ. 24. ხლართული შრეებრივობა.

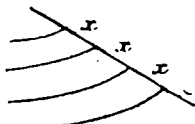
უ ს წ ო რ მ ა ს წ ო რ ი, ტ ა ლ ლ ე ბ რ ი ე ვ ი ზ ე დ ა პ ი რ ი — Rippeimark-ები: მოგროძო, ურთიერთშორის პარალელური სერები და მათ შორის მდებარე ღარები, რომლებიც დაბალ წყალში (ტბები, მდინარეები, ზღვის ნაპირი) და ღუნების ზედაპირზე ჩნდებიან წყლის ან ჰაერის მოძრაობის ქვიშაზე გავლენის შედეგად.

გარდა ამისა, შრის ბრტყელი ზედაპირის სახის შემცვლელ მოვლენათა შორის აღსანიშნავია ე. წ. წვიმის წვეთების ნამარხი კვალები, შრის გახმობის დროს წარმომდგარი გვალვის ნასკდომები, ჯერ კიდევ პლასტიური შრის ზედაპირზე ცხოველთა ცოცვის ან სიარულის შედეგად მიღებული კვალები; ზოგჯერ ქვამარილის კრისტალები, რაც შედეგია შრის გახმობისას მისი ზედაპირზე მარილების კუბების წარმოშობისა და სხვ.

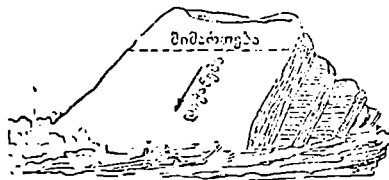
თავდაპირველად ყველა შრე მეტად თუ ნაკლებად ჰორიზონტულად დალექილა. უმეტეს შემთხვევაში ასეთი ჰორიზონტული მდებარეობა მათ დღემდე

შერჩენიათ. ზოგიერთ შემთხვევაში კი მიწის ქერქის მოძრაობათა გამო ისინი ამართულან, დანაოქებულან ან დაწყვეტილან. ამ მოვლენების შესახებ ქვემოთ გვექნება ლაპარაკი.

თუ შრე ჰორიზონტულია, თავისთავად ცხადია, რომ მისი დამხრობა არ მოხერხდება ხოლო თუ დახრილია, მაშინ მისი მდებარეობა სივრცეში განისა-

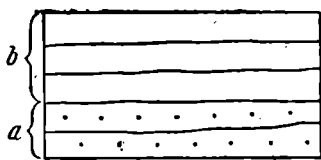


სურ. 25. შრეთა თავები.

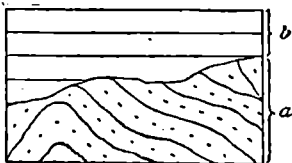


სურ. 26. მიმართება და დაქანება

ზღვრება: 1) მიმართებით, ე. ი. შრის და ჰორიზონტული სიბრტყის გადაკვეთის ხაზით (ჰორიზონტის მხარეების მიმართ მოცემულით) და 2) დაქანე-



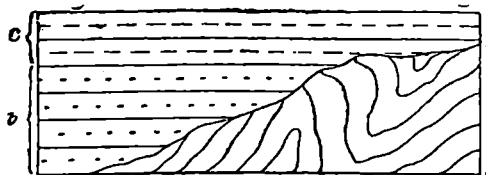
სურ. 27. თანხმობითი განლაგება.



სურ. 28. უთანხმო განლაგება.

ბით, ე. ი. ჰორიზონტული სიბრტყისადმი უდიდესი დახრილობით (გრადუსებში). გეოლოგიურ რუკებზე ნიშანი α 20° აღნიშნავს, რომ შრე SW-NO არის მიმართული და დაქანებული SO-ისკენ 20° კუთხით.

იმის მიხედვით, თუ როგორ არიან შრეთა სისტემები ურთიერთ განწყობილი, განასხევენ კონკორდანტულ ანუ თანხმობითის განლაგებას და დის-



სურ. 29. ტრანსგრესიული განლაგება.

წყებას დანარჩენებისგან განსხვავებული განლაგება ახასიათებს (სურ. 27 და 28).

იმ შემთხვევაში, თუ რომელიმე წყება c თანხმობით ადევს მის ქვეშ მდებარე წყება b -ს, მაგრამ შემდეგ უთანხმოდ ჰფარავს კიდევ უფრო ძველი ხნოვანების a წყებას, ტრანსგრესიულ განლაგებაზე ლაპარაკობენ (სურ. 29).

თანხმობითი განლაგების შემთხვევაში შეგვიძლია ვთქვათ, რომ ორ მომდევნო სერიათა დალექვას შორის დიდ დროს არ გაუვლია; უთანხმო განლაგების შემთხვევაში კი შუაში იმდენად დიდი დრო გასულა, რომ ქვედა უფრო ძველ სერიას დანაოკება მოუსწრია და ნაწილობრივ კიდევ გადარეცხილა. დასასრულ, ტრანსგრესიული განლაგება იმას მოწმობს, რომ აუზი, რომელშიაც დალექვა წარმოებდა, თავის ნაპირებს გასცილდა და ამის გამო ახალი ნალექები უფრო დიდ სივრცეს ჰფარავენ, ვიდრე უშუალოდ მათზე ძველი წყება.

ს) ბამბაქმითი განლაგება.

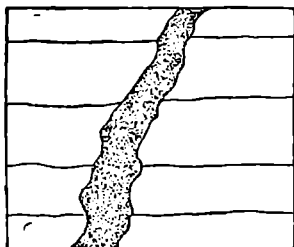
[ძარღვები, ლაკოლითები, შტოკები და ბათოლითები, გუმბათები, ნაკადები (ღვარები) და ზეწრები (განუენები)].

გამკვეთ წოლის ფორმა, წინააღმდეგ შრეებრივისა, იმით ხასიათდება, რომ ქანი მის ირგვლივ მდებარე შრეებს განსაზღვრული კუთხით ჰკვეთს.

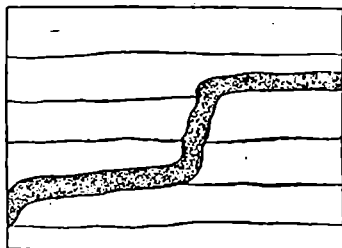
გამკვეთ წოლის ფორმებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია ძარღვი. ეს არის შრეებრივ ან მასივ ქანებში ნაპრაღის ახ, რკვალ ძარღვების შემთხვევაში, მილისებური სიღრუის ამოვსების შედეგი.

ამოვსება შეიძლება მომხდარიყო სხვადასხვა გზით:

1. ზევიდან ჩატანით, მაგ., თიხის ან ქვიშის ძარღვები კირქვებში და სხვა.
2. ნაპრაღებში მოძრავ ხსნარებიდან, მეტადრე თერმული წყლებიდან მიწერალურ ნივთიერებათა დალექვით. ასე არიან წარმოშობილი მიწერალური ძარღვები (კვარცის, ბარიტის და სხვა).



სურ. 30. ნამდვილი ძარღვი.



სურ. 31. შრე ძარღვი.

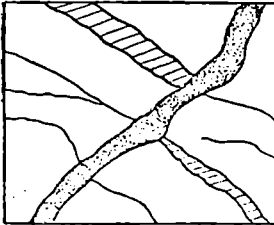
3. სიღრმიდან ამონადენი მაგმის მიერ ნაპრაღის ამოვსებით. ასე წარმოიშებიან ერუპტივიული ძარღვები (ბაზალტის, პორფირის და სხვა).

ნამდვილი ძარღვები ქანებს ამათუიმ კუთხით ჰკვეთენ (სურ. 30); ზოგჯერ ძარღვი ნაწილობრივად შრეებს შორის მდებარეობს (სურ. 31) და მას შრეძარღვი ეწოდება.

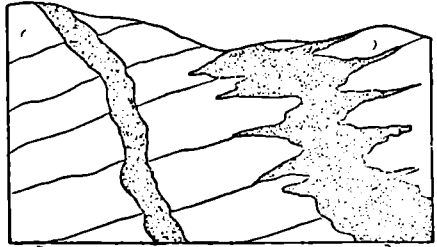
ძარღვის შემთხვევაშიც ისევე, როგორც შრის მიმართ, საჭიროა ვიცოდეთ მისი სისქე და გავარკვიოთ მისი მდებარეობა დაქანების და მიმართების საშუალებით.

ზედაპირს, რომელიც ძარღვს მასთან მოსაზღვრე ქანისაგან ჰყოფს, ზ ა - ლ ბ ა ნ დ ს ეძახიან, ხოლო ძარღვის სოლის, თითის, ტოტისებურ ან ბოძალ განშტოებას მოსაზღვრე ქანში აპოფიზი ეწოდება. (სურ. 35, მარჯვნივ).

ძარღვები ხშირად ჯგუფ-ჯგუფად გვხვდებიან; ზოგჯერ როგორც ძარღვთა პარალელური სისტემა (სურ. 34), ზოგჯერ როგორც უწყსოდ ერთმანეთის გადამკვეთი ძარღვები (სურ. 32) და ამ შემთხვევაში გამკვეთი ძარღვი უფრო

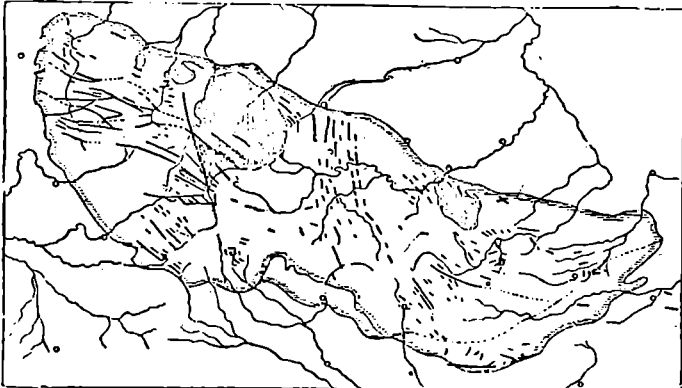


სურ. 32. ძარღვების ჯვარედინად გადაკვეთა



სურ. 33. გრანიტის ძარღვი მარცვლოვან კირქვაში. შტრეფისი, ფიტელეგებირგებში.

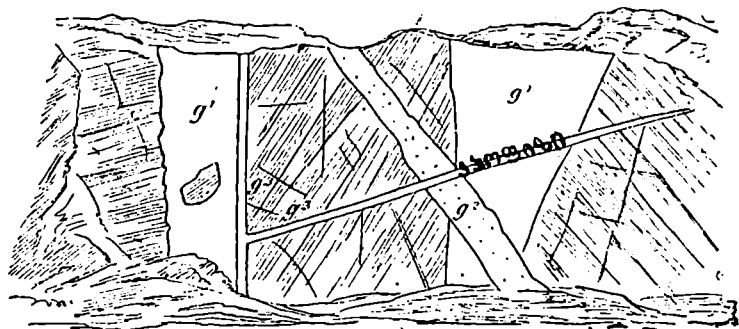
ახალგაზრდაა, ვიდრე გაკვეთილი. ზოგჯერაც ერთი გარკვეული წერტილიდან რადიუსული მიმართულებით ძარღვების მთელი წყება გამოდის.



სურ. 34. ჰარცის მთავარი ძარღვები და ნაპარალთა სისტემები. დაშტრიხული უბნები გრანიტულ შტოკებს წარმოადგენენ.

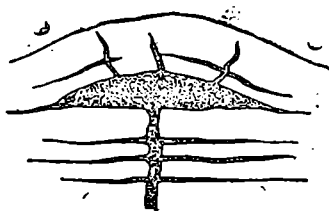
რაც შეეხება რვეალ ძარღვებს, მათ შესახებ საუბარი ქვემოთ გვექნება ვულკანური მოვლენებისა და განსაკუთრებით კი აფეთქებითი ამოფრქვევების შესწავლის დროს.

ძარღვებისაგან დიდად არ განსხვავდებიან ლაკოლითები (სურ. 36), რომლებიც პირველად ამერიკაში იქმნენ შესწავლილი. ისინი წარმოადგენენ ძარღვის ერუპტიული მასის სოკოსებურ დაბოლოვებას, რომელსაც (ერუპტიული გუმბათების საწინააღმდეგოდ) მიწის ზედაპირამდე ვერ მოუღწევია და სიღრმეში გაციეებულა. ლაკოლითის მთავარი სხეულიდან ხშირად მთელი რიგი აპოფიზები და ინტრუზიული ძარღვები გადის გარშემო მდებარე (შემკველ) ქანებში. მათ ზევით მდებარე შრეებს ლაკოლითები თალის მსგავსად ამოსწევენ. ცხადია, რომ ლაკოლითები დაკვირვებისათვის მისაწვდომი ხდებიან მხოლოდ მას შემდეგ, რაც მათ დანალექი ქანების საფარი გადაეცლებათ.

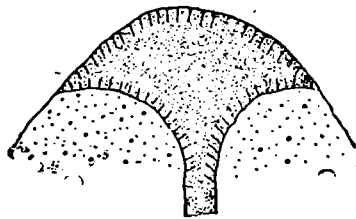


სურ. 35. გრანიტის ძარღვები (გ¹, გ², გ³) გენისში, ფურსტენეი, ბავარიის ტყე.

შტოკი არის მოკლე, მაგრამ მეტად მძლავრი, მეტწილად მორგვალო ფორმის ძარღვი. შტოკების სახით გვხვდებიან სხვადასხვა გვარი ერუპტიული ქანები და ზოგჯერ აგრეთვე მადნები, თაბაშირი და ქვამარილი.



სურ. 36. ლაკოლითი.



სურ. 37. ერუპტიული გუმბათი.

ბათოლითები წარმოადგენენ კიდევ უფრო დიდ, მკვეთრად შემოფარგლულ ერუპტიულ სხეულებს, რომელთა საგები გვერდი უცნობია. ისინი თითქოს დაუსრულებლივ გრძელდებიან სიღრმეში. ჰარცის, რიზენგებირგეს, შვარცვალდისა და ვანდერვანდის, ბრეტანის და სხვა მრავალი გრანიტული მასივები ამ წო-

ლის ფორმის კარგ მაგალითებს წარმოადგენენ. ბათოლითებზე უფრო დაწერილებით ქვემოთ, სიღრმის ინტრუზიების განხილვის დრო შევზერდებით.

გუმბათები წარმოადგენენ მასივი ქანების კონუსური, ზარისებრი ან გუმბათური მოყვანილობის სხეულებს. ერუპტივული ქანებისათვის ამ მეტად მნიშვნელოვანი წოლის ფორმის მაგალითებს იძლევიან ჰესენისა და ტურიინგენის, ბოჰემის მიტელგებირგეს, ზიბენგებირგეს და ჰეგაუს მრავალი ბაზალტური, ფონოლითური და ტრაქიტული გუმბათები.

მეტ წილად ისინი კანონზომიერი, შინაგანი განწევრებით ხასიათდებიან (მაგ. ზოგიერთი ბაზალტური მთების შუაგულისკენ მიმართული სვეტური განწევრება). გუმბათები ხშირად მხოლოდ ძველი გადარეცხილი ვულკანების გულს წარმოადგენენ.

ნაკადები და განფენები ძარღვების ზედაპირულ დაბოლოვებას წარმოადგენენ. ამ შემთხვევაში ძარღვები ამონთხეული ქანის ზედაპირზე ამომყვანი მილები არიან.

ნაკადები (ღვარები) წარმოადგენენ ვიწრო და გრძელ, მდინარის მსგავსად გაწოლილ ამონთხეულ მასას, რომელიც თანამედროვე ან ძველი ვულკანების მიერ არის მოცემული: ზეწრები (განფენები)—დიდ მოედანზე ყველა მხარისაკენ გაშლილ ამონთხეულ მასალას. თუ ზეწრების მთელი რიგი ერთმანეთზეა განლაგებული, მაშინ მათ ზეწრების წყებას უწოდებენ: მაგ., ფოგელსბერგისა და ვესტერვალდის ბაზალტიანი რაიონები.

ყოველივე თქმულის მიხედვით სხვადასხვა ქანები შეიძლება შემდეგნაირად ლაგაჯგუფოთ:

1. წარმოშობის სახე:

მინერალური		მარტივი (ერთგვაროვანი).
		რთული (არაერთგვაროვანი).
ორგანოგენური		ზოოგენური.
		ფიტოგენური.

2. შემადგენელი ნაწილები.

ქანმაშენი მინერალები		არსებითი
		არა არსებითი (აქსესორული)
ქანმაშენი მასები		არსებითი
		კონკრეტები.
		სეკრეციები.
		არა-არსებითი
		ჩანართები.

3. სტრუქტურა (ნაწილთა შეკავშირების სახე):

კრისტალური		მარცვლოვანი		მსხილმარცვლოვანი
				წვრილ
მინერალი		პორფირული		წმინდა
				"

კლასტიური } მსხვილმარცვლოვანი
 } წვრილი
 } წმინდა

4. ტექსტურა (ნაწილთა წყობა):

მასივი.

ფიქლებრივი.

ფლუვიდური, წიდური, პოროვანი, ოლითური და სხვა.

5. განწვევება.

უწყესო

წყისიერი } ფილაქნური
 } სვეტური
 } სფერული

6. წოდის ფორმა.

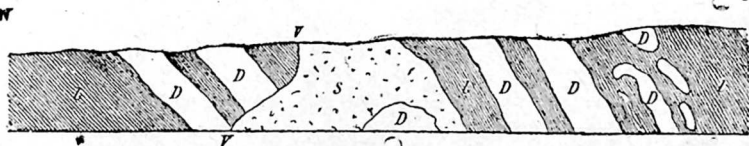
ნორმული ანუ სრეებრივი.

ანორმული ანუ გამკვეთი:

ჩვეულებრივი ძარღვები, შრე ძარღვები, შტოკები, ბათოლითები, გუმბათები, ნაკადები და ზეწრები.



სურ. 38. ტრაქიტის ორი გუმბათი (Arzbacher Klüpfel) დევონურ ნალექებზე ემისი მახლობლად.



სურ. 39. დიაბაზის ზეწრები (D) შუა დევონურ ფიქლებში (b). S—დიაბაზის ტუფები, ჰარტენროდერის გვირაბი ჰესენში.

ქანების ყოველმხრივ დამაკმაყოფილებელი კლასიფიკაცია დღემდე არ არსებობს. ეს უმთავრესად იმით აიხსნება, რომ ქანები ზოოლოგიურ და ბოტანიკურ სახეებზედაც კი უფრო მერყევ და ნაკლებად გარკვეულ ტიპებს წარმოადგენენ. რამდენადაც ქანი მინერალების ნარევის წარმოადგენს, ცხადია, რომ ამით იმ შემადგენელი ნაწილის გამოკლებით ან ახალის შემოერთებით შესაძლებელი ხდება სულ სხვადასხვა ახალი ნარევის მიღება. ამიტომ „პეტროგრაფიული სახე“ უნდა გვესმოდეს, როგორც ხელოვნური ერთეული. იგი შექმნილია მხოლოდ იმისთვის, რომ ქანების მრავალ სახეობაში გარკვევა შესაძლებელი გახდეს.

ყოველ შემთხვევაში, გეოლოგისათვის ყველაზე უფრო მიზანშეწონილ კლასიფიკაციად გენეტიური უნდა მივიჩნიოთ, რადგან იგი უმთავრეს მნიშვნელობას წარმოშობის პირობებს აძლევს, ხოლო ქანის ქიმიურ და მინერალოგიურ შედგენილობას, მეორე და მესამე ხარისხოვნად სთვლის.

თუ კი საფუძვლად გენეტიურ კლასიფიკაციას მივიღებთ, თავისთავად ცხადია, რომ წარმოშობის ორი მთავარი შესაძლებლობის, ენდოგენურისა და ექზოგენურის მიხედვით, ქანების ორი მთავარი ჯგუფი უნდა გამოვყავით, სახელდობრ:

1. ერუპტიული და 2. დანალექი ქანები, მათ თან დაერთვის კიდევ 3. კრისტალური ფიქლები, რომლებიც ცალკე, დამოუკიდებელ ჯგუფად უნდა გამოვყავით, როგორც მეტწილად უფრო ძველი, შემდეგში სახეშეცვლილი (მეტამორფული) თავისებურ ტექსტურიანი ქანები.

კრისტალური ფიქლები და ერუპტიული ქანები, კრისტალური აგებულებისა და მსგავსი შემადგენლობის (რომელშიაც კვარცი და სილიკატები სქარბობენ) მიხედვით ერთმანეთის მონათესავენი არიან.

1. კრისტალური ფიქლები.

თუ უფრო ახლო დროის და ნაკლებად გავრცელებულ ქანებს არ მივიღებთ მხედველობაში, შეიძლება ითქვას, რომ მიწის უძველესსა და უაღრესად სქელ ქერქს კრისტალური ფიქლები წარმოადგენენ; ეს არის გერმანელ გეოლოგთა პირველყოფილი ქანები ანუ ე. წ. ატქეული ჯგუფი. მათთვის განსაკუთრებით დამახასიათებელია კრისტალური აგებულობის და ფიქლებრივი ტექსტურის მქონე კავშირი და უმთავრესად კვარცისაგან და სილიკატებისაგან შემდგარი ერუპტიული ქანების მსგავსი შედგენილობა. მარცვლოვან-კრისტალურ სტრუქტურასთან ერთად ხშირად პორფირულსაც ვხვდებით, სამაგიეროდ მინებრივს ან წიღურს კი არა. არქეულ კრისტალურ ფიქლებში ნამარხები არასოდეს არ მოიპოვებოან. ამ ჯგუფის ქანთა უმრავლესობა თხელ ფენებად იყოფა, რომელნიც ზოგ გეოლოგს ნამდვილ შრეებად, ზოგს კი მხოლოდ ფიქლებრივებად მიაჩნია.

კრისტალური ფიქლების შემადგენელი მინერალები უმეტეს შემთხვევაში ერუპტიული ქანების მინერალოგიურ შედგენილობაშია არიან: მინდვრის შპატები, კვარცი, ქარსი, რქატყუარა, ავგიტი, ოლივინი, ხშირად სერპენტინი და სხვა; მაგრამ ერუპტიული ქანების შემადგენელი ნაწილების მთელი რიგი, რო-

გორიც არიან, მაგ., ანორთოკლაზი (ნატრიუმისანი მიკროკლინი), ტრიდიმიტი, ლევიტი, ნეფელინი, მელილითი, სოდალითი, ნოზენანი, ბაზალტის რკატყუარა და სხვა აქ სრულებით არ გვხვდებიან. სიმაგიეროდ, კრისტალურ ფიქლებში დიდი მნიშვნელობა აქვს მინერალთა მთელ რიგს, რომლებიც ან სრულებით არ მოიპოვებიან ერუპტივულ ქანებში, ან მხოლოდ მეორეხარისხოვანი მნიშვნელობისა არიან. ასეთია, მაგალითად, ქლორიტი, ტალკი, სერიციტი, პარაგონიტი (ნატრიუმისანი ქარსი), სერპენტინი, ცოიზოტი, ეპიდოტი, სტაეროლითი, კორდიერიტი, დისთენი და ბევრი სხვა.

რაც შეეხება კრისტალური ფიქლების წოლის ფორმას, უნდა ითქვას, რომ ისინი ჰორიზონტულ განლაგებაში დიდ სივრცეზე არსად არ გვხვდებიან.

უმეტეს შემთხვევაში ისინი ან ყირაზე დგანან, ან დანაოქებულ დაწვეტილი და ერთი-მეორეზე შეკოცებული არიან. გეოლოგიური თვალსაზრისით ისინი ორგვარი სახით გვხვდებიან. უმეტეს შემთხვევაში კრისტალური ფიქლები მარტო თვითონ ან ნაწილობრივ ეოზოურ და პალეოზოურ ნალექებთან ერთად მეტად თუ ნაკლებად ვრცელ მასივებს ჰქმნიან, როგორიც არიან, მაგ. ბოქმისა და სკანდინავიის მასივები, საფრანგეთის ცენტრული პლატო და სხვა.

ზოგჯერ უფრო ახალგაზრდა ნაოქა-მთების (როგორიც არიან, მაგ. ალპები, პირენეები, კავკასიონი, ჰიმალაია და სხვა) ცენტრულ ნაწილს შეადგენენ.

კრისტალური ფიქლების წარმოშობის პირობების გასათვალისწინებლად ძალიან დიდი მნიშვნელობა აქვთ ზაუერის (Zauner) და როზენბუშის (Rosenbusch) უკანასკნელ შრომებს შვარცვალდის გნეისებიანი რაიონის შესახებ. მათ გამოარკვიეს, რომ იქ გენეტიურად სრულიად სხვადასხვაგვარი გნეისის ორი ტიპია წარმოდგენილი: შაპბახის ტიპი ანუ როზენბუშის¹ ორთოგნეისი, რომელსაც ახასიათებს კანონზომიერი ქიმიური შედგენილობა, სტრუქტურისა და მინერალოგიური თვისებების მუდმივობა და ნახშირბადოვანი მინარეგების უქონლობა; მეორე, რენხის ტიპი ანუ პარაგნეისი, პირიქით, ცვალებადი ქიმიური შედგენილობით, აგებულობისა და პეტროგრაფიული თვისებების მერყეობით, ნახშირბადოვანი მინარეგებით და სხვა თავისებურებით ხასიათდება. ორთოგნეისებთან კონტაქტში მყოფი დანალექი ქანების მეტამორფიზმის მიხედვით, უნდა დავასკვნათ, რომ აქ საკმე გვაქვს სახეცვლილ ერუპტივულ ქანებთან, რომლებსაც ფიქლებრივი აღნაგობა მიუღიათ და რომლებიც გრანიტული მასივების პერიფერიულ ნაწილებს წარმოადგენენ. მეორე ტიპი—პარაგნეისები—სახეცვლილი დანალექი ქანებია. მაშასადამე, შვარცვალდში არსებობს როგორც ერუპტივული, ისე დანალექი გნეისები.

სხვა ადგილების გაცნობამ,—დასავლეთ და აღმოსავლეთ ალპების, ბრეტანის და ა. შ.,—იგივე შედეგები მოგვცა; ამავე დროს გამოირკვა, რომ ზოგიერთი გნეისები, რომლებსაც მანამდე არქეულად სთვლიდნენ, გაცილებით უფრო ახალგაზრდა არიან და ზოგიერთ შემთხვევაში კარბონული ასაკიც კი აქვთ.

¹ Studien im Gneisgebirge des Schwarzwaldes. Abh. d. Bad. Geol. Landesanst. IV, I, 1899.

ამ გარემოებამ ზოგიერთი გეოლოგისათვის საეჭვოდ გახადა საერთოდ არ-
ქეული ხნოვანობის გნენისების არსებობა. ამის საწინააღმდეგოდ შეიძლება აღნი-
შნოთ, რომ უელსის, ჩრდილო-დასავლეთ შოტლანდის, ზემო ტბის მიდამოე-
ბის (ჩრდ. ამერიკა) და სხვა ადგილების შესწავლამ დაგვანახა, რომ ყველა ამ
მხარეებში გნენისებს და სხვა კრისტალურ ფიქლებს უშუალოდ ქვედა კამბრიული
და ზოგან ეოზოური ნალექებიც კი ჰფარავენ. თანაც ეს უკანასკნელი გნენისებზე
საგრძნობი უთანხმოებით არიან განლაგებული და თავის ქვედა ფენებში გნენისის
ნატეხებსაც შეიცავენ. ასეთ პირობებში გნენისები, უეჭველია, შეიძლება მხოლოდ
არქეული დროის იყვნენ.

კრისტალური ფიქლების წარმოშობის საკითხზე აქ მეტს აღარ შევჩერდე-
ბით, რადგან ამ საკითხს კვლავ დაუბრუნდებით, როდესაც მეტამორფიზმზე გვე-
ქნება საუბარი. აქ მხოლოდ იმას აღნიშნავთ, რომ ერუპტიული და დანალექი
ქანების სახეცვლისათვის აუცილებელ პირობას წარმოადგენენ მაღალი ტემპე-
რატურა და წნევა, რომლებიც დიდ სიღრმეებზე არიან გაბატონებული. აქედან
გამომდინარეობს, რომ მეტამორფიზმი მით უფრო ძლიერია, რაც უფრო დიდ
სიღრმეზე წარმოებს იგი.

უკვე დიდიხანია, რაც კრისტალურ ფიქლებს შორის სამ მთავარ ტიპს
არჩევენ: გ ნ ე ი ს ი, ქ ა რ ს - ფ ი ქ ა ლ ი და ფ ი ლ ი ტ ი. ამგვარი თანმიმდევრობა
საერთოდ მათი ასაკის მხრივაც არსებობს და ამავე რიგით კლებულობს აგრე-
თვე ამ სამი ქანის კრისტალურობა: გ ნ ე ი ს ი ყველაზე მეტად ფ ი ლ ი ტ ი კი
ყველაზე ნაკლებ დაკრისტალებული წევრები არის არქეული ჯგუფის ქანთა
შორის.

საშუალო ადგილი ქ ა რ ს - ფ ი ქ ა ლ ე ბ ს უ ქ ი რ ა ვ თ. ამას ვამჩნევთ, მაგ.,
მდინარე მთებში, ფიხტელგებირგში, ოდენვალდში, ალპების ცენტრულ მასივებში
და ბევრ სხვა ადგილებში.

ცალკე-ცალკე თვითოეული ამ ტიპის შესახებ შეიძლება შემდეგი ითქვას:

ა) გ ნ ე ი ს ი

მისი მთავარი შემადგენელი ნაწილებია: კვარცი, ქარსი, (მუსკოვიტი ან
ბიოტიტი, ხშირად ორივე ერთად) და მინდვრის შპატები (უმთავრესად ორთო-
კლაზი და ალბიტი). მაშასადამე, ქანის შედგენილობა ისეთივეა, როგორც გრან-
იტი, რომლისგანაც იგი მხოლოდ თავისი ფიქლებრივი ტექსტურით განსხვავ-
დება. მაგრამ ორსავე ამ ქანს შორის გარდამავალი საფეხურებიც არსებობენ
(გრანიტ-გნენისი, გნენის-გრანიტი).

დასახელებულ მთავარ შემადგენელ ნაწილებთან ერთად გვხვდებიან აგრე-
თვე რქატყუარა, გრანატი, ებიდოტი, კორდიერიტი, გრაფიტი და სხვა.

გნენისის ხშირი თანამგზავრების რიცხვს ეკუთვნიან უკვარცო და უორთო-
კლაზო რქატყუარიანი და ავგიტიანი ქანები, სუსტად ფიქლებრივი ან და ფიქ-
ლებრივობას საესებით მოკლებულნი, მაგ. ა მ ფ ი ბ ო ლ ი ტ ე ბ ი, ნ ე ფ რ ი ტ ე ბ ი
და ე კ ლ ო გ ი ტ ე ბ ი.

ბ) ქარსფიძალი.

ეს არის კვარცისა და ქარსის (მუსკოვიტი ან ბიოტიტი ან და ორივე ერთად, უფრო იშვიათად პარაგონიტი) უაღრესად ფიქლებრივი აგრეგატი, რომელიც მინდვრის შპატებს ან მცირე რაოდენობით შეიცავს ან მათ სრულებით მოკლებულია. სხვა შემადგენელი ნაწილები არიან:

გრანატი, ტურმალინი, რქატყუარა, ანდალუზიტი, ციანიტი, ეპიდოტი, რკინიანი ქარსი, გრაფიტი და სხვა.

ნამდვილი ქარს-ფიქლების გვერდით გვხვდებიან, როგორც თანამგზავრები: ქლორიტ-ფიქალი. კვარცი და ქლორიტი და მათთან მრავალი აქცესორული მინერალი (გრანატი, ტურმალინი და მაგნეტიტი).

ტალკ-ფიქალი. ტალკი და მეტად თუ ნაკლებად კვარცი, ქლორიტი და ქარსი.

რქატყუარიანი ფიქალი. რქატყუარა კვარცის, ბიოტიტის, ეპიდოტის და მრავალი აქცესორული მინერალის მინარევებით.

კვარც-ფიქალი, უქარსოა და ზოგჯერ კვარციტში გადადის.

კალციტ-ქარს-ფიქალი, მეტად თუ ნაკლებად მდიდარია კალციტით, რომლის რაოდენობის გაზრდასთან ერთად შეიძლება ქანი მარმარილოში გადადიოდეს.

ქარს-ფიქლებსაც, ისევე როგორც გნეისებს, არაჩვეულებრივად ფართო გავრცელება ახასიათებს.

ე) ფილიტი (თიხა-ქარს-ფიქალი, უძველესი თიხა-ფიქალი).

ეს არის მეტწილად ნაცრისფერი, თხელ-ფიქლებრივი ქანები. ფიქლებრივობის ზედაპირზე მათ აბრეშუმისებურ-მეტალური ელვარება გადაჰკრავთ და მშირად ჰაწია ნაოქებად არიან დანაოქებულნი. ფილიტის შედგენილობა ქარს-ფიქლებისას უახლოვდება, მხოლოდ ნაწილაკები მიკროსკოპიულად მცირე არიან. ამიტომ მათ სამართლიანად უწოდეს მიკროსკოპიულ ქარს-ფიქლებს.

სტრატეგრაფიულად ფილიტები პირველყოფილი ქანებისა და დანალექი ფორმაციების საზღვარზე მდებარეობენ. ასეთივეა მათი პეტროგრაფიული ბუნება, რომლიდანაც ნათლად ჩანს ფილიტების გარდამავალი ხასიათი კრისტალურ ფიქლებსა და დანალექ ქანებს შორის, სახელდობრ, ქარს-ფიქლებსა და თიხა-ფიქლებს შორის.

ფილიტების ჯგუფს ეკუთვნიან: მწვანე ფიქლები (რქატყუარებიანი, ავეტიანი და ქლორიტიანი), სერიციტ-ფიქლები, გრაფიტ-ფიქლები, რკინის კრიალიანი ფიქლები და სხვა.

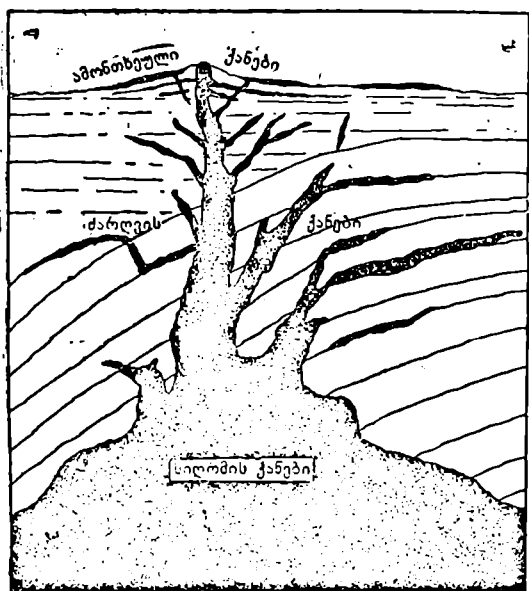
ფილიტების გავრცელება ქარს-ფიქლებისაზე ნაკლებია, მაგრამ უმნიშვნელო მაინც არ არის. გერმანიაში ისინი გამოდიან ტუნუსში, სპესარტში, ჰარცში, მადნიან მთებში, ფიხტელგებირგებში და სხვაგან. ალპებში ცენტრული მასივების გნეისურ გულს გარს ეკვრიან გრძელი და ვიწრო ზოლების სახით.

აქვე უნდა დავემატოთ, რომ კრისტალური ფიქლების ყველა ზონაში გვხვდება ხოლმე უცხო ქანების ლინზისებური და შტოკისებური ჩანართები. უკვე ზე-

მთ დასახელებულ ამ ფიზიკური ტიპისა და ეკოლოგიურ ტიპს გარდა, გვხვდება აგრეთვე სილიკატური ქანებიც, როგორც არიან, მაგ., სერპენტინი, გრანატიტი და ეპიდოტიტი; ხშირია აგრეთვე მარმარილოსი და მარცვლოვანი დოლომიტის, სიდერიტის, მაგნეტიტის, რკინის კრიალის და რკინის, სპილენძის, თუთიის და ტყვიის სულფიდების ჩანართები.

2. კრისტალური მასები ანუ მარცვლიანი ქანები

ამ ჯგუფში შემავალი ქანები ცხელი (უმეტეს შემთხვევაში გაზებით-გაჟღენთილი), გაღობილი მაგმის გაცივების შედეგს წარმოადგენენ: სილრმიდან ამოსვლის დროს მათ უნდა გააღვიონ მიწის ქერქის ქანები. ამ მხრივ საგრძნობი განსხვავება არსებობს ერთის მხრივ ამონთხეულ და



სურ. 40. ამონთხეული, ქარღვის და სილრმის ქანები.

ქარღვის, ხოლო მეორე მხრივ სილრმის ქანებს შორის (სურ. 40). მაშინ როდესაც პირველი მიწის ზედაპირზე ან მის მახლობლად არიან გაცივებული, მეორენი სილრმეშივე გამტკიცებულან. ამ უკანასკნელებს პლუტონურ ქანებს ანუ პლუტონიტებს უწოდებენ, პირველთ კი—ვულკანურ ქანებს ანუ ვულკანიტებს.

ასეთი განსხვავება ქანების წოლის ფორმებზედაც ვრცელდება. ამონთხეული ანუ ეფუზიური ქანები ნაკადებსა და ზეწრებს ჰქმნიან, რომლებიც ხშირად ვულკანებისა ან გუმბათისებური მთებიდან იწყებიან; ისინი მკიდროდ არიან დაკავშირებული ძარღვებთან და ხშირად თან ტუფი და ფერფლიც ახლავთ. სილრმის ქანები, პირიქით, ხშირად ძლიერ სქელი და ვრცელი შტოებისა და შრემასების სახით გვხვდებიან. ცხადად, ეტყობა, რომ მათი გამტკიცება „ინტრატელურულად“ ანუ „სუბკრუსტალურად“ (ქერქის ქვეშ) უნდა მომხდარიყო.

იგივე მაგმა, რომელიც ხედაპირზე ლავის ნაკადს ან ლავის ზეწარს იძლევა, დიდ სიღრმეზე სიღრმის ქანს წარმოშობს. ამიტომ უნდა გვეფიქრა, რომ თვითოეულ ამონთხეულ ქანთან შესაფერი სიღრმის ქანი იქნებოდა დაკავშირებული. მაგრამ ნამდვილად ისეთი შემთხვევები, რომ ერთგვარი ამონთხეული და სიღრმის ქანი ერთმანეთის მეზობლად გვხვდებოდნენ, საკმაოდ იშვიათია. ეს იმით აიხსნება, რომ სიღრმის ქანის გაშიშვლებისათვის ანუ ზედაპირზე გამოჩენისათვის საჭირო არის დენუდაციის ხანგრძლივი პერიოდი, რომლის განმავლობაში შესაბამისი ამონთხეული თუ ძარღვის ქანი სრულიად განადგურდება ხოლმე. ამიტომაც არის, რომ საზოგადოდ ვულკანიტები პლუტონიტებზე ახალგაზრდა არიან. ევროპაში პლუტონიტებს ჩვეულებრივად პალეოზოოურ ან მის წინა დროის ხნოვანებას აკუთვნებენ. მაგრამ რაც უფრო ფართოვდება ჩვენი ცოდნა, მით უფრო ხშირდება გეოლოგიურად ახალგაზრდა ინტრუზიების მაგალითები.

მასივური ქანების წარმოშობის სხვადასხვაობა, მათი სტრუქტურის სხვადასხვაობასაც იწვევს. ამონთხეულ ქანებს უმეტეს შემთხვევაში პორფირული სტრუქტურა აქვთ, სიღრმის ქანებს კი უპეტესად მარცვლოვან-კრისტალური. ეფუზიურ ქანებში ხშირად გვხვდებიან პოროვან-ბუპტოვანი წილური და ფლუიდურ-მინერბრივი ტექსტურები; სიღრმის ანუ ინტრუზიულ ქანებში ასეთი რამ არ გვხვდება.

შესამჩნევი განსხვავებაა აგრეთვე მინერალურ მინარევეზშიაც. ასე მაგ., ლევიტი, ნოზიანი, ჰაუინი, მელილითი ნხოლოდ ამონთხეულ ქანებში გვხვდებიან, ნეფელინიც მათში უფრო ხშირია, ვიდრე სიღრმის ქანებში.

მასივური კრისტალური ქანების მინერალური და იმავე დროს ქიმიური შედგენილობისათვის უალრესად დამახასიათებელია სილიციუმის შეავის რაოდენობა. ამის მიხედვით უკვე დიდიხანია ორ მთავარ ჯგუფს არჩევენ: მჟავე (სილიციუმ-მჟავით მდიდარს) და ფუძე (სილიციუმ-მჟავით ღარიბს) ქანებს. მჟავე ქანებს თავისუფალი სილიციუმ-მჟავა (კვარცი) და მჟავე მინდვრის შპატები (განსაკუთრებით ოროთოკლაზი) ახასიათებს; ფუძე ქანებს კი კვარცის უქონლობა, ფუძე მინდვრის შპატები (კირიან-ნატრიუმის მინდვრის შპატები) და რკინით, კალციუმით და მაგნიუმით მდიდარი მინერალების (აფგიტი, რქატყუარა, ოლივინი, მაგნეტიტი და სხვა) დიდი რაოდენობა. სილიციუმ-მჟავის რაოდენობა მჟავე ქანებში 60—80% აღწევს, ფუძე ქანებში კი 45—60%-ამდე. რკინის, კალციუმის და განსაკუთრებით მაგნიუმის რაოდენობა ფუძე ქანებში უფრო დიდია, ვიდრე მჟავე ქანებში. დასასრულ, მჟავე ქანების ხვედრი წონა 2,3—2,7-ს უდრის, ფუძე ქანისა კი 2,7 დან—3,2-მდე.

თუ გეოლოგიური წარმოშობის და სტრუქტურის სხვადასხვაობას ქიმიური შედგენილობის სხვადასხვაობას დაეუკავშირებთ, ყველა ერუპტივული ქანები შეიძლება შემდეგ ცხრილში მოვაქციოთ.

ამონთხეული ქანები (ველკანიტები)	ლიპარიტი კვარც-პორფირი	ტრაქიტი უკვარც-ტრაქიტი	ფონოლითი, ლევიციტოფირი	ანდეზიტი პორფირიტი	ბაზალტი მელაფირი დიაბაზი	პიკრიტი
სიღრმის ქანები (პლუტონიტები)	გრანიტი	სიენიტი	ელეოლითიანი და ლევიციტიანი სიენიტი	დიორიტი	გაბრო და ნორიტი	პიროქსენიტი და პერიდოტიტი

ცხრილის ქვედა ჰორიზონტული მწკრივი სიღრმის ქანებს უკირავს. საშუალო მწკრივში მოთავსებული არიან ქანები, რომლებიც, გერმანიის ფარგლებში მაინც, ძველ ვულკანურ ქანებს ანუ პალეო-ველკანიტებს ეკუთვნიან. დასასრულ, ზედა მწკრივში უფრო ახალი დროის, მესამეულის და თანამედროვე ამონთხეული ქანები ანუ ნეო-ველკანიტები არიან. თვითოეული მწკრივი იწყება (მარცხნიდან) ყველაზე უფრო მკაფიე და თავდება ყველაზე უფრო ფუძე წევრით. ამ მხრივ სამივე ჰორიზონტული მწკრივი პარალელურ მწკრივებს წარმოადგენენ მით უმეტეს, რომ ერთ სვეტში მოთავსებული ქანები ქიმიურად და მინერალოგურად არსებითად ერთგვარი არიან.

მნიშვნელოვანია აგრეთვე ერუპტივული ქანების დაყოფა ტუტე-კირიანი და ტუტე ქანებად. ამას მნიშვნელობა აქვს როგორც ქიმიური შედგენილობისათვის, ისე მინერალოგიურისთვისაც და გამოსადეგია როგორც პლუტონური, ისე ვულკანური ქანების მიმართ. ტუტე-კირიან ქანებში არ გვხვდება ლევიციტი, ნეფელინი, სოდალითი, მელილითი, ნატრიუმიანი ავეიტი და სხვა მინერალები. ტუტე ქანების საუკეთესო ნიმუშს წარმოადგენენ ელეოლითურ-სიენიტური ჯგუფის ქანები. მაგრამ ტუტე ქანები გრანიტებს, ლიპარიტებს, ტრაქიტებს და ბაზალტებს შორისაც გვგვდებიან.

ა) გრანიტის ჯგუფი

გრანიტი კვარცის, მინდვრის შპატის, ქარსის, ზოგჯერ აგრეთვე რქატყუარის და უფრო იშვიათად ავეიტის მსხვილ-ან წმინდამარცვლოვანი ნარევი. მინდვრის შპატებიდან, ორთოკლაზის გარდა, ყველაზე ხშირად პლაგიოკლა-

ზი გვხვდება. ქარსი ხშირად ორგვარი სახით არის: მუქი ბიოტიტი და ღია მუსკოვიტი. გრანიტები, რომლებიც ორივე ქარსს შეიცავენ, ორ ქარსიან გრანიტებად იწოდებიან. ისეთები კი, რომლებიც მხოლოდ ბიოტიტს შეიცავენ—გრანიტიტებად. კვარცს გრანიტიტებში მიკროსკოპიული ჩანართების სიმდიდრე ახასიათებს.

გრანიტი ტიპური მარცვლოვან-კრისტალური ქანია, ყოველგვარი ამორფული მასალისაგან თავისუფალი. თუ კი მისი სტრუქტურა პორფირულია, როგორც ეს ხშირია ძარღვებში, მაშინ მას გრანიტ-პორფირი ეწოდება. ზოგიერთი ძარღვის გრანიტი, ე. წ. პეგმატიტი, მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურით ხასიათდება. სილიციუმ-ჰეავის რაოდენობა გრანიტში საშუალოდ 70%-ამდის აღწევს.

გრანიტი ყველაზე უფრო გავრცელებული პლუტონიტია. უმეტეს შემთხვევაში იგი დიდი შტოკების ან ლაკონური მასივების სახით გვხვდება, თუმცა ზოგჯერ ძარღვებსაც იძლევა. გრანიტების უმეტესი ნაწილი არქეულს და პალეოზოურ დროს ეკუთვნის. ასეთია მაგალითად, საქსეთის, სილეზიის, ფიბტელგებირგის, პარცის, ტურინგენის, ოდენვალდის, შვარცვალდის, ბრეტანის, სკანდინავიის და სსრ კავშირის გრანიტების უმეტესი ნაწილი. სამხრეთ ამერიკის ანდებში, ელბაზე, სამხ. გრაუბუნდენში და სხვა ადგილებში ცნობილია მესამეულის გრანიტებიც.

კვარც-ანუ ფელზიტპორფირი. იგი შედგება ღია ნაცრისფერი, მოწითლო და მომწვანო, მკვრივი ძირითადი („ფელზიტური“) მასისაგან, რომელიც კვარცს, მინდვრის შპატს და ვულკანური მინის ნაწილაკებს შეიცავს. ძირითად მასაში ჩამჯდარია კვარცის, მინდვრის შპატის (ორთოკლაზი და ხშირად ოლიგოკლაზი) და ზოგჯერ ბიოტიტის კრისტალები. ტალმანგანგის რაოდენობა საშუალოდ 74%-ია. ცალკეულ მსხვილ კრისტალებს მოკლებულ მკვრივ სახეცვლილებას ფელზიტურს ეწოდებენ, ხოლო მინისებურ აგებულობისას—ვიტროფირს ანუ პეხშტაინს. ფლუიდური სტრუქტურა საერთოდ იშვიათი არ არის.

კვარც-პორფირები ხშირად ძარღვების, შტოკებისა და ზეწრების სახით გვხვდებიან. უკანასკნელ შემთხვევაში ისინი ტუფებს უახლოვდებიან. მათი ამონთხევის დრო უმთავრესად ზედა ქვანახშირულსა და განსაკუთრებით კი ქვედა პერმულს ემთხვევა. ასეთია ყველა გამოსავალი გერმანიაში: საარის ოლქში, ოდენვალდში, შვარცვალდში, ვოგენბეში, საქსონიაში და სხვაგან. შემდეგ, ბოცენმერანის დიდი განფენები, ლუგანოს პორფირები და პეხშტაინის ცნობილი გამოსავლები მაისენთან.

ლიპარიტი (კვარც-ტრაქიტი, რიოლითი) კვარც პორფირის შესაბამისი ქანია, რომელიც ფელზიტურ ან მეტად თუ ნაკლებად მინისებურ, პორიან ძირითად მასაში მინისებური მინდვრის შპატის (სანიდინის), კვარცის, ბიოტიტის, და რქატყუარის კრისტალურ გამონაყოფებს შეიცავს. პატარა სიცარიელენი ხშირად ტრიდიმიტით არიან ამოვსილი. ფლუიდურ სტრუქტურიანი ქანები აქაც ხშირია. წყლის შემცველ ლიპარიტულ მინებს (5—9% H_2O) ლიპარიტულ პეხშტაინებს ეწოდებენ, წყლით ღარიბს ანუ უწყლოს—ლიპარიტულ ობსიდიანებს,

პოროვანი აღნაგობისას—ლიპარიტულ ჰემზებს. ლიპარიტები გავრცელებული არიან უმთავრესად ჰუნგრეთსა და ლიპარის კუნძულებზე. ტალმანჯანგის რაოდენობა აღწევს 72%—დან თითქმის 80%—მდე.

1) სიენიტის ჯგუფი.

სიენიტი ორთოკლაზის და რქატყუარის ან ავგიტის მარცვლოვან-კრისტალური ნარევია. ხშირად მათ პლაგიოკლაზი და ბიოტიტი ახლავს და, როგორც მეორეხარისხოვანი მინერალები, ტიტანიტი, ცირკონი, და სხვა. სიენიტებს შორის არჩევენ: ბიოტიტიანს, რქატყუარიანს და ავგიტიანს (მონცონიტი). ტალმანჯანგის რაოდენობა დაახლოებით 60%—ია. სიენიტი გაცილებით ნაკლებ გავრცელებული ქანია, ვიდრე გრანიტი. წოლის ფორმა კი ამ უკანასკნელის მსგავსი აქვს. ცნობილია მისი გამოსავალი დრეზდენის მახლობლად.

უკვარცო ან უ ო რ თ ო კ ლ ა ზ ი ა ნ ი პ ო რ ფ ი რ ი (ორთოფირი). მოყავისფერო ძირითად მასაში გაბნეულია ორთოკლაზის მსხვილი პორფირული ჩანართები და პლაგიოკლაზების, რქატყუარის, ბიოტიტის და ავგიტის წვრილი კრისტალები. SiO_2 -ის რაოდენობა 55%—69%—ია. ტურინგიაში გვხვდება ნაკადებისა და ზეწრების სახით როტლიგენდში; ასევე და კიდევ ძარღვების სახით ჰარცისა და რაინის დეფონტრში (კერატოფირები). სქელი ზეწრები და ძარღვები ცნობილია ქრისტიანიის მახლობლად.

უკვარცო ტრაქიტს თითქმის ისეთივე შედგენილობა აქვს, როგორც ორთოფირს, მაგრამ უფრო ძველი დროის წარმოშობილია. ძირითადი მასა ღია ნაცრისცერი, ღია ფერის ორთოკლაზი (სანდინი); SiO_2 -ის რაოდენობა 57%—69%—ია. მინერალიზაცია ისეთივეა, როგორც კვარც-პორფირში და ლიპარიტში.

ტრაქიტების გამოსავლები ჰქმნიან გუმბათებს, ზეწრებს, ნაკადებსა და ძარღვებს: ზიბენგებირგებში, ვესტერვალდში, არსოს ლავის ნაკადი კუნძ. ისხიაზე, ასტრონის კრატერი პოტუოლთან (იტალია), ოვერნში (საფრანგეთი) და სხვაგან.

2) ელეოლითიანი და ლევიტიანი სიენიტის ჯგუფი

წარმოდგენილია მკაფიოდ ტუტე ქანებით, რომლებიც შედარებით მცირედ არიან გავრცელებული. ელეოლით-სიენიტი მეტად ცვალებადი შედგენილობის ქანია. მთავარი შემადგენელი ნაწილი ტუტე მინდვრის შპატი და ელეოლითია; მათ გვერდით გვხვდებიან ბიოტიტი, რქატყუარა, ავგიტი, სოდალითი, ტიტანიტი და სხვა. SiO_2 51%—56%—ამდეა. გავრცელება: ნორვეგია, პორტუგალია, ჰუნგრეთი, ურალი, ბრაზილია.

ამათვე ეკუთვნიან უფრო ახალგაზრდა ამონთხეული ქანები: ნეფელინიანი ფონოლითი და ლევიტიანი ფონოლითი (ლევიტიოფირი).

ნეფელინიანი ფონოლითი სანდინის, ნეფელინის, ავგიტის, რქატყუარის, ჰაუინის, და სხვათა მოყვითლო-ნაცრისფერ, წვრილმარცვლოვან ნარევეს წარმოადგენს. იგი გვხვდება გუმბათების, ზეწრების, ნაკადებისა და ძარღვების სახით. ხასიათდება ფენებრივი განწევრებით და დრუზებში და ნაპრალებში ხში-

რად ნატროლის და სხვა ცეოლითებს შეიცავს. გავრცელება: ჰოპენტილი (ჰეგაუ), კაიზერშტული, როენი, (ჰელზებურგი), ჩრდ. ბოჰემი, ოვერნი და სხვ.

ნეფელინ-ლეიციტიანი და ლევიციტიანი ფონოლითები ნეფელინის მცირე რაოდენობით ან მისი სრული უქონლობით ხასიათდებიან: ლაახის ტბის შიდა-მოები, კაიზერშტული, იტალია. ეს ქანი SiO_2 51%—58%—მდე შეიცავს.

(d) დიორიტის ჯგუფი

დიორიტი პლაგიოკლაზის და რქატყუარის მარცვლოვანი ნარევია; ხშირად შეიცავს ავეიტს, ბიოტიტს, კვარცს და სხვას. SiO_2 — 41%—66%; დიორიტები გრანიტიან და კრისტალურფიქლებიან რაიონებში შტოკისებურ მასივებს ჰქმნიან: ეიფჰაუზერი, ოდენვალდი და ა. შ.

პორფირიტი. მუქ მორუხ-მოწითლო ძირითად მასაში ოლიგოკლაზის, რქატყუარის, ავეიტის, ხშირად ბიოტიტის და კვარცის ჩანარები (უკანასკნელ შემთხვევაში კვარც-პორფირიტი). მინით მდიდარ სახესხვაობებს პეგმატიანი-პორფირიტი ეწოდება. განფენები და ძარღვები ჰარცის, ტურიინგის ტყის, საარის და ნაჰეს მხარისა და საქსონიის როტლიგენდში (ქვედა პერმულში).

ანდეზიტი. ნაცრის ფერიდან მუქ ფერამდე, უმეტესად პორფირული აგებულობის. მთავარი შემადგენელი ნაწილები: ავეიტი და რქატყუარა და პლაგიოკლაზები. მათ გვერდით ბიოტიტი, მაგნეტიტი, აპატიტი, ოლივინი და სხვა. იშვიათ შემთხვევებში გვხვდება სანიდინიცი. ზოგჯერ ანდეზიტები კვარცსაც შეიცავენ (დაციტი—ანუ ჰუნგრეთის პროპილიტი). მინა შიგ ძალიან ხშირია. SiO_2 რაოდენობა 57%—62%—მდე.

ანდეზიტები ყოველთვის ტრაქიტებთან არიან დაკავშირებული და კონტისებურ, ზოგჯერ გუმბათისებურ მწვერვალებს ან ფართო ზეწრებს, ნაკადებსა და ძარღვებს ჰქმნიან. განსაკუთრებით გავრცელებული არიან სამხრეთ ამერიკის ანდებში (საიდანაც სახელწოდება მიიღეს), იაპონიაში, ზუნდის კუნძულებზე, ჰუნგრეთში, ტრანსილვანიაში, ოვერნი და სხვაგან.

(e) გაბროს და ნორიტის ჯგუფი

გაბრო მარცვლოვანი, ხშირად ძლიერ მსხვილმარცვლოვანი ქანია. იგი შედგება ფუძე პლაგიოკლაზისა და დიალაგისგან, რომლებსაც ოლივინიან გაბროში კიდევ ოლივინი ემატება: ნორიტი ფუძე პლაგიოკლაზისა და რომბული ავეიტისგან (ჰიპერსტენი, ენსტატიტი) შედგება. ოლივინიან ნორიტში მათ ოლივინი ერთვის. SiO_2 -ის რაოდენობა 47,5%—49%—მდე.

პალეოზოური ხნოვანობის გაბრო შტოკების და ძარღვების სახით გვხვდება რადაუტალში, ჰარცბურგთან, სილეზიაში, საქსონიაში და სხვაგან. იტალიაში იგი ფართოდ არის გავრცელებული აპენინების ქვედა მესამეულის ნალექებში, აგრეთვე ბოსნიაშიც.

დიამაზი, მელაფირი და ბაზალტი გაბროს მაგმის ამონთხეულ სახეცვლილებას წარმოადგენენ.

დიბაზი შედგება პლაგიოკლაზისა და ავგიტისაგან. სტრუქტურა აქვს წვრილიდან მსხვილ მარცვლოვანამდე (ხშირად თავისებური „ინტერსერტალური“ სტრუქტურით). ყოველთვის რკინას ან რომელიმე სხვა მაღნეულს შეიცავს (მაგნეტიტი ან ტიტანიტი). მეტწილად მომწვანო ფერისაა, რაც ავგიტის ქლორიტით შენაცვლების შედეგია. ოლივინიან დიბაზებში ოლივინიც გვხვდება. პორფირულ სახეობას დიბაზ-პორფირიტი ეწოდება. გაზის ბუშტებისაგან დარჩენილ პატარა სიცარიელეთა ამოვსებით დიბაზ-მანდელ-შტაინი წარმოადგება; ე. წ. ვარიოლითი ანუ პერლდიბაზი მკვრივ მინისებურ ძირითად მასაში პატარა, რადიალურ-სხივური აღნაგობის ბირთვებს შეიცავს. SiO_2 -ის რაოდენობა 47—53%. დიბაზები განსაკუთრებით ხშირად გვხვდებიან როგორც დიდი მასივები ან როგორც პატარა ლინზისებური და შტოკისებური ძარღვები, უფრო იშვიათად კი, როგორც ნამდვილი ძარღვები. ისინი უმთავრესად ძველ პალეოზოურში გვხვდებიან ტუფების თანხლებით.

მელაფირი პლაგიოკლაზის და ავგიტის მკვრივი, ზოგჯერ პორფირული (ავგიტ-პორფირი) ნარევი. ხშირად ოლივინსაც შეიცავს. ძალიან გავრცელებულია მანდელშტაინური სტრუქტურა (მელაფირ-მანდელშტაინი). მელაფირ-პეხშტაინები მდიდარი არიან მინით. SiO_2 -ის რაოდენობა 50—54%.

მელაფირის გამოსაყვები ძარღვების, გუმბათების და ხშირად ტუფებთან ერთად განფენების სახით ცნობილი არიან: ნაპეს მხარის, ქვემო ჰარცის, ტურინგის და საქსონიის ქვედა პერმულში, ალპების (სამხრ. ტიროლი) ტრიასში და ყირიმის ცარცში, ჩრდ. ამერიკაში ზემო ტბის სამხრეთით სპილენძის მადნების მხარეში გავრცელებული მელაფირები ქვედა პალეოზოურს ეკუთვნიან.

ბაზალტებს ზოგადად მუქი ფერი და პირველი შესეღვით ძნელად გამოსაცნობი აგებულება ახასიათებს. განსაკუთრებით გავრცელებულია პლაგიოკლაზიანი (მინდვრის შპატიანი) ბაზალტები, რომლებიც უმთავრესად პლაგიოკლაზს, ავგიტს, ოლივინს და რკინას (მაგნეტიტი, ტიტანიტი) შეიცავენ.

ბაზალტებს უკავშირდება მთელი რიგი ქანები, რომლებსაც პეტროგრაფიულად განსაკუთრებული ადგილი უჭირავთ; ესენი არიან ბაზანიტი და ტეფრიტი, რომლებიც პლაგიოკლაზებთან ერთად ლევიტს ან ნეფელინს შეიცავენ, და ნეფელინიანი და ლევიტიანი ბაზალტები, რომლებშიც პლაგიოკლაზი ნეფელინითა და ლევიტით არის შეცვლილი.

ტრაპი ინტერსერტალურ დიბაზებს შეესაბამება და უფრო ტიტანიტს შეიცავს. ტრაპი-დოლერიტი (ტრაპი-ბაზალტი) SiO_2 -ით ჩვეულებრივ ბაზალტზე უფრო მდიდარია და ორთოკლაზსაც შეიცავს.

თითქმის ყველა ბაზალტი შეიცავს ოლივინსაც, ზოგჯერ მოზრდილ დაგ, როვებათა სახით. ბაზალტი ყოველთვის მეტად თუ ნაკლებად მდიდარია მინით, თუმცა წმინდა მინებრივი მასები (ეგ. წ. ტაქილიტები) მხოლოდ ძარღვის ზალბანდს და ზეწრის ქერქში გვხვდებიან. ძლიერ საინტერესოა ჰავაიის კუნძულების წვრილი ძაფისებური პეშის მინა, წილის ბუნებრივი ბეწვი, რომელსაც „ბელეს თმებს“ უწოდებენ. ფართოდ არის გავრცელებული წილისებური და ბუშტოვანი, სახეობანი. წილისებური ბაზალტის სიცარიელებში და ბაზალტის

მანდელ შტაინებში ხშირად ცეოლითების, კალციტის, არაგონიტის, ქალცედონის, კვარცისა და სხვა მინერალების კარგ კრისტალებს ვხვდებით. SiO_2 -ის რაოდენობა ბაზალტებში 40% და 50% შორის მერყეობს.

ბაზალტები ხშირად კონუსისებურ და გუმბათისებურ შთებს იძლევიან. ისინი გვხვდებიან დიდი სისქისა და ფართო გავრცელების მქონე ნაკადების, ზეწრების და ზოგჯერ დანალექ ქანებს შორის მოქცეული განფენების სახით. მათ მეტწილად ტუფებიც ახლავთ. ფართოდ არიან გავრცელებული ძარღვების სახითაც. ფართო ბაზალტიანი ზონა ჰკვეთს შუა ევროპას ეიფელიდან ბოჰემამდე და სილეზიამდე ვესტრვალდზე, ფოგელსბერგზე, როენზე და ფრანკონიაზე გავლით. ბაზალტები გავრცელებულია სამხრეთ გერმანიის შვაბეთის ალბში, იტალიაში, სარდინიაზე, ფიროს კუნძულებზე, ისლანდზე, ატლანტური ოკეანის ვულკანურ კუნძულებზე, ჰავაიის კუნძულებზე და სხვაგანაც.

როგორც დიაბაზების, ისე მელაფირების და ბაზალტების მინისებურად გამტკიცებულ ზედაპირზე მშვენიერად ჩანს დენადობის ნიშნები (წნული და ტალღებრივი ლაქები).

ქ) ოლვიენაჰაის ანუ პერიოდობისა და ავშიტაჰაის ანუ პიროქსენიტების ჯგუფები

ეს არის გაბროსა და დიაბაზური-ბაზალტური ჯგუფის ზოგიერთი წევრების მონათესავე და მინდვრის შპატებს სრულად მოკლებული ქანები. ოლიენ-ქანები (დუნეტი, ლერკოლითი) გაბატონებულ ოლიენთან (პერიოდობი) ერთად შეიცავენ დიალაგს, ენსტატიტს ან ჰიპერსტენს, რქატყუარას, შპინელს (პიკოტიტი), ქრომიტს და სხვა მინერალებსაც. პიროქსენიტებიც (ავგიტიტები) მოკლებული არიან მინდვრის შპატებსა და უმთავრესად პიროქსენებისაგან (ენსტატიტი, ჰიპერსტენი, დიალაგი) შედგებიან, მაგრამ მათ გვერდით ოლიენს, გრანატს და სხვა მინერალებსაც შეიცავენ.

ოლიენიანი დიაბაზები პლაგიოკლაზების რაოდენობის შემცირების გზით მომწვანო-მოშავო პიკრიტებში გადადიან. უკანასკნელნი უმთავრესად ოლიენის (სერპენტინის), ავგიტის, ბიოტიტის და რქატყუარას შეიცავენ. პიკრიტები რაინის ფიქლების მთების, ფოგტლანდის, ფიხტელგებირგის და ინგლისის პალეოზოურში გვხვდებიან. სამხრეთ აფრიკის პიკრიტ-პორფირი ანუ კიმბერლიტი განთქმულია, როგორც ალმასის შემცველი.

როზენბუშის მიხედვით პიროქსენიტებს ეკუთვნის კაიზერშტულის (ფრაიბურგის მახლობლად) ლიმბურგეტი. იგი ძლიერ მინიანია და ოლიენისა და ავგიტისგან შემდგარ ლევას წარმოადგენს. მსგავსი ქანები ჰესენის, როენის, საქსონიისა და სხვა ქვეყნების მესამეულში გვხვდებიან. რქატყუარაინი ლიმბურგეტი ცნობილია კუნძულ პალმაზე და კილიმანჯაროზე. სერპენტინი ჩამოთვლილი ოლიენ-ქანების ფრიად გავრცელებულ სახეცვლილებას წარმოადგენს.

ჩვენ უკვე არაერთხელ ვახსენეთ ტუფები, რომლებიც ამონთხეულ ქანებთან ერთად გვხვდებიან. ისინი ზოგჯერ ძარღვების თანამგზავნი არიან, ზოგჯერ თანამედროვე ან ძველი ვულკანის ყელს ავსებენ და ზოგჯერ კი ამონთხეული ქანების ზეწრებთან მორიგეობენ, როგორც ეს ხშირად ემჩნევა გერმანიის დიაბაზებს, ბაზალტებსა და პორფირებს.

ყველა ეს ტუფური ქანები წარმოშობილი არიან ვულკანის მიერ ამოსროლილი პროდუქტების (ვულკანური ფერფლის, ლაპილის და ბომბების) დაგროვებით და გვხვდებიან როგორც ხმელეთზე, ისე ზღვაშიაც. უკანასკნელ შემთხვევაში მათში ხშირია ნამარხები, მეტადრე მცენარეთა ნაშთები; ხშირად ასეთი ქანი ნამდვილ დანალექ ქანში გადადის, როგორც არის ქვიშაქვა, თიხა და სხვა. ზოგჯერ ეს ქანები მსხვილი ნატეხებისგან შედგებიან და მათში მათ ვულკანურ ბრექჩიებს და აგლომერატებს უწოდებენ; ჩვეულებრივად კი ეს არის მეტად ან ნაკლებად წვრილმარცვლოვანი ქანები, რომელნიც შემთხვევითი ხსნარების საშუალებით ან წნევის გაღვნიტ შემტკიცებულან. ასეთ შემთხვევაში მათ ვულკანურ ტუფებს უწოდებენ. მათი უმეჯესობა ცხადად შრეებრივია, თუმცა გვხვდებიან სუსტად შრეებრივი და არა შრეებრივი ტუფებიც.

ძირითადი მასალის ხასიათის მიხედვით ტუფებს შორის არჩევენ: ბაზალტურ, ტრაქიტურ (მათ ეკუთვნის ტრასი), პორფირულ (საქსონიის და ნაპეს მხარის უალრესად წვრილმარცვლოვანი თიხიანი ქანები, რომელნიც, შესაძლებელია, შლამისებურ პირობებში იყვნენ დალექილი, ამათ ეკუთვნიან) და დიაბაზურ ტუფებს (უკანასკნელს ეკუთვნიან ტურინგიის და ნასაუს მეტად ფიქლებრივი, კირქვის შპატით მდიდარი შალშტაინები). ტუფების განსაკუთრებულ სახეობას წარმოადგენენ ავგიტის, რქატყუარის და ლევიტის კრისტალებისგან შემდგარი ე. წ. კრისტალური ტუფები. ისინი უმთავრესად იტალიასა და ვესტერვალდში გვხვდებიან.

ვინაიდან ტუფები მიწის ზედაპირზე და წყალში არიან დალექილი, შეიძლება იხილოს ისინი დანალექ ქანებად ჩაგეთვალა, მაგრამ მეორე მხრივ, რადგანაც ისინი ამონთხეულ ქანებთან არიან მქიდროდ დაკავშირებული, უმჯობესია ამ უკანასკნელთ მივაკუთვნოთ.

3. დანალექი ქანები.

მათი ზოგადი თვისებები ჩვენ უკვე ავლინებთ. ისინი ან ხმელეთზე ან წყალში არიან დალექილი. უმეტესი მათგანი ზღვაში არის წარმოშობილი.

არსებითად ერთგვაროვანი ერთპტივეული ქანების საწინააღმდეგოდ, რომელთა ნაწილის შედგენილობა გარკვეულ კანონზომიერებას ემორჩილება, დანალექი ქანების შედგენილობას სრული უწესრიგობა და შემთხვევითობა ახასიათებს. ეს დამოკიდებულია მათი წარმოშობის პირობებზე. ყოველ შემთხვევაში ისინი წარმომდგარი არიან ან უფრო ძველი, უმთავრესად ერთპტივეული ქანების მექანიკური დაშლის და გამოფიტვის შედეგად, ან ამავე ქა-

ნების დაშლისაგან მიღებული პროდუქტების ხსნარებიდან გამოყოფილ მასალასთან შერევით, ან და ორგანიული წარმოშობის არიან.

შემადგენელი ნივთიერების თვისებათა მიხედვით დანალექ ქანებში შეიძლება გავარჩიოთ:

ა) მსხვილ, საშუალო და წმინდანარცვლოვანი კლასიური ქანების

ჯგუფი: კონგლომერატი და ძლივადევი

ნაუმანმა (K. Fr. Naumann) ამ ქანებს პსეფიტები და პსამიტები უწოდა. მათ შორის ფხვიერ და შემტკიცებულ ნალექებს არჩევინ.

1. ფხვიერი ნალექები. ნარიყალი, ხვინქა, მსხვილი ქვიშა, ყველა ესენი ქანების მეტად თუ ნაკლებად მორგვალებული ნატეხებისგან შედგებიან; უდიდესი ნატეხები რიყის ქვებში გვხვდება, უმცირესი ქვიშაში. როქკი კუთხედი ნატეხებისგან შედგება. თუ კი ცალკეული მარცვლების სიდიდე 1 mm-ზე ნაკლებია, მაშინ მივიღებთ:

ქვიშას. ზოგიერთი ქვიშა მხოლოდ კვარცის მარცვლებისგან შედგება (კვარცის ქვიშები), ზოგი კვარცთან ერთად მინდვრის შპატების, ქარსის, ავგიტის და სხვა მინერალების მარცვლებსაც შეიცავს. ჩრდ. გერმანიის მეოთხეული ნალექების ფელდშპატიან ქვიშებში წითელი ორთოკლაზის უაპრავი მარცვალი ურევია, ხოლო გლაუკონიტიან ქვიშებში გლაუკონიტის მარცვლები. უწვრილეს მარცვლებისგან შემდგარ ქვიშას გერმანიაში შლუფს უწოდებენ.

წმინდა ქვიშას ძლიერ უახლოვდება ლოესი; ეს არის განსაკუთრებით წერილმარცვლოვანი, მიწისებური, წყალგამტარი, მეტ წილად არაშრეებრივი ქანი, რომელიც უმთავრესად კვარცის მტვრისაგან, თიხის, რკინის ქანის პილრატისა და კირქვის მცირედი მინარევებისაგან შედგება.

მესამეულის და მეოთხეულის ნალექებში ქვიშებს ყოველგან დიდი ადგილი უქირავთ, ასეთივე ფართო გავრცელება აქვს იმავე ფორმაციებში ნარიყალსა და ხვინქასაც.

2. შემტკიცებული ნალექები. ესენი ფხვიერი ნალექებისაგან წარმოდგებიან. მათი შემტკიცება ან მექანიკურად ხდება ან თიხისა და სხვადასხვა-ხსნარების (ტალმანყანგის, კირქვის და სხვ.) ზეგავლენით. კირქვისა და ტალმანყანგის ცემენტის ხშირად ძალიან დიდ სიმაგრეს აძლევს ქანს.

ასეთი არიან დარგვალბური რიყის ქვებისა და ხვინქისაგან შემდგარი კონგლომერატები და აგრეთვე კუთხედი ნატეხებისგან შემდგარი ბრეჟჩიები. მეტადრე კონგლომერატები ყველა ფორმაციებში ძლიერ გავრცელებული არიან, ბრეჟჩიები კი უფრო ნაკლებ ხშირად გვხვდებიან.

შვეიცარიის მოლასის ე. წ. ნაგელფლუ წარმოადგენს კონგლომერატს, რომელსაც რამოდენიმე ათასი მეტრის სიძლბვრე აქვს; მძლავრი, ფარ-

თოდ გავრცელებული კონგლომერატები გვხვდებიან აგრეთვე გერმანიის ქვანახშირულის და როტლიგენდის ნალექებშიც.

ე. წ. გრაუჟაკები წარმოადგენენ ქანს, რომელიც კვარცის (მეტადრეზინოზის) თეთრი კვარცის რიყის ქვები, თიხა-და კაჟ-ფიქლების, მინდვრის შპატებისა და სხვ. უმთავრესად კუთხედი ნატეხებისაგან შედგება. ისინი განსაკუთრებით ხშირად გერმანიის პალეოზოურში გვხვდებიან, მაგრამ მსგავსი ქანები, აპენინების ფლიშშიაც არიან გავრცელებული.

ქვიშების ცემენტაციით ქვიშაქვები მიიღებიან. შემაცემენტებელი ნივთიერებისა და მინერალური მარცვლების შედგენილობის მიხედვით არჩევენ: კვარცის, მინდვრის შპატებიან, ქარსიან, გლაუჟონტიან, კაჟიან, თიხიან, რკინიან, კირქვიან და სხვა ქვიშაქვებს. მინდვრის შპატით (ხშირად გაკაოლინებული) მდიდარ და ქარსის ფურცლების შემცველ ქვიშაქვებს არკოზებს უწოდებენ.

ქვიშაქვები ყველა ფორმაციებში ფართოდ არიან გავრცელებული. ქვიშაქვებს მიაკუთვნებენ კვარციტებსაც: ღია ფერის მეტად მაგარ და ტალმანჯანგით შეცემენტებულ ქანებს, რომლებიც განსაკუთრებით ქვედა პალეოზოურისათვის არიან დამახასიათებელი.

ბ) თიხავის ჯგუფი

ეს არის ფარულკლასტიური ქანები¹, რომლებიც მინდვრის შპატიანი ქანების გამოფიტვის შედეგად წარმოადგებიან და უმთავრესად ალუმინიუმის წყლიან-ოსილიკატებისაგან შედგებიან. ისინი შეიცავენ აგრეთვე კვარცის მტვერს და ქარსისა და სხვა მინერალების ნაწილაკებს; თიხების წითელი, ყვითელი და მურა ფერი რკინის ჟანგის და მისი ჰიდრატის გავლენას მიეწერება. ორგანიული მინარეების წყალობით კი თიხები ნაცრისფერ, ცისფერ და შავ ფერს ღებულავენ.

თიხა. მისი უწმინდესი სახე არის კაოლინი—მინდვრის შპატების გამოფიტვის პროდუქტი. თიხების უმეტესი ნაწილი ჩვეულებრივ წარმოადგენს წყლის მიერ გადატანილ (ხშირად რამდეჯერმე ხელმეორედ დალექილ) და გარეშე მინარეებით, მეტადრე ქვიშით მდიდარ ქანებს. ისინი მეტწილად რუხი, შრეებრივი და წყალგამტარი არიან. შლამი ეწოდება დიდი მდინარეების შესართავში და ტბებისა და ზღვების ფსკერზე დალექილ თიხას. შედარებით უფრო ქვიშთან თიხას, რომლებშიაც ჩვეულებრივ რკინაც მტია, ლამი ჰქვია. თიხები, რომელნიც რეგებრივობის სიბრტყის პარალელურად ფიქლებივით იყოფიან, ფიქლებრივი თიხებს წარმოადგენენ, ხოლო საკმაოდ კირქვიანი თიხა არის მერგელი.

ზევით მდებარე ქანების წნევით შემკვრივებული და მთების წარმომშობი ძალების მოქმედებით დაფიქლებული თიხები თიხაფიქლებად იწოდებიან. სრული ფიქლებრივობის შემთხვევაში ეს იქნება სახურავი ფიქალი, ხოლო, თუ გრძელ პრიზმებად ნაწილდება, მას გრიფელურ ფიქალს უწოდებენ.

¹ ამ ჯგუფის ქანებს ნაშუამანშაქელიტები უწოდა.

საღეს ფიქალს ძლიერ დიდი სიმაგრე ახსიათებს. თიხები, რომლებიც ნახ-
შიროვან ნივთიერებათა დიდ რაოდენობას შეიცავენ, საწერ, ნახშირიან
და ნთებად ფიქლებად იწოდებიან. თუ ამასთან ერთად თიხას პირიტიც
ურევია, მას შაბის ფიქალი ეწოდება.

თიხების ჯგუფის ქანები დედამიწის ისტორიის ყველა პერიოდში ყველაზე
უფრო გავრცელებულ ნალექებს წარმოადგენენ. უფრო ახალ სისტემებში ჩვენ
მათ ეხედებით თიხისა და ფიქლებრივი თიხის, უფრო ძველებში კი თიხათიქლე-
ბის სახით.

ე) კირძვის ჯგუფი

ამ ჯგუფში შემავალი ქანების უმეტესობა ორგანიული წარმოშობისაა.
ისინი მცენარეთა და ცხოველთა აქტივობის შედეგს წარმოადგენენ და ილექე-
ბიან ან ზღვაში (გლობიგერინებიანი და სხვა ღრმა ზღვის შლამები, მარჯნისა
და სხვა რიფები, წყალმცენარეული კირქვა და სხვა) ან და მტკნარ წყალში (ასე-
თია მაგ. ტბის ცარცი). კირქვიანი ქანები შეიძლება აგრეთვე არაორგანიული
გზითაც წარმოიშვნენ. ასეთია, მაგალითად, ცხელი ან ცივი წყლიდან გამოყო-
ფილი კირქვის ტუფები. კირქვიანი ქანების უმეტესობა ნათლად შრეებრივია,
ზოგჯერ თხელ შრეებრივი და ზოგჯერ მეტად ან ნაკლებად სქელშრეებრივი.
შხოლოდ რიფული კირქვა არის შრეებრივობას მოკლებული.

მარმარილო წმინდა კრისტალურ-მარცვლოვანი კირქვაა.

ჩვეულებრივი კირქვა ნაცრისფერი, შავი, მოყვითლო და სხვა
ფერის წვრილმარცვლოვანი ან მკვრივი კირქვაა თიხის შემოერთებით იგი თი-
ხიან კირქვაში გადადის, მაგნიუმის კარბონატის შემატებით დოლომი-
ტად იქცევა, ტალმანჯანგის შემატება კი კაჟიან კირქვას იძლევა. ბიტუ-
შით მდიდარ კირქვებს ბიტუმიანი კირქვები ეწოდება. თუ კირქვა უმთავრესად
კონკრეციების წვრილი ბურთულებისგან (ოლიდებისგან) არის შემდგარი, მას
ოლითური კირქვა ეწოდება.

ცარცი თეთრი, მინებრივი კირქვაა და უმთავრესად მიკროსკოპიული
ცხოველების ნაქუქებისგან შედგება.

კირქვის ქერქლექი, კირქვის ტუფი, ტრავერტინი წყა-
როს წყლიდან გამოყოფილი, უმთავრესად ღია ფერის, ან კალციტისგან ან
არაგონიტისგან შემდგარი პორიანი ან ქერქისებური ნალექები არიან.

დილომიტი მკვრივიდან მარცვლოვანამდე, მეტწილად პორიანი ან
დაჩვრეტილი, შრეებრივიდან მასივამდე, მოყვითლო-ნაცრისფერი დოლომი-
ტოვანი ქანია. დაჩვრეტილ სახეობას რაუტვაქე ეწოდება.

კირქვიანი მერგელი (თიხიანი კირქვა) და მერგელ ფიქალი
(თიხიანი და მასთან ფიქლებრივი კირქვა) კირქვიან და თიხიან ჯგუფებს შო-
რის გარდამავალ წევრებს წარმოადგენენ.

კირქვები ყველა გეოლოგიურ ფორმაციებში არიან გავრცელებული: სუფ-
თა სახით და დიდი რაოდენობით—ვესტფალიის, ნასაუს და ჰარცის (გერმანია)

დეკონურში და სამხრეთ გერმანიის მალში; ნაკლებად სუფთა სახით — სამხრეთ ინგლისის მუშელკალქში და ცარცში, ჩრდილო საფრანგეთში; ბალტიურ მხარეში. დოლომიტები დიდი რაოდენობით გვხვდებიან მეტადრე სამხრეთ ალპების ტრიასულში.

d) ტალმანუანგიანი ქანების ჯგუფი

ნაწილობრივ ზღვაში და ნაწილობრივ მტკნარ წყალში წარმოშობილი ტალმანუანგის ნალექები; ზიგი ორგანიული ბუნების არის, ზოგი ცხელი და ცივი წყაროებიდან ქიმიურად გამოყოფილი (კაჟის ტუფი, ოპალი).

კაჟის ტუფი: ცხელი წყაროებიდან გამოყოფის შედეგი (ისლანდია, იელოუსტოუნის პარკი და სხვა). მტკნარი წყლის ანუ საწისქვილე კვარცი — მტკნარი წყლის მიერ გამოყოფილი პორიანი ქანია.

ჰორნშტაინი, ეშმა, კაჟი, კაჟიანი ფიქალი — კრიპტოკრისტალური კვარცის მკვრივ ქანებს წარმოადგენენ. ოპალი SiO_2 -ის ამორფული გამოყოფის შედეგია. კიზელგური, ტრეპელი — ღია ნაცრისფერი, მინისებური, დიატომების მიკროსკოპიული ნაქუქებისგან შემდგარი, უმთავრესად ქაობებსა და ტბებში წარმოშობილი ქანია. დიატომებიანი და რადიოლარიებიანი შლამი დიატომების და რადიოლარიების კაჟის სკელეტებისგან შემდგარი ღრმა ზღვის შლამია.

ამ ქანების გავრცელება საკმაოდ შეზღუდულია. კაჟიანი ფიქლები უმთავრესად პალეოზოოურ ნალექებს ეკუთვნიან. კაჟი კონკრეციებისა და პატრა ფენების სახით საწერ ცარცშია გავრცელებული, მტკნარი წყლის კვარცი და ტრეპელი მესამეულის ნალექებში გვხვდება, ოპალი განსაკუთრებით ეოლკანიტებში (ჰანაუს ბაზალტში საქსონიაში) და აგრეთვე მესამეულის ნალექებშიც.

e) მარილებისა და თაბაშირის ჯგუფი

ამ ჯგუფში იგულისხმება შიგა ზღვებსა და უდაბნოს ტბებში დაღეჭილი, ადვილად ხსნადი ნივთიერებანი.

ქვამარილი და კალიუმის მარილები, თაბაშირი და ანჰიდრიტი (კალციუმის წყლიანი და უწყლო სულფატი). ამას შეიძლება დავუმატოთ გვარჯილა (NaNO_3), რომელიც ჩრდილო ჩილის მშრალ მხარეში ფართოდ გავრცელებული ზედაპირული ნალექის სახით გვხვდება.

ამ ჯგუფის ქანებს საერთოდ მცირე გავრცელება ახასიათებს. ქვამარილი სხვადასხვა სისტემებში გვხვდება ანჰიდრიტთან და თაბაშირთან ერთად; გერმანიაში ეს ნალექები უმთავრესად ცხშტაინში არიან განვითარებული (აქვეა კალიუმის მარილების მძლავრი საბადოები); გარდა ამისა რეტულში, შუა მუშელკალქში და შუა კოებერში. მესამეულის მარილის საბადოები ცნობილია ზემო ელზასში (აქაც კალიუმის მარილებიც არის) და გალიციაში.

ქ) მალან-ძანების ჯგუფი

აქ იგულისხმება ყველაზე უფრო გავრცელებული ლითონიანი და უმთავრესად კი რკინის მადნები, რომლებიც ხშირად დიდი რაოდენობით გვხვდებიან.

ა) რკინის ქანების მადნები: რკინის კრიალა და ჰემატიტი, მაგნეტიტი და ლიმონიტი.

ბ) კარბონატული რკინის მადნები: სიდერატი და რკინის თეთრი მადანი.

გ) სულფიდური მადნები: პირიტი (FeS_2), პიროტინი (Fe_7S_8) ქალკოპირიტი ($CuFeS_2$), სფალერიტი (ZnS), და გალენიტი (PbS).

მანგანუმის მადნები (პიროლუზიტი და სხვა).

ყველა დასახელებულ მადნების წოლის ფორმებს შეადგენენ ან დიდი ლინზისმაგვარი მასები და ძარღვები, ან პატარა ფენები, როგორც კრისტალურ ფიქლებში, ისე მასივურ და დანალექ ქანებში; უფრო იშვიათად (მესამეულში ან მეოთხეულში) ზედაპირულად წარმოშობილი სხეულების სახითაც გვხვდებიან (მაგ. ლიმონიტის და შავი ქვის ზოგი საბადო).

დ) ნახშირბადის ჯგუფი

ამ ჯგუფში შედის ყველა ორგანიული ქანი, რომელიც მცენარეული ნივთიერების გარდაქმნით არის წარმოშობილი: ჰუმუსი, — მცენარეების ლპობის და ცხოველების ხრწნის ნაშთი, — ტორფი და საპროპელი ანუ ხრწნის შლამი, ლიგნიტი, ქვანახშირი, ანტრაციტი. მათი წარმოშობის შესახებ ქვემოთ გვექნება საუბარი.

ამავე ჯგუფს უნდა მივაკუთვნოთ ნახშირწყალბადების თხევადი და მაგარი შენაერთები, განსაკუთრებით ნაფთი და ასფალტი. აქვე შეიძლება მოვათავსოთ გუანოც.

ე) თოვლისა და ყინულის ჯგუფი

პირველი შეხედვით, ამ ჯგუფს უნდა ეკუთვნოდნენ მხოლოდ წარმავალი ეოლური ნალექები, რომლებიც უმთავრესად პოლუსური ქვეყნებისა და მაღალ მთიანეთის დიდ მოედნებს ჰფარავენ, მაგრამ ჩრდილო ციმბირში ისინი მეოთხეულის ნალექებს წარმოადგენენ, ხოლო ისლანდზე ვულკანურ მასალასთანაც კი მორიგეობენ.

ვან-ჰაიზის (V. Hise) აზრით, თიხიანი ქანები ყველა არსებული დანალექი ქანების 65% შეადგენენ. ქვიშაქვები 30%, კირქვიანი ქანები — 5%, კლარკი (Clarke) ფიქრობს, რომ თიხიან ქანებს 80% უჭირავთ, ქვიშაქვებს 15% და კირქვიან ქანებს კი 5%. მისი აზრით, ყველა დანალექი ქანები მიწის გარშემო ერთ ფენად რომ გავშალოთ, მხოლოდ 800-ოდე მეტრის სისქე ფენას მივიღებთ.

დანალექი ქანების დაყოფა შეიძლება არა მარტო შედგენილობის მიხედვით, არამედ მათი წარმოშობის საფუძველზედაც.

ყველაზე მოხერხებულია მათი დანაწილება სამ მთავარ ჯგუფად: მექანიკური, ქიმიური და ორგანოგენური ნაღებები.

მექანიკური ნაღებები (მათ კლასტიურსაც უწოდებენ) შეიცავენ ისეთ ნაღებებს, რომელთა შემადგენელი ნივთიერება მექანიკურად იქნება დამტვრეულ-დაქუცმაცებული. იმისდამხედვით, თუ რის მეშვეობით წარმოიშენენ, - წყლის ქარის, თუ ყინულის, - ამ ჯგუფის ქანებს კიდევ ასე ჰყოფენ: ჰიდატოგენური (კონგლომერატები, ქვიშაქვები და სხვა), ეოლური (ლოესი) და მყინვარეული ნაღებები (ლამლონდარი).

ქიმიური ნაღებები ხსნარებიდან, ზვეულებრივად წყალხსნარებიდან (ქვამარილი, თაბაშირი) გამოყოფის შედეგს წარმოადგენენ. მხოლოდ თოვლი იღებება ატმოსფეროდან. ამიტომაც მას ხან ჰიდატოგენურ და ხან ჰაერის ნაღებად სთვლიან.

დასასრულ, ორგანოგენურ ნაღებებს ეკუთვნიან ისეთები, რომლებიც ორგანიულ ნივთიერებათა დაგროვების შედეგად არიან წარმოშობილი. მცენარეული თუ ცხოველური წარმოშობის მიხედვით მათ ჰყოფენ: ფიტოგენურ (ნახშირი) და ზოოგენურ (ცარცი, გლობიგერინებიანი შლამი და სხვა) ნაღებად.

მთელი ეს დაყოფა შეიძლება ასე გამოესახოს:

- | | | |
|--------------------------|---|--|
| 1. მექანიკური ნაღებები | { | ა) ჰიდატოგენური
ბ) ეოლური
გ) მყინვარეული |
| 2. ქიმიური ნაღებები | { | ა) ჰიდატოგენური
ბ) ჰაერული |
| 3. ორგანოგენური ნაღებები | { | ფიტოგენური
ზოოგენური |

ცნობები ტექტონიკიდან (მეცნიერება შრეთა განლაგების შესახებ) ¹

თავის წარმოშობის მიხედვით ყველა შრე თავდაპირველად მეტად თუ ნაკლებად ჰორიზონტულად უნდა დაღეკილიყო. მრავალ ადგილებში ეს ჰორიზონტულობა მათ დღემდე შერჩენიათ. ასე, მეზოზოური ნაღებები ფარდაგივით არიან გაშლილი გერმანიის მეტ ნაწილზე. ასევე არიან განლაგებული პალეოზოური ნაღებები სამხრეთ შვედეთში და სსრკ-ის ევროპულ ნაწილში. სხვა ქვეყნებში კი შრეები, მიწის ქერქის შემდგომ მოძრაობათა მეოხებით, თავდაპირველი მდგომარეობიდან გამოყვანილი, „აშლილი“ ანუ დისლოკებული არიან.

მიწის ქერქის იმ მოძრაობის სასიათის მიხედვით, რომელმაც ესა თუ ის აშლილობა მოგვცა, დისლოკაციის ყველა სახეობა შეიძლება ორ ჯგუფად გაყავოდ:

¹ Heim und Margerien Die Dislokationen der Erdrinden, Zürich 1888.

I. ჰორიზონტული დისლოკაციები—არსებითად ტანგენსური ანუ გვერდული წნევის შედეგს წარმოადგენენ და, როგორც შემდეგში დავინახავთ, მიწის შეკუმშვით აიხსნებიან.

II. ვერტიკალური დისლოკაციები უმთავრესად მიწის ქერქის შვეული ანუ რადიალური მოძრაობის შედეგს წარმოადგენენ.

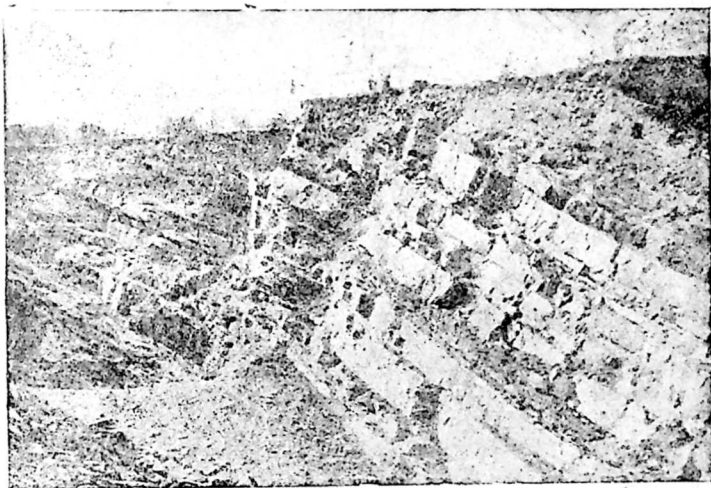
ჰორიზონტულ დისლოკაციებს ეკუთვნიან: უმთავრესად შრეთა ამართვა, სხვადასხვაგვარი დანაოქება, გადანაოქება და შეცოცება. ვერტიკალურ დისლოკაციებს კი ფლექსურები და ნახსლეტები.

1. შრეთა ამართვა

ნორმული წოლის ფორმის დარღვევის უმარტივესი შემთხვევა იმაში მდგომარეობს, რომ შრეები მეტად თუ ნაკლებად დაქანებულ მდებარეობას იღე-



სურ. 41. შვაბეთის კრილი შვარცვალდსა და დუნაის შორის.



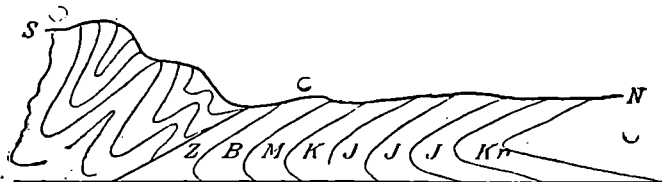
სურ. 42. ზედა დევონურის დამრეცად დაქანებული ქვიშაქვები და ფიქლები ბიდენკოფი (ლანხე).

ვენ. საკმაოდ დიდი სისქის შრეთა მთელი წყება ზოგჯერ ერთმხრივ არის დაქანებული და ამრიგად შრეთა „მონოკლინურ“ წყობის მაგალითს წარმოადგენს.

დაქანების სიდიდე მეტად ცვალებადია. შრეები, რომლებიც ჰორიზონტთან 90°-იან კუთხეს ჰქმნიან, ვერტიკალურ ანუ ყირაზე მდგომად იწოდებიან. თუ დაქანება 90°-ს აღემატება, მაშინ იტყვიან, რომ შრეები გადაყირავეებული არიან. ჰარცის ჩრდილო კიდეზე (სურ. 43) და რიზენგებირგეშო უმთავრესად გადაყირავეებული წოლის ფორმაა გაბატონებული.

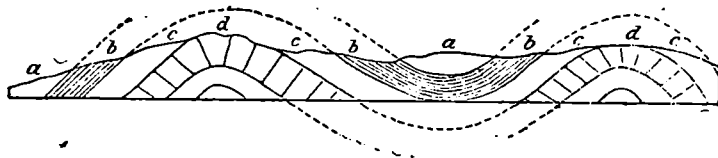
2. დანარჩენი

თითქმის ყველგან, სადაც კი შეიძლება დაქანების მიმართულებით შრეების შორს გაკვლევა ირკვევა, რომ დაქანება იცვლება და საწინააღმდეგო მიმართულებას ღებულობს. ასეთი სურათი შემდეგ ისევ მეორდება და ამგვარად იღებთ ერთმანეთის მიმყოლი ნაოქების წყებას. სურ. 44 ნათელ. წარმოდგენას.



სურ. 43. გადაყირავეებული შრეები ჰარცის ჩრდილო კიდეზე.

იძლევა ნაოქის აგებულობაზე, რომელიც გვერდული ძალების მოქმედების შედეგია. აქ ჩვენ ვხედავთ a b c d სისტემის ცალკეულ წევრთა განმეორებულ მორიგეობას a, b, c, d, —d, c, b, a თანმიმდევრობის სახით.



სურ. 44. შრეთა ნაოქა სისტემის კრილი (გადარეცხილი შრეები ნაწილობრივ აღდგენილი არიან).

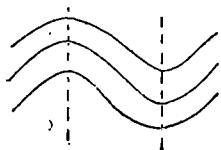
ყველა ასეთ შემთხვევაში შეიძლება გაეარჩიოთ: 1) მულდები ანუ სინკლინები, რომელთა გვერდები ანუ ფრთები ქვედა ნაწილში ერთდებიან (სურ. 44-ის შუა ნაწილი) და 2) ზურგები ანუ ანტიკლინები, რომელთა გვერდები ანუ ფრთები ზედა ნაწილში ერთდებიან, ქვევით კი ერთმანეთს შორდებიან (სურ. 44-ის განაპირა ნაწილები).

ნაოქების აგებულება მეტად მრავალფეროვანია. არჩევენ ნორმულ ნაოქებს ერაიშეორისადმი დაქანებული ფრთებით (სურ. 45 და 46), იზოკლინურს

პარალელური ფრთებით (სურ. 47) და მარაოსებურს (სურ. 48). ანტიკლინის თუ სინკლინის ღერძის მდებარეობის მიხედვით სწორ, დახრილ და დაწოლილ ნაოკებს არჩევენ (სურ. 45—47).

ახენის და მონსის (ბელგია) კარბონულის მთები ძველი დროიდან ცნობილი არიან თავისი ზიგზაგური (ტეხილი) ნაოკებით.

აქამდე ჩვენ სინკლინებს და ანტიკლინებს განივ კრილში ვეცნობოდით, მაგრამ ჰაინტერესოა ღერძის მიმართულებითაც განვიხილოთ ისინი და გავიგოთ, თუ რო-



სურ. 45. სწორი ნაოკი.

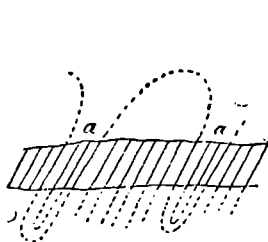


სურ. 46. დახრილი ნაოკი.

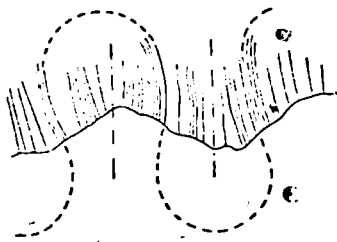


სურ. 47. დაწოლილი ნაოკი.

გორ ხდება მათი დაბოლოება. ნაოკის დაბოლოება რკალური მიმართებით გამოხატება. ორი ფრთა, რომელიც დასაწყისში ურთიერთის პარალელური იყო, თან-



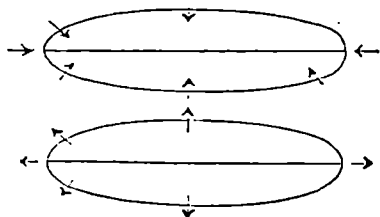
სურ. 48. სინკლინური ნაოკები.



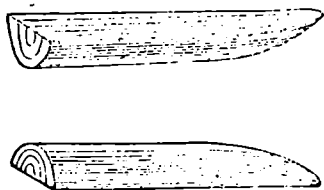
სურ. 49. მარაოსებური ნაოკები.

დათან ერთიმეორეს უახლოვდება და ბოლოს ერთდება კიდევ მრუდე ხაზით (შეერთების ადგილთან მიმართება თანდათან იცვლება და მაგალითად: OW-ის მიმართულებიდან ჯერ NW-ში გადადის, შემდეგ N-ით იცვლება, გადაიხრება NO-საკენ და ბოლოს WO მიმართულებას იღებს და ამგვარად ნახევარ წრეს შემოხაზავს). ასეთ შემოღუნვას სინკლინის ან ანტიკლინის პერიკლინური დაბოლოება ეწოდება. სურ. 50-ის ზემო ნახაზი მუდღის ჰორიზონტულ პროექციას წარმოადგენს და ნავისებურად ჩაღრმავებულ შრეთა წყობას გამოხატავს. სურათზე ყოველივე ამას შრეთა დაქანების მაჩვენებელი ისრები აღნიშნავენ, რომელთა წვეტები მუდღის ორივე ფრთის შუა ნაწილებისკენ არიან მიმართული და ყველაზე დაბალ ნაწილში მდებარე მუდღის ღერძზე მიგვითითებენ. სურ. 50-ის ქვედა ნახაზი, პირიქით, ანტიკლინის, ე. ი. შრეთა ამოხნექის ჰორიზონტულ პროექციას წარმოადგენს, სადაც ორივე ფრთის დაქანების მაჩვენებელი ისრები ამოხნექის უმაღლეს ნაწილში მდებარე ანტიკლინის ღერძიდან გარეთ არიან მიმართული.

შრეთა სინკლინური და ანტიკლინური წყობის სწორი სურათის მისაღებად ჩვენ უნდა წარმოვიდგინოთ ნაევი; თავის ჩვეულებრივ მდგომარეობაში იგი სინკლინის მსგავსია. მისი მოგრძო გვერდები მუღლის ფრთებს შეესაბამება, მო-



სურ. 50. სინკლინი (ზევით) და ანტიკლინი (ქვევით) გეგმაში.



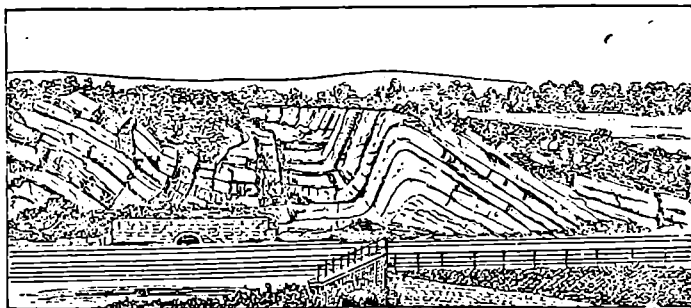
სურ. 51. სინკლინისა (ზევით) და ანტიკლინის (ქვევით) თვალსაჩინო სურათი.

ღუნული ცხვირი და ბოლო—მუღლის პერიკლინურ დაბოლოვებას, ხოლო ძირი მუღლის ღერძს. გადაბრუნებული ნაევი, რომლის ძირი მალა იქნება, ანტიკლი-



სურ. 52. სინკლინისა (ზევით) და ანტიკლინის (ქვევით) განივი და სივრცითი კრილები.

ნის ფორმას მოგვცემს, ძირი აქ ანტიკლინის ღერძის შესაბამის იქნება. მაგრამ ბუნებაში სინკლინები და ანტიკლინები მარტო ერთი შრის სახე არ შედგე-

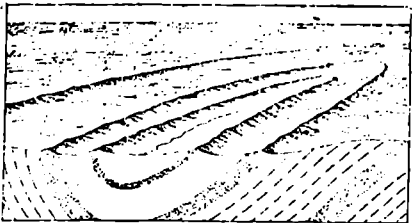


სურ. 53. დანაოპებელი კარბონული კირქვა. ბლეიბერგი აახენტან.

ბიან, არამედ, ხახვის ბოლქვის ფურცლების მსგავსად, ერთმანეთზე დაწყობილ მთელ რიგ შრეთა თანამიმდევრობას წარმოადგენენ. ამიტომაც მეტი თვალსაჩინ-

ნობისათვის უმჯობესია წარმოვიდგინოთ რამდენიმე ერთიმეორეში ჩაწყობილი ნავი (სურ. 51, 52). სიმკლინის შიგა ნაწილს, ყველაზე ახალგაზრდა შრეებისაგან შემდგარს, სიკლინის გული ეწოდება, და ამგვარადვე ანტიკლინის შიგა ნაწილს, ყველაზე ძველი შრეებისაგან შემდგარს, ანტიკლინის გულს ეძახიან.

დანაოქება წარმოადგენს ერთერთ უმნიშვნელოვანეს გეოლოგიურ მოვლენას. ნაოქები უმეტეს შემთხვევაში ჯგუფ-ჯგუფად წარმოიშობიან და იშვიათად ცალ-ცალკე. ყველა კონტინენტზე უდიდესი სიერტყეები დანაოქებული შრეებისაგან არიან აგებული. გერმანიაში არა მარტო უძველესი მასივები, როგორც მაგ. ფიხტელგებირგეი, ფრანკენალდი, ჰარცი, რაინის ფიქლების მთები და სხვა, არამედ მთელი მხარე ტურიინგაისა და ჰარცს შორის და ჩრდილოეთითაც მთლიანად ნაოქებისაგან შედგება.



შრეების ნაოქა წყობას განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს როგორც უძველესი, ისე ახალი ნაოქა მთებისათვის. ამ უკანასკნელთ ეკუთვნის უმძლესი სურ. 54. ძლიერ გადარეცხილი სინკლინის ხედი. მთების მეტი ნაწილი და მთელი მის დაბოლოებასთან ჩ.ნ. შრეების შემობრუნება (J. მათი გარეგნული იერი, კერძოდ კი Willis-ის მიხედვით).

პარალელურ ქედებად დაყოფა, უმთავრესად გრძელი მაღალი ნაოქების გაველენას უნდა მიეწეროს. ასეთ მთებში სრულიად სხვადასხვაგვარი ნაოქების საუცხოვო ნიმუშები გვხვდება. იქ, სადაც წნევა შედარებით სუსტი იყო, როგორც, მაგ., იურის მთებში, ჩვენ გვაქვს უმთავრესად მარტივი, ამართული ან ოდნავ დახრილი ნორმული ნაოქები; პირიქით, თუ დანაოქება ძლიერი იყო, როგორც, მაგ., ალპებში, მარტივად აგებული ნაოქები, იზოკლინურ, დაწოლილ, გადაყირაებულ და მარაოსებურ ნაოქებს უთმობენ ადგილს (სურ. 68).

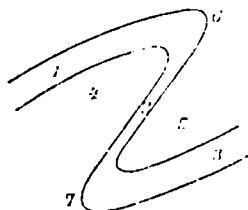
3. შეცოცხვანი

როდესაც დახრილ ნაოქებზე ცალმხრივი მოწოლის ძალის მოქმედება გრძელდება, ნაოქები თანდათან ვიწროვდებიან, ანტიკლინები უფრო და უფრო მა-



სურ. 55. ნაოქის გადასვლა შეცოცხვაში.

ლა იწვევენ, მუღღები ხდება გადაბრუნებული გაწყვეტა გამოიწვიოს.

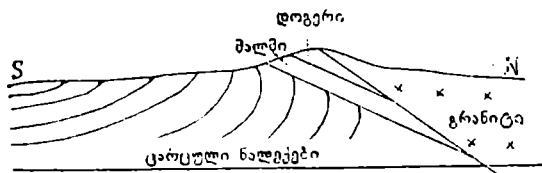


სურ. 56. გადაბრუნებული ნაოჭის შუა ფრთის (2) გაწევა. 1. ანტიკლინის და 3. სინკლინის ფრთები. 4. ანტიკლინის და 5. სინკლინის გულები. 6. ანტიკლინის და 7. სინკლინის გაღუნვის ადგილები.

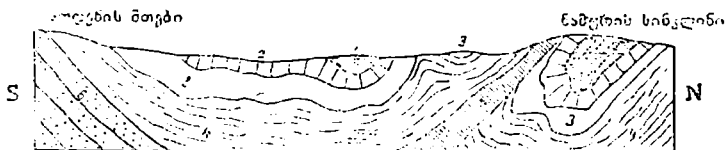
კი ქვევით და ქვევით იძირებიან. ამის პარალელურად ფრთის გაწევა და გაწერილება, რამაც შეიძლება მისი ამ შემთხვევაში აქ ნაპრალი წარმოიშობა, რომლის გასწვრივ მოწოლის გაგრძელება ზედა ნაწილის ანუ ზედა ფრთის ქვედა ფრთაზე შეტოცებას გამოიწვევს. ასეთ შეტოცებებს შარი აუცილები ეწოდება. ისინი უმთავრესად ძლიერად დანაოჭებულ და ტექტონიკური მოვლენებით მდიდარ ადგილებში გვხვდებიან. განსაკუთრებით ხშირია ასეთი მაგალითები ალპებში, რაც მათი ზედიწვენიით შესწავლის შედეგად გამოირკვა.

გერმანიაში ყველაზე ადრე ცნობილი შეტოცების მაგალითს წარმოადგენს შესსლეტვა, რომელიც მაისენიდან ციტაუმდე აღწევს და რომელიც სურ. 57-ზეა წარმოდგენილი. აქ 170 კმ მანძილზე, N-კენ დიდი კუთხით დაქანებული ნაპრალის გასწვრივ ლაუზიცის გრანიტები შეტოცებული არიან ბოჰემის სენომანურ ქვიშაქვებზე. სხვადასხვა ადგილებში აღნიშნულ ქანებს შორის იურის გადაყირავენებულ შრეებსაც ვხვდებით.

მეორე დიდი შესსლეტვა აასენის მიდამოებიდან ბელგიაზე და ჩრდილო საფრანგეთზე გადავლით პა-დე-კალემდე აღწევს და 380 კმ მანძილზე საზღვრავს



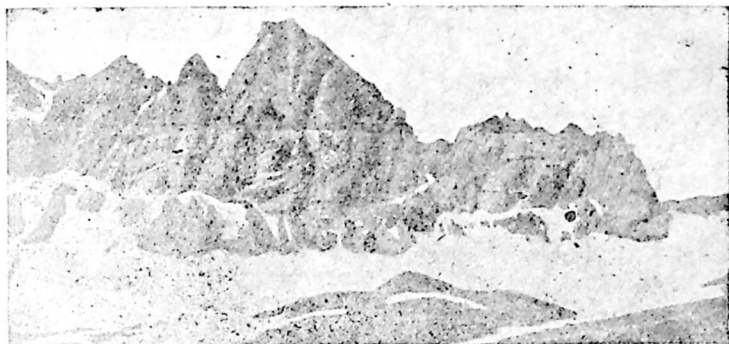
სურ. 57. ზემო ლაუზიტის დიდი შეტოცების სქემა.



სურ. 58. ბელგია—ჩრდილო საფრანგეთის დიდი შეტოცება. (Gosselet-სა და Ch. Barrois-ს მიხედვით): 1. ზედა და 2. ქვედა კარბონული, 3. ზედა და 4. ქვედა დეკონური, 5. სილურული, 6. კამბრიული.

ერთის მხრივ კარბონული დროის ქვანახშირიან წყებას და მეორეს მხრივ არა

დენის ბელტს, რომელიც სამხრეთიდან ქვანახშირის წყებაზე არის შემოკოცე-
პულა (სურ. 53).



სურ. 59. გლაცენის დიდი შარიანის უბანი ზეგნეს გადასავალთან (A. Hill-ის ფო-
ტოგრაფიის მიხედვით). (გადასავლის მარცხნივ მდებარე მუქი ჩინგელის წვეროები ვე-
რუქანოს წარმოადგენენ; მათ ქვეშ უდევთ მალჩის ღია ფერის კირქვები და ფლიში).

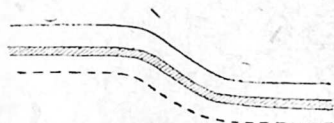
თუ შრეთა მიმართების პარალელურად შესსლეტვათა მთელი წყება გვა-
ქვს, მაშინ მივიღებთ ე. წ. ქერცლისებურ აღნაგობას (სურ. 60), რომ-
ელსაც უმთავრესად ძველ ნაოჭა მოეპში ვხვდებით.

4. ფლექსურები ანუ საფხეზარისებური ნაოჭები

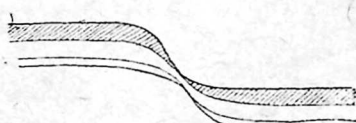
ფლექსური ეწოდება პორიზონტულად მდებარე შრის გადაღუნვას უფრო
დაბალ დონემდე, სადაც შრე ისევ პორიზონტულად ძევს (სურ. 61). ფლექსუ-



სურ. 61. ქუოცლეთი ობეოშელდის ზედა დევიონურში დიღებურგთან



სურ. 61. ფლექსური.



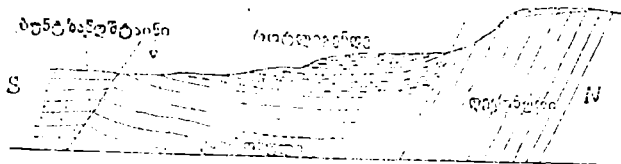
სურ. 62. გაწყვეტილი ფლექსური.

რები ჩნდებიან ისეთ ადგილებში, სადაც შრეები მეტად თუ ნაკლებად პორიზონ-

ტულად მდებარეობენ. ისინი წარმოადგენენ არა შეკუმშვის, არამედ გაწევის შედეგს და ამით ნასხლეტებს უახლოვდებიან. ხშირად გადადიან კიდეც ნასხლეტში (სურ. 62).

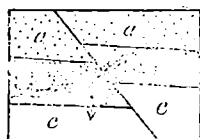
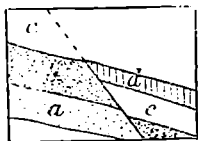
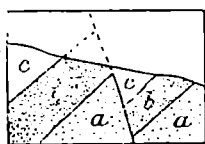
5. ნასხლეტები

შესხლეტის შემთხვევაში ზედა ფრთა შესხლეტის სიბრტყის გასწვრივ ზევით იწევს, ნასხლეტის შემთხვევაში კი ქვევით. აწეე-დაწევის სიდიდეს ნა-



სურ. 63. საარბრუენის კარბონულ-როტლიგენდის რაიონის კრილი.

სხლეტის სიმაღლე ეწოდება და ზოგჯერ იგი რამოდენიმე სანტიმეტრს უდრის, ზოგჯერ კი რამოდენიმე ათასეულ მეტრს.



სურ. 64 და 65. სივრცითი ნასხლეტების მიერ გამოწვეული შრეების გამეორება და ჩაძირვა კრილიში.

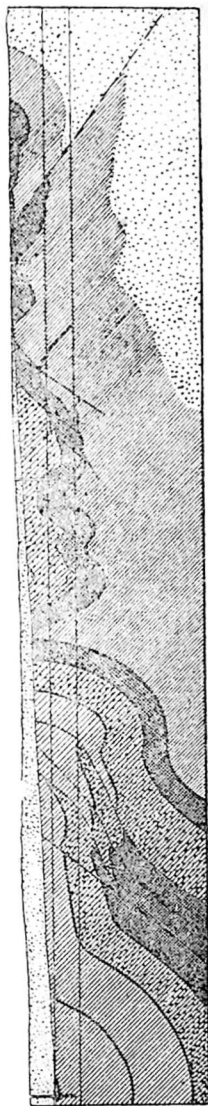
სურ. 66. შრეთა გადაადგილება განივი ნასხლეტის გამო (გეგმაში).

ნასხლეტის სიბრტყის შრეების მიმართებისადმი დამოკიდებულების მიხედვით არჩევენ: გასწვრივ, განივ და დიაგონალურ ნასხლეტებს.

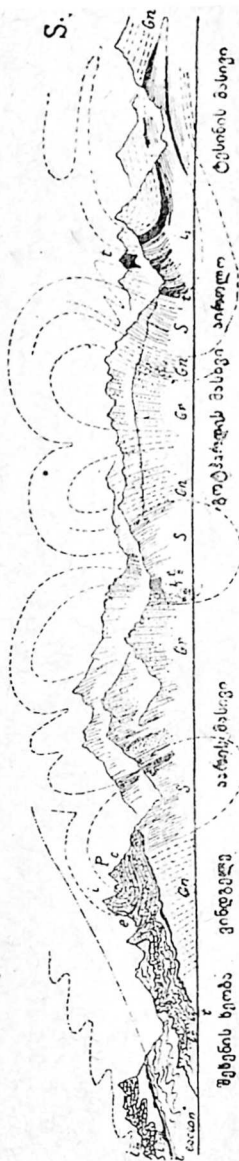
სურ. 63-ზე ნაჩვენებია ორი დიდი გასწვრივი ნასხლეტი, რომელნიც საარბრუენის ქვანახშირიან მთებს ჰყოფენ უფრო ძველი ჰუნსრუის ფიქლებისაგან ჩრდილოეთით და ჰვალცის ფერადი ქვიშაქვებისგან სამხრეთით.

მიმართების გასწვრივ ნასხლეტი გამოიხატება ან შრეთა განმეორებულ მორიგეობაში (დანაკლებით გამოწვეულისაგან განსხვავებით შრეთა შემდეგი თანმიმდევრობით $a1c - a1c$ და ა. შ.) ან შრეების ქვევით გადაადგილებაში (სურ. 64 და 65). ხოლო განივი და დიაგონალური ნასხლეტის შედეგით თითქმის ყოველთვის ნასხლეტის სიბრტყის გასწვრივ შრეთა განზე გადაადგილება არის (სურ. 66).

პარალელურ ნასხლეტთა დიდი რაოდენობა ხშირად წარმოშობს:



სურ. 67. ვესტფალის კვანახორიანი აუზის კრილი.



სურ. 69. N-S გოტარდის მასივის კრილი (A. Heim-ის მიხედვით): Gr—გნეისი; Gr—გრანიტი; S—ქარსუ ქალები და ფილტები; C—კარბონული; P—პერმული; I—ტრიასული; I—იურული; I—ეოცენი.

1. საფეხურულ ნასხლეტებს: შრეთა განმეორებული ჩაწევა (სურ. 69).

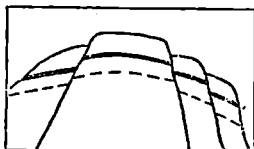
2. ჰორსტებს: ჩაწევა უძრავი ბელტის კიდეებზე (სურ. 70).

3. გრაბენს: ორ უძრავად დარჩენილ ბელტს შორის ზოგჯერ ძალიან ვრძელი და ვიწრო შუა ნაწილის ჩაწევა (სურ. 71).

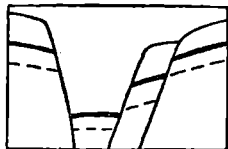
გერმანიის ზოგიერთი მთები: ტურინგენალდი, ჰარცი, შვარცვალდი და ვოგეზები ჰორსტების საუკეთესო მაგალითებია. მდ. რაინის დაბლობი, ბაზელსა და მაინცს შუა (სურ. 72), მდ. ლაინეს ხეობა გოტინგენთან და მრავალ სხვა გრაბენების საუცხოვო მაგალითებს წარმოადგენენ.



სურ. 69. საფეხურული ნასხლეტი.



სურ. 70. ჰორსტი.



სურ. 71. გრაბენი.

რკალისებური ფორმის ნასხლეტები ღრმად ჩაძირული ცენტრული მოედნის ირგვლივ ხშირად საფეხურისებურ ჩაღრმავებას ჰქმნიან. ასეთი წარმოშობისაა ჩაძირვის მოედნები და ქვაბისებური ჩაღრმავებანი (ადრიატიკის ზღვა და მისი ჩრდილო სანაპირო). ჯვარედინი და ურთიერთ გამკვე-



სურ. 72. შუა რაინის დიდი გრაბენის კრილი.

1. მეოთხეული; 2. მესამეული; 3. იურული; 4. კოეპერი და მუშელკალკი; 5. ბუნტანდენტანი და როტლენენი; 6. კარბონული; 7. გნეისები და გრანიტები

თი ნასხლეტები ხშირად ძარღვების გაწყვეტას და დასხლეტვას იწვევენ (სურ. 32).

დაწეული ან გადაადგილებული ფრთის მოძრაობა ძლიერ დაღს ასვამს ნასხლეტის სიბრტყის ზედაპირს. იგი იწვევს მოძრაობის მიმართულებით მის მოელვარებას (სხლეტვის სარკე), ღრმად დაკაწვრას და დაღარვასაც კი. ეს გასაგებიც არის, თუ მხედველობაში მივიღებთ მოძრავი ფრთის სიდიდესა და წნევის ძალას, რომელიც ამ მოძრაობის დროს მოქმედებს. ასევე გასაგებია, რომ ზოგჯერ დისლოკაციური ნაპრალები ხეხვის ანუ ტექტონიკური ბრეჟჩიით ან თიხბრივი მასალით ივსებიან. ასეთ შემთხვევებში ნასხლეტის სიბრტყესთან წარმოიშვება ხოლმე მის ახლო მდებარე ქანების დაშლის, დაწვრილმანებისა და ხეხვის პროდუქტები.

დ ი ნ ა მ ი უ რ ი ბ ე რ ლ ო ბ ი ა

A. ეკოლოგიური (ბარადინამიური) მოვლენები

I. ატმოსფეროს მოვლენა

ატმოსფერო ორგანოსანი ბუნების არსებობის მთავარ პირობას შეადგენს. გარდა ამისა მის საშუალებით წარმოებს წყლის ცნობილი-მობრუნალი, რომლის დროს წყალი ორთქლის სახით მუდმივ მიწის ზედაპირიდან ატმოსფეროში აღის, იქ იკუმშება და თხევად ან მაგარ მდგომარეობაში ისევ მიწას უბრუნდება.

ატმოსფეროს გეოლოგიური მოქმედება ნაწილობრივ ქიმიური ა, ნაწილობრივ კი მექანიკური. პირველ შემთხვევაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ჰაერში წყლის ორთქლის, ნახშირბადისა და ენგბადის არსებობას და რაოდენობას; მეორეში კი ატმოსფერო ატმოსფერული ნალექების და, მასა-სადავს, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების შექმნაზე წყაროს წარმოადგენს. CO₂ და O₂ ქანების დაშლის და გამოფიტვის პროცესებში დიდად აძლიერებენ წყლის მოქმედებას. ეს პროცესები ცოტა ქვემოთ, წყლის ქიმიური მოქმედების განხილვის დროს იქნება გარჩეული. აქ კი ჩვენ ატმოსფეროს მხოლოდ მექანიკურ მოქმედებას შევეხებით.

წყლის მოქმედებისგან განსასხვავებლად ატმოსფეროს მოქმედებას ეოლოჯის ან სუბაერულს ვუწოდებთ და ამასთან ერთად მასში შემდეგ პროცესებს ვარჩევთ: 1. ნგრევის ანუ გადაცლის და 2. დალექვის.

ეოლოჯი გადაცლა

გადაცლის ინტენსივობა, რასაკვირველია, ქარის ძალაზე დამოკიდებული. როდესაც ქარი ჰქრის, ის ხვეტავს მიწის ზედაპირს და თან მიაქვს ყველა ზედმდებარე გამოფიტვითი ნაწილაკები: ქანების ნამსხვრევები, ქვიშა და მტვერი. ამას უდიდესი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ქარს ძლიერ მწგრეველ ძალას სწორედ ეს მაგარი ნაწილაკები ანიჭებენ, რომელთა საშუალებით იგი ქანების ზედაპირს განუწყვეტლავ ხეხავს და ჰკვის. ამ მხრივ ქარის მოქმედება საკვებით ენსგავსება მდინარე წყლის მოქმედებას: ამგვარადვე ეროზიულ ძალას წყალი

შიგ დაძრული და მხეხავ მასალად ქვეული მაგარი ნაწილაკებისაგან ღებულობს. მიუხედავად ასეთი მსგავსებისა წყლის (გადარეცხვითი) და ქარის (გადაცლითი) მოქმედებათა შორის ძალიან მნიშვნელოვანი განსხვავებაც არის, რაც იმაში მდგომარეობს, რომ წყლის მუშაობა მხოლოდ დაღმა არის მიმართული, მაშინ როდესაც ქარის მუშაობა წარმოებს როგორც დაღმა, ისე აღმა და მისი მიმართულება სიმძიმის ძალის მოქმედებისგან თითქმის დამოუკიდებელია.

ეოლური გადაცლის პროცესებს ხმელეთზე არსად არ აქვს ისეთი მკაფიოდ გამოხატული მნიშვნელობა, როგორც მშრალ ქვეყნებში, უდაბნოებში და სტეპებში.

უქანასკნელნი გვხვდებიან გეოლოგიური პირობებისგან სრულიად დამოუკიდებლად ყველა კონტინენტებზე, ყოველ სიმაღლეზე ზღვის დონეს ზევით: დაბლობებშიც, ზეგნებზედაც და მთიან მხარეებშიც. უდიდესი სივრცე უჭირავთ უდაბნოებს შუა აზიაში (დიდი უდაბნო გობი, ტაკლამაკანი ტარიმის ტაფობში, თურქმენეთის და არალურ-კასპიური უდაბნოები). ინდოეთის, ირანის, არაბეთის და სირიის (თავის მხრივ ეგვიპტესთან შეერთებული) და საპარის გარშემო მდებარე ჩრდილო აფრიკის უდაბნოები. ამ ვეებერთელა მშრალი სარტყლის მხოლოდ დასავლეთ გაგრძელებას წარმოადგენენ. უდაბნოების ეს ვეებერთელა ზონა ატლანტური ოკეანიდან თითქმის წყნარ ოკეანემდეა გაჭიმული. ნიწის დანარჩენ მსგავს მხარეებს ჩრდილო ამერიკაში (დიდი მარილიანი ტბების აუზი, სამხრეთი კალიფორნია), სამხრეთ ამერიკაში (უდაბნო ატაკამა და სხვა), სამხრეთ აფრიკაში (ნამიბი და კალჰარი) და ავსტრალიაში (კონტინენტის თითქმის მთელი შუა ნაწილი) გაცილებით ნაკლები სივრცე უჭირავთ (იხ. რუკა, სურ. 6).

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ყველა ამგვარი მხარეები ატმოსფერული ნალექებით ძალიან ღარიბნი არიან და მასთან დაკავშირებით აქ არ გვხვდებიან დიდი მდინარეები, ზღვას რომ ერთვოდნენ. ამგვარად ეს არის გაუდინარი მხარეები. მიუხედავად ამისა უდაბნოების და სტეპების უმრავლესობა როდია სავსებით უწყლო. ზოგი მათგანი (ეგვიპტე, ტარიმის ტაფობი) დიდი მდინარეებით არის გაჭრილი, სხვების ზედაპირის ქვეშ ნიადაგის წყლის დიდი მასაა დაფარული. საერთოდ კი ამგვარი სივრცეების სიმშრალე ისე დიდია, რომ ატმოსფეროს ნალექები მიწის ზედაპირზე სწრაფად ორთქლდებიან და ამის გამო არ შეუძლიათ ეროზიის ან გადატანის მძლავრი პროცესების შექმნა. მაგრამ, ვინაიდან ასეთ პროცესებს აქ მაინც აქვს ადგილი, ისინი სულ სხვა ძალებით უნდა იყვნენ გამოწვეული და ეს არის ქარი, ინსოლაცია და მექანიკური და ქიმიური გამოფიტვა.

ი. ვალტერი¹, რომელმაც უდაბნოს თავისებურებანი დედამიწის ყველა ნაწილებში შეისწავლა, და ე. კაიზერი², რომელიც მრავალი წლების განმავ-

¹ Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, 2. Aufl., Leipzig 1912.

² Kayser, Zeitschrift d. Deutschen geol. Ges., 1920, und Abh. der Giessener Hochschulgesehschaft 1920.

ვლობაში, აწარმოებდა დაკვირვებას ნამიბში, ინსოლაციით, მექანიკური და ქიმიური გამოფიტვით გაფხვიერებულ ქანების ქარის მიერ მიწის ზადაპირიდან გადაცლას ტერმინ დე ფლაციით (გადაბერვა) აღნიშნავენ, ხოლო ქარის მიერ ატაცებული მასალით ქანების ზედაპირის მოცვეთას, გადასწორებას თუ დაღარვას კორაზიას უწოდებენ. ორივე ეს პროცესი ჩვეულებრივად ერთდროულად წარმოებს და მათი ერთიმეორისაგან გამოყოფა ძნელია.

მშრალ ქვეყნებში ქანების ნგრევას ძლიერ ემხარება ინსოლაცია, რომელსაც უდაბნოს მშრალი ნიადაგი 80°-ზე მაღლა შეუძლია გაახუროს, მაგრამ რადგან იმავე ქანების ტემპერატურა ხშირად დამით გაყინვის წერტილზე დაბლა იწევს, ქანები მორიგეობით გაფართოებას და შეკუმშვას განიცდიან. ასეთ ზემოქმედებას ვერც ერთი ქანი ვერ უძლებს ხანგრძლივად. ქანები იშლებიან ნამსხვრევებად და როჰკად, რომლებიც ხშირად უხვად ჰჳარავენ კლდეების მიდამოს და კალთებს.

ამ ძლიერი მექანიკური გამოფიტვის გვერდით მუდმივ მოქმედებს ქიმიური გამოფიტვაც. მართალია, ატმოსფერული ნალექები (ცვარი, წვიმა) უმეტეს შემთხვევაში მიწაში ღრმად არ ჩადიან და უფრო ხშირად კაპილარული მილებით ისევ მიწის ზედაპირს უბრუნდებიან, რადგან უკანასკნელი ჩვეულებრივად სწრაფად ისევ თბება და შრება, მაგრამ ახლა ისინი მეტად თუ ნაკლებად მარილიან ხსნარებს წარმოადგენენ, რომელთაც მინერალების გახსნის ძლიერი უნარი აქვთ, და ამის გამო დაშლის დიდ ძალას იჩენენ. ყველა უდაბნოებისთვის და ნახევრად უდაბნოებისთვის დამახასიათებელი ნიადაგის მარილიანობა და მასთან დაკავშირებული მარილების დაგროვება მშრალ ხეებში და ტბებში, შემდეგ თაბაშირის, კირის, რკინის და კაქის მეტად გავრცელებული ქერქის წარმოშობა, — ყვე-



სურ. 73. წახნაგა ქვები, ჩრდილო გერმანიის დაბლობი.

ლა ეს მოვლენები ნიადაგის ზედა ფენებში მიმდინარე ქიმიური დაშლისა და გამორეცხვის პროცესების შედეგს წარმოადგენენ.

ქარის ეროზიული მოქმედების შედეგთაგან უპირველეს ყოვლისა აღსანიშნავია ამაღლებული და ქვიშიანი ქარისათვის გაშლილი კლდეების ზედაპირის მოელვარება. ქარის ამგვარი მოქმედების შედეგს წარმოადგენენ აგრეთვე წახნაგოვანი ანუ პირამიდული ქვები (ეოლური მრავალწახნაგები), რომლებიც ჩრდილო-გერმანიის დაბლობში და სხვა ქვიშიან მხარეებში გვხვდებიან. ამ მრავალწახნაგათ სუსტად მორგვალბული და მოლიპული, თითქო ლაქწასმული წიბოები აქვთ (სურ. 73).

ქარის მიერ უდაბნოს ქანების ზედაპირის ნგრევასა და გადაცლას მრავალი თავისებური მოვლენა მოჰყვება შედეგად. ასეთი არიან ხშირად მიწურ ფუძეზე ამართული ეოლური მაგიდები და სოკოსებური კლდეები (სურ. 74) და მეტადრე კი კუნძულ-მთები ანუ მოწმეები. ეს არის გორაკები, რომლებიც მალღობი ადგილების გვერდითგანცალკეებით ან ჯგუფებად გვხვდებიან და ამ მალღობების წინათ არსებული გაგრძელების ნაშთს წარმოადგენენ.



სურ. 74. ეოლური მაგიდა. ლიბიის უდაბნო.

ობის შედეგად წარმომდგარი შესანიშნავი ეოლური მაგალითის სურ. 75 იძლევა.

ქარის ეროზიის შედეგი, ჩვენთვის სრულიად უჩვეულო, აღწერილი აქვს რიხტჰოფენს (F. v. Riehthofen) ჩინეთის ლოესის სტეპებში. ეს არის ტრანსვეისებური ხრამების ძირი ერთ ბოლოში აღნიშნულ სიღრმემდე ეშვება და მეორეში ისევ ზევით ამოდის. ქარი წარმოშობს აგრეთვე ღრმა, ქვაბისებურ ამონალრუეებს, ეგრედწოდებულ ეოლურ დევის ქვაბებს და სხვა უფრო დიდი ზომის ჩაღრმავებებს, რომელთაც ლიბიის უდაბნოში ვხვდებით. ქარის მუშაგუმბათური ლანდშაფტის მშვე-



სურ. 75. ქარის მიერ მოცვეთილი კამბრიული (?) დოლომიტები და დაბლობებში დაგროვილი ღორღი და ეოლური ქვიშა. ნამიბი, სამხრეთ-დასავლეთი აფრიკა (L. Kayser-ის ფოტოგრაფია).

ეგვიპტეს უდაბნოების ციცაბო კედლებიან, ხშირად გაუდინარ შესანიშნავ

wadis-ებს (უადი), რომელთა ფსკერი უწესოდ აწეულ-დაწეულია და, რომელნიც რთულად დაკლავნილი არიან და ზოგჯერ ერთიმეორეს ჰკვეთენ. ზოგი მკვლევარი მათ ეოლური ეროზიის მოქმედების შედეგად სთვლიდა, მაგრამ ამ ახსნამ სხვების მხრივ სრულიად სამართლიანი წინააღმდეგობა გამოიწვია.

რიხტჰოფენის მიხედვით უდაბნოების სამი მთავარი ფორმის გარჩევა შეიძლება:

1. ქვიშიანი უდაბნოები, რომლებიც იქ წარმოიშობიან, სადაც გადა-
ცლით ყველა უფრო წვრილი ნაწილაკები ქარის მიერ წაღებულა, მაგრამ მო-
ძრავი ქვიშის მსხვილი მარცვლები კი დარჩენილა. ეს არის უდაბნოების ყველა-
ზე უფრო გავრცელებული სახე.

2. როქიანი უდაბნოები, რომლებშიც მტერისა და ქვიშის მოელი მასა
მძლავრი ქარის მიერ წაღებულა და მხოლოდ მსხვილი როქია დატოვებული.

3. კლდოვანი უდაბნოები, სადაც ქარებს ქანების გამოფიტვის მთე-
ლი მასალა გაუზიდავთ და ყველგან მხოლოდ შიშველი კლდეები ჩანს.

უდაბნოების ამ სახეების ვარდა ი. ვალტერი (I. Walther) და სხვები
არჩევენ კიდევ:

4. ლამიან და მარილიან უდაბნოებს, რომელნიც, მეტწილად მშრალი
ქვეყნების დაბლობებში, ხშირად როქიანი და ქვიშიანი უდაბნოების შუა წარ-
მოიშობიან.

უდაბნოების ყველა დასახელებული ფორმები ერთიმეორისგან მკვეთრად
არ განირჩევიან. უფრო ხშირად ისინი ერთიმეორეში გადადიან და შეიძლება
მრავალ სხვადასხვა ურთიერთ დამოკიდებულებაში შეგვეხვდნენ. ყოველ შემთხვე-
ვაში ვინაიდან ქვიშიანი უდაბნოების მასალა კლდოვანი უდაბნოებიდან არის
გამოზიდული. ადვილი წარმოსადგენია, რომ ქვიშიანი უდაბნოები კლდოვანი
უდაბნოების მიმართ საერთოდ გაბატონებული ქარების მიმართულებით მდე-
ბარეობენ.

იოლური დაღამება

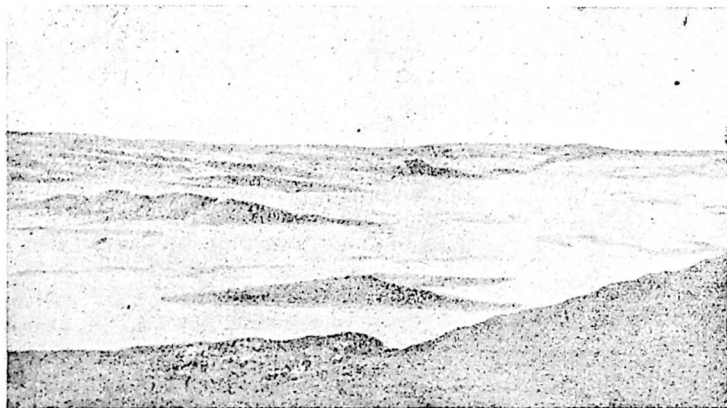
როგორც უკვე დავინახეთ, უდაბნოები მძლავრი ევოლუური გადა-
ცლისა და დაგროვების მხარეებს წარმოადგენენ. გამოფიტვის, დეფე-
ლაციის, ინსოლაციის და კორაზიის საშუალებით უდაბნოებში განუწყვეტლივ
წარმოიშობა წვრილი და მსხვილი კლასტური მასალის დიდი რაოდენობა. მთე-
ლი ეს მასალა თავის წარმოშობის ადგილზე არ რჩება—ქარს მალე მიაქვს ის
აქედან. ეს გადატანა სხვადასხვა სახით ხდება, რაც ქანების ნამტკრევეების სი-
დიდებზე და სიმძიმეზე დამოკიდებული: უფრო მსხვილი მასალა მიწის ზედაპირ-
ზე მიგორავს, მსგავსად რიყის ქვებისა მდინარეების და ხევების ფსკერზე;
წვრილი მასალა გადისროლება, თითქოს შურდულით გატყორცნილი; დასასრულ,
ყველაზე უფრო წვრილი ნაწილაკები მტერის ღრუბლების სახით გადაიტანება,
რაც მდინარე წყალში შლამის ატივტივებული ნაწილაკების გადატანას შეიძლე-
ბა შევადაროთ.

პირველი და მეორე გვარის მასალა თავისი წარმოშობის და დამუშავების
ადგილიდან მეტწილად უკვე უმნიშვნელო მანძილზე იღეჭება. უკანასკნელი გვა-

რის მასალის დალექვა კი უზირად მხოლოდ ძალიან შორს ხდება. დალექილი მსხვილი მასალა მიწის ზედაპირის უსწორმასწორობას წარმოშობს და ხშირად რელიეფის თავისებურ ფორმებს იძლევა (დუნები და სხვა). ქანების დაშლის შედეგად მიღებული უფრო წვრილი მასალის, მტკრის დალექვა მიწის ზედაპირის მოსწორებას იწვევს. ის სპობს უსწორმასწორობათ არა მარტო უდაბნოებში, არამედ მათგან შორს მდებარე ადგილებშიც.

ჩალრმავებათა მოსწორება ჩხრალ ქვეყნებში. სტეპების წარმოშობა.

ყველა უდაბნოებში და მათ მიდამოებში გამოფიტვითი მასალის დალექვის შემდეგ ხშირად ძლიერ ვრცელი ვაკეები წარმოიშობიან, რაც მეტად მნიშვნელოვან პროცესს წარმოადგენს. ამ მასალის დალექვა, რასაკვირველია, ყველაზე ადრე ხდება ხეობებში, ხრამებში, ორმოებში და მიწის ზედაპირის სხვა დებრესიებში, რომელნიც განსაკუთრებით ხშირი არიან მთიან უდაბნოებში. მიწის ზედაპირის ყველა ამგვარი ჩალრმავება ქარის მიერ მოტანილი გამოფიტვის პროდუქტებით თანდათანობით ივსება და სწორდება. დროთა განმავლობაში არა მარტო დაბლობები, არამედ მთელი მათი მიდამოები, მეზობელი მთების ფერდობები და გორაკები თანდათან ამ მასალით იფარებიან, სანამ, დასასრულ, ქვიშის ზღვიდან ამოშვერილი უმაღლესი ქედები და მთების მწვერვალები არ დარჩებიან მხოლოდ: „მთები თავისსავე ღორღში იხრჩობიან“ (შეად. სურ. 75).



სურ. 76. უდაბნოს უწყისო, ღორღით ამოვსილი ჩალრმავებანი. წინ ტიპიური ბარქანი, ნამიბი, სამხრეთ-დასავლეთი აფრიკა.

მიწის ზედაპირის მოსწორებაში ქარის გვერდით, ექვს გარეშეა, დიდ როლს წყალიც თამაშობს. წვიმა უდაბნოში ხშირ მოვლენას არ წარმოადგენს, მაგრამ თუ მოვიდა, ის ხშირად კოკისპირული ძალისაა. ამ დროს უდაბნოს ზედა-

პირი ეგრეთწოდებული „ტალბის ღვარების“ საშუალებით დიდ სივრცეზე გადაირცხება. ამ ღვარებს თან მოაქვთ მთელი გასული გვალების პერიოდში მიწის სედაპირსე დაგროვილი მასალა და მას უფრო დაბლობ ადგილებში ლექავენ. ამით აიხსნება, რომ აქ წარმოშობილ ნალექებში, რაგინდ წვრილმარცვლოვანი მიწისებური მასალისგანაც არ უნდა შედგებოდნენ ისინი, უფრო მსხვილი კლასტიური მასალის ფენებიც რომ არ იყოს, იშვიათია.

სტეპებიც მესობელ უდაბნოებში წარმოშობილი მ.სალის დალექვის შედეგს წარმოადგენენ. მათი წარმოშობა საესებით ჰგავს თვით უდაბნოებში ვაკეების წარმოშობას. უკანასკნელნი, როგორც ვიცით, სედაპირის უსწორმასწორობათა თანდათანობითი ამოვსებით და მოსწორებით არიან წარმომდგარი. განსხვავება მხოლოდ იმაშია, რომ სტეპების ნიადაგი გაცილებით უფრო წვრილმარცვლოვანი მასალისგან შედგება, რომელიც ქარის მიერ ატივტივებული მტერის სარჯსეა დაგროვილი და რომელშიც ქვიშა მხოლოდ აქა-იქ გამოერევა. ბალახიანი სტეპების ამგვარი წარმოშობით აიხსნება მათი ხშირად ძალიან მკიდრო კავშირი საკუთრივ უბალახო უდაბნოსთან. ეგრეთ წოდებული სტეპური უდაბნოები ანუ უდაბნოური სტეპები გარდამავალ ფორმებს წარმოადგენენ. უდაბნოების უმრავლესობა სტეპებით ისაზღვრება და ზოგს სტეპების საცხელი უფლის გარს. ამას გარდა თვით უდაბნოების შიგაც არის ქარისგან დაცული ადგილები, სადაც წმინდა მარცვლოვანი მასალა ილექება და რომელნიც მკირე ზომის ოაზის-სტეპებს წარმოადგენენ. მაგრამ საკმაოა ქარები შეიკვალოს და ეს ოაზისები მსხვილი კლასტიური მასალით იფარებიან, უდაბნოდ იქცევიან.

დუნები¹

ქვიშის გორაკები და სერები, რომელნიც ამ სახელს ატარებენ, შეიძლება წარმოიშვნენ ყველგან, სადაც არის მცენარეულ საფარს მოკლებული თხვიერი ქვიშის დიდი მასები და სადაც ამასთან ერთად ხშირია ძლიერი ქარი. ამისდამიხედვით დუნები გვხვდებიან მეტადრე ზღვის სანაპიროზე და ამ შემთხვევაში მათ სანაპირო დუნებს უწოდებენ. მაგრამ დუნები კონტინენტების შიგაც წარ-



სურ. 77. ჩვეულებრივი ფორმის მოძრავი დუნების კრილი (ქარალმა მხარე დამრეცია, ქარდალმა მხარე უფრო ციციბო).

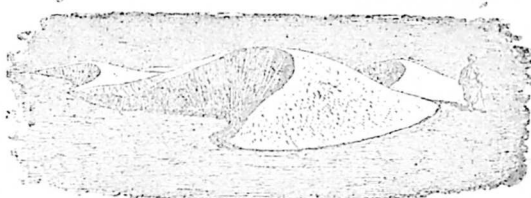
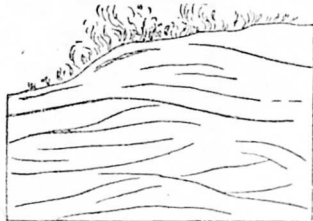
მოიშობიან და აქ, მეტადრე მშრალ ქვეყნებში, ფართოდ არიან გავრცელებული. ქარის მიერ დაძრული ქვიშის ამგვარ დაგროვებებს კონტინენტურ ანუ

¹ Соколов, Дюны и их образование, 1884; Solger u. a., Dünenbuch, Stuttgart, Enke, 1910.

შიგა დუნებს ეძახიან (გერმანიაში ისინი გვხვდებიან რაინის მხარეში მაინის ფრანკფურტსა და მანჰაიმს შორის, კოებერის ქვიშაქვის გავრცელების ადგილებში ნურენბერგთან და სხვაგან).

ორივე გვარი დუნები ძლიერ მსგავსი არიან ერთმეორის. თუმცა სანაპირო დუნები სუფთა, მტერისგან თავისუფალი ქვიშისგან შედგებიან, შიგა დუნების ქვიშა მეტად თუ ნაკლებად მდიდარი არის მტვერით.

დუნები, როგორც წესი, გრძელ, პარალელურ მწკრივებად განლაგებულ ქვიშის გორაკებს წარმოადგენენ. მათი სიმაღლე გერმანიაში 10—20 m არ აღემატება, საპარაში და სხვა უდაბნოებში 150 m და მეტს აღწევს. ნორმუ ი სა-

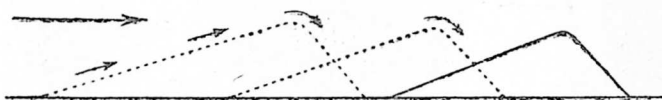


სურ. 78. დუნის დიაგონალური შრეებრივობა. ოსტენდე.

სურ. 79. ბარქანი თურქესტანში.

ნაპირო დუნების უძლიერესი ქარებისკენ მიმართული ფერდი ყოველთვის სუსტად (5° — 10°) არის დაქანებული. ქარის ჩრდილში მდებარე კალთები კი უფრო ციცაბო არიან (25° — 30° დაქანებით). გაბატონებულ მოვლენას წარმოადგენენ განივი დუნები, რომელნიც მთავარი ქარების მიმართულების მართობულად არიან განლაგებული. აზიის და სხვა უდაბნოებში ცნობილია აგრეთვე გაბატონებული ქარების მიმართულებით განლაგებული გრძივი დუნები. დასასრულ, დუნების უკანასკნელი ფორმა იქნება ნამგლისებური დუნები ანუ ბარქანები (სურ. 79).

დუნების ზედაპირი ჩვეულებრივ დალაოული არის; აქ გვაქვს პატარა, ურთიერთშორის პარალელური, ბრტყელი ღარებით გაყოფილი წიბოები. ისინი



სურ. 80. დუნის მოძრაობის სქემა. დიდი ისარი გაბატონებული ქარის მიმართულებას აღნიშნავს.

ყოველთვის ქარის მიმართულების მართობული არიან და მსგავსად წარმოიშობიან აგრეთვე წყნარი წყლის აუზის ფსკერზე, ფხვიერ თოვლში და ა. შ. ეს არის შედეგი იმ ღრესისა, რომელსაც მდინარე წყლის ან მოძრავი ჰაერის ფენა ქვიშაზე, შლამზე ან თოვლზე ახდენს.

მეორე მხრით ღუნების შიგა აგებულებაში მხოლოდ დიაგონალური და ხლართული დაშრება გვაქვს.

ცნობილია, რომ ყველაგან, სადაც ღუნები ხელოვნურად არ არიან გამაგრებული დარგული მცენარეულობით, ისინი ქარის მიმართულებით მოძრაობენ, რაც შემდეგნაირად ხდება: ძლიერი ქარის დროს ზედაპირული ქვიშის მარცვლები ღუნის ქედზე გადაგორდებიან და ქარისაგან დაცულ კალთაზე გროვდებიან. ღუნების წინსვლის სისწრაფე იზომება 6-დან 20 მეტრამდე წელიწადში. ღუნების მოძრაობის გამო ჩრდილო და ბალტიის ზღვების გერმანული სანაპიროების ვრცელი ნაკვეთები და სხვა მხარეები ცარიელ ქვიშის უდაბნოდ გადაიქცნენ.

ეოლური თიხა და ლოესი¹

ტიბეტი ლოესი, რომელიც ნიდერლანდიდან დაწყებული მთელი შუა და სამხრეთი გერმანიით გალიციამდე და სამხრეთ რუსეთამდეა გავრცელებული, წარმოადგენს მტერისებურ, წმინდა ქვიშიან, ყვითელ წარმოარსს, რომლის კაპილარული სტრუქტურა ძელი სტეპების ბალახის ფესვების ადგილას დარჩენილი სერცხლების ნაშთი არის. ის სრულიად მოკლებულია შრებრივობას ან უკანასკნელი მასში მხოლოდ სუსტად არის გამოხატული. გერმანიაში ლოესის სიმძლავრე მეტწილად 3—8 m უდრის და მხოლოდ გამოხატვის შემთხვევაში აღემატება 20 m. ლოესი, გარდა კირქვის კონკრეციებისა (ეგრეთ წოდებული ლოესის ტიკინები), ხმელეთის სხვადასხვა მოლუსკებისა და დიდი მძოვარი ცხოველების (ცენი, მამონტი და სხვ.) და სტეპების მღრღნელთა ნაშთებს შეიცავს. მეორე მხრით ის, ჩვეულებრივ, მოკლებულია წყლის მოლუსკების ნიჟარებს. ლოესი გაშიშვლებებში შვეულ კედლებს იძლევა. ის ზღვის დონიდან სულ სხვადასხვა სიმაღლეზე გვხვდება, უმთავრესად კი ხეობებში, სადაც მას გერმანიაში ძლიერ თავისებური გავრცელება აქვს: უფრო შერჩევით ხეობის ნაკლებ დაქანებულ დასავლეთ კალთაზე არის განვითარებული და ფერდობის ლამის სახელს აკარებს.

ყველა ამ თვისებების გამო, ლოესი, რომელიც გერმანიაში მეოთხეულის ასაკისაა, დიდხანს გეოლოგიურ გამოცანას წარმოადგენდა. ძველად მასში დიდი წყალდიდობის უკანასკნელ ნაშთს ხედავდნენ; მაგრამ მისი უშრებრივობა, მასში მტკნარი წყლის ცხოველების ნიჟარების არ არსებობა, საგებ გვერდთან ქარის მიერ მოელვარებული წახანაგოვანი ქვების შემთხვევითი პოვნა, ლოესი ფერდობის ლამის სახით და, განსაკუთრებით, მისი წყალგამყოფ ქედებზე არსებობა — ყოველივე ეს ისე ძლიერ ლაპარაკობს ლოესის წყალ ქვეშ დაღეკვის წინააღმდეგ, რომ თითქმის ყველა თანამედროვე გეოლოგები ლოესის ეოლური გზით წარმოშობის თეორიას იზიარებენ. ლოესის ეოლური თეორიის დამაარსებელ

¹ v. Richthofen, China, I, 1877.

² აქ ლოესის დაღეკვის დროს, უფოდ, დასავლეთის ქარი იყო გაბატონებული, რის გამო ლოესი ქარის ჩრდილში (ხეობის დასავლეთ ფერდობზე) დაილექებოდა.

მთ. შენიშვნა.

რიხტჰოფენთან ერთად (რუმელმაც თავისი თეორია მხოლოდ ჩინეთის ლოესისათვის წამოაყენა) ლოესს ყველანი ქანების დაშლის შედეგად მიღებული უწყვილესი, მტერისებური მასალის ქარის და წვიმის ღვარების მიერ გადატანისა და დაღეპვის ნაყოფად სვლიან.

ევროპის ქვეყნებში ლოესის წარმოშობა ახლა უკვე აღარ ხდება, რადგან აქ, ნესტიანი ჰავის პირობებში, შეუძლებელი შეიქნა გამოფიტვითი მასალის საკმაო რაოდენობით დაგროვება. თანამედროვე ლოესის წარმოშობის დანახვა შეიძლება მშრალ კონტინენტურ ქვეყნებში, როგორცაა მონღოლეთის და თურქესტანის ვრცელი სტეპები. იქ ადვილად ვრწმუნდებით, რომ ლოესის წარმოშობისათვის, მტერის დიდი მასების გარდა, საჭირო არის ფართო, ბალახით დაფარული სივრცე, რადგან დაცეენილი მტვერი მხოლოდ ბალახის ღეროების წყალობით რჩება ადგილზე. ბალახი კი, მთლიანადაც რომ დაიფაროს მტვერს ქვეშ, მოკლე დროში ისევ მის ზედაპირზე ამოდის. ამ ორი პროცესის (მტერის დაღეპვის და ბალახის ზრდის) ერთობლივობას შეუძლია დროთა განმავლობაში მოგვეცეს რამოდენიმე ასეული მეტრის სისქე ლოესი, როგორც ჩინეთშია. ევროპული ლოესის დაღეპვის დროს, ესე იგი მეოთხეულ პერიოდში, აქ ისეთივე კლიმატური პირობები უნდა ყოფილიყო გაბატონებული, როგორც ზემოთ დასახელებულ თანამედროვე სტეპებშია. ეს ლოესში განამარხებული ფაუნის ნაშთებიდანაც გამომდინარეობს. გარეული ვირი, ანტილოპი, *Myodes lemmus*, *Arctomys bobac* და სხვა ფორმები, რომელთაც ლოესში მთავარი ადგილი უჭირავთ, დამახასიათებელი არიან აზიის თანამედროვე სტეპების და ტუნდრებისათვის.

ტილოს (v. Tillo) აზრით ხმელეთის მთელი ზედაპირის არა ნაკლებ 4% ლოესით არის დაფარული.

II. წყლის მოქმედება

წყალი ბუნებაში გაზისებურ, თხევად და მკვრივ მდგომარეობაში გვხვდება. მაგრამ უშუალო გეოლოგიურ მოქმედებას მხოლოდ თხევად და მკვრივ მდგომარეობაში იჩენს. მაგრამ მდგომარეობაში, ყინულის სახით, წყალი მხოლოდ მექანიკურად მოქმედობს. თხევად მდგომარეობაში კი მისი მოქმედება როგორც მექანიკური, ისე ქიმიურიც არის.

წყლის ქიმიური მოქმედება ხდება როგორც მიწის ზედაპირზე, სადაც გამოფიტვის მთავარი პროცესები უმთავრესად მაზეა დამოკიდებული, ისე ქანების შიგნითაც. წყლის მექანიკური მოქმედება უმთავრესად მიწის ზედაპირზე მიმდინარე წყალთან არის დაკავშირებული. გარდა ტალღების მიერ ნაპირის დანგრევისა აქ განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს ხეობების გათხრას ანუ ეროზიას.

მაგრამ წყლის (ყველა მის მდგომარეობაში) მოქმედება არის არამარტონგრევივითი არამედ შემომქმედიც. მისი ქიმიური მოქმედება მხოლოდ ქანების გამოფიტვით და გამორეცხვით არ ამოიწურება; წყალი, როგორც მიწის ზედაპირზე, ისე მის სიღრმეში და ნაპრალებში ლექავს სხვადასხვა მინერალებს მასში გიხსნილ ნივთიერებათა გამოყოფის გზით. ეროზიის და ღენუ-

დაციის მოქმედებაც მხოლოდ ნგრევისკენ არ არის მიმართული. წყალს ქანების დაშლის პროდუქტები გადააქვს, მათ უფრო წყნარ აუზებში ლექავს, უმთავრესად ზღვებში, და ამრიგად მათ თსკერზე ნალექების გაჩენას იწვევს.

მეტეორული წყალი და გამოვითბვა

1. მეტეორული და ჩუონილი წყლის მოქმედება

წყლის ყველა აუზი განუწყვეტილად გამოჰყოფს ორთქლს, რომელიც ატმოსფეროს ზედა ფენებში იკუმშება და წვიმის, თოვლის და სხვ. სახით ისევ მიწას უბრუნდება. ამ განსაკუთრებით მნიშვნელოვან მოვლენას წყლის მობრუნალი ჰქვია.

ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა იზომება იმ სიმაღლით, რომელსაც ისინი წლის განმავლობაში მიაღწევდნენ, ადგილზე რომ დაჩენილიყვნენ. ეს სიმაღლე დიდ რხევას განიცდის. საერთოდ, ზღვის ნაპირიდან დაცილებისას წვიმის რაოდენობა მცირდება და ზღვის დონიდან ამაღლებისას კი იზრდება. მაშასადამე, ნალექების რაოდენობა ზღვის ნაპირთან მეტია, ვიდრე კონტინენტების შიგნით, და დაბლობებში ნაკლები, ვიდრე მთებში.

ნალექების საშუალო რაოდენობად (საშუალო სიმაღლე) 750 მმ ითვლება. იმ მხარეებს, სადაც ნალექების რაოდენობა აი რიცხვს აღემატება, ნალექებით მდიდარი და, სადაც ნაკლებია,—ნალექებით ღარიბი მხარეები ჰქვიათ.

ზოგ უდაბნოში ნალექების სიმაღლე 0 უდრის, ჩრდილო გერმანიის დაბლობში ის 460—820 მმ არის; ცენტრული გერმანიის მთიან მხარეში—600—1200 მმ, ალპურ ქვეყნებში 1000—1700 მმ და დასასრულ, ჰიმალაის მთების სამხრეთ კალთებზე (მაქსიმუმი) 10000 მმ აღემატება.

წყლის ორთქლის შეკუმშვაში მთავარ როლს მალალი მთები თამაშობენ, რომელთა ცივ ქედებზე უამრავი ნალექი ჩამოდის. უფრო დაბალ ადგილებში მხარის წყლით სიმდიდრეზე დიდ გავლენას ახდენს ტყის არსებობა. მართალია, უშუალოდ ნალექების რაოდენობაზე ტყე არ მოქმედობს, მაგრამ დაკრეფილ ნალექების ის კარგად ინახავს და მათ მხოლოდ თანდათანობით აბრუნებს უკან. ამის გამო ტყეს დიდი მნიშვნელობა აქვს ნიადაგში სინესტის შენახვის, ნიადაგის წყლის დონის აწევისა და წყაროების სიუხვისათვის.

ნალექების რაოდენობას გეოლოგიურად დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან გამოფიტვა და ეროზია და, ამასთან დაკავშირებით, ლანდშაფტის მთელი რაგვარობა მაზედ არის დამოკიდებული. ქვეყნის ის ორი ტიპი, რომლებსაც ჩვენ, რიხტოფენთან ერთად, კონტინენტების პერიფერიულ და ცენტრულ ნაწილს ვეძახით, ამ მხრივ ერთიმეორის საწინააღმდეგო არის.

ჩვენ უკვე წინათ გვექონდა ლაპარაკი ამ განსხვავებაზე და მაშინვე გამოვარკვიეთ, რომ პერიფერიულ ქვეყნებში ნალექების რაოდენობა აორთქლებას სჭარბობს და ამის გამო არსებობს წყლის ზღვაში ჩადინება; ცენტრულ ქვეყნებში კი აორთქლება სჭარბობს და ამიტომ ეს ქვეყნები გაუღინარი არიან. გარდა ამისა ჩვენ აღვნიშნეთ ის საგულისხმო გარემოებაც, რომ პერიფერიული ქვეყნიდან გა-

მოფიტვის პროდუქტები თითქმის მთლიანად გაიტანებიან; ცენტრულ ქვეყნებში კი, პირიქით, ეს პროდუქტები ადგილზევე რჩებიან სხვადასხვა ნალექების სახით. პერიფერიულ და ცენტრულ ქვეყნებს ახლა ნესტიან ქვეყნებს და არა დიდ ანუ მშრალ ქვეყნებს ეძახიან. უკანასკნელნი უმთავრესად გაუდინარი ქვეყნებია. ი. ვალტერის მიხედვით, მთელი ხმელეთის ზედაპირის მეხუთედამდე გაუდინარი ქვეყნებს უკირავთ

ბრიუენერმა¹ პირველმა აღნიშნა, რომ ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა არც ერთი მხარისათვის მუდმივი არაა. მან შეძლო იმის ჩვენება, რომ ნესტიანი და ცივი პერიოდები მშრალ და ცივ პერიოდებს წესიერად ენაცვლებიან, და დაამტკიცა, რომ ეს კლიმატური რხევა არა მარტო მყინვარების მოძრაობაზე (წინსვლა და უკან დახევა) ან მდინარე წყლის დონეზე, არამედ ზღვის დონეზეც შეიძლება შევამჩნიოთ და მას საერთოდ მთელ დედამიწაზე აქვს ადგილი. ბრიუენერის კლიმატური პერიოდების ხანგრძლივობა საშუალოდ 35 წელს უდრის.

მეტეოროლოგი წყალი ბევრ მინერალურ ნივთიერებას უშუალო გახსნით იკრებს. ასეთია განსაკუთრებით ქვამარილი (NaCl), რომელიც 100 წილ 12° — 15° -იან წყალში არა ნაკლებ 36 წილის რაოდენობით იხსნება. ამის გამო ხშირია ქვამარილით გაჯერებული ტბების და წყაროების წყალი. თვით ქვამარილის საბადოების არსებობა მხოლოდ იქ არის შესაძლებელი, სადაც ის გახსნიდან მფარველი წყალგაუვალი თიხის შრით არის დატული.

სხვა მინერალებიდან, რომლებიც დიდი მასებით გვხვდებიან, აგრეთვე ადვილად ხსნადი არიან თაბაშირი ($\text{CaSO}_4, 2\text{aq}$), კირქვა (CaCO_3) და დოლომიტი (CaMgC_2O_6). წყლის 10.000 წილში თაბაშირის 25 წილამდე იხსნება; კირქვა სუფთა წყალში რილის მეთედებიდან ერთ წილამდე, ხოლო ნახშირმკვანი წყალში საშუალოდ 10 წილამდე. ამით იხსნება Ca და Mg კარბონატების დიდი გავრცელება ყველა ბუნებრივ წყლებში და აგრეთვე კირქვის და დოლომიტის კლდეებში სიღრუეების სიუხვე.

სილიკატები, რომელნიც ქანების შემადგენლობაში ისეთ დიდ როლს თამაშობენ, თუმცა უფრო ცუდად, მაგრამ მაინც ხსნადი არიან, რაც ცხადია იქედან, რომ, თუ მათი ფხვნილს ცხელ წყალს დავასხამთ და გავსწორავთ, ფილტრატში მალე ჩნდება ტუტე და მიწა-ტუტე ელემენტების ნიშნები.

ჩაუონილი წყლის გახსნა-უნარიანობისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს იმ გარემოებას, რომ ქიმიურად წმინდა წყალი ბუნებაში საერთოდ არ არსებობს და რომ წყალში ყოველთვის არის გახსნილი ისეთი ნივთიერებები, რომელნიც ძალიან ზრდიან მის გახსნის და დაშლის უნარს.

ამ ნივთიერებათა შორის უპირველეს ყოვლისა თავისუფალი ნახშირმკვავა (H_2CO_3) უნდა დავასახელოთ. ის მოქმედობს არა მარტო Ca , Mg და ორვალენტოვან Fe (ეგრეთწოდებული რკინიანი შენაერთები) კარბონატებზე, არამედ სილიკატებზეც და მათში შემავალ K , Na , Ca და Mg ხსნის. ნახშირ-

¹ Brückner E., Klimaschwankungen, seit 1700. Pencks Geogr. Abh. IV, 2, 1890; იგივე, Verh. d. S. Deutsch. Geographentages, Berlin 1889.

მევა ვახს წვიმის წვეთები უკვე პაერში იძენენ, მაგრამ ამ გაზით ისინი უფრო ნიადაგის ზედა ჰუმუსიან ფენაში ჩაქონვის დროს მდიდრდებიან, რადგან უკანასკნელში ორგანიულ ნივთიერებათა დაშლის გამო ეს გაზი ყოველთვის უხვად არის. ვულკანური გაზები, რომელნიც ბევრ ადგილას მიწის წიაღიდან ამოდიან, ბუნებრივი წყლებისათვის ნახშირმევა გაზის მეორე მნიშვნელოვან წყაროს წარმოადგენენ.

ჩაქონილი წყალი ნახშირმევას გარდა შეიცავს კიდევ ორ ქიმიურად ფრიად აქტიურ შემადგენელ ნაწილს: ჟანგბადს და ორგანიულ ნივთიერებებს. პირველი, რომელსაც წყალი პაერიდან ლებულობს, მას დაქანგვის უნარს ანიჭებს. ორგანიული ნივთიერებები ცხოველების და მცენარეების გაზრუნის ხარჯზე წარმოიშობიან და, პირიქით, ძლიერ აღმდგენლებს წარმოადგენენ.

აღნიშნული ნივთიერებით გაჯერებული მეტეორული წყალი უამრავი ნახრალებით ქანებში ჩადს და იქ იწვევს სხვადასხვა, ნაწილობრივ მარტივ, ნაწილობრივ რთულ დაშლის პროცესებს, რომელთა ხანგრძლივ მოქმედებას ვერც ერთი მინერალური ნივთიერება ვერ უძლებს.

მინერალური სამეფოს ამ მეტად მრავალსახიანი ჰიდრო-ქიმიური პროცესების შესწავლაში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს ბიშოფის¹ (G. Bischof) შრომებს. გაცილებით უფრო გვიან, მეტადრე ვან ბემელენის² და სხვათა გამოკვლევების საფუძველზე, ჩვენ გავიგეთ, თუ რა დიდ როლს თამაშობენ კოლოიდური ნივთიერებანი, რომლებიც მინერალურ-ქიმიური დაშლის დროს წარმოიშობიან.

წინააღმდეგ „კრისტალოიდებისა“, რომელნიც კრისტალებიან და დიალიზის უნარი აქვთ (ე. ი. აპკში გადიან), კოლოიდები ამ თვისებებს მოკლებული არიან. როგორც ჩანს, ისინი ხსნარში მცურავ უწყვილეს ამორფულ ნაწილაკებს წარმოადგენენ, რომელნიც ხსნარიდან ექვსებური ანუ ლორწოსებური მასის, ეგრეთ წოდებულ გელის სახით ილექებიან. ამ გელებში წყალი არა ქიმიურად, არამედ ადსორბციულად არის შებოქილი და ადვილად გამოიყოფა. ასეთ შემთხვევაში გელი გადადის მაგარ მდგომარეობაში, კრისტალურში ან ამორფულში. ასე, კაოლინის გელი კაოლინიტში გადადის, სილიციუმეზის გელი ოპალში ან კვარცში და ა. შ. კოლოიდების ასეთი არამყარობა კიდევ უფრო იზრდება მათი ადსორბციული თვისებების გამო, მათი სხვადასხვა სიმეფეების და ტუტეების, განსაკუთრებით ტუტეების და ტუტე-მიწების მარილების ადსორბციის უნარის გამო, რაც მრავალგვარი ქიმიური გარდაქმნების მიზეზი ხდება.

უკვე აქ ხაზი უნდა გავუსვათ კოლოიდების ადსორბციის უნარის მნიშვნელობას მცენარეთა სამეფოსათვის. უამრავი კოლოიდური ალუმოსილიკატები ისევე, როგორც ნიადაგის ჰუმუსური ნივთიერებანი, პირველ რიგში სწორედ იმ

¹ Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. გამოც. 2. Bonn 1863—1871. I. Roth, Allgemeine und chemische Geologie, Berlin 1879—1890.

² van Benmelen, Die Adsorption (nach heutiger Ausdrucksweise: Adsorption), Gesammelte Abhandlungen, herausgegeben von W. Ostwald, Dresden 1910.—Raman, Bodenkunde, გამოც. 3. Berlin 1911.

ნივთიერებათ შემოიკრეფენ ადსობციულად, რომელნიც ნიადაგში მცირე რაოდენობით გვხვდებიან და მცენარეების კვებისათვის კი ძალიან საჭირო არიან, სახელოდობრ: კალციუმს, ამონიუმს და ფოსფორის მჟავას. კოლოიდები მათ იქერენ და დიდი ხნის განმავლობაში ინახავენ სახნავ მიწაში.

ნიადაგში კალციუმის ასეთი დაბანდებილი გამო, მდინარეებში და მათი მეშვეობით ზღვებში მისი მხოლოდ მცირე ნაწილი ხვდება. სულ სხვა მდგომარეობაშია ნატრიუმი, რომელიც ნიადაგში არ რჩება და ამის გამო ზღვებში უნდა დაგროვდეს. ამ პროცესის განსაკუთრებული მნიშვნელობა განუმარტებლადაც ცხადია.

ნიადაგში ძლიერ გავრცელებული ეს კოლოიდური წყლიანი შენაერთები ქიმიური შემადგენლობით ცეოლითებს ჰგვანან, რის გამო მათ წინათ „ნიადაგის ცეოლითებს“ ეძახდნენ. ახლა მათ პერტურბიტებს უწოდებენ.

აღნიშნოთ აქ მინერალური სამეფოს ზოგი უფრო მნიშვნელოვანი ჰიდროქიმიური პროცესი.

დაუანგვა. აქ განსაკუთრებით საგულისხმოა რკინის შენაერთები. ამ გზით მაგნეტიტისგან (Fe_3O_4) ჰემატიტი (Fe_2O_3) წარმოდგება, უკანასკნელისგან კი წყლის შეერთებით ლიმონიტი ($Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$). გოგირდიანი ლითონებიც, განსაკუთრებით გოგირდიანი რკინა [პირიტი (FeS_2), მარკაზიტი და პიროტინი] ადვილად ითვისებენ უანგბადს და რკინის აჯასპში ($FeSO_4$, 7 H₂O) გადადიან. ამ დროს ზოგჯერ იმდენი სითბო გამოიყოფა, რომ ამ ნივთიერებით მდიდარი ქვანახშირები ენთებიან და მიწის ქვეშ ხანძრები ჩნდება. საერთო წესია, რომ რკინიანი სილიკატები ადვილად იუანგებიან. ამ დროს ისინი თავის დამახასიათებელ მომწვანო ფერს ჰკარგავენ და რკინის უანგის ცნობილ მოწითლო ფერს იღებენ.

გამოფიტვის დროს ბევრი დანალექი ქანის (კირქვის, მერგელის, თიხის, თიხა-ფიქლის) გამოხუნება მსგავსი. მაგრამ უფრო ნელა მიმდინარე პროცესებით აიხსნება. ის გამოწვეულია მუქად მფერავი ორგანიული ნივთიერების დაუანგვითა და თანდათანობითი დაშლით.

ჰიდრატაცია. ბევრ მადნეულს და სილიკატს აქვს მიდრეკილება ამ პროცესისაკენ. გარდა გოგირდიანი მადნეულებისა (გოგირდის, სპილენძის, დარიშხანის მურდანანგი და სხვა), ასეთია მეტადრე ჰემატიტი (Fe_2O_3) და მაგნეტიტი (Fe_3O_4), რომლებიც ამ გზით წილისებურ ლიმონიტში ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$) გადადიან. უფრო მნიშვნელოვანია ანჰიდრიტის ($CaSO_4$) თაბაშირში ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) გადასვლა. სინესტეში ანჰიდრიტი ითვისებს წყალს და ძალიან სწრაფად გადადის თაბაშირში. მაგრამ, ვინაიდან ანჰიდრიტის ნიშანდობლივი წონა მეტია, ვიდრე თაბაშირისა, ამ გადასვლასთან მოცულობის გაზრდა დაკავშირებული. პრაქტიკაში ეს იწვევს ანჰიდრიტში გაყვანილი შტოლენების კედლების გამობურცვას. მეორე მხრით თაბაშირის შრეები, რომელნიც პირველად თარაზულად იყვენ განლაგებული, ნაოქდებიან (დაწვრილნაოქებული თაბაშირი) და ამას თაბაშირის დიდ საბადოებში სახურავი გვერდის შრეების აწევა და დამსხვრევა მოსდევს, როგორც ეს სამხრეთ ჰარციის ცებშტაინის თავზე მდებარე ქრელ ქვიშაქვებს მოსვლია.

ეგრეთწოდებული სერპენტინიზაცია — ოლივინის ($2 Mg O \cdot SiO_2$) სერპენტინიზი ($3 Mg O \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 aq$) გადასვლა—ხშირად აგრეთვე ჰიდრატაციის პროცესთან არის დაკავშირებული; ხშირად ამ დროს CO_2 -ს შემცველი წყლის ზემოქმედებით Mg მაგნეზიტში ($Mg CO_3$) გადადის და განთავისუფლებული SiO_2 —კვარცში და ოპალში.

ცეოლითების წარმოშობაც იმავე ჰიდრატაციის პროცესებზეა დამოკიდებული, რაც ცხადია იქიდან, რომ ცეოლითები, წყლიანი სილიკატებია, რომლებიც ლითონებიდან უმთავრესად Ca და Na შეიცავენ, და მინდვრის შპატებიდან და მათი მსგავსი მინერალებიდან (ლევციტი, ნეფელინი და ა. შ.) არიან წარმოშობილი. ასეთი რთული სილიკატები სახნავ მიწაშიც ძალიან გავრცელებული არიან. მათ ხშირად „შეცვლითის ცეოლითებს“ უწოდებენ. უთუოდ, ეს ალუმინიუმის ჟანგის ჰიდრატის სილიციუმმეკავასთან ნარევის გელია.

აღდგენის პროცესები. ესენი სწორედ იქ იჩენენ თავს, სადაც ჩაჟონილი წყალი აღმდგენელ ორგანიულ ნივთიერებებს შეიცავს; განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია რკინის შენაერთების აღდგენა (ferri-შენაერთების ferri-შენაერთებში გადმასვლა). მეორე მხრით ორგანიულ ნივთიერებებს ხრწნის დროს სულფატები სულფიდებში გადაჰყავთ, რითაც აიხსნება გაპირიტებული ნამარხების დიდი გავრცელება. ბიტუმიანი ნივთიერებების ამგვარსავე მოქმედებას თაბაშირი ჯერ CaS -ში გადაჰყავს და შემდეგ, განთავისუფლებული CO_2 გავლენით, Ca კარბონატში და გოგირდში გადადის. ასე უნდა იყოს წარმომდგარი სიცილიის გოგირდი, რომელიც მესამეულის ნალექებში კირქვის თანხლებით გვხვდება.

მინერალების აღმდგენელი უკვე არაორგანიული აღმდგენელი ნივთიერებებიდან შეიძლება დეჟასახელოთ გოგირდ წყალბადი. მაგრამ ბაქტერიების აღდგენითი მოქმედება, როგორც ჩანს, აქარბებს ყველა დასახელებულ ნივთიერებათა მოქმედებას. ბაქტერიები მათთვის საჭირო ჟანგბადს სულ სხვადასხვაგვარ ორგანიულ და არაორგანიულ ნივთიერებებს ართმევენ და რკინის ჟანგების ქვეყანაში გადაქცევაშიც დიდ როლს თამაშობენ.

კარბონატების წარმოქმნა. გახსნილი ნახშირმეკავის არსებობის გამო ეს მოვლენა წყლებში ძლიერ ფართოდ არის გავრცელებული. ასე, ხალასი სპილენძი დაჟანგვის გამო წითელ სპილენძში (Cu_2O) გადადის, უკანასკნელი კი O , CO_2 და წყალს იერთებს და მალაქიტად ($2 CuO \cdot CO_2$, aq) იქცევა. კარბონატების წარმოშობა დიდი რაოდენობით ხდება ზემოთ მახსენებ სერპენტინიზაციისა და აგრეთვე კალციუმიანი, რკინიანი და ტუტე სილიკატების დაშლის დროს.

სილიკატების დაშლა CO_2 -იანი წყლით. მინერალური სამეფოს დაშლის პროცესებში ყველაზე მნიშვნელოვანია სილიკატების დაშლა CO_2 -ის შემცველი წყლით, რადგან სწორედ ალუმინიუმის, ტუტეების და ტუტე მიწების სილიკატები ყველაზე გავრცელებულ ქანმანაშენ მინერალებს (მინდვრის შპატები, ქარსები, ავგიტები და ა. შ.) წარმოადგენენ. დღეს მას უმთავრესად წყლის ჰიდროლიზურ მოქმედებას მიაწერენ, რომლის დროს ტუტეები და ტუტე მიწები ჰიდროქსიდების სახით თავისუფლდებიან და ხსნარში გადადიან, ხოლო კოლოიდური ალუმინიუმ-და სილიციუმ-ჟანგა წყლიანი ალუმოსილიკატების

სახით გამოიყოფიან. დაშლის პროცესს კიდევ უფრო აართულებს ის გარემოება, რომ წყლის თავისუფალი ნახშირმჟავაც აგრეთვე დამშლელად მოქმედობს. ერთის მხრით ის ხსნის ქანის ნახშირმჟავა მარილებს, კერძოდ Ca , Mg და Fe კარბონატებს, რომლებიც ბიკარბონატებში გადადიან და წყალს გააქვს, მეორე მხრით კი მასში გახსნილი ტუტეების და ტუტე-მჟიან სილიკატებს შლის და კარბონატებში გადაჰყავს¹.

როგორც ყველა ჰიდროლიზური რეაქციები, ჩვენ მიერ განხილულიც წყლის დისოციაციის ხარისხზე არის დამოკიდებული. უკანასკნელი კი, როგორც ცნობილია, ტემპერატურასთან ერთად მატულობს. სწორედ ამით აიხსნება, რომ ტროპიკულ ქვეყნებში სილიკატების ქიმიური გამოფიტვა გაცილებით უფრო ძლიერია, ვიდრე ჩვენ განედებში.

სილიკატების დაშლაში, როგორც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი გარემოება, უნდა აღინიშნოს შემდეგი:

ხსნარში გადადიან ტუტეები, წყლიანი ტუტე სილიკატები, ნახშირ-მჟავა ტუტეები და ტუტე მიწები და სილიციუმ ეანგის ჰიდრატი.

გაუხსნელი რჩებიან: 1. უმთავრესად კაოლინის შედგენილობის კოლოიდური წყლიანი ალუმოსილიკატები; 2. რკინის ეანგის შემცველი სილიკატების დაშლის შემთხვევაში რკინის ეანგის კოლოიდური ჰიდრატი, და 3. მაგნიუმიანი სილიკატების დაშლის შემთხვევაში — მაგნიუმის წყლიანი სილიკატები.

აქედან გასაგებია, რისთვის აქვს ასეთი დიდი გავრცელება სწორედ წყლი-
ან ალუმინიუმ ეანგას (კაოლინი, თიხა, ლამი) და მაგნიუმის სილი-
კატებს (სერპენტინი და სხვ.). ისინი სილიკატებიანი ქანების უმრავლესობის
გამოფიტვის უკანასკნელ ნაშთს, წარმოადგენენ, რომლის შემდეგი დაშლა თით-
ქმის შეუძლებელია.

ზინდერის შპატიანი ქანების, განსაკუთრებით გრანიტების და კვარცპორფი-
რების, დაშლის ყველაზე წმინდა პროდუქტს კაოლინი ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) წარმო-
ადგევს. ჩვეულებრივი თიხები კი უმეტეს შემთხვევაში მხოლოდ არა წარმო-
შობის ადგილზე მდებარე, გადატანილი (ხშირად მრავალჯნის) და ამ დროს მეტად
თუ ნაკლებად შესვრილი კაოლინები არიან, რომლების გარეშე მინარეებისგან

¹ სხვათა შორის, როგორც რამანის (Raman) ახალმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა სილიკატების უფრო ძლიერი დაშლა მხოლოდ მაშინ ხდება, როდესაც წყალი ნახშირი ს მთავის მჟავე მარილებს ანუ ბიკარბონატებს არ შეიცავს. საკმარისია ასეთი მა-
რილის ძლიერ მცირე რაოდენობა, რომ ნახშირმჟავის მოქმედება შესუსტდეს ან სავეგებით შეწყ-
დეს. ამრიგად ბიკარბონატები თავისუფალ ნახშირმჟავაზე ბუნებრივით მოქმედობენ.

ასე მოქმედობს ყოველი ბიკარბონატი, მაგრამ განსაკუთრებით კი კალციუმის ბიკარბონატი $\text{H}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$, ნიადაგში მისი ფართო გავრცელების გამო. თუ ნახშირმჟავით გამოფიტვის დროს წარმოშობილი ყველაზე ადვილად დასაშლელი შენეოთებიც კი — პერტურბიტების კოლოიდური ტუტოვანი ალუმოსილიკატების ნიადაგიდან გატანა მთლიანი არ არის, თუ, მიუხედავად გამო-
ფიტვისა და გამორეცხვის ხანგრძლივი მოქმედებისა, ამ მცენარეებისათვის მნიშვნელოვან ნივ-
თიერებათა გარკვეული რაოდენობა მაინც რჩება — ეს უპირველეს ყოვლისა კალციუმის ბიკარ-
ბონატის საქვე. ის ნიადაგს მის ნოყიერებას უნარჩუნებს.

აღსანიშნავია კვარცის მარცვლები (ქვიშა), მინდვრის შპატების ნაშთები და რკინის ქნაგების ჰიდრატი. სწორედ უკანასკნელი აძლევს მათ მოყვითლო ფერს, ორგანული მინარეები კი—რუხს.

ტროპიკულ ქვეყნებში თიხის გვერდით წარმოიშობა მისგან სრულიად განსხვავებული, სილიკატიანი ქანების დაშლის მეორე საბოლოო პროდუქტი, მისი წითელი ფერით ცნობილი ლატერიტი. მას უდიდესი სიერცე უქირავს ბრაზილიაში და ცენტრულ ამერიკაში, ეკვატორულ აფრიკაში, ინდოეთში და სხვ. ის არის არა ალუმოსილაკატი, არამედ რკინის შემცველი ალუმინიუმის ჰიდრატი, რომელიც წარმოშობისას დედა ქანის სტრუქტურას ინარჩუნებს (თიხების წარმოშობისას უკანასკნელი უმეტეს შემთხვევაში იკარგება).

სილიკატების დაშლა ჰუმუსის ნივთიერებათა ზეგავლენით. ამ მეტწილად კოლოიდურ ნივთიერებათა ცმინერალების დაშლის დიდი უნარი აქვთ. დღეს ბევრი მკვლევარი კაოლინის წარმოშობაში, ნაწილობრივ მაინც, კაობის წყლის მიერ მიწის ძველი ზედაპირის გამოტუტვის შედეგს ხედავს. ამ პროცესის მთავარი თავისებურობა იმაში მდგომარეობს, რომ არა მარტო ტუტების და ტუტემიწების დაშლა ხდება, არამედ CO_2 მოქმედებისათვის თითქმის მიუდგომელი ferri-შენაერთები იხსნებიან. ამ რიგად წარმოიშობა მეტად თუნაკლებად გამოთვთვრებული და რკინა მოკლებული ნიადაგები, რომელიც ფართოდ არიან გავრცელებული ჩრდილო ევროპის ატმოსფერული ნალექებით მდიდარ ცივ და ზომიერ მხარეში¹.

მინერალური სამეფოს ჰიდრო-ქიმიური პროცესების ცოდნა ძლიერ წასწია წინ პსევდომორფოზების შესწავლამ. პსევდომორფოზი არის მინერალური ნივთიერება ისეთ კრისტალურ ფორმაში წარმოდგენილი, რომელიც მისი ქიმიური შედგენილობისათვის შეუფერებელია, მაგრამ სხვა რომელიმე მინერალისათვის ჩვეულებრივია. ასე, მაგ., კვარცი კალციტის ფორმაში, ქემატიტი მაგნეტიტის ფორმაში. ამ ქამად პსევდომორფოზების 200 სახემდეა ცნობილი და არჩევენ: 1. გარდაქმნით პსევდომორფოზებს, რომელთა შემთხვევაში ახალი მინერალი ძველთან ცხად ქიმიური კავშირში იმყოფება, მაგ. თაბაშირის პსევდომორფოზი ანჰიდრიტის მიხედვით, ხალასი სპილენძის—სპილენძის წითელი მადანის მიხედვით, სტეატიტის—ტალკის შპატის მიხედვით და ა. შ. 2. შენაცვლებით პსევდომორფოზებს, სადაც ახალი მინერალური ნივთიერება წარმოიშობა მთლიანად განდევნილი წინანდელის ადგილზე: ფლუორიტის პსევდომორფოზი კვარცის მიხედვით, თაბაშირის—ქემატიტის მიხედვით და სხვ. გაკაჟებული ხეები, მარჯნები და სხვ., რომლებსაც ხშირად ვხვდებით, აგრეთვე შენაცვლების პსევდომორფოზებს წარმოადგენენ.

პსევდომორფოზს განიცდიან როგორც ცალკე კრისტალები, ისე დიდი მინერალური მასები. ასე, მაგალითად, კირქვების ადგილი დაუქერია რკინის წითელ მადანს, კვარცს, ბარიტს და სხვ. ბარიტის კვარცს და ა. შ.

¹ Ramann, Bodenkunde 1911, გვ. 30.—Wiegner, Boden und Bodenbildung, Dresden und Leipzig 1918.

2. გამოფიტვის პროცესები¹

გამოფიტვა ქიმიური და მექანიკური პროცესების ერთობლივი მოქმედების შედეგს წარმოადგენს. ჩვენ უკვე გვეცანით ქიმიურ პროცესებს, რომლებიც ჩაერთონილი წყლის გავლენით ხდება. ახლა კიდევ საჭიროა შევისწავლოთ ის მექანიკური ფაქტორები, რომლებიც ქანების ნგრევას ხელს უწყობენ. ეს არიან ქარი, წვიმა, ტემპერატურის რხევა, ყინვა და ორგანიზმები.

ქარსა და წვიმას გამოფიტვაში იმ მხრივ უდევთ წილი, რომ ისინი მიწის ზედაპირს მუდმივ აკლიან ქანების გამოფიტულ ნაწილაკებს და ამით ატმოსფეროს მოქმედებისათვის სულ ახალ და ახალ ზედაპირს აშიშვლებენ. მშრალ ქვეყნებში ამ მხრივ მთავარი როლი ქარს ეკუთვნის, ნესტიან ქვეყნებში—წვიმას.

ტემპერატურის რხევა ქანების ნგრევას იმიტომ იწვევს, რომ ტემპერატურის სწრაფი ცვლის დროს ქანების შიგა და გარე ნაწილები არათანაბრად თბებიან ან ცივდებიან, რაც ქანებში დაძაბულობებს იწვევენ. ამის შედეგი კი მათი დანაპრალება და დაშლა არის.

უდაბნოებში ქანების დანგრევისათვის ინსოლაციის მნიშვნელობა უკვე წინათ იქმნა აღნიშნული. მაღალ განედებში და აგრეთვე ზღვის დონიდან მაღლა მდებარე ადგილებში ამის მსგავსად ყინვა მოქმედობს. ქანების ნაპრალებში და ხანებში შესული წყალი გაყინვის დროს მოცულობის გაზრდის გამო მათ სოლის მსგავსად აფართოვებს.

ორგანიზმებიდან გამოფიტვის პროცესებში მონაწილეობენ როგორც მცენარეები, ისე ცხოველები. რაც შეეხება ცხოველებს, ქანებს ანგრევენ და შლიან ერთ მხრივ ის მრავალრიცხოვანი ფორმები, რომელნიც ნიადაგში ცხოვრობენ და მას სთხრიან, და მეორე მხრივ ის ნივთიერებები (განსაკუთრებით ნახშირმჟავა, ამიაკი და აზოტის მჟავა), რომლებიც ცხოველების სხეულის ხრწნის დროს წარმოიშობიან². მკერნარეებიც ორგვარად მოქმედობენ: მექანიკურად, როდესაც იჭრებიან ქანებში და აპობენ მათ თავისი ფესვებით, და ქიმიურად მათი ორგანიული მჟავების და მათი ხრწნის დროს წარმოშობილი ნახშირმჟავის მეშვეობით.

გამოფიტვის მოქმედება ქანზე უპირველეს ყოვლისა გამოფიტვითი ქერქის წარმოშობაში გამოიხატება. მუქი ფერის ქანების (კირქვების, კაჟის და თიხაფიქლების) გამოფიტვითი ქერქი, ორგანიულ ნივთიერებათა დაქანგვის გამო უფრო ღია ფერისაა, ვიდრე სალი ქანი; რკინის უანგების შემცველ ქანებში, რომლებიც საღ ჰდგომარეობაში მომწვანო ან მოშავო არიან, ის მურა-წითელი ფერისა არის.

შრებრივ ქანებში გამოფიტვას ძლიერ უწყობს ხელს დაშრეების ზედაპირები, ფიქლებრივობის სიბრტყეები, განწვევების ბზარები. ვინაიდან

¹ A l b, H e i m, Einiges über die Verwitterung der Berge. Züricher Naturf. Ges., 1874.—R a m a n n, Bodenkunde. გამოც. 3. 1911.—Richard Lang, Verwitterung und Bodenbildung 1920.

² ნიადაგის აზოტოვანი ბაქტერიებიც იღებენ ჰაერიდან N და ის აზოტოვან, ხშირად კი აზოტის მჟავაში გადაჰყავთ.

უკანასკნელები გამოფიტვის დროს უფრო ფართოდებიან ამიტომ ხშირად ზოგი განწევრება, მაგ., სფერული, მკაფიოდ მხოლოდ გამოფიტვის შემდეგ ჩანს. დიაბაზები, ბაზალტები და მისთ. მეტად შორს წასული გამოფიტვის დროს იძლევიან ხეინკისებურ მასას, რომელშიც მხოლოდ აქა იქ გვხვდებიან კიდევ მეტად თუ ნაკლებად სალი ქანის სფეროიდები. თუ წერილი მასალის გატანა მოხდა, ადგილზე დარჩენილი სფეროიდები ეგრეთწოდებულ ლოდების ზღვას ქმნიან.

სხნად ცემენტიანი ქვიშიანი ქანები და კონგლომერატები იშლებიან, როგორც კი ცემენტი გამოეცლებათ. მერგელები ირღვევიან მათში შემავალი კირქვის გამოტუტვის გამო. დროთა განმავლობაში ყველა ქანები ჰჰარგავენ გამოფიტვის გამო თავის მთლიანობას და ცალკე ნატეხებად იშლებიან, რომელნიც ზედაპირისკენ უფრო და უფრო შერეული არიან ფხვიერი ნიადაგის ჰუმუსიან ნაწილებთან.

რაც ამდენ სხვადასხვაც უნდა იყოს ქანების თავდაპირველი შედგენილობა, მათი გამოფიტვის უკანასკნელი პროდუქტები არსებითად ყოველთვის ერთი და იგივე არიან: ეს არიან თიხები, ქვიშიანი თიხები და ქვიშები. ყველა შემთხვევაში გამოფიტვის ეს პროდუქტები კირქვით ლარიბნი არიან, რაც განსაკუთრებით თითქმის უკირო ჰუმუსიან ნიადაგებზე შეიძლება ითქვას.

ბუნებრივია, რომ როგორც გამოფიტვის მსვლელობა და მისი შედეგები, ისე მისი ინტენსივობა დამოკიდებული არიან კლიმატურ პირობებზე.

ცხელ და იმავე დროს ნესტიან ტროპიკულ ქვეყნებში გამოფიტვა ყველაზე ინტენსივურად მიმდინარეობს. აქ მაღალი საშუალო წლიური ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების დიდი რაოდენობის გამო ნგრევის პილროლიზური პროცესები მეტად აქტიურია. გარდა ამისა, რადგან ტროპიკული წვიმების დროს წყალს გარდა CO₂-სა ქანებში აზოტოვანი მჟავა და ამონიაკიც ჩააქვს, იქ გამოფიტვა გაცილებით უფრო ღრმად ვრცელდება, ვიდრე ჩვენ ქვეყნებში.

ამგვარი ქვეყნების ნიადაგს ჩვეულებრივ ლატერიტის შედგენილობა აქვს. რადგან უმეტეს შემთხვევაში ძალიან სქელი მცენარეული საფარი ზედაპირის ძლიერი დენუდაციისგან იცავს, ნგრევის და დაშლის პროდუქტები თავის წარმოშობის ადგილზე რჩებიან და ეგრეთწოდებულ აკუმულაციურ გამოფიტვას აძლევენ ადგილს. ტროპიკულ ქვეყნებში ჰუმუსური გამოფიტვა შედარებით უფრო ნაკლებ როლს თამაშობს.

თბილ, მაგრამ მშრალ ქვეყნებში, სავანებში, სტეპებში და უდაბნოებში გამოფიტვის მოქმედება ნაკლებ ძლიერია. აქ მთავარ როლს ქარის და ინსოლაციის შემწეობით მექანიკური გამოფიტვა თამაშობს. გამოფიტვის პროდუქტების უმრავლესობა წყლისა და ქარის საშუალებით მხოლოდ ზედაპირის უახლოეს დეპრესიამდე გადაიტანება, სადაც ზემოთ აღწერილ ამოცხება-დაფარვის მოვლენებს იწყვეს. გამოფიტვის მხოლოდ უწვრილესი ნაწილაკები აღწევენ უდაბნოების მოსაზღვრე ადგილებამდე და იქ ილიქებიან. ამგვარ მშრალ ქვეყნებში ქიმიური გამოფიტვა სუსტია, რადგან მეტეორული წყლის უდიდესი ნაწილი მიწაში ღრმად არ ჩადის; ის ნიადაგის ზედა ფენებში რჩება და მალე ისევ

ორთქლდება. კაბილარებით ამომავალი წყალი მდიდარია მარილებით, რომლებიც წყლის აორთქლებისას გამოიყოფიან. ამას შედეგად მოჰყვება ნიადაგის ზედა ფენების მარილებით გამდიდრება და ტბების გამარილიანება, მარილის, თაბაშირის, კირისა და რკინის ფიფქის წარმოშობა, რაც ამ ქვეყნებისათვის ასე დამახასიათებელია. მცენარეულობით სიღარიბის გამო ამგვარ ქვეყნებში რამოდენადმე მნიშვნელოვანი ჰუმუსიანი ნალექები ვერ წარმოიშობიან.

იმ ქვეყნებში, რომლებსაც მშრალიდან ნესტიანში გარდამავალი ჰავა აქვთ და, რომლებსაც ნახევრად მშრალს ეძახიან, ჰუმუსით მდიდარი ნიადაგები ვაცილებით უფრო დიდი რაოდენობით ვითარდებიან. მაგალითად, გრძელ და ცივ ზამთრიანი და მოკლე და მშრალ ზაფხულიანი სამხრეთ რუსეთის სტეპებში ჩვენ ვხვდებით ნოყიერებით განთქმულ შავ მიწას (чернозем), რომლის მინერალური საკვები ნივთიერებით სიმდიდრე იმით აიხსნება, რომ იქ ნიადაგის გამორეცხვას უმნიშვნელო ადგილი უჭირავს.

ნესტიან, ნალექებით მდიდარ ქვეყნებში მექანიკური და ქიმიური გამოფიტვა თითქმის თანაბრად მიმდინარეობენ. აქ გაბატონებულია ნახშირმუცავის მოქმედებით გამოფიტვა; ამასთან ერთად ნიადაგში თითქმის ყოველთვის მყოფი მცენარეების გუბრწენილი ნაშთები ხელს უწყობენ ჰუმუსის წარმოშობას და, მაშასადამე, ჰუმუსოვან გამოფიტვასაც. უჭანასკნელი დიდ როლს თამაშობს მეტადრე მალალ განედებში (ჩრდილო გერმანია, სკანდინავია, ჩრდილო რუსეთი და ა. შ.), სადაც ცივი და ნოტიო ჰავა იწვევს ხშირ კაობების და რკინას მოკლებული ნიადაგის წარმოშობას.

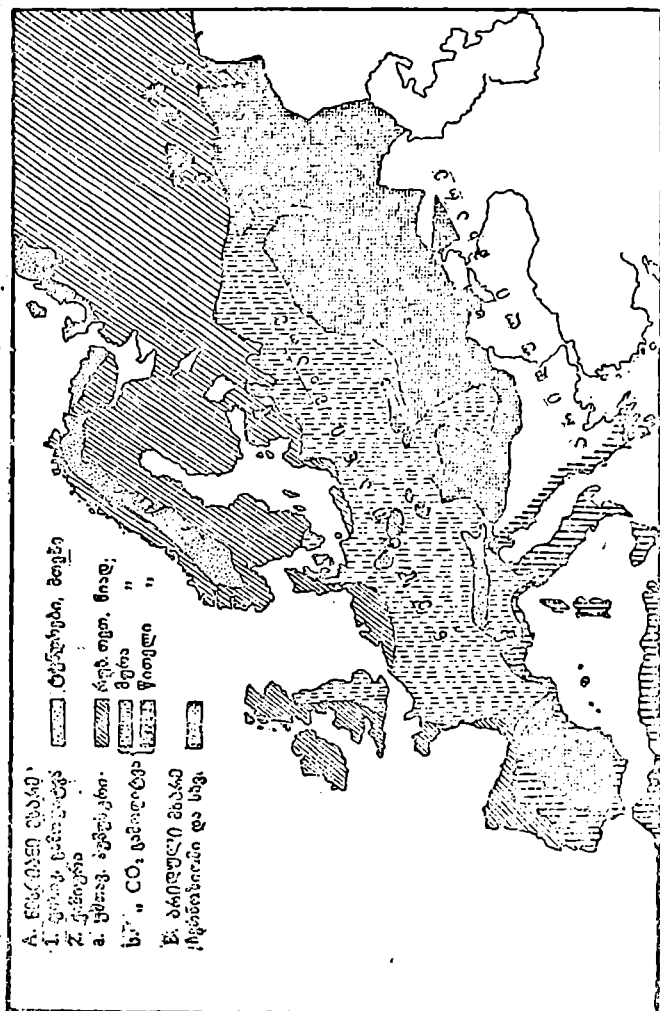
დასასრულ, ნალექებით მდიდარ და აორთქლებით ღარიბ ქვეყნებში ისეთი ცივი ან ზომიერად ცივი ჰავის პირობებში, როგორც არის პოლარული არის შიგნით მდებარე მხარეები, ან კიდევ მალალ მთებში თოვლეთის ხაზის ზევით, მთავარ როლს ქანების მექანიკური გამოფიტვა თამაშობს, განსაკუთრებით ყანვის გავლენით. ასეთი ქვეყნებისათვის ჩვეულ სხვადასხვაგვარ ნიადაგებზე, როგორცაა მდინარი ქვიშა და სხვ., ჩვენ აქ არ შევჩერდებით.

ე. რამანის (E. Raman) მიხედვით ევროპაში გამოფიტვის სამი კლიმატური ზონის გარჩევა შეიძლება:

1. სამხრეთ ევროპის ანუ წითელი მიწების ზონა. გაბატონებული ქიმიური გამოფიტვის პირობებში აქ წარმოიშობიან ნაკლებად გამორეცხილი, ჰუმუსს მეტად თუ ნაკლებად მოკლებული და რკინით მდიდარი ნიადაგები (Ferra rossa). ასეთია თითქმის მთელი ხმელთაშუა ზღვის მხარე.

2. შუა ევროპის ანუ მურა მიწების ზონა. გაბატონებულ CO_2 -ულ გამოფიტვის და საშუალო ინტენსივობის გამორეცხვის პირობებში წარმოიშობიან მურა, რკინის ქანების შემცველი, თიხიანი და ქვიშიან-თიხიანი ნიადაგები, რომლებშიც ჰუმუსი მცირე რაოდენობით შედის. ამ ზონას ეკუთვნიან გერმანია, ავსტრია, თითქმის მთელი საფრანგეთი და ა. შ. ამასვე უნდა დაუკავშიროთ სამხრეთ რუსეთის შავმიწიანი მხარე.

3. ჩრდილო ევროპის ანუ რუხი მიწების ზონა. გაბატონებულ ჰუმუსური გამოფიტვის პირობები ამ ცივ და ნესტიან ჰავაში ჰუმუსით მდიდარი, ძლიერ გამორეცხილი და რკინის შენაერთების გატანის გამო რუხი ან მეტნაკ-

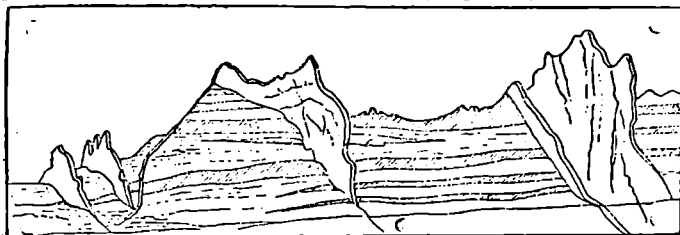


სურ. 81. ნიადგების კლამატური ზუნები ევროპაში (Rommლი-ი ნიხედი).

ლებად თეთრი (ბოლოს თითქმის მხოლოდ კაეის მკაეის არამხსნადი ფხვნილისგან შემდგარი) ნიდაგები წარმოიშობიან (ნიდერლანდები, დანია, სკანდინავია, ფინეთი და ჩრდილო რუსეთი).

პ. გამოფიტვის გავლენა რელიეფის ფორმებზე

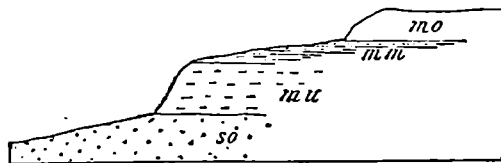
თამამად შეიძლება ითქვას, რომ რომელიმე ლანდშაფტის საერთო ფორმები, ზედ მალლობების და დებრესიების სიდიდე და განაწილება უფრო მეტად მისი შემადგენელი ქანების გამოფიტვადობით განისაზღვრებიან, ვიდრე მათი წოლის ფორმით. მაგარი, გამძლე ქანები, რომლებიც ძნელად იფიტებიან, უკვე



სურ. 82. ლაის დაიკები ვალ დელ ბოვეს ტუფში ეტანზე (Sartorius v. Waltershausen-ის მიხედვით).

ამის გამო ყოველთვის ამალლებული არიან თავის გარემოსთან შედარებით. პირიქით, უფრო ადვილად დასაშლელი ქანები მათი სწრაფი გადაცვლის გამო დროთა განმავლობაში მიწის ზედაპირზე დებრესიებს ჰქმნიან.

ამ დებულების ქეშმარიტებაში გეოლოგი ყოველი ფეხის ნაბიჯზე რწმუნდება. იქ, სადაც კი მთის მასივებს სვეტისებურ და ობელისკის, კოშკის ან ციხის მაგვარი კლდეების (ეგრეთ წოდებულ კოყების) სახით ვხვდებით, რომელნიც თავის მიდამოზე ამალლებული არიან (როგორც ეს სურ. 20-ზე ჩანს), შეიძლება დარწმუნებული ვიყოთ, რომ განსაკუთრებით გამოფიტვაგამძლე და ამის გამო შენახულ ქანებთან გვაქვს საქმე. ეს ეხება როგორც სურ. 82-ზე წარმოდგენილ Val-del-Bove-ს ლაის მალალ დაიკებს ეტანზე, ისე ტაუნუსის ფიქლების პლატოზე კვარცის კედლისებურ ძარღვებს, საქსონიური შვეიცარიის და ჰვალციის ტყის ქვიშაქვის სვეტებს და მრავალ სხვა არაჩვეულებრივი სახის კლდეებს.



სურ. 83. თარახულად მდებარე ტურინგენის მუშელკალკის კრილი. sa-რეტული; mo-ველენკალკი; mii-შუა და mo-ზედა მუშელკალკი.

ბუნებრივია, რომ ამ გავლენას როგორც მცირე, ისე დიდ მასშტაბშიც აქვს ადგილი. ასე, გერმანიის მუშელკალკში ყველგან, სადაც მისი შრეები თარახულად არიან განლაგებული, მაგარი ველენკალკი ბექისებურად არის ამალლებული უფრო ადვილად ნგრევად და ამიტომ დამრეც ფერდინ

ან წითელ მერგელებზე. ველენკალკის მომყოლი შუა მუშელკალკის მერგე-

ლები ისევ ბევრად უფრო ადვილად ნგრევადი ქანების ჯგუფს ეკუთვნიან და ამიტომ მათ ახალი დამრეცი ფერდი შეესაბამება. მალოდ ზედა მუშელკალკის კრინოიდებიანი კირქვა, მისი სიმაგრის გამო, ისევ ახალ ციცაბო საფეხურს ჰქმნის (სურ. 83).

შრეების დახრილი მდებარეობის შემთხვევაში ეს განსხვავება კიდევ უფრო მკვეთრია. ამ დროს ველენკალკი თავისი განსაკუთრებით მაგარი კირქვის უბნებით (x სურ. 84-ზე) და ზედა მუშელკალკის კირქვები (y) მაღალი ქედების სახით გამოირჩევიან ზედაპირზე, რეტული მერგელები და შუა მუშელკალკი კი მულდისებურ, ხშირად ხეობებში გადაშვალ დეპრესიებს იძლევიან.



სურ. 84. შუა გერმანიის ტრიასულის შრეთა წყების შუა ნაწილის იდეალური კრილი.

გორაკების, სერების და ციცაბოთა ფორმაც უმთავრესად მათი შემადგენელი ქანების გამოფიტვისადმი დამოკიდებულებიდან გამომდინარეობს.

გორაკებისას სამ მთავარ ფორმას არჩევენ: 1. დანალექი ქანების გორაკებს, რომლებიც შრეების ძლიერ განსხვავებული გამოფიტვის შედეგად არიან გამოშვებულნი; 2. ფიქლებრივი ქანებისას, რომელთა ფიქლებს თითქმის თანაბარი გამქლეობა აქვთ და ამის გამო ერთგვაროვან ფერდობებს და ვიწრო, ოდნავ დაკბილულ სერებს იძლევიან, და 3. მასივი ქანებისას, რომლებიც ყველა შიპართულებით ერთგვაროვანი თვისებების გამო გუმბათისებურ ან კონუსისებურ გორაკებს წარმოშობენ (სურ. 85—87).



სურ. 85. დამრეცად განლაკებული ნალექების გუმბათისებური ფორმა.

45°-ზე მეტად დაქანებული ფერდობები გაცილებით უფრო იშვიათია, ვიდრე ეს ხშირად ჰგონიათ. ასეთია უმთავრესად ვერტიკალური კედლები, რომლებიც მხოლოდ ადგილ ადგილ ჩნდებიან, განსაკუთრებით იქ, სადაც ვერტიკალური ნაპარალებით დასერილი თარაზულად მდებარე კირქვების და დოლომიტების სქელი შრეებს ქვეშ იოლად გამოფიტავადი მერგელები უძევს. უკანასკნელების გასწვრივ კირქვისა და დოლომატის ძირის გამონგრევა საწარმოებს, რასაც ზევიდან დანაპარალებული ქანის ჩამოქცევა მოსდევს (სამხრეთ ტიროლის დოლომიტები).

ხაზი უნდა გავუსვათ განსაკუთრებით იმას, რომ ყოველ განსაზღვრული გამძლეობის ქანს განსაზღვრული, ეგრეთ წოდებული მაქსიმალური და ფერ-

დება ეთანადება. ადვილად გამოფიტვადი ქანების დაფერდება ნაკლებია, უფრო გამძლე ქანების—მეტი. იგი მხოლოდ ადგილობრივ და ღრობით შეიძლება იქნას გადამეტებული, მაგალითად გამოფიტვის ან ყინვის გავლენით კლდის ჩამოქცევის გამო. მაგრამ ამგვარი ზენორმულად დაქანებული ადგილის წარმოშობას ყოველთვის შედეგად მოჰყვება ზევით მდებარე ფერდობის შემდეგი ჩამონკრევა, რომელიც თანდათანობით უფრო შორს ვრცელდება ზევითკენ, სანამ მწვერვალს არ მიაწევს და ფერდობის პირვანდელ დაფერდების კუთხეს არ აღადგენს. რამოდენადაც მსგავს მოვლენას წარმოადგენს ზენორმულად ციცაბო კარნიზი, რომელიც ქვეშმდებარე რბილ ქანებთან შეხების გასწვრივ მკვირვ ქანებ-



სურ. 86. ფიქლებრივი ქანების დაკბილული სერები.



სურ. 87. მასივი ქანების გუმბათისებური ფორმა.

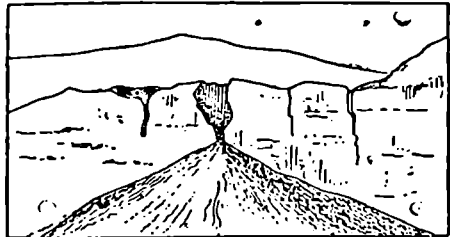
ში წარმოიშობა ხოლმე, რაც ძირის გამოცლის შედეგი არის. ამ ციცაბობის სიმძლვე, ზედა ნაწილების თანდათან ჩამონგრევის გამო, არასოდეს დიდი არ არის.

ქანების ნამსხვრევები, გამოფიტვის შემდეგ წარმოშობილი, დაგორებას დაღვარებას ხეობაში ჩამოაქვთ და აქ ფერდობის ძირში ღორღის კონუსების (სურ. 88) და ღორღის კალთების სახით ლექავენ. ამათ არაჩვეულებრივ დიდი გავრცელება აქვთ, განსაკუთრებით მაღალ მთებში. კონტინენტების ცენტრულ მხარეში მათ შეიძლება ისეთი სიდიდე ჰქონდეთ, რომ მთების მწვერვალებს მიაღწიონ.

ღორღის კონუსებისა და კალთებისგან უნდა განვასხვავოთ ფერდობის ღორღი, რომელიც ფერდობის გამოფიტვის პროდუქტების მაზედვე ძირისაკენ დაგროვებით წარმოიშობა. ის უძრავი არ არის და განუწყვეტილად, თუცა ნელა-ქვევით მიიწევს. ამ ნელ მოძრაობას ჩამოცოცვას (Kriechen) უწოდებენ, ხოლო თვით ღორღს—ნაზეავს (Gekrieel).

უმთავრესად მაღალ განედებში გავრცელებული არის ფერდობებზე და ხეობებში წყლით გაქვნილი კლასტიური მასალის ცოცვა, რომელსაც მიწის დინებას (Solifluktion) ეძახიან. თუ ასეთი ჩაცოცვა ტბის ნაპირზე ხდება შლამის წყალქვეშა დინების სახით, მაშინ მას წყალქვეშა ცოცვას ან წყალქვეშა მეწყერს უწოდებენ. ასეთივე ჩაცოცვები ძალიან ხშირია ზღვის ნაპირზეც, სადაც ისინი განსაკუთრებით მიწის ძირის დროს ნაპირის გასწვრივ ტალახის და ღორღის მძლავრ მეწყერებს წარმოშობენ. თავის მხრივ მათ შეუძლიათ განანადგურებელი სეისმური ტალღების გამოწვევა, როგორც ეს 1922 წ. 10 ნოემბერს ატაკამის (ჩილი) დიდი მიწისძვრის დროს მოხდა.

როდესაც კლდეების ან ლორღის დიდი მასების მოწყვეტა და ხეობაში ჩაქცევა ხდება, ამას მთის ჩამოქცევას ან ზეავეებს¹ უწოდებენ. ისინი სულ სხვადასხვა მიზეზით შეიძლება იყვნენ გამოწვეული, მაგრამ ყოველთვის გაიჩნევა ზეავის წარმოშობის, მოძრაობის და დაღუქვის უბანი. ვარდნის ხანგრძლივობა არასოდეს არ აღემატება რამოდენიმე მიწუტს; მოძრაობის სიჩქარე უდრის 50-დან 150 მეტრამდე სეკუნდში. ზეავის დროს კლასტიური მასა ყოველთვის შეკრულ, მკვეთრად განსახლურულ ღვარს წარმოადგენს, რომელიც ხეობაში მრავალი კილომეტრის მანძილზე მიმდინარეობს და, თუ დაბრკოლება შეხედდება, ზღვის ტალღასავით მალა აფარდება. (ჩოპილია ისტორიული და ისტორიულის—



სტ. ბა. ლიპინის კანონი.

წინა დროის ზეავეების პრაეკლარიცხოვანი მაგალითები ალპებში (გოლდაუ, ელში, ფლიჰი და ა. შ.). გერმანიაში მცირე მეწყრულ ჩამოქცევებს იძლევიან მეტადრე სახერეთ გერმანიის ორნატებიანი წყების და ჩრდილო და ცენტრული გერმანიის სექტარიებიანი თიხების და ცირენებიანი მერგელების წყლის გავლენით დენადი ქანები.

4. შეტეორული წყლის მექანიკური მოქმედება

წვიმის წვეთების უმნიშვნელო მექანიკური ძალის მიხედვით წვიმის მექანიკური მოქმედება ძალიან მცირეა. ამისდა მიუხედავად მიწის ისტორიის უძველესი დროიდანაც კი ცნობილი არის ეგრეთ წოდებული წვიმის წვეთების განამარხებული კვალები. უკანასკნელნი წარმოშობილი არიან წვიმის წვეთის არა უშუალოდ ნალექის კიდევ პლასტიურ ზედაპირზე, არამედ მასზე მყოფ წუმპებზე დაცემის შედეგად².

წვიმის წყლის მოქმედებას მიეკუთვნება აგრეთვე წვიმის ღარები ანუ — კვალები, რომლებიც ქანის დაქანებულ ზედაპირზე წყლის ჩამოღინებით არიან შექმნილი. ეს მოვლენა ჩვენ ჰავაში მხოლოდ ისეთ ადვილად ხსნად ქანებზე ემჩნევა, როგორცაა თაბაშირი; მაგრამ ნესტიან ტროპიკულ ქვეყნებში ის გრანიტებზე და სხვა მაგრამ ქანებზეც გვხვდება.

ქარებს ანუ ლაპიებსაც მსგავსი წარმოშობა აქვთ. ეს არის უწყსო, 30 cm-მდე ღრმა ღარები, რომლებიც უმთავრესად დამრეცად დაქანებულ წმინდა (უთიხო) კირქვებზე გვხვდებიან უმთავრესად თოვლის ხაზის ახლოს. მათ დაფერდების მიმართულება აქვთ. ცხადია, ისინიც ჩამონადენი წყლის მოქმედების შედეგს წარმოადგენენ, მაგრამ აქ მთავარი როლი წყლის ქიმიურად მხსნელ მოქმედებას უნდა მიეკუთვნოს.

¹ Heim, Über Bergstürze. Neujahrsblatt d. Züricher Naturf. Gesellsch. 1882.

² ჩამოვარდნილი წვეთი წყლის ერთგვარ ქვევით მომართულ მობრუნალის გაჩენას იწვევს, რომლის გამო წუმპის ფსკერზე ატარა. ჩადრბევა წარმოიშობა.

წვიმის წყლის მოქმედების მეორე საყურადღებო შედეგს წარმოადგენენ ცნობილი მიწის პირამიდები (ბოცენი, მერანი და სხვ.), რომლებიც მეტ შემთხვევაში არა გამძლე მასალისგან (უმეტესად მყინვარული ლამლოდნარი) შედგებიან და რომელთა წვეროვებზე დიდი ქვები ძევს. პირამიდები სწორედ უკანასკნელთა წყალობით წარმოიშობიან, რადგან ისინი მათ ქვეშ მდებარე მასალას გამორეცხვისაგან იცავენ (სურ. 89).



სურ 89. მიწის პირამიდები ბოცენთან.

წვიმის წყლის დიდი მნიშვნელობა ქანებზე უმცირესი გამოფიტული ნაწილაკების გადაცლაში და, მაშასადამე, მთებისა და ხეობების ფერდობების გამომუშავებაში, შემდეგ დამეწყვრაში, ხოლო ქართან ერთად ეოლური ლამის წარმოშობაშიც უკვე ზემოთ იქნა აღნიშნული.

მიწის ძველ ნაწილებს მოქმედება

1. ნიადაგის წყალი, წყაროები, თერმები და გეოზერები

ატმოსფერული ნალექების მნიშვნელოვანი ნაწილი—ჩვეულებრივ მას ერთი, მესამედის ტოლად ღებულობენ—ან უშუალო აორთქლებით ან მცენარეთა მოქმედების საშუალებით, აქვე ატმოსფეროს უბრუნდება. მეორე მესამედი ჩადინდება მიწის ზედაპირით უასლოვეს ხეცებში და მდინარეებში და მხოლოდ დანარჩენი ნაწილი ჩადის ნიადაგში და წყაროებს და ქებს ჰკვებავს.

ბუნებრივია, რომ წყალი ნიადაგში მით უფრო ადვილად ჩადის, რაც უფრო წყალგამავალი არის უკანასკნელი. კვლევის დროს, ზედაპირი მხოლოდ მაშინ

ითვისებს წყლის დიდ რაოდენობას, თუ ის დანაპირლებული არის. ჩაღვან ბუნებაში თითქმის ყოველთვის ასეც არის, განიშვლებული კლდოვანი ზედაპირები დიდი წვიმების შემდეგაც სწრაფად შრებიან. კირქვების უმრავლესობაც ძალიან ნაპრალიანია და ამიტომ წყალგამტარი ნიადაგებს იძლევა. ყველაზე უფრო ადვილად ატარებენ წყალს ქვიშიანი და ხვინჭიანი ფხვიერი ნიადაგები. ქვიშიანების უმრავლესობაც წყალგამტარი არის. სახნავ მიწაში დიდი წვიმების წყალი იშვიათად ჩადის 0,5 მეტრზე უფრო ღრმად. თითქმის სავსებით წყალგაუვალა თიხები, მერველები და ქვიშიანი თიხები. ფიქლენრივი ქანებიც, როდესაც ისინი გამოფიტვის შედეგად თიხოვანი ხდებიან, ზედაპირულ წყლებს ნაკლებად ატარებენ. სრულიად წყალგაუვალა გაყინული ნიადაგი.

რომელიმე ქვეყნის ლანდშაფტის ხასიათზე დიდ გავლენას ახდენს ქანების წყალგამტარობის სხვადასხვაობა.

წყალგაუვალ ნიადაგზე ადვილად წარმოიშობა წყლის ზედაპირული დაგროვებანი (ჭაობები, ტორფობები და გუბებები). ამგვარ ქვეყნებს ნესტიანი ველები, სათიბრე და ტყეები სჩვევია, ხოლო წყაროები იქ იშვიათი და წყალმცირე არიან, ასე რომ ხევები და მდინარეები მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებით იკვებებიან და ამის გამო მათი დონე დიდ რხევას განიცდის.

კარგი წყალგამტარობის შეუთხევიაში შესაძლოა ნიადაგში წყლის დიდი რაოდენობის ჩასვლა. ეს კი წარმოშობს წყალზე ხანგრძლივ გვალვების დროსაც დაუშრობელ წყაროებს. ლელების და მდინარეების დონე აქ გაცილებით უფრო მდგარი.

დასასრულ, ნიადაგის ძლიერი წყალგამტარობის შემთხვევაში, ის ნოქეს მეტეორული წყლების თითქმის მთელ რაოდენობას, რასაც შედეგად სძლიერი თანაბრად მოქმედი წყაროების წარმოშობა მოჰყვება. აქ მხოლოდ კოკისპირული წვიმების და კიდევ გაყინულ ზედაპირზე თოვლის ძლიერი დნობის დროს ხდება შესაძლებელი მეტეორული წყლის ნაწილის ზედაპირული დინება. მდინარეები აქ ღრმა ხეობებში არიან ნოქეული და მათი დონე მხოლოდ მცირე რხევას განიცდის.

ვინაიდან გამოფიტვის გამო ზედაპირთან ყველა ქანები გამოფიტვის უამრავი ნაპრალებით და ნასკდომებით დასერილი და მეტად თუ ნაკლებად ფხვიერი არიან, მეტეორული წყალი მასში ადვილად ჩადის და მანამდე მოძრაობს ქვევითკენ, სანამ წყალგაუვალ შრეს არ შეხვდება, რომელიც მისი უფრო ღრმად ჩასვლისათვის დაუძლეველ დაბრკოლებას წარმოადგენს. ამ წყალს, რომელიც სიღრმეშია დაგროვილი და რომლითაც ნიადაგის ზედა ფენები ხშირად გაჯერებული არიან, ნიადაგის წყალს ეძახიან. წვიმებით მდიდარ ქვეყნებში ნიადაგის წყლის დონე მიწის ზედაპირიდან ერთი ან რამდენიმე მეტრის სიღრმეზეა; მშრალ ქვეყნებში და იქ, სადაც ზედაპირული შრეები ძლიერ წყალგამტარია, ნიადაგის წყალი ხშირად მხოლოდ 50—100 მეტრის და უფრო მეტ სიღრმეზე გვხვდება.

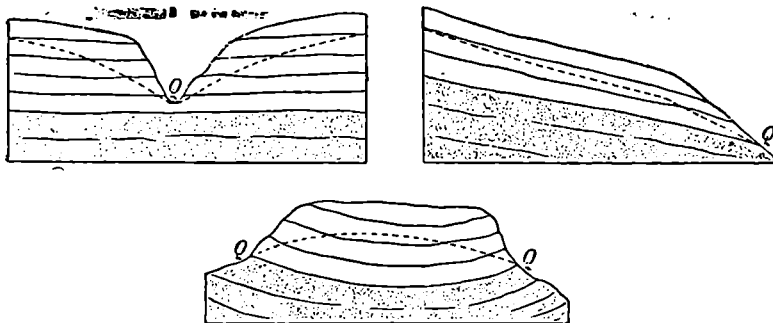
ნიადაგის წყლის მოძრაობა იმავე კანონებს ემორჩილება, როგორც ზედაპირული წყლების მოძრაობა. მაგრამ დიდი დრეისის გამო, რომელიც ქანების

უწვრილეს ნაწილაკებს შუა წყლის გავლის დროს იჩენს თავს, და აგრეთვე მეტად მცირე დაქანების გამო, ნიადაგის წყლის მოძრაობა შეუდარებლად უფრო ნელია. იმ დროს, როდესაც ზედაპირული წყლისთვის დინების სიჩქარე სეკუნდში 2—3 მეტრი ჩვეულებრივია, ნიადაგის წყალს ამ მანძილის გასაველად მთელი საათი დასჭირდება.

ნიადაგის წყალი გაცილებით უფრო მდიდარია მინერალური ნივთიერებებით, განსაკუთრებით კალციუმის კარბონატით, ვიდრე მდინარე წყალი. რადგან იმავე დროს ნიადაგის წყალი თავისუფალია მექანიკური მინარევებისაგან (არ არის მღვრიე) და შედარებით მუხმივი, საკმაოდ დაბალი ტემპერატურა აქვს, მას სასმელად ხმარობენ. თითქმის ყველა დიდი ქალაქების წყლით მომარაგება ნიადაგის წყლის ხარჯზე ხდება. ბერლინი, ბრესლაული, ფრანკფურტი მაინზე და მრავალი სხვა დიდი ქალაქები დიდ და ფართო ხეობებში მდებარეობენ, სადაც ქვიშის და ხეივნის მეტად წყალგამტარი ნიადაგები უკვე მცირე სიღრმეზე იცვლებიან წყალგაუფალი თიხის და მერგელების შრეებით; ფერდობებიდან ჩამოდენი ნიადაგის წყალი ქვიშის და ხეივნის მასებში გროვდება და მათ ხეობების შკვეთი ხეების დონემდე აესებს.

ნიადაგის წყლის ზედაპირი საერთოდ რელიეფისას მიჰყვება, მხოლოდ მისი ამალღებები და ჩაღრმავებანი ზედაპირულ რელიეფთან შედარებით უფრო შერბილებული არიან. ხეობასთან მიახლოებისას ნიადაგის წყლის ზედაპირი მისკენ დაბლა იწევს. ყველგან სადაც ეს ზედაპირი მიწის ზედაპირს ჰკვეთს, პატარა წყაროები წარმოიშობიან.

წყაროების¹ რიცხვი, მათი განაწილება, წყალუხვობა და მუდმივობა გარდა ჰავისა, კიდევ გეოლოგიურ პირობებზედ არის დამოკიდებული.



1 კურ. 90. ხეობის, შრეებრივი და ზეგადმოდინარე წყაროები. ღია—წყალგამტარი, მუქი—არაგამტარი შრეები. წყვეტილი ხაზები—ნიადაგის წყლის ზედაპირი.

იმისდა მიხედვით თუ საიდან გამოდის წყალი, მკვრივი ქანებიდან თუ ლორღიდან, კლდის და ლორღის წყაროებს არჩევენ.

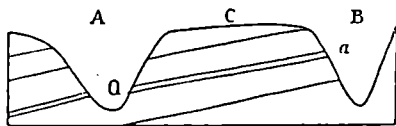
¹ Keilhack, Lehrbuch der Grundwasser und Quellenkunde, Berlin 1912.

შემდეგ არჩევენ ხეობის, შრეებრივ და ზეგადმომდინარე წყაროებს. პირველნი იქ წარმოიშობიან, სადაც ხეობის ძირი ნიადაგის წყლის ღონეზე დაბლა ეშვება. შრეებრივი წყაროები წყალგამტარი და წყალგაუვლი შრეების საზღვარზე მდებარეობენ. ნიადაგის წყალი წყალგაუვლი შრეების თავზე გროვდება, მიჰყვება მათ დაქანებას და ზედაპირზე მათი გამოსვლის უდაბლეს წერტილში წყაროს სახით გადმოდის. წყაროების უმრავლესობა ამ ჯგუფს ეკუთვნის. ზოგი მათგანი წყლით ძალიან მდიდარია. დასასრულ, ზეგადმომდინარე წყარო წარმოიშობა იმ შეთხვევაში, თუ ნიადაგის წყალი წყალგაუვალ შრეების განლაგების მიხედვით მულის გულში არის დაგროვილი და მისი (ნიადაგის წყლის) ზედაპირი დაქანებული ფერდობით იკვეთება (სურ. 90).

ყველა წყაროები დალმამავალ და აღმამავალ წყაროებად იყოფიან.

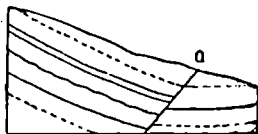
დალმამავალ წყაროებში წყლის გზა წარმოადგენს დახრილ ხერგს, რომელშიც წყალი ზედა ბოლოში შედის და ქვედაში წყაროს სახით ისევ გამოდის (სურ. 91, Q). ამასთან სულერთია მიედინება წყალგაუვალ შრეზე, ორ წყალგაუვალ შრის შორის მოთავსებულ წყალგამტარ შრეში, თუ, დასასრულ, ღია ნაპრაღს მიჰყვება. ყველა შემთხვევაში წყარო მით უფრო დიდი ძალით გამოიჩუხს, რაც უფრო მაღლა მდებარეობს მისი კვების ადგილი გამოსვლის წერტილთან შედარებით. წყაროების დიდი უმრავლესობა ამ ჯგუფს ეკუთვნის.

აღმამავალ წყაროებში წყლის გზა ორ განსხვავებულ ნაწილად იყოფა; ერთი, როგორც დალმამავალ წყაროებში, ქვეით არის მიმართული; მეორე აღმამავალ შტოს წარმოადგენს, რომლითაც ჰიდროსტატიკული დაწოლის ძალით წყალი მაღლა ადის (სურ. 92). როგორც შეერთებულ კურკელში, ის ცდილობს აღმამავალ შტოში იმავე სიმაღლეს მიაღწიოს, როგორც დალმამავალ შტოში აქვს.



სურ. 91. დალმამავალი წყარო.

a—წყალშემცველი შრე. Q—წყარო



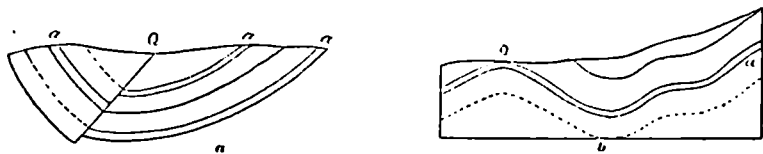
სურ. 92. აღმამავალი წყარო.

წყარო მით მეტი ძალით გადმოდის აღმამავალი მუხლის ბოლოში, რაქდენადაც მისი გამოსვლის წერტილი დალმამავალი მუხლის ზედა ბოლოზე უფრო დაბლა მდებარეობს.

ამ წყაროების არსებობის პირობები უფრო მრავალფეროვანია, ვიდრე დალმამავალი წყაროებისა. ზოგჯერ დალმამავალი შტოს წყალგამტარი შრე წარმოადგენს (სურ. 93a), აღმამავალ შტოს კი, პირიქით, ამ შრის მკვეთი, ზევით ამოშავალი ნაპრაღი ან ნასკდომი (ნაპრაღის წყაროები); სხვა შემთხვევებში აღმამავალი შტო შრეების უნაგირისებური ამოღუნებით არის გამოწვეული (სურ. 93 b). აღმამავალი წყაროები ყველაზე ხშირად იმ მხარეებში გვხვდებიან, სადაც შრეების დარღვევას აქვს ადგილი და სადაც მსხვრევის ნაპრაღები წყლისათვის ზევით ამოსავალ

გზას წარმოადგენენ. რადგან აღმამავალი წყაროები ხშირად დიდი სიღრმეიდან ამოდიან, მათი წყლის რაოდენობა წლის დროთა მიხედვით ძალიან მცირედ იცვლება, მათი ტემპერატურა უფრო ხშირად მაღალია და ისინი მინერალური ხიეთიერებების საგრძნობ რაოდენობას შეიცავენ გახსნილ მდგომარეობაში. თუ წყაროს სადენი ნაპრალიდან იმავე დროს CO_2 გამოიყოფა, ეს იქნება ნახშირმჟავა წყარო (ვედა).

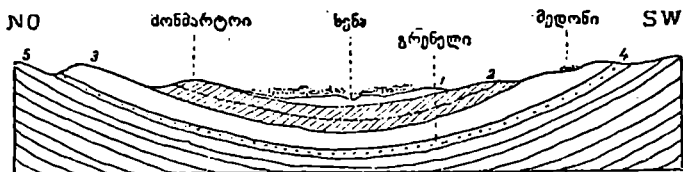
არტეზიული ქვები ხელოვნურ აღმამავალ წყაროებს წარმოადგენენ. აქ სიღრმეში, მეულდაში დაგროვილი, ხშირად დიდი დაწოლას ქვეშ მყოფი წყალი ქაბურღილით არის ზევით ამოყვანილი (სურ. 94) დასავლეთ ევროპაში ატმოს-



სურ. 93. აღმამავალი წყაროების სხვადასხვა სახე.

ფერული ნალექების და ნიადაგის წყალგამტარობის საშუალო პირობებში წყაროების დებიტი კვების მოედნის ერთ ჰექტარზე მინუტში 1—5 ლიტრამდე აღწევს.

თბილ ან ცხელ წყაროებს თერმებს უწოდებენ. ისინი გვხვდებიან უმთავრესად მოქმედი ან ჩამქრალი ვულკანების მხარეებში, სადაც მათ ხშირად ასობით ითვლიან (ისლანდი, ახალი ზელანდი, იაპონია, კავკასია, ბოჰემი და ა. შ.). მაშინ როდესაც ამ ქვეყნების თერმები ცხადად ვულკანური წარმოშობისა არიან, სხვა, როგორც მაგ., აახენის, ვილდბადის და სხ. თერმები, თავის ტემპერატურას იმ სიღრმის სითბოდან ლებულობენ, საიდანაც ისინი ამოდიან. ასეთი თერ-



სურ. 94. პარიზის მიდამოების კრილი.

1. შეთხეული, 2. მესამეული, 3. ხედა ცარცული, 4. მწვანე ქვიშები, 5. ქვედა ცარცული და იურული.

მები ხშირად მრავალწყლიანი არიან და მათ ტემპერატურის დიდი მუდმივობა ახასიათებს. დაღმამავალ წყალსაც, თუ ის საკმაოდ ღრმად ჩადის მიწის წიაღში, შეუძლია თერმული წყლის სახით ამოვიდეს მიწის ზედაპირზე. ასეთია გაშტაინის და ბორზიოს თერმები, რომლებიც, როგორც ჰგავს, მეზობელ მუდმივთოვლიანი მწვერვალების დნობითი წყლით იკვებებიან.

თერმების უმრავლესობის ეულკანურმა წარმოშობამ აქ უკანასკნელ დროში ძლიერი დამკველი იპოვა ედუარდ ზიუსის (E. Suess) სახით, რომელიც ფიქრობდა, რომ მათი წყალი, ვულკანების წყლის ორთქლის მსგავსად, ვულკანური ორთქლის კონდენსაციით არის წარმოშობილი.

ამევარ თერმებს ზიუსი იუვენურს უწოდებდა, წინააღმდეგ ჩვეულებრივი ვადოზური წყაროებისა, რომლებიც მიწის ზედაპირიდან იკვებებიან. იუვენური წყლისთვის, რომელიც ყოველთვის დიდი სიღრმიდან მოდის, გარდა მალალი ტემპერატურისა დამახასიათებელია გახსნილი მინერალური ნივთიერების დიდი რაოდენობა. შიგ გვხვდებიან B, Cl, I, Br, As, S₂ და ა. შ., ესე იგი ელემენტები, რომელნიც ვულკანების მიერ ამოფრქვეული ორთქლის შედგენილობაშიც შედიან. იმ წყაროებს, რომლებიც იუვენური და ვადოზური წყლების შერევით არიან წარმოდგარი, ზიუსი შერეულს ეძახდა.

ცხელ წყაროებს შორის განსაკუთრებით შესანიშნავია გვიზერები, რომლებიც პერიოდულად ამოდიან შადრევანის სახით. ამათ თავისი სახელი ისლანდის დიდი გეიზერიდან აქვთ მიღებული.

ისლანდი, ახალი ზელანდი და იელოუსტოუნის ნაციონალური პარკი ჩრდილო ამერიკაში, რომელიც რამოდენიმე ათასი ცხელი წყაროების, სოლფატარების, ტალახის და ორქლის ნაკადულების გვერდით ასამდე გეიზერს შეიცავს, — აი ამგვარი შადრევანების საში მთავარი კერა დედამიწაზე.

ბუნზენმა (R. Bunsen) პირველმა მოგვცა გეიზერების მოქმედების დამაკმაყოფილებელი ახსნა. მოკლედ ეს იქნება დროგამომავებითი ანუ ბიძგებრივი ამოდულება, რომელიც იმით არის გამოწვეული, რომ გეიზერის აუზი ქვევიდან მეტ სითბოს ღებულობს, ვიდრე წყაროს ზედა, უმეტეს შემთხვევაში შევიწროვებულ ყელში შესაძლოა გავიდეს კონვექციური დენების საშუალებით. ეს იწვევს სიღრმეში წყლის გადახურებას და შემდეგ დუღილს, ამის გამო წყლის სვეტის ზედა ნაწილის ამოსროლა ხდება და ქვევით წყლის მასაზე წნევა უეცრად მცირდება. ამიტომ ეს წყალი ერთბაშად ორთქლად იქცევა და აფეთქებას იძლევა.

2. წყაროს წყლის მინერალური შედგენილობა და მისი ნალექება

მსგავსად ქანებში მოძრავი ყველა წყლებისა, წყაროს წყალიც ხსნის მინერალურ ნივთიერებათა გარკვეულ რაოდენობას და ხელსაყრელ პირობებში მათს სხვაგან ხელახლავს ლექავს.

წყაროს წყლის ყველაზე უფრო გავრცელებულ შემადგენელ ნაწილებს კარბონატები წარმოადგენენ, რომელთა შორის უფრო დიდ რაოდენობით Ca კარბონატი არის წარმოდგენილი და უფრო იშვიათად Mg და ტუტეების კარბონატები. მეორე ადგილი სულფატებს უჭირავთ, განსაკუთრებით Ca და N სულფატებს. აქვე უნდა დავასახელოთ საკმელო მარილი (NaCl), რომელსაც მცირე რაოდენობით ყველა ბუნებრივი წყალი შეიცავს. გარდა ამისა კიდევ გვხვდება მცირე რაოდენობით ფოსფატები, ნიტრატები, სილიკატები, ამონიუმის მარილები და გაზებიდან განსაკუთრებით CO₂ და N.

წყაროს წყლის 10000 წილზე მაგარი შემადგენელი ნაწილების მხოლოდ 1—3 წილი მოდის საშუალოდ. ევრთ წოდებული მიწერალური წყაროები ამგვარი ნაწილებით გაცილებით უფრო სდიდარი არიან. ისინი ჩვეულებრივ ორჯერ მეტ მინერალურ მინარევებს შეიცავენ. წყალს, რომელიც წყაროს წყლების უმრავლესობის მსვავსად გახსნილი ნივთიერებებით, განსაკუთრებით კალციუმის კარბონატითაა მდიდარი, მაგარ წყალს ეძახიან; თუ წყალი ამ ნივთიერებით ღარიბია, როგორც უმეტესი მდინარეების წყალი, — რბილს.

წყაროების ზედაპირული ნალექები. იქ სადაც წყაროები მიწის ზედაპირზე გამოდიან, ტემპერატურა და წნევა იცვლება და წყალი ოროქლდება; CO_2 , რომელიც Ca და Fe კარბონატებს ხსნარში იჭერს, წყლიდან გადის, ხოლო ჰაერის ჟანგბადი, პირიქით, იხსნება. ყოველივე ამას კი მინერალური ნალექების გამოყოფა მოჰყვება.

ყველაზე უფრო გავრცელებული ნალექი, რომელიც უამრავ ადგილას გვხვდება, $CaCO_3$ არის. მისი გამოყოფა უპირველეს ყოვლისა კარბი CO_2 გაცლასთან არის დაკავშირებული; ჰაერზე წყლის სწრაფი მოძრაობა ამ პროცესს კიდევ უფრო აჩქარებს. ამიტომ წყნარად მიმდინარე რუ კირქვის ტუფს არ ლექაეს, მაგრამ, როგორც კი წყალი დაქანებულ ფერდოზე თხელ ფენად დაიწყებს დინებას, ამას მაშინვე კირქვის გაჩენა მოჰყვება. ხავსი და წყალმცენარეები კირქვის გამოყოფას აგრეთვე ხელს უწყობენ, რადგან ისინი წყალს ართმევენ CO_2 , რომელიც მათი კვებისთვის არის საჭირო. წყაროების ყველა კარქვიან ნალექებს კირქვის ტუფს ან ტრავერტინს უწოდებენ. გერმანიაში ამგვარი ნალექები დიდი რაოდენობით გვხვდება კანშტატთან, შტაინჰაიმთან, ვაიმართან, ბურგტონასთან, გრეისენთან და სხვაგან.

თუ წყალი ცივი არის, კირქვის შპატი (კალციტი) წარმოიშობა, თუ თბილია — არაგონიტი (კარლსბადის შპრუდელშტაინი — წყაროს ქვა).

კალციუმის კარბონატზე კიდევ უფრო იოლად, $FeCO_3$ კარბონატების შემცველი წყაროებიდან ლიჰონიტი ან რკინის ოქრა გამოიყოფა, რადგან ამ დროს გარდა თავისუფალი CO_2 გამოყოფისა, ჰაერის ჟანგბადის მონაწილეობით დაქანვასაც აქვს ადგილი.

უვლანურ მხარეებში, როგორც ზემოთდასახელებული გვიზერებიანი მხარეები არიან, წყაროები ტუტეების კარბონატებს შეიცავენ და ამის გამო ჩვეულებრივ მდიდარი არიან გახსნილი SiO_2 -ით. ისინი კაჟის ტუფებს ლექავენ.

ქანების შიგნითი დანალექები. ამათ ვხვდებით ნაწილობრივ ქანების უმცირეს სიცარიელებში, ნაწილობრივ გამოქვაბულებში, ნაწილობრივ კი შრეებს შორისს ხანებში, ნასკდომებში და ნაპრალებში. ყველა შემთხვევაში გამოყოფილი მასალის ფორმა განისაზღვრება იმ სიღრუთით, რომელშიც დალექვა ხდება.

დრუზებისა და ბუშტისებური სიღრუეების ამოვსების შედეგად წარმოიშობა კვარცის, ქალცედონის, კალციტის და სხვათა ცნობილი ნუშისებური მარცვლები (მინდალანები). ზოგიერთი მელაფირები (ნაპეს ობერშტაინთან) და ბაზალტები განსაკუთრებით მდიდარი არიან ასეთი მარცვლებით.

რაც შეეხება გამოქვაბულების ნალექებს, უნდა აღინიშნოს, რომ ვინაიდან გამოქვაბულები უმთავრესად კირქვებში გვხვდებიან, ისინი მეტწილად კირქვის ტუფიდან შედგებიან. კირქვის შემცველი წყალი აქაც ხშირად კირქვის ქერქს წარმოშობს, მაგრამ მეტწილად წყალი მხოლოდ გარკვეული წერტილებიდან წვეთავს და მაშინ აქ სეინტორისებური სხეულები წარმოიშობიან. ამათში ისეთებს, რომლებიც გამოქვაბულის ქერიდან ქვევითაც იზრდებიან, სტალაკტიტებს ეძახიან, ხოლო ისეთებს, რომელთაც ჩამოვარდნილი წვეთები აზენენ



სურ. 95. ჰერმანს ჰოლეს გამოქვაბულის ნაწილი. რუბელანდთან ჰარცში.

და შევიფიქნ იზრდებიან, — სტალაკტიტები ჰქვიან (სურ. 95). უფრო იშვიათია კვარცის, ბარიტის და გოგირდიანი ლითონების (პირიტის, ტყვიის კრიალის) დალექვა. ამგვარადვე არის შემოსილი თაბაშირის მთების გამოქვაბულები თაბაშირის კრისტალებით, ხოლო ბერნის ალპების გნეისების სიღრუები მთის ბროლის კრისტალებით.

გამოქვაბულების დანალექებს ენათესავებიან სხვადასხვა ლითონიანი მინერალების, განსაკუთრებით ტყვიის კრიალის, თუთიატყუარის, გალმეის, პირიტის, ლიმონიტის და მანგანუმის მადნების მნიშვნელოვანი ბუდეები და შტოკები, რომლებიც სხვადასხვა ასაკის კირქვებში და დოლომიტებში გვხვდებიან (პალეოზოურ ნალექებში — იზერლონი, ბრილონი, ალტენბერგი აახენთან; მუშელკალკში — ვისლოთან ბალენშა).

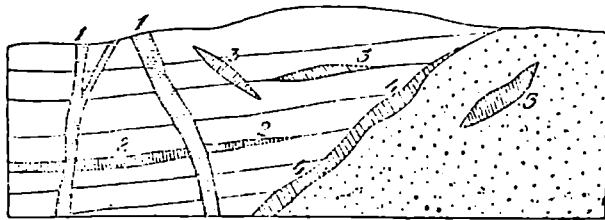
სწორედ იქიდან შრეების და ნაპრალების ზედაპირზე გამოყოფილი Fe და Mn-ის ჟანგების თხელი და მუქი ფერის პრეციპიტები ეგრეთ წოდებულ დენდრიტებს აზენენ. ისინი სულ სხვადასხვაგვარ ქანებში წარმოიშობიან და განსაკუთრებით ლამაზი და ძლიერ გავრცელებული არიან ზოლწოფენის ლითოგრაფიულ კირქვაში.

უდადესი მნიშვნელობა აქვს იმ მინერალებს და ლითონიან ძარღვებს, რომელნიც ნაპრალების ამოვსების გზით წარმოიშობიან. მინერალური

ქარლები უმთავრესად კვარცისგან, ბარიტისგან, კალციტისგან და ფლუორიტისგან შედგებიან, ლითონიანი ქარლები—ლითონ-მადნებისგან და არალითონიან, მინერალისგან (ეგრეთა წოდებული ქარლის ქანისგან).

როგორც ყოველივე ქარლეს, მინერალურ ქარლებსაც აქვთ დაქანება და მიმართება, საგები და სახურავი გვერდი და ზალბანდები. ისინიც ხან ისოლებიან და ხან ხელახლავ ჩნდებიან, ზოგან ერთად ჯგუფდებიან, სხვაგან კი ერთმანეთს შორდებიან და ა. შ. ქარლების ზონურ დაგროვებას ქარლების ზოლს უწოდებენ.

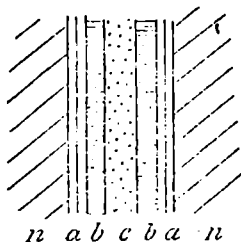
წოლის ფორმის მიხედვით არჩევენ: 1. ნამდვილ ქარლებს, რომელნიც შემცველ ქანებს მეტად თუ ნაკლებად დიდი კუთხით ჰქვევთენ, 2. შრე ქარლებს, რომლებიც შემცველი ქანების შრეებს შორის წესიერად არიან განლაგე-



სურ. 96. ლითონიანი და მინერალური ქარლების სხვადასხვა სახეები (Cotta-ს მიხედვით).

- 1. ნამდვილი ქარლები; 2. შრე ქარლი; 3. ლინზური ქარლები; 4. კანტაქტური ქარლი.

ბული, 3. ლინზური ქარლებს, რომლებიც ხან წესიერად, ხან უწესოდ არიან განლაგებული და ლინზისებური ფორმა აქვთ, და 4. კანტაქტური ქარლებს, რომლებიც ორი სხვადასხვაგვარი ქანის საზღვარზე არიან შეჭრილი (სურ. 96).



სურ. 97. მადნიანი ქარლის სიმეტრიულად ზოლებრივი სტრუქტურა.

მინერალური და ლითონიანი ქარლების წარმოშობა სხვადასხვა გზით ხდება. 1. ნაპრალები შეიძლება ამოიყოსან ჰიდროქიმიური გზით, მაშასადამე, მეონავი წყლიდან მინერალური ნივთიერების გამოყოფის გზით. ასეთ წარმოშობაზე მიგვითითებს მინერალური ქარლებისათვის ჩვეული სიმეტრიულად ზოლიანი სტრუქტურა. ნათლად ჩანს, რომ ეს სტრუქტურა ნაპრალის ზალბანდებიდან თანდათანობითი ამოვსების შედეგს წარმოადგენს (სურ. 97). ქარლების ამგვარ წარმოშობას ლატერალური სეკრეცია ჰქვია; 2 ქარლის მინერალები შეიძლება გამოიყონ აღმამავალი, ხშირად მაღალი ტემპერა-

ტურის მქონე წყლებიდან, რაც თერმიულ ანუ აღმასვლითს თეორიას ადასტურებს, 3. დასასრულ, ნაპრალების ამოვსება შეიძლება სუბლიმაციის ან პნევმატოლიზის გზით მოხდეს, ესე იგი მაგმიდან გამოყოფილი გაზე-

ბის, ორთქლის და ცხელი ხსნარების მოქმედებით. ლავის ნაკადების ნაპრალებში რკიასის კრიალის და სხვა სუბლიმაციის გზით მიღებული მინერალების ხშირი არსებობა, კალიფორნიის სოლფატარებიანი მხარის ცინაბარტით (HgS) სიმდიდრე და სხვა ასეთი ნებას გვაძლევს წარმოშობის უკანასკნელი გზა ზოგი ლითონიანი ძარღვებისათვის, მეტადრე კასიტერიტის ძარღვებისათვის ძლიერ შესაძლებლად ჩავსთვალოთ. აქედან გასაგებია, რომ ფოგტი (Vogt) და მრავალი სხვა გეოლოგი მადნების პირველად წყაროს ღრმად მიწის შიგნეთში ეძებენ.

3. ხსნითი გამორეცხვა და მისი შედეგები¹

როგორც უკვე თქმული იქნა, ყველაზე უფრო ხსნად ქანებს წარმოადგენენ (თუ ქვამარილს არ ჩავთვლით) თაბაშირი, კირქვა და დოლომიტი, რომლებიც ბუნებაში დიდ მასებად გვხვდებიან. მათი ასეთი თვისებიდან გამომდინარეობს გეოლოგიურ მოვლენათა მთელი რიგი.

ასეთია, მაგალითად, გეოლოგიური არღნები (სურ. 98) და ბუნებრივი შახტები: მილისებური და შახტისებური ჩაღრმავებები კირქვების

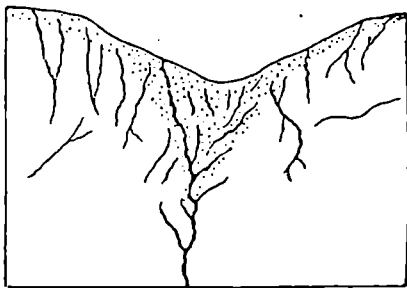


სურ. 98. გეოლოგიური არღნი. აუტოეს იურული კირქვა.

ზედაპირზე. ისინი წარმოადგენენ მხოლოდ და მხოლოდ ზევიდან ჩასული წყლის მიერ ნაპრალების ადგილობრივ გაფართოებას. მათი მსგავსია კარსტული ანუ ხსნითი გამორეცხვითი ძაბრები: ძაბრისებური ჩაღრმავებები კირქვის პლატოების, კერძოდ კარსტის, ზედაპირზე, რომლებშიც წვიმის

წყლები და ზოგჯერ მთელი ლეღებიც იკარგება. მათი მონათესავეა აგრეთვე

უფრო ვარცლისებური კარსტული ტაფობები და დოლინები (სურ. 99) და კარსტის, ბონისის, ალბანეთის და სხვა ქვეყნების გაცილებით უფრო ვრცელი პოლიები. ყველა ეს მოვლენები ისეთ მხარეებთან არიან დაკავშირებული, რომლებშიც წყლის ზედაპირული ეროზიის მოქმედება გაცილებით უფრო სუსტია, ვიდრე მისი მიწისქვეშა მუშაობა, რომელიც ქანების განსნაში გამოიხატება. უკანასკნელი განსაკუთ-



სურ. 99. დოლინის კრილი ქვემო ლოიტში, კრანა. (Cvijic-ის მიიღევით.)

¹ J. Cvijic, Das Karstphänomen, Pencks Geogr. Abh., 1878.

რებით ძლიერი არის ნასხლეტების და რღვევის ნაპრალებში და სწორედ იქიდან იწყება.

როგორც ზემოთ უკვე აღნიშნულ იქმნა, გამოქვაბულების წარმოშობაც მხოლოდ ხსნითი გამორეცხვის შედეგია. კირქვიანი მხარეები, როგორც, მაგ., კარსტი, მთლიანად დასერილია გამოქვაბულებით. ვერმანიაში ყველაზე მეტი და ყველაზე უფრო ცნობილი გამოქვაბულები ფრანკონულ და შვაბურ იურაში, ვესტფალიაში და ჰარცში არის. ევროპის უდიდესი გამოქვაბული არის ადელსბერგის გროტი კარსტში, საერთო სიგრძით 4—6 კმ.

ამგვარი გამოქვაბულების თანდათან გაფართოვებას (რაც მუდმივ ხდება) ადგილად შეუძლია გამოიწვიოს მათი ჩანგრევა. ასეთი ჩანგრევა, ძე ლი სამთო სამუშაოების მსგავსად, შეიძლება მიწის ზედაპირამდე გავრცელდეს და აქ ძაბრისებური ჩაღრმავებები, ჩაქცევითი ორმოები წარმოშოს. ტურიანგენის ტყის ჩრდილო კიდეზე და ჰარცის სამხრეთ საზღვარზე ცეხშტაინის ყველა გამოსავლებზე ჩანს მრავალრიცხოვანი, ხშირად წყლით გაჯერებული ჩაქცევითი ორმოები, რომლებიც გუბუნების და პატარა ტბების გრძელ მწყობრს იძლევიან.

რაც შეეხება ქანების განლაგების აშლას, რომელიც მათ გამორეცხვას შეუძლია გამოიწვიოს, განსაკუთრებით თაბაშირის დიდი და ვრცელი მასების შემთხვევაში, ამაზე უკვე ზემოთ იქნა მითითებული.

ხმელეთის მდინარე წყლის მოქმედება¹

ატმოსფერული ნალექების მხოლოდ ერთი ნაწილი, რომელიც შუა ევროპისათვის დაახლოებით ერთი მესამედის ტოლად შეიძლება ჩაითვალოს, ნიადაგში ჩადის, რათა უფრო დაბალ წერტილებში ისევ ზედაპირზე ამოვიდეს წყაროების სახით. წვიმის წყლის უმეტესი ნაწილი, ისევე როგორც თოვლის და ყინულის დნობის წყალი, თუ ის აორთქლების საშუალებით ჰაერში არ დაბრუნდა, ნიადაგის დაქსნებას მიჰყვება და რუებისა და მდინარეების კვებას იმსახურება. ძირს დაცემული წვიმის წვეთები ერთდებიან ჯერ უმცირეს, შემდეგ უფრო მოზრდილ პაწია ნაკადულებად, რომლებიც უახლოესი ნაპრალებისკენ მიისწრაფვიან. მგზობელი ნაკადების შეერთებით წარმოიშობიან მოძრავი წყლის უფრო დიდი მასები, რომლებსაც სიდიდის მიხედვით რუებს, ხევებს და მდინარეებს ეძახიან. სიმძიმის ძალის გავლენით მთელი ეს წყალი მუდმივ ქვეითკენ მიისწრაფვის, სანამ უმდაბლეს საერთო შემკრებ აუზს, ზღვას არ მიაღწევს. იქ ეს მოძრაობა წყდება.

ზაღლობიდან ქვემოთ ჩამოდინების დროს წყალი თან იტაცებს ყველა მის გზაზე მოხვედრილ გამოცეპვითს ნაწილაკებს, ქვიშის მარცვლებს და მტვერს. დიდი წვიმის შემდეგ წყლის ყველა ნაკადების ალაკრევა გვიჩვენებს, მაგარი ნაწილაკების თუ რა დიდი რაოდენობა მიაქვს თან წყალს. მაგარი ნაწილაკების რაოდენობა ძლიერი კოკისპირული წვიმის შემდეგ ისე შეიძლება გაინარდოს,

¹ A. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, I, გვ. 259 და შემდ. 1894.

რომ ნარვალბეში და ხრამებში მიმდინარე წყალი უფრო მეტად ტალახის ან ლორღის ღვარს დაემსგავსოს, ვიდრე წყლისას.

ასეთ პირობებში ხშირად ისეთი სიდიდის ლოდები გაიტაცება, რომ შემდეგ იმის წარმოდგენაც ძნელია, თუ როგორ შესძლო წყალმა მათი ადგილიდან დაძვრა. ასე მაგალითად, ლინტს (ხევია გლარუსის კანტონში) წყალიდობის დროს შეუძლია 50 კგ სიმძიმე ქვების წალბა. შვეიცარიის ზოგიერთ მთის ხევებს ხომ 10 კუბ. მეტრზე მეტი მოცულობის ლოდები დაუძვრავთ ადგილიდან! არ უნდა დავივიწყოთ კი, რომ ქანების უმრავლესობის ნიშანდობლივი წონა მხოლოდ ცოტათი აღემატება 2,5 და უკვე წმინდა წყალში ისინი თავის წონის ნახევარს ჰკარგავენ. ხოლო რაიაც ძლიერ დაქანებულ კალაპოტში დიდი ძალით მოქმედი წყლის წნევა ვერ ახერხებს, იმას ასრულებს წყლის მიერ დაგორებული ქვების სხვა ქვებზე დაჯახება.

წყლის მიერ აგორებული მაგარი ნაწილაკები, მეტადრე მოზრდილი ქვები, მთავარ იარაღს წარმოადგენენ, რომლის დახმარებითაც წყალს ამოღრუებისა და დაღარვის წარმოება შეუძლია. ამ მოქმედებას ეროზიას ეძახიან. წმინდა წყალს, ის რომ კლდეს კიდევაც დიდი ძალით ჩამოუღიოდეს, არ შეუძლია მას რაიმე თვალსაჩინო კვალი დააჩინოს; პირიქით, თუ კი მას თან მოაქვს მაგარი მასალა, მაშინ ქვიშის ყოველი მარცვალი, ყოველი რიყის ქვა მაგარ კალაპოტს სთხრის, აღრმავეებს და ღარავს. ამ შემთხვევაში წყალი მხოლოდ მოქმედი ძალაა, ქვები კი—ხერხი.

1. რუების, ხევების და მდინარეების მოქმედება

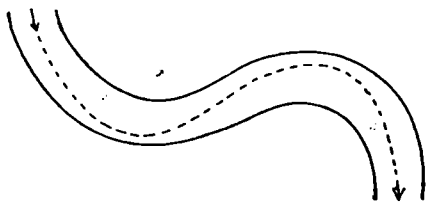
რუებში და ხევებში წყლის მოძრაობა, მისი დინება გამოწვეულია სიმძიმის ძალით, დახრილი სიბრტყეზე ვარდნით, რომლის დროს წყლის ნაწილაკებს შორის ყოველთვის შინაგან დრესას აქვს ადგილი. წყლის მოძრაობის სისწრაფე დამოკიდებულია: 1. დაქანების სიდიდეზე, 2. წყლის რაოდენობაზე და 3. დრესაზე. სისწრაფე დაქანების სიდიდესთან და წყლის რაოდენობასთან პირდაპირ შეფარდებაში არის, ხოლო დრესის ძალის უკუპროპორციულია.

სისწრაფე იზომება მეტრებით სეკუნდში. სანაევონო, ზომიერი დინების მქონე მდინარეებს სეკუნდში $\frac{2}{3}$ — $1\frac{1}{3}$ m სისწრაფე აქვთ, ჩქარ დინებიათ კი 3 მეტრამდე. გაცილებით უფრო საგრძნობია აღიდებული მთის ლეღების სისწრაფე, რომელსაც შეუძლია 10—12 m/s მიაღწიოს.

საერთოდ უდიდესი სისწრაფე რუებს და ხევებს სათავეებში აქვთ, რადგან აქ მათ კალაპოტს უდიდესი დაქანება აქვს. დინების სისწრაფე მცირდება დაღმა მდინარის გასწვრივ და ის ყველაზე ნაკლებია მდინარის შესართავთან, რადგან აქ კალაპოტს ყველაზე უფრო სუსტი დაქანება აქვს. მაგრამ ამ წესშიც არის გამონაკლისები. ასე, მაგალითად, რაინის სისწრაფე მანპილთან, სადაც მის კალაპოტს მცირე დაქანება აქვს, 1,5 m/s შეადგენს, იმ დროს როდესაც ბინგერლოხთან (Binger Loeli) ის 3,5 m/s აღწევს; მაგრამ კობლენცთან ის ისევ 2,2 m/s-მდე ჩამოდის. ღუნაის მიმდინარეობა მის ვიწრო, „რკინის კარის“ სახელით ცნობილ ყელში ამგვარივეა აქ მდინარე, რომელსაც ზემოთ 2000 m

სიგანე ჰქონდა, 130 მ-დე ვიწროვდება. ამის გამო მდინარეს აქ საგრძნობლად მეტი სისწრაფე აქვს, ვიდრე ზემოთ, ზემო-ჰუნგრეთის დაბლობში.

რადგან როგორც მდინარის ნაპირებთან, ისე ფსევრზეც გარკვეული ღრესა წარმოიშობა, რომელიც წყლის მოძრაობას აბრკოლებს, ყველაზე დიდი სისწრაფე, ეგრეთწოდებული მდინარეების ღრძი, თითქმის ყოველთვის მდინარის შუაზეა. მაგრამ მოხვეულებში, სადაც მდინარის უდიდესი სიღრმე ნაპირისაკენ იწვევს, ღრძიც მას მიჰყვება (სურ. 100).



სურ. 100. მდინარეების ღრძის მდებარეობა მდინარის მოხვეულში.

წყლის რაოდენობა მდინარეში დამოკიდებულია არა მარტო მის კვების აუზზე, არამედ ჰავაზეც, სახელდობრ, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის და აორთქლების შეფარდებაზე.

საერთოდ ის ძალიან ცვალებადია და წლის დროსთან ერთად

იცვლება. წვიმების პერიოდში ან თოვლის დნობის დროს წყლის რაოდენობა იზრდება და მასთან ერთად, მხოლოდ ბევრად მეტად, იზრდება წყლის ეროზიული ძალაც. მდინარეების უმრავლესობის წყლის მასა მათ სიგრძესთან ერთად იზრდება, მაგრამ ასე არ ხდება სტეპების და უდაბნოების მდინარეებში, რომლებიც თავის გზაზე უმეტეს შემთხვევაში წყალს თანდათანობით ჰკარგავენ და, დაბოლოს, სულ შრებიან. ამგვარი მშრალი ქვეყნების მდინარეებს მხოლოდ მაშინ შეუძლიათ მთელი უდაბნოს გაკვეთა, როდესაც მათ სათავე უდაბნოს გარეთ მდებარე და ატმოსფერული ნალექებით მდიდარ მთებში აქვთ (მაგალითად, კოლორადო და ნილოსი).

იქ, სადაც მცირე დაქანების მქონე მდინარე რიყის ან ზენიჭის დიდ რაოდენობას ხდენდა, ის თავის მიმართულებას იცვლის და მეორე ნაპირს აწვება; აქედან უკუქცეული; ის ისევ მოპირდაპირე ნაპირისაკენ მიეშურება, რათა იქიდანაც უკან გამობრუნდეს. ასეთ პირობებში მდინარე გველივით იკლანკნება და მარჯუქისებურ კავილებს, ეგრეთწოდებულ მებანდრებს ჰქმნის. ეს ჩვეულებრივ მდინარის შუა წელში ხდება, სადაც შვეული ეროზია და დალექვა თანაწორი ინტენსივობით მიმდინარეობს. ქვემო წელში, დელტაში მებანდრები სწრაფად ჰქრებიან და სამაგიეროდ მდინარის დატიტვა ხდება. მებანდრების სიდიდე მდინარის სიდიდესთან ერთად იცვლება. ისინი იწვევენ არა მარტო მდინარის სიგრძის, არამედ ხეობის სიგანის გადიდებასაც.

ყოველი დიდი მებანდრის გარე, გამოხეული ნაპირი დინების სრულ წნევას განიცდის, შიგა, შეზნეილ ნაპირზე კი წნევა ძლიერ სუსტია. ამის გამო გარე ნაპირი ინგრევა და მის გასწვრივ ბეჭი წარმოიშობა, შიგა ნაპირზე კი ქვიშა ილექება და თავთხელი ჩნდება (სურ. 101). თუ მებანდრის ორივე ბოლო ერთი-მეორეს ძლიერ დაუახლოვდა, წყალს შეუძლია დარჩენილი ყელი გაჭრას და ამრიგად მდინარის კუნძული წარმოიშობა. თუ წყლის მთავარი მასა ახალი გზით მიმდინარეობს, მდინარის პირვანდელი რკალისებური

კალაპოტი ბოლოებში ნალექებით ამოივსება და მკვდარ ტოტად, ნამ-
დინარევეად იქცევა.

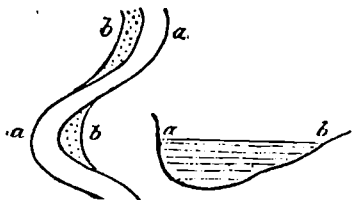
მდინარეების და ხეების მიერ მაგარი ნივთიერების გადატანა სამგვარად
ზღვბა:

1. გახსნილ მდგომარეობაში, როდესაც მაგარი ნივთიერებანი
წყალში იხსნებიან და ისევე სწრაფად მოძრაობენ, როგორც თვით წყალი.

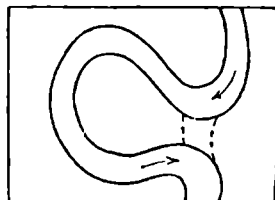
2. ატაცებულ მდგომარეობაში, როდესაც მაგარი ნაწილაკები
წყალში ტივტივობენ და იმავე სისწრაფით გადაიტანებიან, როგორც წყალი, და

3. ლოდების ან რიყის ქვების სახით, რომლებსაც წყალი კალა-
პოტის ფსკერზე მიაგორებს.

ჩვენ მდინარეებში გახსნილი ნივთიერება უმეტეს შემთხვევაში მთელი
წყლის მასის მხოლოდ $\frac{1}{8000}$ — $\frac{1}{4000}$ -მდე შეადგენს. წყაროს წყლებთან შედარე-



სურ. 101. მდინარის მეანდრი გეგმაში და
ჰოილში; ნაჩვენებია ციკაბო (a) და დამრე-
ცი (b) ნაპირების ნორმული მდებარეობა.



სურ. 102. კუნძულის გაჩენა მე-
ანდრის გადაჭრის გზით.

ბით ეს ძლიერ მცირე რაოდენობა არის, რაც იმით აიხსნება, რომ მდინარეები
უმთავრესად ზედაპირული, გახსნილი ნივთიერებით ლარიბი წყლით იკვებებიან.

გახსნილი ნივთიერების შემადგენელი ნაწილების რაოდენობა წლის დროის
მიხედვით დიდ რაზევას განიცდის. მშრალ პერიოდებში, როდესაც მდინარეები
უმთავრესად წყაროების წყლით იკვებებიან, ისინი გახსნილი ნივთიერების უდი-
დეს რაოდენობას შეიცავენ. სწორედ ამიტომაა, რომ მდინარის წყალი ამ ნივ-
თიერებით ზამთარში საერთოდ უფრო მდიდარია, ვიდრე ზაფხულში. ნესტიან
დროში კი, როდესაც მდინარეები უმთავრესად წვიმების და თოვლის დნობის
წყლით იკვებებიან, გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა მცირდება. პენკის
(Penck) თანახმად, გახსნილი ნივთიერების რაოდენობა მდინარეებში საშუალოდ
მათ მიერ ზღვაში შეტანილი მთელი წყლის წონის $\frac{1}{6000}$ უდრის.

რაც შეეხება გახსნილი ნივთიერების ქიმიურ შედგენილობას, უნდა ითქ-
ვას, რომ თითქმის ყველა მდინარეებში კალციუმის კარბონატი სჭარბობს. შემ-
დედ მოდიან კალციუმის სულფატი, ქლორნატრიუმი, მაგნიუმის კარბონატი და
სულფატი და სილიციუმის ქანგები. როგორც ცნობილია, ყველა ეს ნივთიერება-
ნი მეტად გავრცელებული არიან ქანების შედგენილობაში და თანაც ქანების
ადვილად ხსნად ნაწილებს წარმოადგენენ. ამასთან ერთად ისინი გამოფიტვის
ყველაზე უფრო ხშირი პროდუქტები არიან.

მაგარი ნაწილების რაოდენობა, რომელიც ხეებს და მდინარეებს გადააქვთ, გაცილებით მეტია. ამათგან შლამისებური ნაწილაკები წყალს ატაცებულ მდგომარეობაში მიაქვს; უფრო ღიღსა და მძიმე ნაწილებს კი, როგორც არიან ლოდები და რიყის ქვები, ფსკერზე მიაგორებს.

იმ მაგარი მასალის რაოდენობა, რომელიც მდინარეს შეუძლია გადაიტანოს, მის ცოცხალ ძალაზე არის დამოკიდებული. უკანასკნელი კი წყლის მასის (M) ნახევრის და მისი სიჩქარის (v) კვადრატის პროპორციულია, — მაშასადამე $\frac{M \cdot v^2}{2}$ უდრის. იმ ქვების სიდიდე, რომელთაც მდინარე მიაგორებს, პირიქით, უმთავრესად დინების სიჩქარეზეა დამოკიდებული და მასთან ერთად იზრდება.

ქანების ნამტვრევებს, რომელთაც მდინარე მიაგორებს, ერთიმეორეზე განუწყვეტელი ღრესის გამო კუთხეები და წიბოები უცვლელბათ და ისინი რიყის ქვებისათვის დამახასიათებელ კვერცხისებურ ფორმას ღებულობენ. მაგრამ ვინაიდან ეს ქვები შემდეგშია ცანუწყვეტლიე ეჯახებიან ერთმანეთს, მათი სიდიდე ქვემოთკენ, წყალდაღმა თანდათან მცირდება. სიდიდის ეს შემცირება დამოკიდებულია არა მხოლოდ ურთიერთ ღრესაზე, არამედ იმაზედაც, რომ პატარა ზომის ქვები უფრო სწრაფად მოძრაობენ და დროის გარკვეულ ნაკვეთში უფრო შორს გადაიტანებიან, ვიდრე დიდი ზომისანი. ამგვარად ვლბულობთ მათ გადაარჩევას სიდიდის მიხედვით. ბუნებრივია, რომ ამგვარი გადაარჩევა შედგენილობის მიხედვითაც ხდება, რადგან მაგარი ქანი უფრო მეტხანს უძლებს დრესას, ვიდრე რბილი. ამიტომ ხვინქის შედგენილობა მდინარის ქვემო წელში უფრო სხვაა, ვიდრე სათავეებში.

ზოგ მდინარეს აგორებული მასალის არაჩვეულებრივ დიდი რაოდენობა გადააქვს. ეს მეტადრე ისეთ მდინარეებს ეხება, როგორცაა მდ. პო, რომელშიც ყოველ შენაკადს ღორღის ახალი მასა შემოაქვს. თუ ამისდამიუხედავად მდინარე მთელი ამ მასალის გადატანას ახერხებს, ეს იმიტომ ხდება, რომ ორი შეერთებული მდინარის მოძრაობის ძალა მათი ცალკე ძალების ჯამზე მეტია.

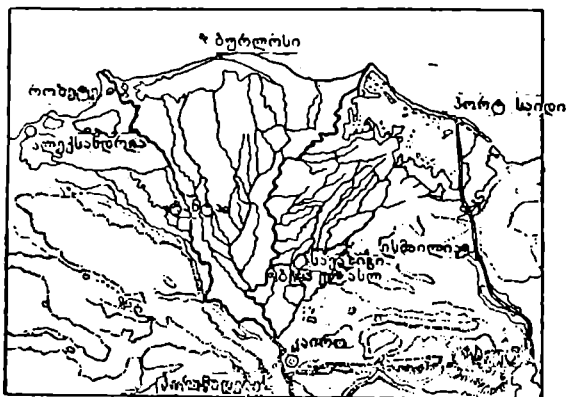
მექანიკურად გადატანილი მაგარი ნივთიერების საშუალო წლიური რაოდენობა შემდეგი რიცხვებით გამოიხატება:

ტემზა	0,5 მილიონი m ³
პო	11,5 "
ღუნაი	35,3 "
მისისიპი	211,5 "

ევროპის მდინარეების უმრავლესობისათვის ატაცებული მასალის რაოდენობა 1 m³ წყალზე დაახლოებით 100 გრ უდრის. ხვინქა-რიყის საწინააღმდეგოდ, რომლის რაოდენობა ქვემოთკენ მცირდება, ატაცებული ნაწილაკების რაოდენობა ამ მიმართულებით მატულობს. იგი პირველზედ საშუალოდ 10—15 ჯერ მეტია.

ყველგან, სადაც მდინარის კალაპოტის დაქანება უეცრად მცირდება, წყლის დაჯახების ძალა და ამასთან ერთად გადატანის უნარიც კლებულობს. ყოველ ასეთ ადგილზე ხდება რიყის ქვების და ხვინქის დაღეჭვა და წარმოიშობიან ხვინქის და ქვიშის თავთხელები, რომლებსაც, ჩვეულებრივ, მოგროძო ფორმა და

ძალიან დახლართული შიგა დაშრეება აქვთ. წყალმცირობის დროს ისინი წყალ-
 ზევით რჩებიან. მდინარე მათ ქვემო ბოლოში ხეინჯას და ქვიშას აცლის და შე-
 მდეგ ქვემოთ მდებარე მოსილულის ზემო მხარეზე ხელახლავ ლექავს და ამის
 გამო იქმნება შთაბეჭდილება, თითქო თავთხელები წყალალმა მოძრაობდნენ.
 წყალდიდობის დროს კი ისინი იფარებიან წყლით, რომელიც მათ ხეინჯა-ქვიშას
 ზემოთკენ აცლის და ქვემო მხარეზე ისევ ლექავს; ასე რომ ისინი ეხლა წყალ-
 დალმა მოძრაობენ. ვენის ზემოთ ღუნაიზე თავთხელების გადაადგილება წყალ-
 დალმა ყოველწლიურად 5—100 m უდრის, რაინზე კი ბაზელის ქვემოთ საშუა-
 ლოდ 200—400 m. რიყისა და ხეინჯის გადატანა დიდი მდინარეებს ქვემო წე-
 ლში მხოლოდ წყალდიდობის დროს შეუძლიათ, დანარჩენ დროში კი ეს მასალა
 აქ იღეჭება და ამის გამო მდინარის კალაპოტი თანდათანობით მალღდება. მა-
 ჯალითისათვის ხშირად ასახელებენ მდინარე პოს, რომელმაც ყოველი წესის წი-
 ნაალმდეგ კალაპოტი ისე მალღა აწია, რომ უკვე ფერარიდან დაწყებული ამაღ-



სურ. 103. ნილოსის დელტის რუკა.

ლებული ზოლზე მიმდინარეობს და შესართავისკენ ამ ზურგის სიმაღლე დაბლო-
 ბთან შედარებით უფრო და უფრო მატულობს.

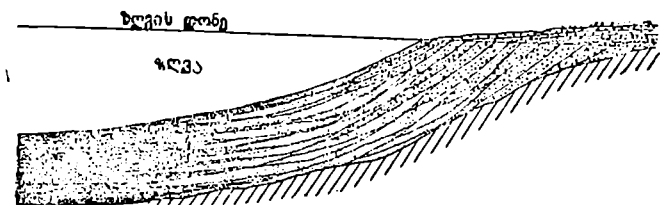
დეღტების წარმოშობა¹. თუ რამდენად დიდია ტბებში და ზღვებში
 შიგ შემავალი მდინარეების მიერ შეტანილი მასალის რაოდენობა, ამის
 ცხად სურათს შესართავთან წარმოშობილი ნალექები, დელ ტბები იძღვევიან.
 მათი ფორმა მრავალგვარია და უმთავრესად ნაპირის აგებულობაზეა დამოკიდე-
 ბული.

¹ Rud. Credner, Die Deltabildungen. Peterm. Mitt. Erg.-Bd. 1878.

თუ დელტა უბეს ავსებს, მას ამოვსებითს დელტას უწოდებენ. თუ იგი ნაპირიდან აუზის შიგნით იზრდება, ეს წინწასული დელტა იქნება. ყველა დელტებისათვის ძლიერ დამახასიათებელია მდინარის ცალკე ტოტებად დაყოფა.

დელტების წარმოშობა ყველაზე მარტივად შიგა ტბებში ხდება. აქ დალექვას ხელს არ უშლის არც ძლიერი დელტა, არც ზღვის მიმოქცევა ან მდინარებანი ზღვის დელტებში ატაცებულ ნივთიერებათა დალექვა უფრო უწყისოა. წმინდამარცვლოვანი ლამი მხოლოდ აქ (ტბებში) ილექება, რადგან მტკნარ წყალს ზღვის წყალზე ნაკლები ნივანდობლივი წონა აქვს და ზღვაში ეს მასალა გაცილებით უფრო შორს გაიტანება.

საერთოდ დელტები მხოლოდ დიდ ლორღის კონუსებს წარმოადგენენ, რომლებიც ხევების ლორღის კონუსების ძლიერ მსგავსი არიან, მხოლოდ



სურ. 104. დელტის კრილი.

დაშტრიხული—ძირითადი ქანები; მსხვილი პუნქტირი—რიყის ქვები; წვრილი პუნქტირი—ქვიშა; რუხი—შლამი.

გაცილებით ნაკლები დაქანება აქვთ. მათი მასალა ყოველთვის სიდიდისა და მოტანის პირობების მიხედვით არის დაშრეებული და შეიცავს რიყეს, ხვინჯას, ქვიშას და შლამს, რომლებშიაც ორგანიული ნაშთები (ხე, ნიჟარები და ა. შ.) არის მოქცეული. შრეების დაქანება დელტის დასაწყისში ხშირად ძლიერ დიდია (30°), მაგრამ სიღრმეში ის სწრაფად მცირდება და თანდათანობით უთანხმდება ზღვის თარაზულ ფსკერს (სურ. 104). ბურღვით დამტკიცებული არის, რომ ზოგიერთი დელტების სიმძლავრე ას და რამდენიმე ასეულ მეტრამდეც აღწევს.

ზოგიერთი დელტების ზრდის სისწრაფე შეიძლება ისტორიული ფაქტების მიხედვით იქმნას დადგენილი. ასე, მაგალითად, მდინარე რონის დელტის სიგრძე ენევის ტბაში ძველი რომაელების დროიდან 2 km-ით გაიზარდა. გაცილებით უფრო სწრაფია მდ. პოს დელტის წინწაწევა. გოტების დროში რავენა კიდეც სანაპირო ქალაქი იყო, ეხლა კი ის ზღვისგან 6,5 km არის დაშორებული. ამ დელტის თანამედროვე ზრდას წელიწადში 70 m ვარაუდობენ.

2. ე რ ო ზ ი ა

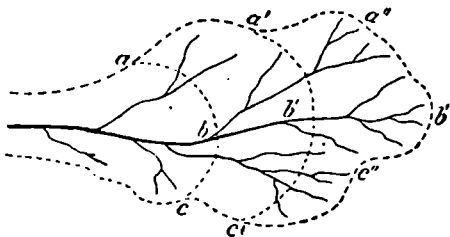
ამ ტერმინით აღნიშნავენ მდინარე წყლის ამოღრუებითს და დამხრამავე მოქმედებას. მისი სიძლიერე დამოკიდებულია: 1. წყლის მექანიკურ ძალაზე, 2. ქანების განძლეობაზე და 3. რელიეფის საწყის რაგვარობაზე.

წყლის მექანიკური ძალა დაქანების სიდიდით და წყლის მასით განისაზღვრება. მაგრამ აქ ანგარიში უნდა გაეწიოს წყლის რაოდენობას მდინარეში უფრო წყალდიდობის დროს, ვიდრე მის საშუალო რაოდენობას. როდესაც, მაგალითად, ორკეცდება წყლის მასა, მისი მექანიკური ძალა გაცილებით უფრო მეტია, ვიდრე ორმაგი. ამის გამო მრავალი მდინარე ეროზიას აწარმოებს მხოლოდ წყალდიდობის მოკლე დროის განმავლობაში.

ეროზიისადმი, ქანების წინააღმდეგობა უპირველეს ყოვლისა დამოკიდებულია მათ სიმამრეზე, შემდეგ მათ ნაპრალიანობაზე, წოლის ფორმაზე და წყალგამტარობაზე. წყალგამტარი ნიადაგის შემთხვევაში წვიმის წყალი მასში სწრაფად ეონავს და ზედაპირული ღვარების მხოლოდ მცირე რიცხვი წარმოიშობა. პიოქით, თუ ნიადაგი წყალგაუვლია, ატმოსფერული ნალექები მრავალ ადგილზე გროვდებიან და აჩენენ მრავალრიცხოვან რუებს, რომელნიც კოკიპირული წვიმების შემთხვევაში სწრაფად დიდდებიან და კალაპოტის ძლიერ გამორეცხვას ახდენენ.

დასასრულ, მხარის თავდაპირველი რელიეფი უკვე იმითმ თამაშობს დიდ როლს, რომ ზედაპირის ყველა დიდმა ჩაღრმავებამ (მულდები, გრაბენები და ა. შ.) და აგრეთვე ბექობებმა, რომლებიც ჩაჩქრების წარმოშობას იწვევენ, ბუნებრივად დიდი გავლენა უნდა მოახდინონ ხეობების მდებარეობაზე, ფორმაზე და მიმართულებაზე.

ყოველი ხეობის წარმოშობა იწყება დაქანებულ ზედაპირზე პატარა ნარვალის ვაჩენით. წყლის მთელი მოქმედება პირველად ამ ღარის შემდეგი გაღრმავებისაკენ და შემოთქენ მის ხისებურად დატოტვისაკენ არის მიმართული.

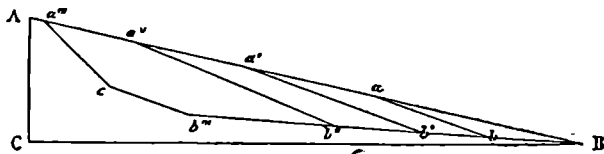


სურ. 105. ხეობის შემკრები ძაბრის თანდათანობითი უკანდახევა.

ამ რიგად ხეობა ქვემოდან ზემოთ იზრდება და ამიტომაც ამგვარ ეროზიას უკუსვლითს ეროზიას უწოდებენ. ქვემოთ ხეობა ფართოვდება და ღრნავდება, ზემოთ კი უფრო და უფრო შორს იჭრება მთის კალთებში და ამით თავის შემკრებ აუზს ადიდებს. მაგალითად, თუ გარკვეულ დროში სურ. 105-ზე მოცემული წერტილები a b c ხეობის სათავეების შემკრები ძაბრის კიდეზე მდებარეობენ, რამდენიმე ხნის შემდეგ ისინი a' b' c' -ში გადაადგილდებიან, უფრო გვიან a'' b'' c'' -ში და ა. შ. ამ უკუსვლასთან დაკავშირებულია უფრო და უფრო ძლიერი დატოტვა და შემკრები აუზის გაფართოვება მსხლისებური კონტურით. ამ მოვლენებში შემდეგ თანამიმდევრობას აქვს ადგილი: 1. გაღრმავება 2. ფერდობების ჩამონგრევა, 3. ზემოთკენ გაგრძელება და 4. ზემოთკენ დატოტვა.

ხეობის შემდგომი განვითარებისას მალე თავს იჩენს წყლის მუშაობის არა ერთგვარობა მდინარის ზემო და ქვემო ნაწილში: ზემო ნაწილში (a b

სურ. 106-ზე) წყლის მთელი მოქმედება გამორეცხვისაკენ, ე. ი. კალაპოტის შემდეგი გაღრმავებისაკენ არის მიმართული. აქ არის უძლიერესი ეროზიის ადგილი. ფერდობებს უდიდესი დაქანება აქვთ. ხეობაში ჩამოსული მთელი ღორღი მდინარეს თან მიაქვს. ამიტომ აქ არ შეიძლება არც მცირედ დაქანებული კალაპოტის წარმოშობა და არც კლასტიური მასალის დაღე-



სურ. 106. ხეობის თანდათანობითი განვითარება.

ქვა. ხეობას აქ V ფორმის განივი კრილი აქვს. ხეობის ქვემო ნაწილში (Bს სურ. 106-ზე), პირიქით, გამორეცხვა დაღეჭვას უთმობს ადგილს. მდინარეს მხოლოდ წყალდიდობის დროს შეუძლია ზემოდან აქ მოტანილი მთელი მასალის გატანა, ჩვეულებრივ კი ის მეტს ლექავს, ვიდრე გააქვს. ამის შედეგად აქ წარმოიშობა ვაკეძირიანი ხეობა და მდინარის კალაპოტი მის ფერდებს შორის ქანაობს. ამის და აგრეთვე წყალდიდობის დროს ხეობის ავსების გამო უკანასკნელი უფრო და უფრო ფართოვდება. ფერდების დაქანება ნაკლები ხდება და ჩამოცვენილი მასალა მათ ძირში ფერდობის ღორღის სახით გროვდება. ხეობის ერთი ფერდიდან მეორისაკენ კალაპოტის ქანაობის და ამასთან დაკავშირებით ხეობის ფსკერის მოვაკების გამო ხეობის განივი კრილი ფორმას $_ /$ ღებულ ობს.

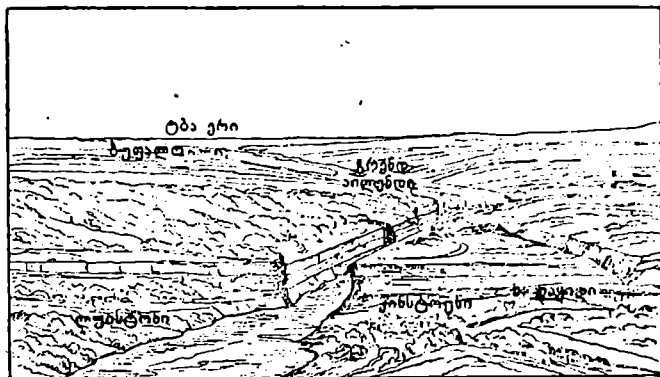
დასასრულ, თუ ხევის ზემო ბოლო მაღალ მთებში მდებარეობს, სადაც შეიძლება თოვლეთის ხაზამდეც მიაღწიოს, წარმოიშობა ხეობის განსაკუთრებული ნაწილი (ca" სურ. 106-ზე), რომლის ფერდები კიდევ უფრო ციცაბო არის და რომელსაც ზემოთკენ ამფითეატრის ფორმა აქვს. რუტინაიერი¹ მას ჩაჩქერების, დაკიდებული ხეების და შვავების მხარეს ეძახის.

ხეობის სამივე ნაწილის: ზემო, შუა და ქვემო წყლის ფორმა და სიგრძე რელიეფის პირვანდელი სახისა და ქანების შედგენილობის მიხედვით შეიძლება სულ სხვადასხვაგვარი იყოს. მაგრამ ყოველ განვითარების სტადიაში მყოფ ხეობაში ყოველთვის შეიძლება ცხადად გავარჩიოთ ორი ან სამივე დასახელებული ნაწილი. ხეობის განვითარება მხოლოდ მაშინ არის დასრულებული, თუ ორი ერთიმეორის მოწინააღმდეგე ძალა—წყლის ეროზია და ქანების მისაღმი წინააღმდეგობა—ყველგან წონასწორობაში არის. მაშინ ხეობის ზემო, შუა და ქვემო წელი უკვე ტეხილ ხაზს აღარ წარმოადგენს და მთელ ტალღეებს ერთობლივი, თანაბრად დაქანებული მრუდის მოხაზულობა აქვს. ასეთი ხეობა შემდეგში მნიშვნელოვნად უკვე აღარ შეიცვლება გარდა იმ შემთხვევისა, როდესაც დიდი კლიმატური ან ტექტონიკური ცვლილებები მის ეროზიულ ძალას ხელახლა გააცხოველებენ.

¹ Rüttimeyer, Tal-und Seebildung in der Schweiz, Basel 1869.

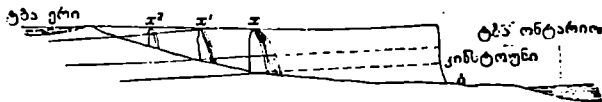
ხეობის განვითარების დაუსრულებლობის ნიშნად შეიძლება ჩათვალოს კალაპოტის დაქანების ხშირი შეცვლა, მისი უეცარი შევიწროვება, წყალქვეშა ქვები, ჩქერები, დევის ქვაბები, ჩაქერები და ტბები. ორი უკანასკნელი მოვლენა განსაკუთრებულ განხილვას საჭიროებს.

ყოველი ჩაქერი იჭრება კალაპოტის საფეხურის იმ კიდეში, საიდანაც ის ვარდება, და აჩენს შეუულ კედლებიან ხრამს, რომელიც თანდათანობით უკან (წყალალმა) იხევს. დაბოლოს, როდესაც საფეხური ამგვარად მთლიანად გაიკვე-



სურ. 107. ნიაგარის ჩაქერის ხედი ზევიდან (Lyell-ის მიხედვით).

თება, ახალი კალაპოტი, ქვემოთ და ზემოთ მდებარე ხეობის ნაწილებთან ერთად, თანაბრად დაქანებულ ტალღეებს შეადგენს.



სურ. 108. ნიაგარის ჩაქერის და მისი მიდამოების კრილი.
 x —ჩაქერის თანამედროვე მდებარეობა; x' , x'' მისი მომავალი მდებარეობანი შემდგომი უკანდახევისას.

გამუდნებით უკუმსვლელი დიდი ჩაქერის ცნობილ მაგალითს ნიაგარის წყალვარდნილი¹ წარმოადგენს (სურ. 107 და 108). მის წლიურ უკან დახევას ლაიელი (Lyell) $3/4$ მ ტოლად ანგარიშობდა. ამ ვარაუდით ჩა-

¹ A. Grabau, Bull. New-York State Museum, 1901.

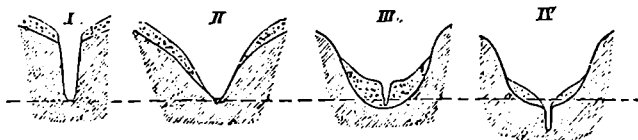
ჩქერის ქვემოთ მდებარე, 7 ინგლისური მილის სიგრძე ხეობის გაჭრისათვის მდინარეს 70.000 წელწადი დასკირდებოდა¹.

კიდევ უფრო ძლიერია ეროზია დევისის ქვაბებში; უკანასკნელნი იქ წარმოიშობიან, სადაც წყალი უფრო ვარდება, ვიდრე მიმდინარეობს, მეტადრე ჩქერების და ჩაჩქერების ძირში. დევისის ქვაბები წყლის ბრუნვითი მოძრაობის შედეგს წარმოადგენენ. ამ მოძრაობის დროს ბრუნვაში მოყვანილი ქვები კალაპოტს სწრაფად ბურღავენ და ქვაბისებურ ჩაღრმავებებს წარმოშობენ. ეკვს გარეშეა, რომ კირქვიანი ალპების მრავალი ვიწრო ხეობა ერთიმეორის გაგრძელებაზე მდებარე, ღრმა დევისის ქვაბების განვითარების გზით არის მიღებული.

ხეობის განვითარება სულ სხვადასხვა სახეს ღებულობს იმის მიხედვით, აშლილ შრეებში არის იგი მოთავსებული თუ აუშლელ წყებებში.

პორიზონტული ან მცირედ დაქანებული შრეების შემთხვევაში წყლის ეროზიისადმი ზედაბირის წინააღმდეგობა დიდ სიერცეზე უცვლელი არის. ამის გამო აქ ხეობის განვითარება შედარებით მარტივ პირობებში მიმდინარეობს. ასეთი მხარეების ხეობებს „წმინდა ეროზიულ ხეობებს“ უწოდებენ და ამით აღნიშნავენ, რომ ისინი მხოლოდ და მხოლოდ მდინარე წყლის მოქმედების შედეგს წარმოადგენენ.

აშლილ შრეებიან მხარეში ხეობების განვითარებაზე გარდა ეროზიისა სხვა გარემოებაც ახდენს გავლენას, კერძოდ შრეების დაქანების ზმირი ცვლა და ქანების სიმაგრის და გამძლეობის სხვადასხვაობა. ამის გამო ამგვარ



სურ. 109. ერთისა და იმავე ხეობის განვითარების სტადიები.

მხარეებში მდინარის ზემო, შუა და ქვემო წელის თვისებები ხეობის სიგრძეზე მრავალჯერ მეორედებიან და ხეობის ერთი და იგივე ნაწილი ერთი მდგომარეობიდან შეიძლება მეორეში გადავიდეს. ძნელად გასაჭრელი კლდეები ნახვავები და მისთანანი ქმნიან გარდიგარდმო დაბრკოლებებს, რომლებიც წყალს წისკვილის კაშხალის მსგავსად აგუბებენ; ამის შედეგად ცოტად თუ მეტად ხანგრძლივი დროის მანძილზე ხეობა ფართოვდება და ფართო კალაპოტს იკეთებს. ხეობის ამ უბნის დაღრმავება შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მას შემდეგ, რაც ეს კაშხალი გაიკვეთება. გაჭრის (I), გაფართოვების (II), ამოკების (III) და (დაბრ-

¹ თუ რაინის ჩაჩქერმა შაფაუხენთან 200 წლის განმავლობაში მხოლოდ ოდნე დაიხია. უკან, და თითქო არ ზისდევს იმ წესს, რომლის თანახმად ყოველი წყალვარდნილი უკან იხევს, ეს მრავალ განსაკუთრებულ გარემოებასთან არის დაკავშირებული: აქ არა გვაქვს ის სურათი, რომელიც ნიაგარაზეა, სადაც მაგარ ქანებს რბილი ქანები უყვებს ქვეშ; ბოდენის ტბის ქვემოთ ზინჭა და რიყის ქვები რაინში არ გვხვდება; დასასრულ, რაინის წყალვარდნილთან იურულ კირქვებს იცავენ სხვადასხვაგვარი წყალმცენარეები, რომლებიც მათ ბალიშით ჰფარავენ.

კოლების საბოლოოდ დაძლევის შემდეგ) ხელახალი ჩაპრის (IV) თანამიმდევრობა სურათ 109-ზე არის ნაჩვენები.

აუშლელი შრეების შემთხვევაში ყველა ხეობები ერთგვაროვანია. აშლილ შრეებიან მხარეში კი ხეობების შრეების მიმართებისადმი დამოკიდებულების მიხედვით შეიძლება გავარჩიოთ გასწვრივი, განივი და ხშირად კი ორი დიაგონალური ხეობები. განივი ხეობების შემდეგი დანაწილება აღარ შეიძლება; გასწვრივი ხეობებს კი, პირიქით, მუდღის ანუ სინკლინურ (სურ. 110 ა), ანტიკლინურ (ბ), იზოკლინურ (ც) და ნახსლეტის (ნაპრა-



სურ. 110. გასწვრივი ხეობის სხვადასხვა სახეთა განივი კრილი.

ლის) ხეობებად ჰყოფენ. უკანასკნელ სახეს ეკუთვნიან არა მარტო ის ხეობები, რომელთა ღერძი ერთი რომელიმე ნახსლეტის ხაზს ემთხვევა, არამედ ისეთებიც, რომელთა ძირი ორ ან რამოდენიმე პარალელურ წვეუტის ხაზს შორის არის მოთავსებული. ამგვარ ხეობებს შეიძლება აგრეთვე ჩაქცევეთი ხეობები ეწოდოს. ამის მშვენიერ მაგალითს წარმოადგენს გერმანიაში შუა რაიონის გრანდენული ხეობა ბაზელსა და ფრანკფურტს შუა; მეორე მაგალითია ლაინეს ხეობა გოეტინგენთან.

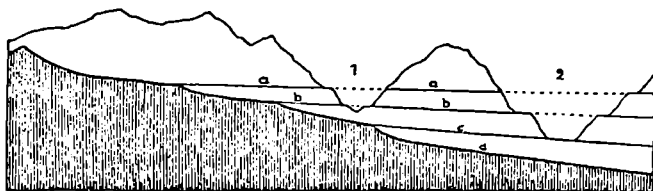
ხეობების ამ დანაწილებაში ყველაზე უფრო დასაბუთებული ჩანს გასწვრივი და განივი ხეობების ჯგუფები. მიუხედავად ამისა ხშირად ხდება, რომ ერთი და იგივე ხეობა სხვადასხვა ნაწილებში ზოგან გასწვრივია, ზოგან კი განივი. ასე, მაგალითად, რონის ხეობა სათავეებიდან მარტინიმიდე ცხადად გასწვრივია, აქედან კი ენევის ტბამდე ასევე ცხადად განივი. ამგვარ ხეობებს რთულ ხეობებს უწოდებენ.

მდინარე წყლის მოქმედება ხეობების შექმნის მხრივ ჩვენ უკვე საკმაოდ გამოვარკვეით, მაგრამ მისგან სავსებით განსხვავებულ და მულამ მასთან ერთად მოქმედ ფაქტორზე—გამოფიტვაზე—ჯერ არაფერი გვითქვამს.

გამოფიტვის მოქმედების შედეგად ხეობის ფერდები ინგრავიან მდინარიდან ზევით და მათ ქანების შესაბამისი მაქსიმალური დაქანება ეძლევა. ამ დროს გამოფიტვა მაგარი ქანების ადვილად დასაშლელი ქანებისაგან გადარჩევას ახდენს და მდინარეს აწვდის ლორღს, რომელსაც უკანასკნელი ნგრავის იარაღად იყენებს. სულ მოკლედ რომ მოვსჯათ, მდინარე წყლის მოქმედება დაღრმავებაში და გაზიდვაში გამოიხატება, გამოფიტვის კი ფერდობების გამომუშავებაში და ლორღის წარმოშობაში.

მაშასადამე, ყოველი ხეობის, როგორც გასწვრივის, ისე განივის დღევანდელი ფორმა არა მარტო ეროზიის, არამედ აგრეთვე გამოფიტვის

მოქმედების შედეგად არის. თვით სინკლინური და ანტიკლინური ხეობებს ნაოქების მიხედვით მხოლოდ დასახული არიან და არა მათი თანამედროვე ფორმით მოცემული. ნასხლეტის და რღვევის ხეობებიც, მართალია, იმის გამო წარმოიშვნენ, რომ წყალი ნაპრალს გაჰყვა, მაგრამ მათი დღევანდელი მორფოლოგია თვით ნაპრალის ფორმას კი არ წარმოადგენს, არამედ შემდგომი გამორეცხვის და გამოფიტვის საქმე არის. არცერთი მოვლენა ისე ცხადად არ გვიჩვენებს, რომ ხეობები ხანგრძლივი ეროზიის მოქმედებით არიან წარმოშობილი, როგორც ხეობის ტერასები. ეს არის ხეობის ფერდობებში გამოკვეთილი საფეხურები, რომლებიც თითქმის ყველა დიდ ხეობაში გვხვდებიან და ხეობის ორივე ან მხოლოდ ერთ მხარეზე, მისი დღევანდელი ძირიდან მეტად თუ ნაკლებად.



სურ. 111. კრილი მთავარი ხეობის ტერასების გასწვრივ, რომელნიც ადგილ-ადგილ შეწყვეტილია გვერდის ხეობის მიერ.
 a—უძველესი; c—უახლესი ტერასი; d—თანამედროვე ხეობების ძირი.

მალა არიან მოთავსებული. მათი ციკაბო კალთა მუდამ ხეობის კალაპოტისა კენ იყურება, ხოლო ზედა დაქაკება ჩვეულებრივ ნაგორები მასალით არის დაფარული.

ტერასები წარმოადგენენ ნაშთს უფრო ძველი ხეობისას, როდესაც ხეობა თანამედროვე სიღრმემდე ჯერ კიდევ არ იყო ჩაჭრილი. უკვე მას შემდეგ, რაც ხეობის ეს ზევით მდებარე ფსკერი წარმოიშვა, მასში ახალი და უფრო ღრმა ხეობა ჩაიჭრა. ეს პროცესი შეიძლება რამდენიმეჯერ გამოვლინდეს და ყოველთვის ახალი ტერასი მოგვეცეს. ხეობის კრილს ტერასების განვითარების შემთხვევაში საფეხურისებური სახე აქვს (სურ. 111a, b და ა. შ.). იქ, სადაც გვერდის ხეობა მთავარს უერთდება, ტერასები წყდებიან (1,2). როდესაც ტერასები კარგად არიან დაცული, მათ ყველასათვის ადვილად შესაძინევი მკვეთრად გამოხატული საფეხურების სახე აქვთ. მაგრამ ფერდობების შემდგომი გამორეცხვისა და გამოფიტვის გამო ისინი ხშირად ნაკლებად ცხადი არიან და ფერდობების გასწვრივ გამოვლინებული ნალექების ზოლებს-ლა წარმოადგენენ. ზოგჯერ ერთი-მეორის ზევით მდებარე ტერასების მთელ რიგს ვხვდებით. თვითოეულ მათგანს მის ქვევით მდებარე ტერასისაგან მეტად თუ ნაკლებად მაღალი ციკაბო ბეჭი ჰყოფს. ასე, ფიქლების მთებში რაინის და მოზელის ხეობებში ტერასების დიდი რიცხვია განვითარებული. ამათგან ყველაზე დაბალი თანამედროვე ხეობის ძირიდან მხოლოდ 5 მ სიმაღლეზე მდებარეობს, ხოლო ყველაზე მაღალი 200 მ სიმაღლეზე.

ტერასების წარმოშობის ახსნისათვის უნდა დავუშვათ, რომ თვითოეული მათგანი ისეთ დროს ეთანადება, რომლის განმავლობაში ხეობის შემდეგი დაღრმავება შეჩერებული იყო და მხოლოდ მისი გაფართოვება და ამოვსება ხდებოდა. პირიქით, ყოველი ტერასის კალთა ჰეულისხმობს ეროზიის ახალ გაცხოველებას, რომელიც უმეტეს შემთხვევაში ზედაპირის აწევასთან და დაქანების ამით გამოწვეულ გადიდებასთან არის დაკავშირებული. ასევე მოქმედობს ზღვის დონის, როგორც ეროზიის საერთო ბაზისის, დაწვევა და ატმოსფერული ნალექების რაოდენობის გადიდებაც. საერთოდ, ზედაპირის დონის და ჰაერის რსევა თავის გამოხატულებას ტერასების წარმოშობაში ჰპოულობს.

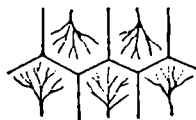
თუ ორი საწინააღმდეგო მიმართულების ხეობა ერთისადაიმავე ქედის ორ მხარეზე იწყება, თვითოეული მათგანი ისწრაფის წყალგამყოფი ხაზისკენ გადაიწიოს და ქედი დაადაბლოს. ამის გამო გამყოფი გარდიგარდმო ზღუდე თანდათან გადაირეცხება, დაბოლოს დაბალ ზღურბლად იქცევა და წინაღ გაყოფილი ხეობები შეერთდებიან.



სურ. 112. ორი ხეობის გამყოფი ზღურბლის (A) თანდათან გადარეცხვა და მისი დაბალ წყალგამყოფ ქედში (ი) გადასვლა.

წყალგამყოფი ქედი ფართო გასწვრივი ხეობის გარდი-გარდმო მდებარეობს. როდესაც ამ დაბალ წყალგამყოფ ზღურბლზე რკინის გზით გადადიან, აზრადაც არვის მოსდის, რომ შავი და ხმელთაშუა ზღვის წყალგამყოფი ხაზი გადალაბა.

აუზისათვის ბრძოლა ცხადად შეგვიძლია დავინახოთ ბელდენდსის (Bad Lands) ადგილად ნგრევად მერგელებში, მისისიპის დასავლეთი შენაკადების აუზში. მთავარ წყალგამყოფს აქ ტეხილი მოხაზულობა აქვს და ისე მიდის, რომ ყოველი გვერდის ქედისკენ წინწამოსულ კუთხეს აჩენს. მრავარი და გვერდის ქედების შეერთების წერტილებს დიდი სიმაღლე აქვთ, მათ შორის მდებარე სერები კი უნაგირასავით არიან ჩაზნექილი (სურ. 113).

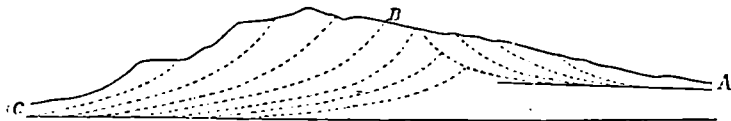


სურ. 113. წყალგამყოფი ქედის მიმართულება Bad Lands-ში (მისისიპის აუზი).

აუზისათვის ამ ბრძოლაში შეიძლება ასეთ შემთხვევას ჰქონდეს ადგილი: მდინარე, რომელიც წყლის მეტი რაოდენობის ან ქანების ნაკლები წინააღმდეგობის გამო უფრო სწრაფად მუშაობს, მეზობელი მდინარის ხეობაში გვერდიდან იჭრება და მის შენაკადებს იტაცებს. ამ, ბუნებაში არც თუ ისე იშვიათ მოვლენას, მდინარის წარტყევედას ეძახიან (სურ. 114).

მთის ხეობის ორტოტვა ყველაზე უკეთ ამგვარი ეროზიით აიხსნება. ამის ცნობილ მაგალითს წარმოადგენს რაინი ზარგანსთან. იმის მაგიერ, რომ მდინარემ განაგრძოს გზა ჩრდილო-დასავლეთისკენ ვალის და ცურბის ტბების გაშლილ ხეობაში, როგორც ეს ერთ დროს იყო, ის უეცრად ჩრდილოეთისაკენ

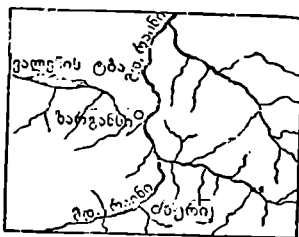
უხვევს და მაღალ ქედს ჰკვეთს. მდინარე ვეზერის მიერ ვესტფალიის კარის (Porta Westfalica) გარღვევა მეორე მაგალითს წარმოადგენს. ვეზერი, ნაცულად იმისა, რომ განეგრძო თავისი მიმდინარეობა ვეზერის მთების სამხრეთი კალთების ძირში მდებარე ხეობით, რომელიც მისთვის არავითარ დაბრკოლებას არ წარმო-



სურ. 114. მაღლად მდებარე და ნელი განვითარების პროცესში მყოფი ხეობის (AB) მეორე უფრო ვენეზიგულიად მოქმედი და საწინააღმდეგო მიმართულების ხეობის მიერ წარტყვევნა.

ადგენს, უეცრად ჩრდილოეთისაკენ უხვევს და ვიწრო ხეობით ჰკვეთს ვესტფალიის ქედის კირჭეებს (სურ. 115 და 116).

ბუნებრივი გზიდან მდინარის ამგვარ გადახვევას წინათ ხსნიდენ ღრმა გარდობიარდმო ნაპრალის წარმოშობით, რაც მდინარეს ძველი გზიდან გადახრიდა.



სურ. 115 და 116. რაინის ხეობა ზარგანსთან და ვეზერის ფლოთოსთან.

მაგრამ ხეობაში შექრა უკუსელითს ეროზიასაც შეუძლია და უმეტეს შემთხვევაში უპირატესობა ამ დადასტურებელ ახსნას უნდა მიეცეს.

განივი ხეობების წარმოშობის მიზეზები დიდი ხნის განმავლობაში არ იყო ცნობილი; მეტადრე იმ ხეობებისა, რომლებიც შედარებით დაბალ მხარეებში იწყებიან და მაღალ ქედებს ჰკვეთენ. წინათ ფიქრობდნენ, რომ ამგვარი გამკვეთი ხეობების წარმოშობა მხოლოდ ორი გზით შეიძლებოდა მომხდარიყო: ან ქედი დააგუბებდა წყალს და წყალი მას გადალახავდა და გასჭრიდა, ან და ხეობა წარმოიშობოდა ნაპრალის ადგილზე, რომელიც ქედში გასავალს გააჩენდა. მაგრამ ამგვარი ხეობების წარმოშობის ახსნაში ყოველგვარი სიძნელეები დაძლეული იქნება, თუ მივიღებთ, რომ ქედი კი არ არის გამკვეთ მდინარეზე ძველი; არამედ უკანასკნელი არის ქეზე უფრო ძველი. ამ შემთხვევაში მდინარეს მეტწილად შესწევს ძალა შეინარჩუნოს თავისი კალაპოტი ერთსადაიგივე დონეზე და თანდათანობით გაკვეთოს უმაღლესი ქედებიც კი, რომლებიც მის გზაზე აიმატებიან.

არსებობს სხვა შეხედულებაც, რომლის მიხედვით ხეობების განლაგება და უორმა აშგვარსა და სხვა შემთხვევებში ხშირად შეიძლება ახსნილ იქმნას ჩვენგან დაშორებულ დროში არსებული პირობებით, როდესაც მდინარეების კალაპოტები მიწის ვაცილებით უფრო მაღლა მდებარე, ეხლა მთლიანად გადარეცხილ ზედაპირში იყვნენ ჩაჭრილი. ასეთ მდინარეებს შეეძლო შემდეგში ადგილზევე ღრმად ჩაქრილიყვნენ შვეულად და უფრო ძველ, ქვევით მდებარე შრეებში თავდაპირველი მიმართულება შეეხარჩუნებიათ. ამგვარ ხეობებს, რომელთა წარმოშობის ახსნა მხოლოდ ძველი გეოლოგიური პირობებით შეიძლება, ეპიგენეტური ხეობები ჰქვიათ.

მუდამ უნდა გვახსოვდეს, რომ ჩვენი დიდი ხეობების უმრავლესობა გრძელი, ცვლილებებით საესე ისტორიის შედეგს წარმოადგენს. საერთოდ, ეს ისტორია წარმოადგენს ტექტონიკური და ეროზიული პროცესების ბრძოლას, რომელიც კლიმატურ ცვლილებათა, გამყინვარებათა და სხვა მოვლენათა გამო მეტად რთული არის.

დასასრულ, მოკლედ შევხებით ეროზიის საბოლოო შედეგის საკითხს. ჩვენ უკვე გამოვარკვიეთ, რომ იქ, სადაც ორი მდინარე ერთ ხაზზე მდებარეობს და მათ გამყოფ ქედში ორი მოწინააღმდეგე მხრიდან იჭრება, წყალგამყოფი ქედი თანდათან გადაირეცხება და, დაბოლოს, ორივე ხეობა შეერთდება. რაღაც ამის მსგავსი შესაძლებელია იმ შემთხვევაშიც მოხდეს, როდესაც ერთი მეორის გვერდით ორი პარალელური ხეობა გვაქვს. მათი გამყოფი ქედი თანდათან დაბლდება და, დასასრულ, ეს ორი ხეობა ერთ ხეობად იქცევა.

თუ წარმოვიდგინოთ, რომ ეს პროცესი ვრცელდება მთელ მთიან მხარეზე, რომელიც მრავალრიცხოვანი ხეობებით არის სხვადასხვა მიმართულებით დასერილი, მაშინ იმის წარმოდგენაც შეიძლება, რომ საკმაოდ ხანგრძლივი ეროზიის და წვიმების მიერ გადარეცხვის შედეგად მხარე საბოლოოდ მისი თავდაპირველი რელიეფის სრულიად დამოუკიდებელი, ნამდვილ ვაკედაბლობად გადაიქცევა. ეს ვაკე ეროზიის ყველაზე დაბალ ბაზისზე, ე. ი. ზღვის დონეზე მხოლოდ ოდნავ მაღლა იქნება განლაგებული და მის ზედაპირზე მხოლოდ აქა-იქ იქნება ვაკე და დაბალი ტალღებრივი ამალღებანი და მცირე გორაკები—წინანდელი წყალგამყოფი ქედების უკანასკნელი ნაშთები.

ამგვარმა მსჯელობამ ამერიკელი გეოგრაფი დევისი (Davis) ევრეთწოდებული პენეპლენის, როგორც ხანგრძლივი ეროზიული მუშაობის საბოლოო შედეგის, თეორიამდე მიიყვანა. ეს ტერმინი შეიძლება ითარგმნოს როგორც „თითქმის ვაკე“ ან „გადარეცხვილი“ ან კიდევ „ნაშთი ვაკე“. დევისის აზრით პენეპლენი წარმოადგენს ეროზიული ზედაპირის საბოლოო ფორმას ანუ მისი მოხუცებულიობის მდგომარეობას. მის შექმნაში მთავარი როლი მდინარეებს ეკუთვნის. ეროზიამ უნდა შექმნას თითქმის სრული ვაკე, რომლის სიმაღლე ზღვის დონიდან მით უფრო ნაკლები იქნება, რაც უფრო ხანგრძლივად მოქმედებდა გადარეცხვა.

ქვემოთ ჩვენ დავინახეთ, ზოგად, თუ კონტინენტი ქვევით იწევს, მისი მოცვეთა და მოსწორება ზღვის ტალღებსაც შეუძლიათ და ამ შემთხვევაშიც წარმოშობილი მოსწორებული ზედაპირი თითქმის ზღვის დონის სიმაღლეზე იქ-

ნება განლაგებული. მაგრამ გასაგებია, რომ ეროზიულ თითქმისვაკეს (ზღვიურისაგან განსხვავებით) მაინც ყოველთვის შერჩება წინანდელი ხეობების სისტემის და წყალგამყოფი ქედების ნიშნები.

გასაგებია, რომ პენეპლენის საბოლოოდ გამომუშავებას წინ უძღვის ნაკლები გადარეცხვის სტადიები, რომლებსაც დევისი, ადამიანის სიცოცხლის ანალოგიით, ახალგაზრდობის, მოწიფულობის და სიბერისას უწოდებს.

ახალგაზრდობის სტადიაში ზღვის დონიდან საკმაოდ მაღლა მდებარე რელიეფში ჩაქრილ ხეობებს კიდევ ვიწრო, ციცაბო ფერდებიანი განაკვეთი აქვთ. ხეობის ფსკერი არ არის მოსწორებული. ხეობის დაქანება დიდი არის და მის გასწვრივ დაქანების მრავალ გადატეხას, საფეხურს, ჩაჩქერსა და ტბას ვხვდებით. ახალგაზრდობის სტადიაში მდინარეები სწრაფად მიმდინარეობენ, ხოლო წყალგამყოფი ქედები მუსმევი გადანაცვლებას განიცდიან.

მოწიფულობის სტადიაში ჩვენ უკვე არ ვხვდებით ჩაჩქერებს და ტბებს. ხეობები უფრო ფართო და დამრეცი არიან და მოვაკებული ფსკერი აქვთ. მდინარეები მათსავე ნალექებში მრავალგზის მიხვეულ-მოხვეულ კალაპოტს მიჰყვებიან. გადარეცხვა უკვე სათავეებამდე აღწევს და წყალგამყოფი ქედები ახლა დაბალ, ბრტყელ მორგვალეებულ ქედებს წარმოადგენენ. ეს სტადია თანდათანობით. სიბერის სტადიაში გადადის. ხეობები ახლა ბრტყლად ჩაზნექილი ფორმისა და ფართო არიან; მდინარეებს მხოლოდ გამოფიტვის უწვრილესი მასალის შლამის ზღვაში გატანისთვის საჭირო ძალა აქვთ. მეზომელ ხეობებს და ხეობების სისტემებს შორისი ქედები ბრტყელ და ფართო ტალღებრივ, ამალეებებს წარმოადგენენ. ამრიგად წარმოიშობა ტალღებრივი, ბრტყელმორგვალეებული ფორმის რელიეფი, რომელიც ზღვიდან მდინარეთა სათავეებისაკენ შეუმჩნეველად მალდება. მხოლოდ აქა-იქ ქანების გადარეცხვისადმი დიდი წინააღმდეგობის უნარის გამო შერჩენილი არის მთების ნაშთები ანუ „მოწმეები“.

ეროზიის გეოგრაფიული ციკლი¹, როგორც მას დევისი უწოდებს, ამით სრულდება. მაგრამ, თუ მოსწორებული ზედაპირი ისევ მაღლა აიწევს, შეიძლება დაიწყოს ეროზიის ახალი ციკლი. მაშინ მდინარეები ხელახლავ იწყებენ კალაპოტის ჩაღრმავებას და რამოდენიმე ხნის შემდეგ ძველი პენეპლენი გადაიქცევა ახალგაზრდობის სტადიის ნიშნების მქონე მხარედ. უფრო გვიან, ამას მოწიფულობის და შემდეგ სიბერის სტადია მოჰყვება. მართლაც, შევიცარის იურის მთებში შეიძლება ეროზიის ორი ციკლის კვალის გარჩევა, ალევანის მთებში—სამისა.

არიდულს ანუ მშრალი ქვეყნების ეროზიულ ციკლს და მაღალი განედების ნივალურ (ანუ მყინვარულ) ციკლს დევისი ეროზიის ამ ნორმული ციკლის ქვესახეებად სთვლის და მათ ზღვიურ ციკლს უპირისპირებს. უკანასკნელი გამოწვეულია ზღვის ტალღების მოქმედებით ნაპირზე და

•

¹ გამოთქმა ციკლი აქ ნიშნავს არა მობრუნავს, არამედ თანმიმდევრობა.

აქაც შეიძლება გაეარჩიოთ საწყისი, მომდევნო და ბოლო სტადიის ფორმების თანამიმდევრობითი გადასვლა ერთი მეორეში.

ჩვენ მაინც საეკვოდ მიგვაჩნია, რომ სინამდვილე ამ თეორიულ წარმოდგენას ეთანხმებოდეს, რომ მდინარეებს, წვიმებს და გამოფიტვას თავისთავად შეეძლოთ ვრცელი, ძლიერ დასერილი მხარის პენებლენად გადაქცევა. ამგვარი მოსწორება უთუოდ კიდევ დასაშვებია იმ მხარეებისათვის, რომლებიც ერთნაირი შედგენილობისა და ადვილად დასაშლელი ქანებისგან შედგებიან. მაგრამ განა შეიძლება ამის წარმოდგენა არაერთგვაროვანი აგებულობის მხარეებისათვის? უნდა ვიფიქროთ, რომ ამ შემთხვევაში მაგარი ქანების მასივები სუსტ ქანებთან შედარებით ყოველთვის უფრო ამაღლებული იქნებოდნენ და ამ რიგად სრული მოსწორება არასდროს არ იქნებოდა მიღწეული. ყოველი პენებლენის წარმოშობა მოითხოვს ხანგრძლივ დროს, რომლის განმავლობაში ორი, ხეობების წარმოშობისათვის განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი პირობა, — ატმოსფერული ნალექების წლიური რაოდენობა და ეროზიის ბაზისის დონე, — არსებით ცვლილებებს არ უნდა განიცდიდეს. მაგრამ განა სინამდვილეში შესაძლებელია, რომ შავა და მიწის ზედაპირის დონე მთელი გეოლოგიური პერიოდის მანძილზე უცვლელი რჩებოდეს ხოლმე?

სწორედ ამიტომ არის, რომ გეოლოგიურ წრეებში დევისის შეხედულებამ მომხრეების მხოლოდ მცირე რიცხვი მოიპოვა. ბევრი ცნობილი გეოგრაფიც კი მას მეტად თუ ნაკლებად კრიტიკულად უმზერს.

ტბების მოქმედება¹.

ტბები სულ სხვადასხვა გეოგრაფიულ და გეოლოგიურ პირობებში გვხვდებიან და ხშირად ერთად არიან დაჯგუფებული. მათი სიღრმე ყოველთვის შედარებით მცირეა. უღრმესი ტბის, ბაიკალის სიღრმე, რომელიც 2000m აღემატება, ზღვის უდიდესი სიღრმის მეხუთედსაც არ აღწევს.

ტბები ყველა არ არიან გამდინარე. მშრალ ქვეყნებში მდინარეების უმრავლესობა გაუღდინარ ტბებში ბოლოვდება. ამგვარი ტბებისათვის ჩვეული მარილიანობა წარმოშობილია არა მათი მიდამოს მარილის საბადოებისაგან, არამედ ათი მკვებაეი მდინარეების წყლის მიერ შემოტანილი მარილებისგან. იმ დროს, როდესაც გამდინარე ტბებიდან ეს მარილი წყალს ისევ გააქვს, გაუღდინარ ტბებში იგი განუწყვეტლივ გროვდება. ასე რომ ეს ტბები დროთა განმავლობაში აუცილებლად მარილიანი ხდებიან.

როდესაც ხეობების წარმოშობაზე იყო ლაპარაკი, ტბები აღნიშნული იქნენ როგორც ხეობის ახალგაზრდობის დამახასიათებელი ნიშანი. მართლაც ძნელია სხვა ისეთი სწრაფწარმავალი მოვლენის ნახვა, როგორც არის ტბა. ან მისი აუზი ამოივსება, რასაც, გეოლოგიური ენით რომ ვსთქვათ, მხოლოდ მოკლე დრო სჭირდება, ანდა ტბა და მისი ფუძეც ხეობის განვითარების პროცესში გადაირიცხება.

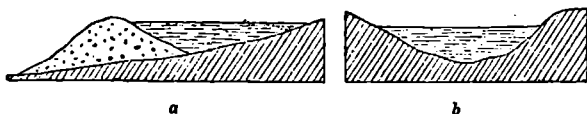
¹ Forel, Handbuch der Seenkunde, Ratzels Geogr. Handbücher, IX, 1901.

თუ ტბების მათი წარმოშობის მიხედვით დაყოფას ვცდით, შეიძლება გავარჩიოთ: 1. ეკზოგენური, ე. ი. გარე ძალების და 2. ენდოგენური, ე. ი. შიგა (ტექტონიკური) ძალების მოქმედებით წარმოშობილი ტბები. ეკზოგენურ ტბებში კიდევ არჩევენ დაგუბების და ამოლრუების გზით წარმოშობილ ტბებს. ამრიგად შევადგე დაყოფას ვლედულოთ:

1. ტბების წარმოშობა ენდოგენური ძალების მიერ (დისლოკაციები).
2. " " ეკზოგენური " " { a) დაგუბების გზით
b) ამოლრუების "

1. ეკზოგენური ტბები.

a) დაგუბებითი ტბები. ამ ჯგუფს ეკუთვნიან უმთავრესად ის ტბები, რომელნიც დაგუბებული არიან ზევეების, ლორღის კონუსებისა და მისთ. მიერ, ძველი მყინვარის ბოლო მორენით დაგუბებული მორენული ტბები, სანაპიროს ტბები, ლანგუნები და ჰაფები, სანაპირო



სურ. 117. დაგუბებითი (a) და ამონალრუვი (b) ტბები.

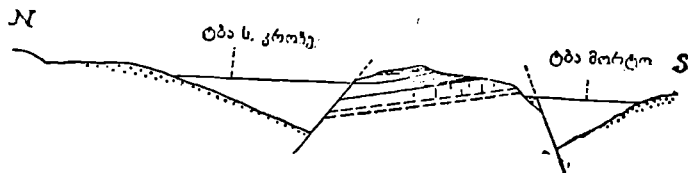
ნალექის კორდონის, ღუნებისა და მისთ. მიზნით წარმოშობილი, ატოლის ტბები, რომელნიც წარმოდგარი არიან მარჯნების რგოლისებურ ნაგებობათა შეშწობით ზღვის მცირე აუზების გამოყოფის გზით და სხვა.

b) ამონალრუვი ტბები. ამ ჯგუფში შედიან ეროზიული ტბები, რომელნიც მდინარე წყლის მიერ ამოთხრილ როფისებურ ჩაღრმავებებში წარმოიშობიან. ასეთი არიან ჩრდილო-გერმანიის დაბლობების ვიწრო და გრძელი როფისებური ტბები, რომელთა აუზები წყლის მიერ გამორეცხვის შედეგს უნდა წარმოადგენდნენ. მყინვარულ ტბებს ეკუთვნიან ალპებში თოვლეთის ხაზის მახლობლად მდებარე პატარა, რგვალი, კლდეში ამონალრუვი ტბები და მათივე მსგავსი ცირკული ტბები ტატრაში და სხვა წინათ მყინვარებით დაფარულ მხარეებში. ალპების პერიფერიაზე მდებარე დიდი ტბების, რომელთა სიღრმე 200-დან 300 მ-მდე აღწევს, წარმოშობასაც პენკი (Penck) და ბრუქნერი (Brückner) მყინვარების მოქმედებით ხსნიან. გამორჩეული ტბები, ქვამარილს და თაბაშირის მიწის ქვეშა მასების გახსნის შედეგად არიან წარმოშობილი (მანსფელდის ტბები და სხვ.).

2. ენდოგენური ტბები.

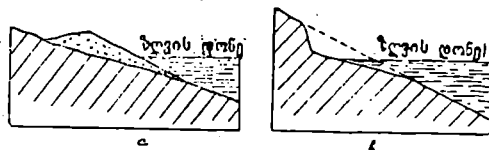
ამ ჯგუფის ტბებად ითვლებიან უმთავრესად ტექტონიკური ტბები, რომელთა აუზები ტექტონიკური პროცესებით, მეტადრე შრეების ჩაწევიით და დანაოკებით არიან წარმოშობილი. ასეთი არიან გრაბენული ტბები (გარდის

უბა, პლატენის ტბა, მკედარი ზღვა) და სხვა ნახსლეთის ტბები; რუტიმეი-ერის, ჰაიმიის (Heim) და სხვების ახრით, ალპების პერიფერული ტბების უმრავლესობა აგრეთვე ამ ტიპს ეკუთვნის. მათი ახრით, ჩაღრმავებათა წარმოქმნა მთების პერიფერიის იმ დაწვეასთან უნდა იყოს დაკავშირებული, რომელიც ალპების წარმოშობას მოჰყვა და რომელიც მათ ჩრდილო მხარეზე დაახლოვებით 400 m აღწევს. ეს დაწვევა ყველა მთაყარმა ხეობამ განიცადა.



სურ. 118. ლაპინიის ტბების (სავენევიოს ალპები). კრილი 1:100,000 (Futterer-ის მიხედვით).

ტბების გეოლოგიური მოქმედება შედარებით უმნიშვნელოა ჩვენ შიერ ზემოთ აღნიშნული მათი ხანმოკლეობის გამო, მათ გარკვეული მნიშვნელობა აქვთ მათში გამავალი მდინარეებისათვის, რომლებზედაც მოქმედობენ რო-



სურ. 119. სანაპირო კორდონისა და ტერასის წარმოშობა ტბის ნაპირზე.

ვორც „რეგულატორები და გამწმენდები“. ტბებს ქვემოთ ამ მდინარეებში წყლის მასა ვაცილებით უფრო თანაბარია, ვიდრე ზემოთ. უნდა აღინიშნოს შემდეგ სანაპირო კორდონების წარმოშობა, რომელნიც (მსგავსად იმისა, როგორც ეს ზღვის ნაპირზე ხდება) ტალღების მიერ გამოტანილი ხეინკის და ქვიშის გრძელ ჯგბირებად არიან დაგროვებული (სურ. 119 ა).

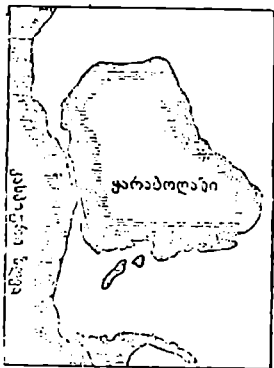
ციცაბო ნაპირების შექმნევაში აგრეთვე ჩვეულებრივ მოვლენას წარმოადგენენ სანაპირო ტერასები (სურ. 119 ბ). უკანასკნელნი წარმოიშობიან ნაპირზე ტალღების ცემის გამო იმის მსგავსად, როგორც ეს ზღვის ციციბო ნაპირზე ხდება, აქაც წარმოებს ნაპირის შიგადაშიგ გამონგრევა და თანდათანობით გამომუშავდება ტბისაკენ დაქანებული საფეხურისებური დავაკება. უკან საფეხურები ციციბო კოდმით („Kliff“) ისაზღვრებიან. თუ კლიმატური ან სხვა ცვლილებების გამო ტბის დონემ ქვევით დაიწია, სანაპირო ტერასი მაღალ ტერასად იქცევა, ტბის დაწეული დონეზე კი ამდროს ახალი სანაპირო ტერასი

წარმოიშობა. ასეთი მაღალი ტერასები დაკავშირებული არიან, სხვათაშორის, მკვდარ ზღვასთან, ზემო ტბასთან და მეტადრე ჩრდილო ამერიკის დიდ მარილიან ტბასთან. ტალღების მოქმედების კიდევ უფრო მკაფიო შედეგი არის, დასასრულ, კლდის სვეტები, კლდეკარები, გამოქვაბულებები და მისთ., რომელთაც დიდი ტბების კლდოვან ნაპირებზე ვხვდებით, მაგალითად ზემო ტბის ნაპირებზე ჩრდილო ამერიკაში.

ტბიური ნალექები ნაწილობრივ მექანიკური, ნაწილობრივ ორგანიული, ნაწილობრივ კი ქიმიური არიან. მექანიკური ნალექები რიყის ქვების, ზვისების, ქვიშისა და ლამისგან შედგებიან, ორგანიული კი ხრწნითი შლამისა და ევრეთ-წოდებული ტბიური ცარცისგან. განსაკუთრებით დიდი მნიშვნელობა აქვთ ქიმიური ნალექებს და ამათგან უმთავრესად მარილიანი ტბების ნალექებს, როგორცაა ჩრდილო ამერიკის დიდი მარილიანი ტბის, ელტონის ტბის, მკვდარი ზღვისა და სხვათა ნალექები. ყველა ამ ტბების წყალი უმეტესად მარილებით გაჯერებულ ხსნარს წარმოადგენს, რომელიც მკარაობ NaCl ან MgCl_2 ერთად კიდევ CaSO_4 , MgSO_4 , Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaCl_2 , KCl და სხვ. შეიცავს. გასაგებია, რომ წლის მშრალ პერიოდში ამგვარი ტბების ნაპირებზე და ფსკერზე მარილის დიდი რაოდენობა ილექება — ელტონის ტბაში ყოველწლიურად $1\frac{1}{2}$ —2 მილიონი ცენტნერი. ყოველ ექვს გარეშეა, რომ გეოლოგიური

წარსულიდან დარჩენილი მრავალრიცხოვანი მარილის საბადოები აგრეთვე მსგავსი გზით, ე. ი. მარილიან შიგა ტბებში დალექვით არიან წარმოდგარი. მარილის საბადოების წარმოშობის დრო, როგორც წესი, ზღვის უკან დახვევის (რეგრესიის) პერიოდს ემთხვევა ხოლმე. ასე იყო, მაგალითად, შუა მუშელკალკში და ზედა ცეზუტაინში. საფიქრებელია, რომ მარილის ყველა ამგვარი საბადო წარმოიშვა მარილიან გუბეებსა და ტბებში, რომლებიც აღრინდელი უბეების ზღვისგან მოწყვეტის გამო წარმოდგნენ.

ყარაბოლაზი იმის კარგ მაგალითს იძლევა, თუ როგორ არის შესაძლებელი, რომ დიდი შიგა ტბის და, განსაკუთრებულ პირობებში, ზღვის მთელი ნაწილის მარილიც კი ერთ გათვისებულ უბეში დაილექოს. ეს არის დიდი, არალრმა უბე, რომელიც კასპიური ზღვის



სურ. 120. ყარაბოლაზი. 1:5000000.

აღმოსავლეთით მდებარეობს და უკანასკნელთან მხოლოდ თხელი არხით არის შეერთებული. ვინაიდან ყარაბოლაზის მიდამოები ძლიერ ცხელი და საფსებით მშრალი არიან, იგი დიდხანია დაშრებოდა, რომ აორთქლებული წყლის მავიერ კასპიური ზღვიდან ახალი წყალი არ შეპოდიოდეს. მაგრამ რადგან წყალთან ერთად ყარაბოლაზში განუწყვეტლევ მარილის ახალი რაოდენობა შემო-

დის, მისი წყალი თანდათან მარილით გაჯერებულ ხსნარად გადაიქცა, რომლიდანაც დიდი ხანია დიდძალი მარილის გამოყოფა ხდება.

ცალკეული მარილების აპკვარი ტბებიდან გამოყოფის თანამიმდევრობა სრულიად ისევე, როგორც ზღვის წყლიდან მარილის ხელოვნურად (დულებით) მიღების შემთხვევაში, მათ ხსნადობაზე არის დამოკიდებული. როგორც ხელოვნური დაღეჭვის დროს, პირველად ყველაზე ძნელად ხსნადი CaSO_4 გამოიყოფა „ქვების ქვის“ სახით, ხოლო შემდეგ უქოთავრესად საკმელო მარილი (NaCl) სანამ, დასასრულ, ხსნარში ყველაზე ადვილად ხსნადი K და Mg -ის შენაერთები, ვერთწოდებული დედო ხსნარის მარილები არ დაჩვენებან; ასევე ბუნებაშიც, პირველად თაბაშირი ან ანჰიდრიტი, შემდეგ ქვამარილის მთავარი მასა და ბოლოს K და Mg მარილები უნდა დაიღეკოს.

მარილების ბუნებრივი გამოყოფა მართლაც რომ ამრიგად მიდის, ამას ცხადად გვიჩვენებენ სტასფურტის განთქმული მარილის საბადოები, სადაც სხვადასხვა მარილები მათი ხსნადობის შესაბამისი თანამიმდევრობით არიან ერთიმეორეზე განლაგებული. ქვეშ მდებარე ანჰიდრიტის მძლავრ მასას ზევით უშუალოდ მოჰყვება 360 m სისქე ქვამარილის ზონა ანჰიდრიტის ან ზოგჯერ პოლიჰალიტის შიგ ჩართული კატარა ლინზებით. შემდეგ მოდის 56 m სისქე ქვამარილისავე ზონა K და Mg მარილების (კარნალიტი, კიზერიტი) თხელი ფენებით და მხოლოდ ამის შემდეგ იწყება 42 m სისქე საკუთრივ კალიუმის მარილების ზონა, რომელიც უქოთავრესად კარნალიტისგან შედგება კიზერიტის, ქვამარილისა და სხვა მარილების მინარევებით.

ჰინდულის მოკმელება¹.

ცნობალია, რომ საშუალო წლიური ტემპერატურა თანდათანობით მცირდება უკვატორიდან პოლუსებისაკენ და ზღვის დონიდან მაღლა ასვლისას. ორივე ამ შინაართულებით შეიძლება ისეთი მხარეების მიღწევა, სადაც ატმოსფერული ნალექების მეტი წილი თოვლის სახით მოდის, და, დაბოლოს, ისეთებისა, სადაც ზაფხულის სითბოს აღარ შეუძლია მთელი თოვლის გადნობა და სადაც ამის გამო თოვლს მთელი წლის განმავლობაში ეხვდება. ასეთ მხარეს მუდმივი თოვლის მხარე ანუ თოვლეთი ჰქვია, მისი ქვედა საზღვარს კი — თოვლეთის საზღვარი ანუ თოვლეთის ხაზი.

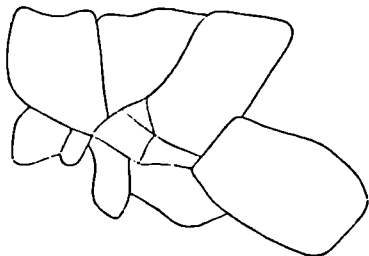
თოვლეთში დაგროვილი თოვლის მასები ხეობებში ორგვარად ჩამოდის: ან წყვეტილად, შვაგების სახით ან და სრული თანდათანობით, მყინვარების (გლეტჩერების) სახით.

შვაგები ჩამოწყვეტილი თოვლის მასებისაგან შედგებიან და ძალიან ხშირი არიან ციცაბო კალთებიან მაღალ მთებში, თუმცა, მართალია იშვიათად, შუა სიმაღლის მთებშიც გვხვდებიან, მაგალითად, შვარცვალდში და რიზენგე-პირგეში (ბოჰემი).

¹) A. Heim, Handbuch der Gletscherkunde, Stuttgart 1885.

გაცილებით უფრო მეტი მნიშვნელობა აქვთ მყინვარებს. ყოველ ნაშდვილ მყინვარში არჩევენ: 1. თოვლეთის ხაზის მაღლა მდებარე ფირნის ველს, რომელიც მყინვარს ჰკვებავს და მაღალ მწვერვალებს და ქედებს შორის მოქცეულ მეტად თუ ნაკლებად ღრმა ტაფობს წარმოადგენს, და 2. თოვლეთის ხაზის ქვევით მდებარე ყინულის ნაკადს — საკუთრივ მყინვარს (გლეტჩერს).

ყინულის სტრუქტურა. ფირნი კრისტალურ-მარცვლოვან მასას წარმოადგენს და ძლიერ განსხვავდება თოვლისაგან, რომელიც ყინულის ნაზი კრისტალების მსუბუქი აგრეგატებისგან შედგება. ფირნი თოვლის-



სურ. 121. გრენლანდის მყინვარის ყინულის მარცვლოვანი სტრუქტურა.

გან წარმოიშობა უკანასკნელში თბილი ჰაერის, წვიმისა და თოვლის დნობისგან მიღებული წყლის ჰოქმედების შედეგად. ფირნის ყოველი მარცვლი ერთდერძიან (სრულიად სხვადასხვაგვარად ორიენტებულ) კრისტალს წარმოადგენს (სურ. 121). ფირნის ყინული ზემოთ, სადაც ის ფირნის ველში გადადის, მოთეთრო და მღვრია ფერისაა, რადგან ბლომად შეიცავს ჰაერის ბუშტულებს, ხეობისაკენ კი ჰაერის ბუშტულები თანდათან განიძევენებიან და ყინული უფრო და

უფრო გამკვირვალე და სუფთა ცისფერი ხდება. ვინაიდან ფირნის ყინული თოვლის მასების ერთი მეორეზე დაგროვების შედეგს წარმოადგენს, ის კიდევ დიდხანს ინარჩუნებს მეტად თუ ნაკლებად ცხად შრეებრივობას.

მყინვარის ყინულისათვის დამახასიათებელი ეგრეთწოდებული ცისფერ-ზოლური სტრუქტურა (ზოლიანობა) ჰაერით ღარიბი ცისფერი და ჰაერით მდიდარი თეთრი ყინულის ფენების მორიგეობისგან წარმოადგება. მისი წარმოშობა საეცებით ახსნილი ჯერ არ არის. მყინვარის კიდებთან ეს ფენები ციკაბოდ შიგნიდან დაქანებული არიან, მყინვარის შიგნით კი ჰორიზონტულს უახლოვდებიან და ამრიგად გლეტჩერის როფისებურ კალაპოტზე არიან მორგებული. ზოგ მკვლევარს ამ მოვლენის შრეებრივობასთან დაკავშირება უნდოდა, ხოლო ტინდალი (Tindalle) და სხვები მაში დაწოლის შედეგად მიღებულ თავისებურ ფიქლებრივობას ჰხედავდნენ. ბოლო დროს უპირატესობას აძლევენ შეხედულებას, რომ ეს ნაპრალებში ჩასული წყლის გაყინვის შედეგად არის. იგულისხმება ნაპრალები, რომელნიც მყინვარის ყინულის მოწყვეტის სიბრტყეების გასწვრივ ჩნდებიან მისი ეგრეთწოდებული ღიფერენციული მოძრაობის გამო.

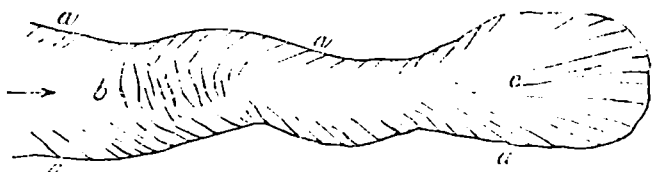
მყინვარის მოძრაობის თეორია. თავისთავად ცხადი უნდა იყოს, რომ შეუძლებელია მყინვარის ყინული ერთ ადგილზე იღვას, რომ ის, პირიქით, უნდა მოძრაობდეს, რადგან მყინვარის ბოლოში დნობის გამო მიღებული დანაკარგი ზემოდან ჩამოწოლით რომ არ ნაზღაურდებოდეს, მყინვარს ხომ თანდათანობით უკან უნდა დაეხია და, დასასრულ, სულაც უნდა გამქრალიყო. მყინვარის მოძრაობა განუწყვეტლივია და მისი სისწრაფე დაქანებისთან

და ყინულის მასასთან ერთად იზრდება. ალპების უდიდეს მყინვარებში ის დღეში მეტრის რამოდენიმე მეათედს აღწევს, ხოლო აზიის მაღალი მთების უზარმაზარ მყინვარებში და გრენლანდზე—რამოდენიმეჯახ მრავალ მეტრამდე. ეს არის მდორედ მიმდინარე მასის მოძრაობა: როგორც ყოველ მდინარეში, აქაც შუა ნაწილი კიდებებზე უფრო სწრაფად მოძრაობს (ეგრეთწოდებული დიფერენციული მოძრაობა).

მყინვარის ყინულის ამგვარი პლასტიურობა დიდხანს აფიქრებდა გეოლოგებს და ფიზიკოსებს. პირველი შემთხვევით ის სრულიად ეწინააღმდეგება ყინულის ყველასთვის ცნობილ სიფიცხეს და მსხვერველდაობას, რომელთა გამომხატველია მრავალრიცხოვანი ნაპრალები, რომლებითაც მყინვარი ჩვეულებრივ დასერილი არის. მყინვარის მოძრაობის მთავარი მიზეზები არიან ნაწილობრივ დიდი დაწოლა, რომელსაც ყინული მყინვარის ყველა ნაწილებში განიცდის, ნაწილობრივ კი ეგრეთწოდებული რეჟელაცია (ახლად შეყინვა). დაწოლის გამო ყინული წვრილი მარცვლების გზად იქცევა. მარცვლები დაწოლას უთმობენ და ერთმანეთის მიმართ ისე გადაადგილდებიან, რომ ყინულს ყოველგვარი ფორმა შეუძლია მიიღოს. ამ მოვლენას ხელს უწყობს ისიც, რომ გაყინვის წერტილი წნევის გამო დაბლა იწევს, რის გამო ყინული ყინულისა და წყლის ნარევიად იქცევა. მაგრამ როგორც კი



სურ. 122. მყინვარის მოძრაობის უდიდესი სიჩქარის ხაზი.



სურ. 123. კიდის (ა), გარდიგარდმო (ბ) და სივრცითი (ც) ნაპრალები მყინვარში.

ეს ნარევი ახალ ფორმას მიიღებს, წნევა მცირდება და გაყინვის წერტილი ისევ 0°-მდე იწევს: წყალი ისევ ყინულად იქცევა და ყინულის პატარა მარცვლებს ერთ მთლიან სხეულად აკავშირებს,—რეჟელაცია სწორედ ამას ჰქვია. იგი საესებით საკმარისია მყინვარის მოძრაობის და ფარმის ცვლისა და პლასტიურობის ასახნელად¹.

მყინვარის მოძრაობასთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული ყინულში ნაპრალების წარმოშობა. ყველაზე უფრო ხშირად ეს არის კიდის ნაპრალები, რომლებიც მყინვარის კიდებებზე წარმოიშობიან და ირიბად მყინვარის შუა ნაწილისაკენ მიემართებიან. განივი ნაპრალები იქ წარმოიშობიან, სადაც მყინ-

¹ ამას კიდევ კრისტალური ნაწილაკების კრისტალოგრაფიული სიბრტყეების გასწვრივ ეგრეთწოდებული ტრანსლაცია, ე. ი. გადაადგილება ეხმარება.

ვარი ხეობის უეცარ დაქანებას (საფეხურს) გადაივლის, რის გამოც ყინული ზედაპირიდან სკდება. დაბოლოს, სიგრძივი ნაპრალებს იქ ვხვდებით, სადაც მყინვარი ხეობის ფართო ნაწილში შედის და ფართოდ იშლება (სურ. 123).

მყინვარები ორი სულ სხვადასხვა სახის არიან: 1. საკუთრივ მყინვარები, რომლებიც შედარებით მოკლე ენისებურ ნაკადებს წარმოადგენენ, და 2. კონტინენტური მყინვარები (Inlandeis), რომელნიც ყინულის მძლავრსა და ვრცელს, ტაბლასებურ მასას წარმოადგენენ.

1. საკუთრივ მყინვარები.

ხეობის მყინვარი (სურ. 124) ხშირად ეშვება შორს ქვემოთ, ტყეებამდე და მიწვრებამდე და, მდინარეების მსგავსად, გზაში გვერდის მყინვარებს იერთებს. მაგრამ გარდა ამისა არის აგრეთვე პატარა ციცაბოდ დაქანებული მყინვარები, ეგრეთწოდებული დაკიდებული მყინვარები, რომლებიც მუდამ თოვლეთის ფარგლებში რჩებიან.

მყინვარის ქვემო ბოლო (შებლი) ყოველთვის იქ მდებარეობს, სადაც დნობის გამო დანაკარგი და ზემოდან ყინულის შემოსავალი წონასწორობაში არიან.



სურ. 124. ხეობის დიდი მყინვარი (ალეჩის გლეტჩერი).

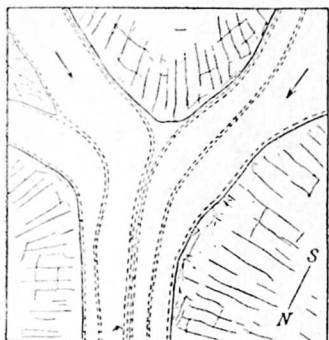
მაგრამ მყინვარი დნობას ზედაპირიდან და ფსკერიდანაც განიცდის. დნობისგან მიღებული მთელი წყალი ყინულის ქვემო ბოლოში გამოდის, ხშირად მძლავრი ხევის სახით, მყინვარის ანუ ყინულის კარიდან.

მაღალ განედებში, სადაც ხეობებში სითბო უკვე იმდენად დიდი არ არის, რომ მყინვარი გააძნოს, უკანასკნელი ზღვამდე აღწევს ან ზღვაში შედის, რაც

არულიად ჩვეულებრივ მოვლენას წარმოადგენს. აქ მყინვარს ყინულის ბელტები სწყდებიან და ყინულის მთების (აისბერგების) სახით ზღვაში შეცურავენ.

სადაც ზედაპირული ყინულის წყალი ნაპრალს წააწყდება, ის შიგ ვარდება და ეგრეთწოდებულ მყინვარეულ წისქვილს ჰქმნის. ფსკერზე მდებარე ქვებს წყალი ბრუნვას აწყობინებს და ისინი კლდოვან კალაპოტში მყინვარეულ დევის ქვაბებს ჰბურღავენ.

მყინვარის ზედაპირზე მდებარე ქვის ლოდები მათ ქვევით მყოფ ყინულს ვადნობისგან იცავენ და ამის გამო თანდათან მალლა რჩებიან. ასეთ ლოდებს, რომლებიც ყინულის საძირკველზე არიან ამაღლებული, მყინვარული ანუ ყინულის მაგიდები ჰქვია.



სურ. 125. მყინვარ „Mer de glace“-ის ნაწილის რუკა; შუა მორენის წარმოშობ. კიდის მორენების შეერთებით.



სურ. 126. დაკაწრული და დაღარული ქვები.

მორენები. გამოფიტვის მთელი მასალა, რომელიც ხეობის ფერდობებიდან მყინვარზე ცვივა, მყინვარის მოძრაობის გამო მისი კიდეების გასწვრივ ლორღის ზოლების ანუ კიდის მორენების სახით გროვდება (სურ. 125). ეს ლორღი კუთხედ და წახნაგოვან, სრულიად უწყოსოდ დაგროვილი ნამსხვრევებისგან შედგება. იქ, სადაც ორი მყინვარი ერთმანეთს უერთდებოდა, მათი კიდის მორენებიც ერთდებიან და შუა მორენს ჰქმნიან. კიდის და შუა მორენები ზედაპირულ მორენებს წარმოადგენენ. გარდა ამისა კიდეც არსებობს ფსკერის მორენი, რომელიც კიდეებიდან და ზევიდან მყინვარის ფსკერზე ჩამოცვენილი ნამსხვრევებისგან შედგება. მყინვარის დაწოლის მოქმედების გამო ფსკერის მორენის ყველა შედარებით რბილი ქანები დაფშვნილი არიან და წარმოადგენენ ლამს, რომელშიც სულ სხვადასხვაგვარი ლოდები არიან ჩართული. ამ ლოდებს მხოლოდ სუსტად მორგვალეული წიბოები აქვთ და მათი ზედაპირი მეტწილად მოშლიფული და დაკაწრული არის; ეს ზედაპირი მიღებულია კალაპოტზე დიდი დაწოლის შედეგად, რომელსაც ლოდები ყინულის წინსვლის დროს განიცდიან (სურ. 126). მყინვარის მიერ მოტანილი მთელი მორენული

მასალა მის ქვემო ბოლოში ილექება და ბოლო ანუ შუბლის მორენის სახით გროვდება.

მყინვარეული ეროზია. როგორც ქვები მყინვარის ფსკერზე, ისე მისი კლდოვანი კალაპოტი, ფსკერი და ფერდები იშლიფებიან და იკაწრებიან. ყველა კლდეები, რომლებიც მყინვარს ხეობაში გზაზე ხედებიან და მის მიერ იფარებიან, მოცვეთას განიცდიან და მორგვალეულ ბორცვაკებს, ე. წ. ვერძის შუბლებს (სურ. 127) იძლევიან.

რადგან ყინულის ამგვარი მოქმედება ყველა მყინვარიან მხარეებში კარგად ჩანს, შეიძლება მყინვარებს კიდევ უფრო შორს მწვდომი ეროზიული მოქმედებაც



სურ. 127. მეოთხეული დროის ვერძის შუბლები (გრანიტი).
კამენეცი საქსონიაში.

მივაწეროთ. მართლაც, ცნობილი მკვლევარები დევისი (Davis), პენკი (Penek) და სხვ. დიდ როლს ანიჭებენ მყინვარებს მათ მიერ დაკავებული ხეობების ფორმის გამომუშავებაში. ისინი მყინვარეული ეროზიის დამახასიათებლად სთვლიან როფისებურ ხეობებს (ტროგებს) მათი ფართო ფსკერითა და ციცაბო კალთებით; მთავარი ხეობების დაღრმავებას გვერდითი ხეობებთან შედარებით, რის გამო მათი შესართავები მთავარი ხეობის კალაპოტს ზევიდან დაჰყურებენ („დაკიდებული ხეობები“); ხეობის ფსკერზე ეროზიული მოწმეების სიხშირეს და სხვა ამგვარ მოვლენებს. მყინვარების სხვა გამოჩენილი მკვლევარები, როგორიც არიან რუტიმაიერი (Rüttimeyer), ჰაიმი (Heim) და სხვ., პირიქით, მყინვარების ამგვარი ეროზიული უნარის შესაძლებლობას უარყოფენ.

მყინვარების გავრცელება. რადგან ატმოსფერული ნალექების დიდი რაოდენობა და ცივი ზაფხული მყინვარების წარმოშობას ხელს უწყობენ, მათ ფართო გავრცელებას ყოველთვის ცხადად გამოსახულ ზღვიურ ჰავიან

მხარეებში ვხედებით. ამის ვამოჰოლუსის წრის გარეშე მდებარე ქვეყნებში მორის მყინვარები განსაკუთრებით ფართოდ არიან გავრცელებული ახალ ზელანდზე, სამხრეთ ჩილიში და ალიასკაზე. გარდა ამისა ნორვეგიაში, ისლანდზე, შპიტცერგენზე და ა. შ. ალპებზე მყინვარებით მდიდარ მხარეთა რიცხვს ეკუთვნიან, მაგრამ ცენტრულ აზიაში (ჰიმალაის მთები, ტიანშანი და ა. შ.) გაცილებით უფრო დიდი მყინვარები არის.

ჰესი (Hess)¹ პუქრობს, რომ დედამიწის მთელ მყინვარულ საფარს შემეღების ზედაპირის ერთი მეთოდი უჭირავს.

ჰაიში არჩევს მყინვარების ორ მთავარ ფორმას:

1. ალპურს, რომელსაც გრძელი ენისებური ნაქადი და მკვეთრად შემოსასღერული ფირნის ველი აქვს, და

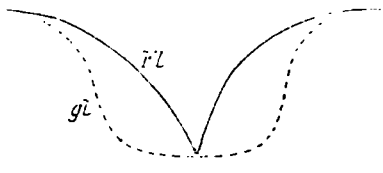
2. ნორვეგიულს. აქ საერთო, ვრცელ და დაფაკებულ ფირნის ველიდან მყინვარების დიდი რიცხვი გამოდის.

2. კონტინენტური მყინვარები.

ამჟამად ყინულის გავრცელების ამ ფორმის ორი მთავარი მაგალითი არსებობს: გრენლანდის და ანტარქტიკის კონტინენტური მყინვარები. ნანსენის (Nansen) მიერ გრენლანდის ცნობილმა გადაკეოამ ახლოს გაგვაცნო ამ მხარის კონტინენტური მყინვარი, რომელსაც დაახლოებით $1\frac{1}{2}$ მილიონი კვადრატული კილომეტრის ნოღდანი უჭირავს. ის წარმოადგენს ყინულის განთესს. რომელიც კიდებიდან შიგნით ჯერ სწრაფად, შემდეგ უფრო ნელა და, დასასრულ, ოდნავ შესამჩნევად მალღდება. მას დაახლოებით 1000m სისტე აქვს².

ამ ქვეყნის ცენტრული ნაწილი თოვლის და ყინულის უღაბნოს წარმოადგენს, რომელიც სრულიად მოკლებულია ყოველგვარ კღღებს, ღორღს და ნაპრალღებს. შიოლოდ ზღვის ნაპირის მახლობღად, ფიორღებში იღღევა კონტინენტური ყინული შტოღებს, რომღებიც ყოვეღმხრივ ზღეღღებრივი მყინვარღების მსგავსი არიან. შიოლოდ აქ ჩანს ყინულიღან ამოღუღერიღი კღღეღები (ნუნატაკეღები) და მორენეღები.

ანტარქტიკის ყინულიანი მხარე რომელსაც გრენღანღზე ცხრაჯერ მეტი სივრცე უჭირავს, ჯერ კიდევ ნაკლებად არის შესწავღიღი. ცნობიღია, რომ ისიც სწორ ან ოდნავ ტაღღოღან ზეღაპირიან, ნუნატაკეღებსა და ნაპრალღებს



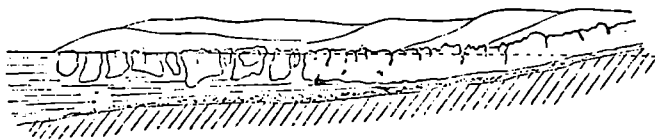
სურ. 126. მღინარისა (rL) და მყინვარის (gL) მიერ გამოღუღეღებული სეოღის კრიღი.

¹ Hess, Die Gletscher, Braunschweig 1904.

² Nansen, Auf Schneeschuhen durch Grönland. Leipzig 1889. — v. Drygalski, Grönlandexpedition der Berliner Ges. f. Erdkunde, Berlin 1892. — O. Nordenskjöld, Die Polarwelt. Leipzig 1909.

გოკლებულს და მაგარი ფირნის თოვლით დაფარულ ტაბლასებურ მასას წარმოადგენს. თოვლის მოსვლის გარდა ყინულის მოძრაობაში და დაგროვებაში დიდ როლს თამაშობენ სამხრეთ პოლუსური მხარის ქარები, ისინი ზოგ ადგილას თოვლს აგროვებენ, სხვაგან მის გადაცლას აწარმოებენ და ამით ყინულის ზრდას ან კლებას იწვევენ. ნესტიანი ზღვური ქარის პირობებში მყინვარს თვით ზღვის ნაპირთანაც შეუძლია ზრდა. კონტინენტური მყინვარის მოძრაობანი უფრო ჰგავს სხვადასხვა ქარების მიერ სხვადასხვა მიმართულებით დაძრული ზღვის ზედაპირის მოძრაობას, ვიდრე მყინვარის ნაკადისას. კონტინენტის კიდიდან ყინული ჯერ შელფზე ეშვება, შემდეგ კი, ზღვის გაღრმავებასთან ერთად ბელტებად იმტვრევა და ყინულის მთების სახით იწყებს ტივტივს.¹

აისბერგები (ყინულის მთები). როგორც ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, პოლუსური ქვეყნების მყინვარები ზღვაში ჩადიან. აქ ყინული ჯერ ზღვის ფსკერს ეყრდნობა, შემდეგ კი, უფრო ღრმა ზოლში რომ შევა, ატივტივდება, იმტვრევა და ზღვის ზედაპირზე დიდი ბელტების სახით დაცურავს. ეს ბელტები, — აისბერგები ანუ ყინულის მთები, — ხშირად რამოდენიმე კილომეტრის სიგრძე და 100 m-ზე მეტის სიმაღლე არიან. რადგან ზღვის ზედაპირზე მათი მასის მხოლოდ ერთი მეცხრედი ჩანს და რვა მეცხრედი კი ზღვაშია ჩაძირული (სურ. 130), ზოგიერთი აისბერგის საერთო სისქე 1000 m აღწევს. უკვე აქედან ჩანს, რომ ისინი მხოლოდ მყინვარების ან



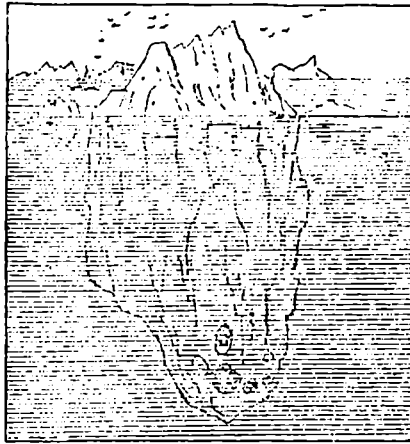
სურ. 129. მყინვარის ზღვაში შესვლა და აისბერგის წარმოშობა.

კონტინენტური ყინულის ნამტვრევებს შეიძლება წარმოადგენდნენ და არა ზღვის წყლის გაყინვით მიღებულ ყინულს, რომლის სისქე 2 m იშვიათად აღემატება. მორჩენული მასალაც, რომლითაც აისბერგები ხშირად არიან დაფარული, მოწმობს, რომ ყინულის მთები მყინვარებისგან წარმოდგებიან. სანამ აისბერგები მთლად გადნობას მოასწრებდნენ, ზღვის დინებებს ისინი ხშირად დაბალ განედებში მოაქვთ; ეს იმით აიხსნება, რომ ყინულის მთების სიახლოვეში წყალი და ჰაერი ძლიერ გაცივებას განიცდის.

ზემოთქმულიდან ჩანს, რომ ყინულის მოქმედება ძალიან თავისებურია და მისი სხვა რამესთან არევა შეუძლებელია. ხეობის კალაპოტის და ფერდობების მოშლითვე და დაკაწვრა; ვერძის შუბლები; ხეობის გასწვრივად ან განივად გან-

¹ v. Drygalski, Die Antarktis und ihre Vereisung. Sitzungsber. Bayer. Akad. 1919, I.—გიგე, Das Eis der Antarktis. Berlin 1921.

ლაგებული ლოდნარის ძლიერი დაგროვებანი, რომლებიც დაკუთხული, ნაწილობრივ მოშლითული და დაკარგულ ლოდებისგან შედგებიან; დიდი ლოდები, რომლებიც მათი წარმოშობის ადგილიდან შორს არიან წაღებული; თანამედროვე ფსკერის მორენების შემადგენლობის მქონე არა შრეებრივი მყინვარეული თიხის



სურ. 130. ყინულის მთა (აისბერგი).

გავრცელება დიდ მოედნებზე; დევის ქვაბები,—ყველა ამ მოვლენების წარმოშობა მხოლოდ მყინვარულ მოქმედებას შეეძლო. ყველგან, სადაც ამგვარი მოვლენების ერთობლივობას ვამჩნევთ, მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად მყინვარები იქ სრულებით არ არის, ჩვენ შეგვიძლია მეტად თუ ნაკლებად დარწმუნებული ვიყოთ, რომ წინათ იქ გამყინვარებას ჰქონია ადგილი. ეს განსაკუთრებით მეოთხეულის და აგრეთვე უფრო ძველი დროის გამყინვარებებს შეეხება.

დენუდაცია.

გამოფიტვის, წვიმის ღვარების, ეროზიის, დეულაციისა და მყინვარების შეერთებული მოქმედების გზით ხმელეთის ზედაპირის ნგრევის და გადაცლას დენუდაციას უწოდებენ. ზღვის მიერ აბრაზიას ჩვეულებრივ მისგან ცალკე გამოჰყოფენ.

სხვადასხვა მხარეებში დენუდაცია არა მარტო სხვადასხვაგვარად, არამედ განსხვავებული სიძლიერითაც მოქმედებს. შეიძლება იმ მხარეების, სადაც ნგრევა და გადაცლა სქარბობს, გარჩევა იმ ადგილებისგან, სადაც ეს მოვლენები დაღეჟვას უთმობენ ადგილს, მაგრამ არ არსებობს ისეთი ქვეყანა, სადაც ზედა-

პირის ნგრევას არ ჰქონდეს ადგილი. უკეთ რომ ვსთქვათ, დენუდაციის პროცესები ყველა ზონებში და ყოველი ჰავის პირობებში მოქმედებენ. ისინი ძლიერდებიან ზღვის დონიდან ამაღლებასთან ერთად, რადგან ამ მიმართულებით იზრდება ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა და ყინვის სიძლიერე. ამის გამო მაღალი მწვერვალები მეტად სწორედ ნგრევას განიცდიან. მთების სიმაღლე რომ მათ ხნოვანობაზეა დამოკიდებული, სწორედ ამით აიხსნება. თანამედროვე ყველა მაღალი მთები, გეოლოგიურად რომ ვსთქვათ, ახალგაზრდა წარმოშობის არიან. პირიქით, ყველა ძველი მთები დაბალი არიან, რადგან მათზე დენუდაციის პროცესებს გრძელი გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში უმოქმედნიათ, ახალგაზრდა მთებზე კი, პირიქით, მოკლე დროის განმავლობაში.

გამოფიტვით გამოწვეული ნგრევის სიძლიერის კარგ საბუთს იძლევა აგრეთვე ეკრთწოდებულ მწვერვალთა თანაბარი დონე („Gipfflur“ A. Heim), ე. ა. პირველი შეხედვით საკვირველი ფაქტი, რომ მაღალმთიან მხარეში ყველა მწვერვალები, დამოუკიდებელი მათი შედგენილობის, აგებულების და სხვ. განსხვავებისა, დაახლოებით ერთნაირი სიმაღლის არიან. მათი სიმაღლე მთების განაპირა ზოლიდან შუა გულისკენ მხოლოდ ნელა მატულობს. მწვერვალების სიმაღლეს ამგვარად დენუდაცია აწესრიგებს, ეს „ყოველის შემძლე, ყველგან მოქმედი მათა მსახველი, რომელიც არასოდეს არ ისვენებს“ (Heim).

ცალკეული მდინარეების აუზისათვის მდინარეული დენუდაციის სიდიდის გამოთვლა არა ერთხელ უცდიათ. პენკის (Penck) აზრით შუა ევროპის დაბლობის მდინარეებს თავისი აუზის დაახლოებით 1 მ-ით დადაბლებისათვის 164,000 წელიწადის სჭირდებათ, ინდოეთის დიდ მდინარეებს კი მხოლოდ 5200 წელიწადი. იმავე მკვლევარის მიხედვით, ხმელეთის მთელმა ზედაპირმა მდინარეების მოქმედების გამო იმავე სიდიდის დადაბლება 12400 წელიწადში უნდა განიცადოს.

გეოლოგიური დროის განმავლობაში დენუდაციის მსხვერპლი შეიქმნენ მთელი მაღალი მთები და დიდი ზეგნები. შუა გერმანიაში ჭრელი ქვიშაქვა დასაწყისში დიდ სივრცეებზე იფარებოდა მუშელკალკით, კოეპერით, ლიასით და იურის უფრო ახალგაზრდა ნალექებით, რომელთა საერთო სისქე ორიათას მეტრამდე აღწევდა. ყველა ეს ნალექები თანდათანობით გადაირეცხა. დანაოქმებული ადგილების ძველი ჰორისტებიც, რომლებიც ახლა გამომწვეული არიან (ფრანკონიის ტყე, შვარცვალდი და ა. შ.), დასაწყისში დაფარული იყვნენ ზემოხსენებული ნალექებით, რომლებსგან მხოლოდ მცირე ნაშთებია დარჩენილი.

ამ „რელიქტების“ გვერდით დენუდაციის არაჩვეულებრივად ძლიერი მოქმედების შესახებ სწორ წარმოდგენას იძლევა სქელი წყებების ნაკების ზედა ნაწილის დიდ სიღრმემდე გადარანდვა და ძველად ნახსლტების შედეგად წარმოშობილი ზედაპირის ყველა დიდი უსწორმასწორობის მეტად თუ ნაკლებად სრული მოსწორება. ასე, მაგალითად, უკვე აღარ ჩანს რამოდენიმე ათასი მეტრის სიმაღლის ჩაწევა, რომელიც პფალცის ტრიასმა საარბრუენის ნახშირიანი აუზის სამხრეთ საზღვარზე განიცადა. დენუდაციამ (და ამოვსებამ, მთარგმ. უწინდელ უსწორმასწორობათა კვალიც კი მოსპო. გეოლოგიური ფაქტების მიხედვით ზოგჯერ შესაძლებელია დავასკვნათ, თუ რა სისწრაფით ხდება დენუდაცია

ასე, მავალითად ბრანკამ (Branca) შესლო ეჩვენებია, რომ შვაბეთის ალბის საზღვარი, რომელიც ამჟამად შტუტგარტიდან საზხრეთით 23 კმ მანძილზე მდებარეობს, მიოცენის დროში კიდევ ამ ქალაქის ახლოს იყო. ალბის საზღვარზე ამ, გეოლოგიურად რომ ვსთქვათ, მოკლე დროის განმავლობაში დაიხია და უთუოდ დიდი დრო არ არის საჭირო, რომ ნთების დარჩენილი 32 კმ სიფართე ნაშთიც მოისპოს და ალბი მიწის ზედაპირზე მთლად გაქრეს¹.

უკვე ეროზიული პროცესების განხილვის დროს ჩვენ შევეხეთ ამერიკელი გეოლოგის დევისის (Davis) შეხედულებას მდინარეების ხანგრძლივი გადარეცხვითი მოქმედების შედეგად ევრეთწოდებული კენეკლენის წარმოშობის შესახებ. მეტად თუ ნაკლებად სწორი გადარეცხვითი ზედაპირის წარმოშობა გაცილებით უფრო ადვილად წარმოსადგენია დენუდაციური პროცესების მოქმედებით, ვიდრე მდინარეების მოქმედების გზით. ისეთი მკვლევარები, როგორცაა გოსლე (J. Gusselet), იმ აზრის არიან, რომ რაინის ფიქლების მთების პლატოსებური ზედაპირი ისე, როგორც არდენებისა, მხოლოდ დენუდაციის პროცესების ხანგრძლივი მოქმედების შედეგს წარმოადგენენ. ფილიპი (F. Philippi) გარკვეულად აპტიკებს, რომ ტურინგია-ფრანკონიის ფიქლების მთების მსგავსი ბელტური ზედაპირი აგრეთვე „სუბაერული დენუდაციის შედეგი“ არის. მისი აზრით, ეს მთები ისევე, როგორც რაინის ფიქლების მთები, ზედა მეზოზოური-სა და ქვედა მესამეულის განმავლობაში არიან წარმოშობილი². ამ ზედაპირების გვერდით, რომლებსაც ჩვეულებრივად „ოლიგოცენისწინას“ უწოდებენ, თუმცა უფრო სწორი იქნებოდა, მათ რომ შუა მიოცენის წინა ზედაპირი ეუწოდოთ, გერმანიის სხვადასხვა მთებში (რაინის ფიქლების მთები, შვარცვალდი, ოდენვალდი) შერჩენილია გაცილებით უფრო ძველი, პერმული ან პერმული სწინა გადარეცხვის ზედაპირის ნაშთები. ეს ზედაპირები ცხადად ხმელეთური დენუდაციის და არა ზღვიური აბრაზიის შედეგს წარმოადგენენ³.

თანამედროვე მორფოლოგები დიდ მნიშვნელობას აძლევენ გადარეცხვითს ზედაპირებს; ეს იმიტომ, რომ მათ უკავშირებენ ეროზიის ცალკე პერიოდების ანუ ციკლების გამოყოფას. თანახმად იზოსტაზისის თეორიისა მიღებულია, რომ გადარეცხვითი ზედაპირის წარმოშობას ახალი ამოწევა და ეროზია მოჰყვებოდა ხოლმე და, მამასადამე, ახალი ციკლი იწყებოდა.

ზ ღ ვ ი ს მ ო მ მ ე დ ე ბ ა ო

როგორც ხმელეთის წყლის და ატმოსფეროს მუშაობაში, ისე ზღვის მოქმედებაშიც შეიძლება ნგრევითი და შემოქმედი პროცესების გარჩევა. ოკეანის

¹ ეს უკან დახვევა იმასთან არის დაკავშირებული, რომ მაგარ ზედა იურის კირკვებს, რომლებიც ალბის ზედაპირს ჰკმნიან, ქვეშ გაცილებით ნაკლებად ააძმლე ქანები უძვეს, რომლებიც სწრაფად ინგრევიან. ეს კი იწვევის მათი სახურავის ჩაწონჯრევის, რის შედეგად კირკვებს ჩრდილო კიდე ეტლა, მაგრამ გაუწყურელივ ს-კენ იხევის. (იხ. Branca, Ein neuer Tertiärvulkan bei Stuttgart. Sonderabdr. Univers.-Progr. Königsberg 1892).

² Philippi, Über die präoligozäne Landoberfläche in Thüringen. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., 1910, გვ. 304.

³ Strigel, Permiche Abtragungsfäche im Odenwald. Verh. Naturhist.-Mediz. Ver. Heidelberg, ტ 2 და 13, 1912-1914.

⁴ Krümmel, Handbuch der Oceanographie, გამოც. I, 1907; II, 1911.

უზარმაზარი სიდიდის შესაბამისად ორივე ეს პროცესი დიდი მასშტაბით მიმდინარეობს. ეს განსაკუთრებით ითქმის ზღვის ტალღების მოქმედებაზე, რომელიც მუდამ მიწის ზედაპირის სასის ცვლის მთავარი საშუალება იყო, და აგრეთვე ზღვის ნალექებზე, რომელთა დალექვა მათი არაჩვეულებრივ დიდ გავრცელების გამო ქანების წარმოშობის უმთავრეს პროცესთა რიცხვს ეკუთვნის.

1. ზღვის ნაკვეთი მოქმედება.

ამ მოქმედებას იწვევს ტალღის ცემა, ე. ი. ქარის, მიმოქცევის და დინებათა მიერ ამოძრავებული ოკეანის წყლის ნაპირზე დაჯახება და აგრეთვე მიმოქცევის გავლენით წარმომდგარი მდინარებანი.

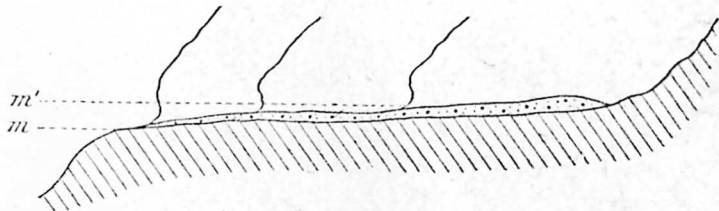
ა) ნგრევა ტალღის ცემით.

ეს ხდება ნაპირზე ამოტყორცნილი ზვირთების შექანიკური ძალის შემწეობით. ამასთან ერთად სრულიად ისევე, როგორც ხმელეთზე მკინარე წყლის მოქმედებისათვის, დიდი მნიშვნელობა აქვს ტალღების მიერ მოძრაობაში მოყვანილმაგარ სხეულებს, რომლებიც მკვეთაფი იარაღის როლს ასრულებენ; დასასრულს: ამას კიდევ ემატება ზღვის მარილების ქიმიური მოქმედება, ქანების დაშლა ზედ დაბინავებული ცხოველებისა და მცენარეების მიერ და, მაღალ განედებში, ნაპრალებში და ნასკდომებში შესული ზღვის წყლის გაყინვა. რაც უფრო მაღალი და სწრაფი არიან ტალღები, რომლებიც ნაპირს სკემენ, და რაც უფრო უახლოვდება ნაპირისადმი მათი მიმართულება სწორ კუთხეს, მით უფრო დიდია მათი ნგრევათი მოქმედება. უკანასკნელი იზოდება აგრეთვე ნაპირის დაქანებასთან და მისი შემადგენელი ქანების არგამძლეობასთან ერთად. ვაკე დაბალ ნაპირებთან ტალღების მიერ ნგრევა მეტ წილად მკირეა და აქ ხშირად დალექვა სკარობა. ციცაბო ნაპირებთან, პირიქით, ის უმეტეს შემთხვევაში დიდია და შეიძლება უდიდესი წყალგარდნილებს მოქმედებას შეედაროს. ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ ოკეანის გაშლილი ნაპირები ქანების განუწყვეტელი და უძლიერესი ნგრევის ადგილს წარმოადგენენ. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ტალღებს მოქმედება ზღვის ზედა ზონით არის განსაზღვრული და სიღრმეში სწრაფად მცირდება. ამის გამო წყალქვეშა ნაგებობანი ხმელაშენა ზღვაში უკვე 5 მ-ისა და ატლანტურ ოკეანეში კი 8 მ-ის სიღრმესე ქარბზალის მოქმედებით აღარ ზიანდებიან. ტალღის ცემაზე ნალექებ ლანჩნში მხოლოდ 40 მ და გაშლილ ოკეანეში მხოლოდ 200 მ სიღრმედე წარმოიშობიან.

ერთიანი ნაპირებთან. აქ პირველ რიგში ნაპირის კლდეებში დარების, ნარვალების და ამონალრუფი ორმოების წარმოშობა უნდა აღინიშნოს. გარდა ამისა თითქმის ყოველ ციცაბო ნაპირთან შეიძლება სიღრუეების, გამოქვაბულების და კლდის კარების წარმოშობის შეზინვა. ზღვის ცხოზის მკდეი ნავლენას მანაპირო ტერასები წარმოადგენენ. სრულიად ისევე, როგორც ზევით ტბების შემთხვევაში იყო აღნიშნული, ტერასები საწყის მდგომარეობაში წარმოადგენენ კლდოვან კედელში შეჭრილ, გას-

წვრივ სიღრუეებს, რომლებიც შემდეგში თანდათან უკან, ხმელეთისკენ იხივნ და ვაკე, ციცაბო ბექით (ეგრეთწოდებული კო დ მ ი თ) მოსაზღვრულ ნაპირს ჰქმნიან (სურ. 131).

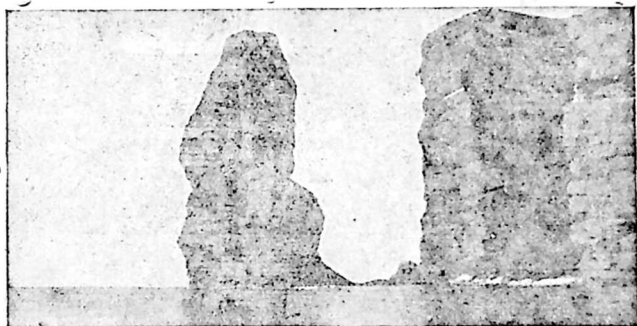
თავისთავად გასაგებია, რომ ნგრევის სისწრაფეზე ქანების წინააღმდეგობა დიდ გავლენას ახდენს. ამიტომ იქ, სადაც ნაპირი მაგარი და შედარებით სუსტი



სურ. 131. სანაპირო ზღვის ტერასის წარმოშობა და თანდათან განვითარება. m და m' წყლის უდაბლესი და უმაღლესი დონე.

ქანების მორიგეობისგან შედგება, პირველი ზღვაში შესულ ნაპირებს და კონცხებს ჰქმნიან, მეორე კი—უბეებს.

შოტლანდის, ირლანდის, ბრეტანის და სხვ. სანაპიროები ამის კარგ მაგალითებს იძლევიან. ისინი წარმოადგენენ ისტორიული დროის განმავლობაში მომხდარი ხმელეთის ნგრევის თანამედროვე საბუთს. ცნობილი არის კუნძულ ჰელ-

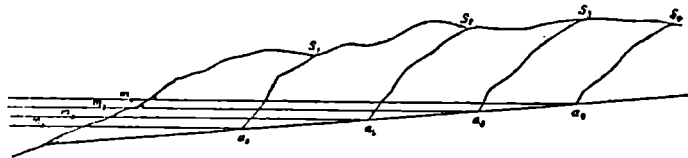


სურ. 132. კლდეები „ჰენგსტი“ და „ნორდჰორნი“, ჰელგოლანდის ნაპირი.

გოლანდის მაგალითი. ეს კუნძული მეოთხეულში კიდევ კონტინენტთან იყო შეერთებული, მაგრამ შემდეგ მას მოსწყდა და დაპატარავდა. თავისთავად ცხადია, რომ იქ, სადაც ნაპირი საოკუნოებრივ დაწევას განიცდის, როგორც, მაგალითად, გერმანიის და ნიდერლანდების ჩრდილო ნაპირებზე, ხმელეთის შემცირება განსაკუთრებით დიდია. მიუხედავად იმისა, რომ მდ. მდ. ემსს, რაინს, მასაა და შელდას ატაცებული მასალის დიდი რაოდენობა მოაქვთ ყოველწლიურად, აქ

მინც არ ჩანს ხმელეთის ზრდა, არამედ, პირიქით, ზღვის განუწყვეტლივ წინსვლაა აქვს ადგილი. მე-XIII საუკუნეში ზღვის მრავალჯერ შემოქრის შედეგად წარმოიშვა ზიუდერზე, რომელიც ტაციტის დროს კიდევ ხმელეთს წარმოადგენდა. უკანასკნელი 1000 წლის განმავლობაში მსგავსი გზით წარმოიშენნ ღოლარტის და იადეს უბნები.

ზღვის აბრაზია. თუ ზღვის დონე უცვლელი რჩება, სანაპირო ზოლს, რომელიც კლდოვან ნაპირზე წარმოიშვა, გარკვეული, მეტწილად მცირე სიფართის იქეთ განვითარება არ შეუძლია. მდგომარეობა იცვლება, თუ ხმელეთის



სურ. 133 ხმელეთის თანდათანობითი დაწვევის გამო აბრაზიული ზედაპირის წარმოშობა.

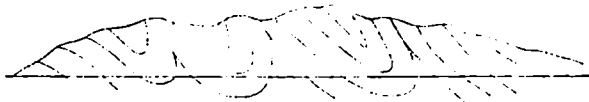
დაწვევის (ან ზღვის დონის აწვევის) გამო ხმელეთისა და ზღვის საზღვარმა ხმელეთისაკენ გადაიწია. თუ წინათ, ზღვის დონის დროს (სურ. 133), ნაპირი a_1 s_1 -მდე აღწევდა, ზღვის დონის a_2 -მდე აწვევის შემდეგ, ის a_2 s_2 -მდე წაიწვეს, სანაპირო ტერასი a_1 a_2 ნაკვეთით გაფართოვდება და მაღალი ნაპირის s_1 a_1 a_2 s_2 ნაწილი გადაირეცხება. თუ ტალღების ასეთი წინსვლა საკმაოდ დიდხანს გაგრძელდება, მაშინ მთელი მთები a_1 a_2 a_3 და ა. შ. ზედაპირამდე გადაირეცხებიან და ზღვის ბრტყელ ფსკერად გადაიქცევიან. ამ პროცესს, რომელსაც არა მარტო მაღალი ნაოქა მთების გადარანდვა, არამედ ხელსაყრელ პირობებში მთელი კონტინენტის მოსწორებაც შეუძლია, რიხტჰოფენმა (v. Richtthofen)¹ აბრაზია უწოდა. მისი დამსახურება ის არის, რომ მან პირველმა აღნიშნა ამ პროცესის არაჩვეულებრივი მნიშვნელობა. აბრაზიული ზედაპირი ამ შემთხვევაში გადარეცხვის ნაშთებით იფარება, კონგლომერატებით და ქვაშაქვებით, რომლებიც უფრო ძველ გადარეცხილ შრებს ტრანსგრესიულად და ამასთან ერთად არაერთგვარად ჰფარავენ. საბუთად შეიძლება დავასახელოთ მძლავრი კონგლომერატები, რომლითაც ბოჰემის კამბრული იწყება, და გერმანიის ცენშტაინის ქვეშ მდებარე გაცილებით ნაკლებ სქელი კონგლომერატები. დიდი ზღვიური აბრაზიის საუკეთესო მაგალითს, რიხტჰოფენის მიხედვით, ურალის მთები წარმოადგენენ². დიდი, ევროპისა და აზიის საზღვარზე მდებარე ქედის მთელი დასავლეთი ფერდობი პალეოზოური ნალექებისგან შედგება, აღმოსავლეთი ნაწილი კი კრისტალური ფიქლებისგან. ის ფაქტი, რომ ეს ფიქლები ურალის მთებით არ ისაზღვრებიან, არამედ აზიის მეზობელი დაბლობის მესამეულის ნალექებს ქვეშ იძირებიან, გვიჩვენებს, რომ ურალის აღმოსავლეთი საზღვარი დასაწყისში შორს აზია-

¹ v. Richtthofen, China II, გვ. 766, 1882.

² Kayser, Lehrb. d. Allg. Geologie 1921, I, გვ. 650.

ში იყო. მაგრამ ვინაიდან ამ მთების თანაუდროვე საზღვარი არავითარ შემთხვევაში გარღვევებისა და დაძირვების შედეგი არ არის, უნდა ვიფიქროთ, რომ ის მხოლოდ აზიიდან შემოკრილი ზღვის აბრაზიის საზღვარს წარმოადგენს. ამ ზღვამ თავდაპირველი მთების დიდი ნაწილი, კერძოდ თვით მისი ცენტრული კრისტალური ზონის მნიშვნელოვანი ნაწილი, გადაარეცხა და ვაკე, აღმოსავლეთისკენ დაქანებულ დაბლობად გადააქცია.

დიდ ინტერესს წარმოადგენენ ბარელის¹ გამოკვლევების მეოხებით ცნობილი ზღვის აბრაზიული ტერასები, რომლებიც ჩრდილო ამერიკისა შერ-



სურ. 134. აბრაზიულად გადარეცხილი ნაოჭა მთების სქემა.

აებულ შტატებში ატლანტურ ოკეანეს და ალეგანის მთებს შორის განლაგებულ, ეგრეთწოდებულ პიედმონტის ბარში არიან. ეს ფართო სანაპირო დაბლობი ზღვიდან მთებისკენ მალღდება არა თანდათანობით, არამედ მთელი რიგი ვაკე ერთმეორის ზევით მდებარე საფეხურების სახით. წინათ, სანამ ბარელის ზუსტი გამოკვლევები გვიჩვენებდნენ, რომ პიედმონტის დაბლობი ზღვის აბრაზიის შედეგი არის, დევიისის პენეპლენის თეორიის გაყენებით მასში საერთოდ მდინარეული დენუდაციის შედეგს ჰხედავდნენ. უძველესი, ყველაზე მაღალი ტერასები (რომლებიც ზღვის დონიდან დაახლოებით 700 მ სიმაღლეზე მდებარეობენ) ცარცულ პერიოდში არიან წარმოშობილი, უფრო დაბალი, ზღვასთან მდებარე კი—მესამეულში და მეოთხეულში. ბარელის მიხედვით, ჩრდილო ამერიკა უკვე ცარცის პერიოდიდან დაწყებული ნელ საუკუნოებრივ აწევას განიცდიდა. მაგრამ ეს აწევა თანაბრად არ მიმდინარეობდა და მრავალი პაუზით და ზოგჯერ მცირე ზომის დაწვევითაც იცვლებოდა. ყოველ ასეთ შემთხვევაში ზღვა ხმელეთს ჰფარავდა და აბრაზიულ შეღავის წარმოშობდა.

პიედმონტის დაბლობის ტერასების მსგავსი აბრაზიული ტერასები განვითარებული არიან გერმანიის ყოფილი საზღვრეთ-დასავლეთი აფრიკის ერთ ნაწილში, სადაც ისინი 150 მ სიფართო, კონტინენტისკენ თანდათანობით ამალღებულ სარტყელს ჰქმნიან.

b) ზღვის მიმოქცევათა ეროზიული მოქმედება.

ამის შედეგს წარმოადგენენ ჩრდილოეთის ზღვის გერმანიის და ჰოლანდიის სანაპიროების ეგრეთწოდებული ვაკეები.

მიმოქცევათა გამო დაბალი ნაპირი აქ ყოველდღიურად ორჯერ წყლით იფარება და ორჯერ იცლება მისგან. ამის შედეგად ზღვის შლამიან ფსკერზე

¹ Barrell, Amer. Journ. of Science, ტ. 49. 1920.

ნარვალებისა და არხების მთელი სისტემებია წარმოშობილი. ეს არხები მიქტევის დროსაც წყლით სავსე რჩებიან, მათ შორის მდებარე თხელი ზღვის ფსკერი კი მშრალია და ზედ უსაფრთხოდ შეიძლება სიარული.

ზღვის მიმოქცევის მოქმედების შედეგია აგრეთვე ევრედწოდებული ესტუარიები: მდინარეების შესართავების ძაბრისებური გაფართოვება. ასეთია, მაგალითად, ელბის, ვეზერის, თემზის და სხვ. შესართავები. ესტუარიები მდინარეების შესართავებში შემოჭრილი მოქცევის მოქმედებით წარმოიშობიან. მოქცევა რამოდენიე მეტრის სიმაღლე ტალღის სახით, საათში 60-დან 150 კილომეტრამდე სისწრაფით მიემართება მდინარის აღმა. ვინაიდან ამასთან მდინარე წყლის დაგუბება არის დაკავშირებული, მდინარეების შესართავები იმდენად უნდა გაფართოვდნენ, რომ მთელი დაგროვილი წყლის დატევა შესძლონ. ზღვის მიმოქცევები ამ შემთხვევაში რაბების მსგავსად მოქმედებენ: ხან ჰკეტავენ და ხან აღებენ მდინარეს, რის გამო ისინი ხან დაგუბებას ხან კი დაცლას იწვევენ. შესართავის დაცლა ისეთი სიძლიერით ხდება, რომ მოქცევის განმავლობაში ესტუარში დაღეილი მთელი მასალა მიქცევას ზღვაში მიაქვს თან. ეს კი დელტის წარმოშობას ხელს უშლის. სადაც ესტუარიებია, იქ არ შეიძლება დელტა განვითარდეს და პირიქით.

2. ზღვის შემოქმედი აბტივობა.

აქ უპირველეს ყოვლისა უნდა შევეხოთ სანაპირო კორდონების (სურ. 135) წარმოშობას. მსგავსად იმისა, როგორც ეს შიგა ტბების ნაპირებზე ხდება, ისინი მეტად ინტენსიურად ვითარდებიან ქარიშხლების მიერ გამოწვეული ზღვის დიდი ღელვის დროს. ყოველ ტალღას, რომელიც ნაპირამდე აღწევს, თან მოაქვს ღორღი, რომელსაც ნაპირზე ამოისერის და რომელიც ტალღების მოქმედების არის გარეთ ნაპირის გასწვრივ გროვდება კორდონის სახით. კორდონების გაჩენისათვის საჭიროა ფხვიერი მასალა და წყლის დონის ქანაობა.



სურ. 135. სანაპირო კორდონი და მის უკან მდებარე დაგუბებითი ტბა.

უკანასკნელის გამო წყლის მაღლად დგომის დროს ამოსროლილი მასალა, ზღვის ჩვეულებრივი დონის დროს ტალღების მოქმედების არის გარეთ რჩება. ამის გამო სანაპირო კორდონები წარმოიშობიან ყველა იმ ნაპირებზე, სადაც მიმოქცევა ან ქარიშხლები ზღვის დონის ცვალებას იწვევენ და, სადაც კორდონებისათვის საჭირო მასალა და შესაფერი ადგილი არის. ციკაბო ნაპირებთან ისინი ხშირად უშუალოდ კლდეებს ებჯინებიან.

სანაპირო ზვინულების განსაკუთრებულ სახეს ნერუნგები წარმოადგენენ. ეს არის ხმელეთის ვიწრო და გრძელი ზოლები, რომლებიც ფართო უბეების

წინ არიან გაწოლილი. ისინი ამ უბნებს გაშლილი ზღვისაგან ჰყოფენ და მათ ლავუნებად (ჰათებად) აქცევენ. ჩვეულებრივ ჰათები შეერთებული არიან ზღვასთან მხოლოდ ნერუნგში გაჭრილი ერთი ან რამოდენიმე ვიწრო არხით.

ამგვარი სანაპირო კორდონების ცნობილ მაგალითს წარმოადგენენ 97 km სიგრძე კურული და აგრეთვე ფრიშის ნერუნგები, რომელთა უკან ჰაუბები მდებარეობენ.

ზღვის მიერ ზედაპირული დაღქვის პროცესებზე გაცილებით უფრო მნიშვნელოვანი არიან წყალქვეშა დაღქვის პროცესები: ზღვის ნალექების წარმოშობა. დაღქილი მასალის სამგვარი წარმოშობის შესაბამისად ზღვის ნალექები არიან მექანიკური, ქიმიური და ორგანიული. სამივე სახის ნალექები შეიძლება გარკვეულ მინარევებს მოკლებული, სუფთა სახით შეგვხვდნენ; მაგრამ ზღვის ნალექების უმრავლესობა მექანიკური, ქიმიური და ხშირად აგრეთვე ორგანიული ნაწილების ნარევს წარმოადგენს. ატყებულ მდგომარეობაში მყოფი მასალის ზღვაში დაღქვას ძალიან ეხმარება ის, რომ მარილიან წყალში ეს მასალა გაცილებით უფრო სწრაფად ეშვება ფსკერზე, ვიდრე მტკნარ წყალში.

ამით აიხსნება, რომ ზღვაში მოტანილი მავარი ნივთიერების უდიდესი ნაწილი უკვე ნაპირის ახლოს იღექება და მხოლოდ მისი უმცირესი ნაწილი ხვდება ზღვის ღრმა, ნაპირს დაშორებულ აუზებში. მხოლოდ უკიდურესად მცირე ნაწილაკების გავრცელებისთვის არ არსებობს არავითარი საზღვარი. ისინი არაჩვეულებრივ შორს წაიღებიათ არა მხოლოდ ზღვის დინების საშუალებით, არამედ ქარის საშუალებითაც და შეიძლება მთელ მიწას შემოუარონ.

უკვე დიდი ხანია მერკის და რენარის¹ მიხედვით არჩევენ ზღვის ნალექების ორ მთავარ კლასს: 1. სანაპირო ანუ ლიტორული ნალექები და 2. ღრმა ზღვის ანუ პელაგური ნალექები.

I. სანაპირო ნალექები. ისინი წარმოიშობიან ნაპირის ახლოს, დაბალ ზღვაში, უმთავრესად ხმელეთიდან მოტანილი ნივთიერების ხარჯზე. მათ ჰყოფენ 1. დაბალი ზღვის და 2. უფრო ღრმა ზღვის ნალექებად. დაბალი ზღვის ნალექებში თავის მხრივ ნაპირის და შეღვის ნალექებს არჩევენ.

1. დაბალი ზღვის ნალექები. ესენი წარმოიშობიან იმ თხელი ზღვის ზოლში, რომელიც გარს უვლის კონტინენტებს და კუნძულებს და მათ შეღვებნაც შეიცავს. ამ სარტყლის განი საშუალოდ 250 km აღწევს, მისი სიღრმე კი 200 m აღემატება. ეს ნალექები თავის მხრით ორ ჯგუფად ნაწილდებიან:

a) ნაპირის ნალექები. ეს არის ყველაზე მაღალი, ზღვის მიქცევითა დროს წყლისაგან თავისუფალი ზონის ნალექები, რომლებიც შედგებიან მსხვილი როკისგან, ქვიშისგან და ნიჟარების ნაშთებისაგან და ხლართული შრებერივობით, რიპელმარკებით, გვალვის ნასკდომებით და ცხოველთა ლოღვის კვანძებით ხასიათდებიან. ამათვე ეკუთვნიან ოსტრეებისა და სხვა ორსაგდულიანების „ლოგინები“ (ბანკები) და მარჯნის რიფები.

¹ Murray et Renard, Sédiments de mer profonde. Bull. Roy. d'hist. nat. Belg. II, გვ. 25, 1884.—K. André, Geol. Rundsch. 1912 და 1916.—გივიე, Geologie des Meeresbodens, ტ. II. Leipzig 1920.

ბ) შელფის ნალექები წარმოადგენენ ცოტა უფრო ღრმა, 20 და 200მ შორის მდებარე სანაპირო ზონის ნალექებს. ამ ზონის, რომელიც უმთავრესად შელფს ეკუთვნის, ნალექები წვრილი, წესიერად დაშრებულ ქვიშებისგან შედგებიან. ეს არის თანამედროვე დაბალი ზღვის ყველაზე უფრო გავრცელებული ნალექები.

2. უფრო ღრმა სანაპირო ზონის ანუ კრუმელის (Krümmel) პემიკელაგური ნალექები. ესენი ნაპირიდან უფრო შორს და უფრო ღრმა (200—400მ და მეტი) ზღვაში წარმოიშობიან და ქანების დაფშენის შედეგად მიღებულ უწყვილეს მასალისგან, „ტერიგენული შლამისგან“ შედგებიან. მათ სანაპირო შლამებსაც უწოდებენ.

ამათ ეკუთვნიან ა) რკინის სულფიდით შეფერილი მუქი (ლურჯი) შლამი და მათი სახესვავობა—ლატერიტით შეფერილი წითელი შლამი, ს) მო-



სურ. 136. გლობიგერინების შლამი. გადიდებულია 20 ჯერ. (Murray-ს და Renard-ის მიხედვით).

მწვანო, გლაუკონიტიანი¹ მწვანე შლამი და ც) კირით მდიდარი კირქვის ქვიშა და-შლამი, რომლებიც უმთავრესად მარჯნის კუნძულების მიდამოებში გვხვდებიან.

II. ღრმა ზღვის ნალექები. ეს ნალექები წარმოიშობიან სანაპირო ნალექების დალექვის არის იქით, ოკეანეების დიდი აუზების შიგა ნაწილში, 700—900მ სიღრმიდან თითქმის 10000მ სიღრმემდე. მათი გავრცელება განსაკუთრებით დიდია: ღრმა ზღვის ნალექებს უკირავს მიწის მთელი ზედაპირის არა ნაკლებ ნახევარისა! მათი წარმოშობა უმთავრესად ორგანიზმების აქტივობის შედეგი არის და უკიდურესად ნელა მიმდინარეობს. მათ ფაციალური და ფაუნისტური დიდი ერთგვაროვნობა ახასიათებს.

¹ წყალშემკველი კალიუმ-რკინიანი ალუმო-სილიკატი—გლაუკონიტი ეკუთვნის იმ სილიკატების მტირე რიცხვს, რომლებიც თანამედროვე დაბალ ზღვაში წარმოიშობიან (როგორც ჩანს, შლამში არსებული ორგანიული სიმრეცეების მოქმედების შედეგად).

ამ ნაღველებში არჩევენ: 1. კირქვით მდიდარ და 2. კირქვით ღარიბ ან სულ უკირქვო ნაღველებს.

1. კირქვით მდიდარი პელაგური ნაღველები იღებებიან 700m-დან რამოდენიმე ათასი მეტრის სიღრმემდე. ამათ ეკუთვნიან: გლობიგერინები-ანი შლამი. მოთეთრო ან შორჯო რძისებური კირქვის შლამი (სურ. 136), რომელიც უმთავრესად პელაგური ფორამინიფერების (განსაკუთრებით Globigerina-ს) ნივარებისგან შედგება. ეს ზღვის ყველაზე უფრო გავრცელებული ნაღველია. უმთავრესად პეტროპოლიდებისგან და პეტროპოლიდებისგან შემდგარი პტეროპოდებიანი შლამი მხოლოდ მის სახესხვაობას წარმოადგენს.

2. არსებითად უკირქვო პელაგური ნაღველები აბისური სიღრმეების ნაღველებს წარმოადგენენ. ამათ ეკუთვნის უმთავრესად უფსკრულის წითელი თიხა. რომელიც საღ მდგომარეობაში უკირქვო, პლასტიურ, კინის ყანვით წითლად შეღებულ თიხას წარმოადგენს. ეს ზღვის დიდი ჩაღრმავებები უქირავს და გლობიგერინებიანი შლამის შემდეგ ზღვის ყველაზე უფრო გავრცელებულ ნაღვეს წარმოადგენს. რადიოლარიებიანი შლამი, რომელიც კაყის სკელეტიანი ორგანიზმების (რადიოლარიები, ღრუბლების ნემსები და ა. შ.) მინარევებით მდიდარ შოკოლადის ან ჩალის ფერ თიხას წარმოადგენს, არის უფსკრულის წითელი თიხის მხოლოდ ადგილობრივი სახესხვაობა. ამავე ჯგუფს ეკუთვნის კაყიანი ყვითელი, უმთავრესად შალალ განედებში გავრცელებული დიარომებიანი შლამი. ზემოთქმულის მიხედვით ზღვის ყველა ნაღველები შეიძლება ასე დაეანაწილოს:

I. სანაპირო ნაღველები	1. დაბალი ზღვის ნაღველები	a) ნაპირის ნაღველები
		b) შელფის ნაღველები
II. ღრმა ზღვის ნაღველები	2. უფრო ღრმა ზღვის სანაპირო ნაღველები	a) მწვანე შლამი
		b) მუქი შლამი
		c) კიოქვის შლამი
1. კირქვით მდიდარი ნაღველები	a) გლობიგერინებიანი შლამი.	
	b) პტეროპოდებიანი შლამი	
2. კირქვით ღარიბი და უკირქვო ნაღველები.	a) უფსკრულის წითელი თიხა და რადიოლარიებიანი შლამი	
	b) დიარომებიანი შლამი	

გეოლოგიური ფაციესები. ამ ცნებაში ჰეულისმობენ რომელიმე ნაღველის ლითოლოგიური და პალეონტოლოგიური თვისებების ერთობლივობას. უმთავრესი ფაციესები, რომლებიც ერთი-მეორისგან კარგად განირჩევიან, არიან ერუპტივეული, კონტინენტური და ზღვიური ფაციესები. ერუპტივეულ ფაციესს ჩვენ აქ არ შეეხებით; კონტინენტური ფაციესების შესახებ კი მხოლოდ აღენიშნავთ, რომ ისინი ძლიერ განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან და თავის მხრივ შეიძლება ეოლურ (ლოესი და ეოლური ქვიშები), მდინარეულ (დელტური ნაღველები), ფლუვიოგლაციურ, ტბიურ (ტრავერტინები, მინერალური ნახშირები), ლაგუნურ (თაბშირი და ქვამარილი) და სხვა ფაციესებად იქმნან დაყოფილი. უფრო დაწვრილებით მხოლოდ ზღვიურ ფაციესებს განვიხილავთ.

განსხვავება მათ მთავარ სახეებს შორის, რომლებსაც ლიტორულს, პელაგურს და აბისურს უწოდებენ, ნალექების წარმოშობის ადგილების სიღრმეზე და ნაპირებიდან დაცილებაზე არის დამოკიდებული. მათი პეტროგრაფიული და პალეონტოლოგიური შედგენილობა უპირველეს ყოვლისა ამასთან არის დაკავშირებული. ნაპირის ახლოს წარმოშობილი ნალექები მსხვილ-მარცვლოვანია და კონგლომერატებს ან ქვიშიან ქანებს წარმოადგენენ. ნაპირიდან დაცილებასთან და სიღრმის გადიდებასთან ერთად კი უფრო და უფრო წვრილმარცვლოვანი ნალექები წარმოადგებიან; ჯერ ილექება წვრილმარცვლოვანი ქვიშა, შემდეგ სხვადასხვაგვარა შლამები, კიდევ უფრო შორს კირქვის შლამი და, ბოლოს, ზღვის წყალში მყოფ ნაწილაკებს მიერ კირქვის გახსნის გამო, წმინდა თიხის შლამი. უკვე რომელიმე ნალექის პეტროგრაფიული შედგენილობიდან შეიძლება დაეასკვნათ, თუ როგორი უნდა ყოფილიყო მისი დალექვის პირობები. მაგრამ ამასათვის არსებობს კიდევ სხვა ნიშნებიც.

ლიტორული ფაციესების ნალექები უწესო შრეებრივობით, რიბელმარკებით, ცხველთა ლოდის კვალებით, გვალვის ნასკდომებითა და დაბურღილი ქვებით გამოიხატებიან. ნაპირები მათში მეტწილად სქელ ნიჟარიანი არიან, ხშირად დარგვალბული და დამტყრული. აქ იშვიათი არ არის აგრეთვე სმელეთიდან მოტანილი სმელეთის ცხოველების და მცენარეების ნაშთები. ყველა ფორმაციების ოსტრეების „ლოგინები“, კიპურიტებიანი, ნერინგებიანი და სხვა მსგავსი კირქვები, მარჯნის, კირქვიანი წყალმცენარეების, ბრიოზების და სხვ. რიფული კირქვები (რიფული ფაციესი) ამავე ჯგუფს ეკუთვნიან.

დაბალი ზღვის ფაციესის ნალექებიც მომეტებით ქვიშიანი, მაგრამ უფრო წვრილმარცვლოვანი და უფრო წესიერად დაშრეებული არიან. ისინი შეიცავენ უფრო თხელნიჟარიან და უფრო კარგად დაცულ ნაპარხებს. ამ ფაციესს მიეკუთვნება ბევრი ზღვიური ქვიშაქვები (ალპების მოლასისა და ფლიმის ქვიშაქვა, რაინის სპირიფერებიანი ქვიშაქვა, ბევრი კვარციტი, ცარცის მწვანე ქვიშები და ა. შ.).

ოგის (Haug) და სხვა ფრანგი გეოლოგების მიხედვით ორივე დასახელებული ფაციესის, 0-დან 200m სიღრმემდე დალექილ დაბალი ზღვის ნალექებს ამჟამად „ნერიტულს“ უწოდებენ.

უფრო ღრმად, საშუალოდ 200—1000 m სიღრმეზე, წარმოშობილ ნალექებს, რომლებიც უმთავრესად დღევანდელ სანაპირო ფერად შლამებს ეთანადებიან, წინათ პელაგურ ფაციესს მიკუთვნებდნენ. ახლა მათ ბათიალურის ტერმინით აღნიშნავენ. ეს ტერმინიც ხმარებაში ახალი ფრანგი გეოლოგების მიერ არის შემოღებული. ბათიალური ზონის ნალექები ხასიათდებიან კიდევ უფრო წვრილმარცვლოვანი ქვიშის და მეტადრე თიხიანი და მერგელოვან-კირქვიანი შედგენილობით და აგრეთვე კარგად გამოსახული შრეებრივობით. მათ ნაპარხებს შორის მთავარ როლს თამაშობენ გაშლილ ზღვაში მცხოვრები ცეფალოპოდები, პტეროპოდები, თხელნიჟარიანი ორსაგდულუიანები და ცალედი თასისებური მარჯნები. ამ ჯგუფს ეკუთვნის ყველა ფორმაციების თიხიანი და მერგელოვან-კირქვიანი ნალექების მეტი წილი. ღრმა ზღვის ფაციესის ნალექები—რაიოლარებიანი მერგელები, ზოგი კაჟიანი ქანები (კაჟიანი ფიქლე-

ში, რადიოლარიტები) მეტად იშვიათი არიან ყველა ფორმაციებში; საერთოდ, აბისური სიღრმეების ნალექები დანამდვილებით ცნობილიც არ არიან¹.

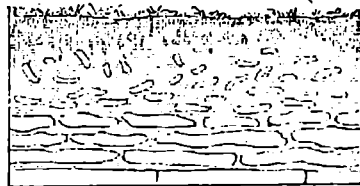
ფაციესი შეიძლება იცვლებოდეს როგორც ჰორიზონტული, ისე ვერტიკალური მიმართულებით. კონგლომერატების უეტარი გამოჩენა ყოველთვის დალექვის პირობების შეცვლაზე და ხშირად სტრატиграფიული ხარეხის არსებობაზე მიგვიითობს. ადვილი წარმოსადგენია, რომ ზღვის სიღრმის საგრძნობი შეცვლა გამოხატულებას ჰპოვებს ქანების შედგენილობაში. ზღვის ფსკერის ყველა ვერტიკლება ამოწევის ან დაძირვის დროს მეტი ან ნაკლები სისრულია გაივლიან ზემოთ ჩამოთვლილი ფაციესების რიგს. სინამდვილეში ხშირად ვხვდებით შემდეგ თანამიმდევრობას: კონგლომერატები, ქვიშაქვები, კირქვები და თიხები, კაჟიანი ქანები ანდა წებრუნებით. ამის კარგ მაგალითს იძლევა გერმანიის კულმი. მის ძირში მდებარე რადიოლარიტებიანი კაჟიანი ფიქალი უფოდ საგრძნობ სიღრმეზე არის დალექილი, მას მოჰყვება უკვე ნაკლებ სიღრმეზე წამოშობილი პოსიდონიებიანი ფიქლები და უფრო მაღლა ლიტორული გრაუვაკები (ქვიშაქვა), რომლებიც ჯერ წერილმარცვლოვანი არიან, მაგრამ თანდათანობით მსხვილ სანაპირო კონგლომერატებში გადადიან. ამათ თავზე, დასასრულ, კარბონულის ტბიური პროდუქტიული წყება ძვეს. განმარტებას არ მოითხოვს ის გარემოება, რომ ამგვარი მიმდევრობა შეიძლება იყოს დარღვეული და შეცვლილი მრავალი სხვადასხვაგვარი გავლენებით (ზღვის დინებების შეცვლა, ზღვის დონის რხევა, გამყინვარები და ა. შ.).

III. ორბანიზმების მოქმედება.

ისე როგორც ატმოსფეროს და წყლის მოქმედებაში, აქაც საკიროა ნგრევისი და შემოქმედებითი პროცესების გარჩევა.

გზავვა ორბანიზმების მოქმედებით.

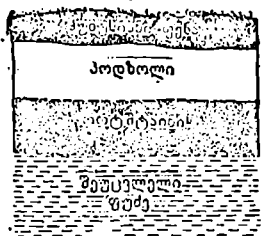
უპირველეს ყოვლისა აქ უნდა აღვნიშნოთ მცენარეების მონაწილეობა გამოფიტვისა და ნიადაგის შექმნის პროცესებში. აქ ისინი მოქმედებენ არა მარ-



სურ. 137. კულტურული ნიადაგის წარმოშობა.

¹ შესაძლებელია, რომ ამათ, სახელდობრ უფსკრულის წითელი თიხის ანალოგად უნდა ჩაითვალოს ბორნოს, ტიმორის და სხვ. ცნობილი წითელი, უკირო, რადიოლარიტების შემცველი იურული და ცარტული ქანები, რომლებშიც მოღენგრააფმა (Molengraaf) იპოვა თანამედროვე ღრმა ზღვის ნალექებისათვისაც ასე დამახასიათებელი შვიქვის კონკრეციები (Koninkl. Akad. Wetensch. Amsterdam. ტ. 18, გვ. 415, 1915).

ტო მექანიკურად, გაფხვიერების და მსხვრევის, არამედ ქიმიურადაც, გახსნი-
და დაშლის გზით. ამ პროცესებში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მკედარი მცენა-
რების ხრწნის დროს წარმოშობილი ნახშირმჟავა და ჰუმუსის ნივთიერებანი.



სურ. 138.

მხოლოდ ჰუმუსის ამგვარი ნივთიერებების მინა-
რეივების საშუალებით ნიადაგის ზედა ფენებში წარმო-
იშობა ის, რასაც სახნავე მიწას ანუ ნოყიერ
ნიადავს უწოდებენ და ქანების დაშლის და მცენა-
რეთა გახრწნის პროდუქტების ნარევეს წარმოადგენს.
თუ რა მნიშვნელობა აქვს ჰუმუსის ნივთიერებებს
ქანების დაშლაში, უკვე ზემოთ იქმნა აღნიშნული და
ხაზგასმულ იქმნა, რომ ჰუმუსოვანი გამოფიტვის
შემთხვევაში ნიადაგიდან განიღვებებიან როგორც
ტუტები და ტუტე მიწები, ისე ferri-შენაერთე-

ბიც. მათი გაძევება ხდება მანამდის, სანამ, დასასრულ, თითქმის მხოლოდ ტალ-
მანქანისგან შემდგარი ნიადაგი არ დარჩება. ამგვარია რუსეთის და ჩრდილო-
გერმანიის ტყიანი და სტეპებიანი ცივი მხარეების ქვიშიანი, რკინას მოკლებული
ნიადაგი (რუსულად подзол). მისი თანმხლები ორტუტაინი კი ჰუმატების
გამოყოფის გამო ქანის ფერიდან მუქ ყავისფერამდე შეფერილ ქვიშაქვას წა-
რმოადგენს¹.

ახალი გამოკვლევების მიხედვით უმაღლესი მკენარეების გარდა ქანების
დაშლა-დანგრევას ხელს უწყობენ უდაბლესი მკენარეებიც, განსაკუთრებით კი
ბაქტერიები.

ამათგან განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი არიან ნიტრიფიკაციის ბაქტერი-
ები, რომლებსაც უმნიშვნელო სიდიდის გამო ქანების უწვრილეს პორებში და
ბზარებში შეუძლიათ შესვლა. ჰაერიდან შეთვისებულ ნახშირმჟავას და აზოტს
ისინი სიკვდილის შემდეგ ჰუმუსიანი შენაერთების სახით სტოვებენ და ამით ქა-
ნების დაშლის პირველ ბიძგს იძლევიან. ქანების ნგრევის წარმოება რომ ცხო-
ველებსაც შეუძლიათ, ამის მაჩვენებელი არიან ზღვიური მბურღავი მოლუს-
კები, სოროების მთხრელი თავგები, ბაქიები, კიაცელები და მრავალი ზღვის
ქია.

ორბანიზმების უამოკმედაბითი მოძმედაბა.

ატმოსფეროს ნახშირმჟავისგან მკენარეების მოქმედებით მაგარი ნახშირ-
ბადის გამოყოფა და ამასთან დაკავშირებული მინერალური ნახშირების
წარმოქმნა ამ მოქმედების ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს პროცესთან წარ-
მოადგენს.

მკენარეული მასა, რომელიც უმთავრესად ცელულოზისგან $C_6H_{10}O_5$
შედგება და ლიგნინის 30%-დე შეიცავს, ბაქტერიების მეშვეობით ჰაერზე ხრწ-

¹ R a m a n n, Bodenkunde, გამოც. 3. 1911. გვ. 199.

ნის დროს მარტივი შემადგენლობის გაზებად, უმთავრესად ნახშირწყველად და წყლად იშლება. ამ პროცესის დროს, რომელსაც ხრწნას ეძახიან, ნახშირბადის შემცველი მაგარი ნივთიერებები არ წარმოიშობიან.

ჰაერის ნაკლებობის ან საეცებით უჰაერო პირობებში, უმთავრესად წყალქვეშ, დაშლა სხვაგვარად მიმდინარეობს. ამ შემთხვევაშიც CO_2 და H_2O წარმოიშობიან; მაგრამ ამოთან ერთად ქაობის გასი ანუ მეთანიც (CH_4) წარმოდგება; და, რადგან ამ პროცესის დროს წყალბადი და ენგბადი ნახშირბადზე უფრო სწრაფად გამოიყოფიან, ამ გარდაქმნის მსვლელობის დროს თანდათან ნახშირბადის დაგროვება ხდება.

აი მოკლედ ის ქიმიური გარდაქმნა, რომელსაც განახშირებას ან კიდევ დანახშირებას უწოდებენ. ხრწნისაგან განსხვავებით ამ დროს, როგორც ჩანს, ბაქტერიების მოქმედებას ადგილი არა აქვს. გარდაქმნა მცენარეული ნივთიერების ტორფში გადასვლით იწყება და ანტრაციტის ან ზოგჯერ გრაფიტის წარმოშობით სრულდება. განახშირების მსვლელობა რომ ნამდვილად ამგვარი, ამას შემდეგი ცხრილი გვიჩვენებს:

	C	H	O
ხის ბოქო (ცელულოზი) ¹	50	6	44
ტორფი	55 60	6 6	39 34
მეთოხელის ფიქლებრივი ნახშირი	57 63	—	—
მესამეული მურა ნახშირი	66 70	5	29 25
კენლ-ნახშირი	75 80	6 5	—
ქვანახშირები	80 90	6 4	14 6
ანთრაციტი	94 96	3	3 2
გრაფიტი	100	—	—

¹ ფიშერის (Franz Fischer) და შრადერის (Hans Schrader) გამოკვლევების მიხედვით Über die Entstehung und chem. Struktur der Kohle. Brennstoff-Chemie, II, გვ. 37, 1921), როგორც ტორფის, ისე მურა და ქვანახშირების ნამდვილი პირველი მასალა ლიგნინი არის და არა ცელულოზი. იმ დროს, როდესაც ცელულოზი ბაქტერიების მოქმედების გამო სწრაფად ისაზება, ლიგნინის რაოდენობა ნახშირებში მათ ასაკთან ერთად იზრდება. ლიგნინიდან ჯერ ჰუმინის სიმეავე უნდა წარმოიშვას; მისგან ჰუმინი, ხოლო უანასკენისკენ, H_2O , CO_2 და CH_4 შემდეგი გამოყოფის, მასასადამე დანახშირების შედეგად მურა და ქვანახშირი. პოტონიეს (R. Potonić, „Braunkohle“ 1922, № 20 და 39) მიხედვით, ამ დებულე ას ვწინააღმდეგებიან გეოლოგიური და პალეონტოლოგიური ფაქტები. გაკილებით უფრო მისაღები უნდა იყოს, რომ ნახშირები არა მარტო ლიგნინის, არამედ ცელულოზის და შლის პროდუქტებსაც შეიცავენ.

განახშირების ხარისხის ზრდასთან ერთად ნიშანდობლივი წონაც აზრდება. მუხა ნახშირებში ის მხოლოდ 1,2—1,4, ქვანახშირებში უკვე 1,25—1,5, ანტრაციტში 1,5—1,7 და გრაფიტში თითქმის 2 უდრის.

ყველაზე ახალგაზრდა, ჯერ კიდევ წარმოშობის პროცესში მყოფ ნახშირს—ტორფს ყველაზე არასრული განახშირება ახასიათებს. მაგრამ მისგან სრული თანდათანობით გადავდივართ ანთრაციტამდე და გრაფიტამდეც, რომლებშიც განახშირება უდიდესი არის. უძველესი ნახშირების გარდაქმნა კიდევ რომ სავსებით დასრულებული არ არის, ამას მოწმობს ქვანახშირის ყველა მაღაროებში ნახშირქაეას და მაღაროს გაზის (მეთანი, CH_4), რომელიც ასე საშიშ აფეთქებებს იწვევს, განუწყვეტლივ გამოყოფა.

მაგრამ განახშირების ხარისხი მხოლოდ ნახშირის ასაკზე არ არის დამოკიდებული. ტემპერატურის და დაწოლის გაზრდას შეუძლია გარდაქმნის პროცესის დაქარაღვა და, მაშასადამე, მისთვის საჭირო დროის შემცირება.

ერუბტივეული ქანების კონტაქტში მურანახშირების ანთრაციტში ხშირი გადასვლა, როგორც ამას ჰენსონი მაისნერთან აქვს აღგილი, ამით აიხსნება. დისლოკაციურ მეტამორფიზმსაც შეუძლია ამგვართვე იმოქმედოს (უელსის ანთრაციტის სხვადავები).

მინერალური ნახშირების წარმოშობაზე წარმოდგენას გვაძლევენ თანამედროვე ქაობების წარმონაჩახები¹.

უკვე „განამარხებული მცენარეების შესახებ მეცნიერების მამა“ ბრონიარი (Brogniart) ფიქრობდა, რომ ქვანახშირები მცენარეების ზრდის ადგილზე არიან წარმოშობილი. მაგრამ შემდეგში, როდესაც მისისიპის ქვემო წელში გაეცნენ წყლის მიერ ნოტანილი ხე-ტყის უზარმაზარ დაგროვებებს, რომლებიც ქვანახშირის მძლავრი საბადოების წარმოშობის ყველა თავისებურობის ახსნას იძლეოდნენ, ნახშირების ადგილობრივი (ავტოქტონური) წარმოშობის თეორიაზე უარი სთქვეს და მას ალოქტონური, ესე იგი ადგილისთვის უცხო, მოტანილი მცენარეების ხარჯზე წარმოშობის თეორიას მიემხრნენ. ეს წარმოდგენა დიდხანს იყო გაბატონებული. მხოლოდ უკანასკნელ ათწლეულებში ისევ ძველ შეხედულებას უბრუნდებიან და ქვანახშირის საბადოების უმრავლესობისათვის ავტოქტონურ წარმოშობას ღებულობენ.

ალოქტონური თეორიის წინააღმდეგ განსაკუთრებით ქვანახშირის ზოგი ფენების არჩვეულებრივ დიდი, ხშირად რამოდენიმე ასეულ კვადრატულ კილომეტრზე გავრცელება, დიდ მანძილზე თითქმის უცვლელი სიმძლავრე და გარეშე მინარევების უქონლობა ლაპარაკობს.

პირიქით, ავტოქტონური წარმოშობის სასარგებლოდ მოწმობენ შვეულად მდგომი ხეები, რომელთაც ფესვები ქვანახშირის შრეების თიხიან ან ქვიშიან საგებში (ძველ ნიადაგში) აქვთ გადგმული, და ქვანახშირის თანამგზავრ ფიქლებრივ თიხებში მცენარეების უნაზესი ნაწილების (გვიმბრის ფოთლები და ა. შ.) მშენიერი დაცულობა.

¹ Potonié, Entstehung der Steinkohl და სხვ., გამოც. 5, Berlin 1910.

ამგვარადვე ქვანახშირის საბადოს მცირე გავრცელება, სიმძლავრის სწრაფი ცვლა, გარეშე მინარევები და მცენარეების ნაზი ნაწილების (უდი დაულო-ბა საბადოს ალოქტონურ წარმოშობაზე მიგვითითებენ.

მურა და ქვანახშირის მძლავრ და ფართოდ გავრცელებული საბადოების უმრავლესობას ამჟამად ავტოქტონურად სჯელიან. ალოქტონური ნახშირები გაცილებით უფრო იშვიათი არიან. ასეთია ლობეზიუნის და შუოკაიშის ნახშირები და ნეიკირხენის (ეიფელი) ქვედა დევონური Halserites-იანი, ბოკვდის თვისებების მქონე (წყალბადის დიდი რაოდენობის შემცველი) ნახშირი, რომელსაც ზღვის მცენარეების დაგროვებიდან წარმონდგარად სჯელიან. შვეიცარულ მოლაში ტიპიურ ავტოქტონურ ნახშირებთან ერთად უდავოდ ალოქტონურიც მოიპოვებინა¹.

მისისოპის მიერ ჩამონაცურები ხე-ტყის „rafls“-ის სახელით ცნობილი უზარმაზარი დაგროვებები, ხე-ტყის უზარმაზარი რაოდენობა, რომელიც ციკაბო (70°) ნაპირების ულრანი ტყეებიდან ახალი ზელანდის ფიორდებში ცვივა, და მოტანილი ხე-ტყის დიდი დაგროვებები ნოვია ზემლიას (უმათაერესად ციმბირის ლარიქსი), გრენლანდის და ისლანდის ნაპირებთან ნათელ წარმოდგენას იძლევიან იმის შესახებ, თუ როგორ შეიძლება მონხდარიყო ნახშირების ალოქტონური წარმოშობა. ამიტომ, კიდევაც რომ ქვანახშირის ყველა სისტემების საბადოების ცხრა მეათედი და მეტიც ავტოქტონური იყოს, ნახშირების ალოქტონური წარმოშობის მთლიანად უარყოფა მინც არ შეიძლება.

მინერალური ნახშირების წარმოშობაზე კიდევ მეტი მნიშვნელობა აქვს მცენარეების და უმათაერესად ცხოველების მოქმედებით ზღვაში კირქვის წარმოშობას.

გაშლილ ოკეანეში არ არის არც ერთი იმ პირობათაგანი, რომელთა დროს კალციუმის კარბონატი ხსნარიდან გამოიყოფა. თერმული წყლებიდან კირქვა გამოიყოფა იმითომ, რომ ჩვეულებრივი ატმოსფერული დაწოლის პირობებში ნახშირმჟავა გაზი, რომელიც კარბონატს ხსნარში იჭერს, ხსნარიდან გადის. ცივი წყაროები კირქვას ლექავენ მაშინ, როდესაც წყალი და მასში მყოფი ნახშირმძლავრი ნალექების მჟავა აორთქლებას განიცდიან.

ზღვის წყლიდან კი კირქვის გამოყოფა მხოლოდ მაშინ იწყება, როდესაც წყლის მასის არა ნაკლებ სამი მეოთხედისა აორთქლდება. მაგრამ წყლის მასის უკვე ერთ მესამედზე ცოტა მეტის აორთქლების შემდეგ თაბაშირის გამოყოფა იწყება. ამრიგად სანამ ზღვაში კალციუმის კარბონატის დალექვა შესაძლებელი გახდებოდა, ზღვაში მყოფი თაბაშირის თიქის მთელი რაოდენობის დალექვა უნდა მოხდეს. მაგრამ, რადგან ზღვის წყლის უზარმაზარი მასის ერთ მესამედამდე აორთქლება ძნელი წარმოსადგენია, ამიტომ კირქვის ქიმიური გზით დალექვას, მით უმეტეს გაშლილ ოკეანეში, ჩვენ ვერ დავუშვებთ. ყველა სისტემების კირქვის მრავალრიცხოვანი, მძლავრი და ფართოდ გავრცელებული ნალექების უმრავლესობას ორგანიული წარმოშობა აქვს.

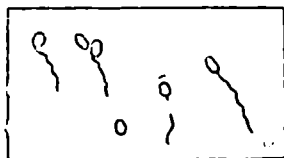
¹ ტყვარჩელის, ტყიბულისა და გელათის საბადოები ალოქტონური წარმოშობის არიან.

წინათ ფიქრობდნენ, რომ ორგანიზმები მათ მიერ გამოყოფილ კირქვას უშუალოდ ზღვის წყალს ართმევენ. მაგრამ ეს ძნელი დასაშვებია, რადგან მედველობაში უნდა მივიღოთ, რომ ზღვის წყალი კალციუმის კარბონატს თითქმის სრულიად მოკლებულია. სიმართლეს გაცილებით უფრო შეეფერება ის აზრი, რომ კირქვას ცხოველები მათ სხეულებში წარმომდგარი ნატრიუმისა და ამონიუმის კარბონატების კალციუმის სულფატით (რომელსაც ზღვის წყალი უხვად შეიცავს) შენაცვლების გზით ღებულობენ. იმ კირქვის რაოდენობა, რომელსაც ორგანიზმები ზღვის წყალს ართმევენ, ყოველგვარ ვარაუდს აღემატება. მცენარეებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვთ კირქვიან წყალმცენარეებს (*Lithothamnium* და სხვ.), რომლებიც ზღვის წყლიდან გამოყოფილი კალციუმის კარბონატით იმოსებიან და ამის გამო დიდ როლს თამაშობენ მრავალი კირქვების წარმოშობაში (მესამეულის ნულიბორებიანი და ლეითას კირქვები, ალპური ტრიასის გირაობორელებიანი და დიპლოპორელებიანი კირქვები და ა. შ.). ცხოველებს შორის, როგორც კირქვის ძლიერი წარმომშობნი, უნდა აღვნიშნოთ მრავალრიცხოვანი მოლუსკები, ბრაქიპოდები, ექინოდერმატები და ა. შ., განსაკუთრებით კი, ფორამინიფერები და მარჯნები. ღრმა ზღვის ორგანიული შლამების წარმოშობაში გლობიგერინების და სხვა ფორამინიფერების მნიშვნელობას ჩვენ უკვე ზემოთ შევხებეთ. ქვემოთ უფრო დაწვრილებით უნდა განვიხილოთ რიფის მშენებელი მარჯნების გრანდიოზული მოქმედება.

ჰარლ დარიუს¹ ახალი გამოკვლევების მიხედვით ტროპიკულ და სუბტროპიკულ დაბალ ზღეებში კირქვის დალექვაში დიდ როლს (რომელიც აქამდე უცნობი იყო) თამაშობენ აზოტის მშთანთქავი ბაქტერიები ან ნიტრობაქტერიები, განსაკუთრებით კი *Bacterium (Pseudomonas) calcis* (სურ. 139).

თანამედროვე და ნამარხი მარჯნის რიფები როგორც ცნობილია, რიფის მშენებელი მარჯნები მთლიანად დაკავშირებული არიან ტროპიკულ ზღვასთან და ამასთან ერთად მის ზედა, 40-50 მეტრზე არა უღრმეს ზონასთან. მათი ნაგებობები სამკვარია: სანაპირო რიფები, ბარიერული რიფები და ატოლები. პირველნი უშუალოდ ნაპირთან მდებარეობენ, მეორენი მისგან უფრო დაშორებული არიან, ატოლები კი ზღვას დაბალ აუზის. ლაგუნის ირგვლივ მდებარე შეკრულ რგოლებს წარმოადგენენ. გაზომვებით (სანდის საშუალებით) დამტკიცებულია, რომ ზოგი ბარიერული რიფი და ატოლი მრავალი ასეული და ზოგჯერ ათასეული მეტრის სიღრმე ზღვაში არიან ამართული.

ჩარლზ დარვინი² ფიქრობდა, რომ მარჯნები დასაწყისში დაბალ ზღვაში უნდა დასახლებულაყენენ, მაგრამ შემდეგში, ზღვის ფსკერის დაწევის



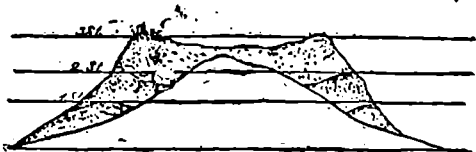
სურ. 139. კირქვის გამოყოფილი ზღვის ბაქტერიები. Florida Keys. ძლიერ გადიფერულია. Kellermann-ისა და Smith-ის მიხედვით.

¹ Drew, Publ. Carnegie Inst. № 182, Wash. 1914.

² Darwin, Bau und Verbreitung der Korallenriffe, Gesammelte Werke, ტ. XI.

გამო, ისინი იძულებული იქნებოდნენ თავისი ნაგებობები იმავე დონემდე აგმალ-
ლებიათ, რადგან მათ მხოლოდ ზღვის ზედაპირის ახლოს შეუძლიათ ცხოვრება.

პირველად ამ თეორიას დიდი თანაგონობით შეხედნენ, რადგან ის ხანგრ-
ძლივი ჩაწევის საშუალებით მარტივად ხსნიდა სანაპირო რიფის (სურ. 140,
მდებ. 1) ბერიერულ რიფად გა-
დაქცევას (მდებ. 2) და უკანა-
სკენლის ატოლში (მდებ. 3) გა-
დასვლას იმ კუნძულის სრული
დაძირვის შედეგად, რომელზე-
დაც მარჯნები დასახლდნენ. შე-
მდეგში ამ თეორიის წინააღ-
მდეგ გამოვიდნენ ზოლოგები,
მაგრამ გეოლოგებმა ის საბო-
ლოოდ მაინც არ უარყვეს, რა-



სურ. 140. სანაპირო რიფის ბერიერულ რიფში და ატო-
ლში გადასვლა დარეიხის მიხედვით.

დგან მხოლოდ დარეიხის თეორიით შეიძლება დამაკმაყოფილებლად აიხსნას
ბევრი განამარხებული რიფის დიდი სიმაღლე, რომელიც მრავალჯერ აღემა-
ტება ზღვის იმ ზონის სისქეს, რომელშიც რიფის მშენებელი მარჯნები ხეირო-
ბენ. გეოლოგები რომ მართალნი არიან, ამას ამტკიცებს ცნობილი ბურლეა,
რომელიც გასული საუკუნის ბოლოში წარმოებულ იქნა წყნარი ოკეანეს სამხ-
რეთ-ნაწილში ფუნაფუტის ატოლში. იქ თითქმის 400 m სიღრმეზე ხვდებოდნენ
მხოლოდ მარჯნის კირქვას, რომელიც ქვედა ნაწილში Millepore-ებისა, Pocillo-
pore-ებისა და თხელი ზღვის სხვა ფორმებისაგან შედგებოდა¹.

ნამარხი რიფები ყველა სისტემებში არის ცნობილი. ისინი შედეგ-
ბიან არა მარტო მარჯნებისაგან, არამედ ხშირად სტრომატოპორიდებისგან,
პრიოზოებისგან, ღრუბლებისა და კირქვიანი წყალმცენარეებისაგან და ა. შ. ეს რი-



სურ. 141. შუა დევეონური მარჯნაირი კირქვის რიფი. ვილიამსვილი. ნიუ-იორკის შტატი.

ფები, რომელთაც შეიძლება მრავალი ასეული მეტრის სისქე ჰქონდეთ, კორძისე-
ბური არაშრეებრივი მასების სახით მოთავსებული არიან ჩვეულებრივ კარგად
დაშრეებულ ნალექებს შორის, რომლებშიც სოლის. ან ენისებურად არიან შე-
ქრილი.

მიწის ქერქის ნამარხი ნახშირწყალბადები უმთავრესად მეთანის რი-
გის, C_nH_{2n+2} შედგენილობის შენაერთებს წარმოადგენენ. მათ შორის ყვე-

¹ The atoll of Funafuti, Report coral reef. com. Roy. Soc., Lond. 1904.

ლაზე უფრო გავრცელებული არიან მეთანი ანუ მალაროს გაზი (გაზისებური) ნავთობი (თხევადი) და ასფალტი (მაგარი).

ნავთობები ანუ მინერალური ზეთები, როგორც გამოცდილება გვიჩვენებს, უმთავრესად შრეების ანტიკლინურ ამოზნექვასთან არიან დაკავშირებული და ასეთ პირობებში ხშირად დიდ მიწისქვეშა აუზებს ავსებენ. ამერიკის შეერთებული შტატები და ბაქოს მიდამოები კასპიურ ზღვასთან ნავთის წარმოშობის მთავარ მხარეებს წარმოადგენენ. გერმანიაში ნავთოპს იღებენ უმთავრესად ჰანოვერში და ელზასში. ახლა ჩვეულებრივად სთვლიან, რომ ნავთის წარმოშობა ორგანიული არის და, რომ ამ პროცესის საწყის ნივთიერებებს მცენარეული და ცხოველური ცხიმები წარმოადგენენ. ნავთის წარმოშობის მთავარ წყაროდ პატიონი ეგრედწოდებულ შლამდამბალებს ანუ საპროპელებს სთვლის.

იტალიის, ყირიმის და სხვა ადგილების სალზების ანუ მაკალუბების წარმოშობა მალაროს გაზის ადგილობრივი ამოღინებით აიხსნება. ვინაიდან გაზებთან ერთად ხშირად სველი თიხიანი ტალახიც ამოისროლება, ამგვარ ადგილებში შეიძლება წარმოიშვას დაბალი გორაკები, საიდანაც დროგამოშვებით ტალახის ნაქადები გადმოდიან. ამის გამო მათ „ტალახის ვულკანებს“ ეძახიან, რუმცა ნამდვილად ვულკანებთან მათ არაფერი საერთო არა აქვთ.

პროფ. სამოილოვმა დაამტკიცა, რომ ზღვის და მტკნარი წყლის ნალექებში მოთავსებული მრავალი საინტერესო მინერალური საბადოს წარმოშობა ორგანიზმების მოქმედების შედეგს წარმოადგენს. ასეთი არიან მაგალითად, ბარიტის დაგროვებანი, რომლებიც არაჩვეულებრივ ფართოდ არიან გავრცელებული ს. ს. რ. კ. ევროპიული ნაწილის ჩრდილო აღმოსავლეთის ზედაიურის თიხებში და რომელნიც თანამედროვე ზღვის ფსკერზე წარმოიშობიან; ცელესტინის საბადოები კასპიური ზღვის იქითა მხარისა და თურქესტანის ზედაცარცში, აგრეთვე ზოგი რკინა-მანგანუმიანი კონკრეციები და სხვ.

სამოილოვი ფიქრობს, რომ აქ ადგილი აქვს ბიოქიმიურ პროცესებს; მათ შედეგად ზოგი ნივთიერებანი, რომლებსაც წყალი ძალიან მცირედან შეუმჩნეველი რაოდენობით შეიცავს (მაგ., Ba და Sr), მცენარეების და ცხოველების სხეულებში გროვდებიან და აღნიშნული მინერალების (ბარიტი, ცელესტინი) წარმოშობისათვის ხელსაყრელ პირობებს ქმნიან. ამგვარად წარმოშობილ ნივთიერებებს სამოილოვი „ბიოლითებს“ უწოდებს.

მაგრამ, იმავე მკვლევარის აზრით, მრავალი სხვა თავისებური მინერალური საბადოებიც, როგორიც არიან ასე ფართოდ გავრცელებული პერმული სპილენძის მადნები, აგრეთვე ორგანიული წარმოშობის არიან. ამ შემთხვევაში ის ეყრდნობა იმ გარემოებას, რომ სხვადასხვაგვარი ორგანიზმების სისხლში ნაწილობრივ ძალიან იშვიათი ლითონები (Fe, Mn, Cu, V) აღმოაჩინეს¹.

¹ Samoiloff, Paläophysiologie (Paläochemie) und ihre geologische Bedeutung. (Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., t. 74, Mon. Ber. pag. 227, 1922).

ბ. ენდოგენური პროცესები (შიზა ღინამიკა).

ენდოგენური პროცესები შეიძლება ორ მთავარ ჯგუფად დავეყოთ, სახელდობრ: 1. ვულკანური აქოფრქვევების და II. ლითოსფეროს მოძრაობის მოვლენები. ამ უკანასკნელებში თავის მხრივ შეიძლება გავარჩიოთ: 1. მიწისძვრები ანუ სეისმური მოვლენები, 2. მთების წარმომშობი პროცესები, 3. დისლოკაციური მეტამორფიზმი და 4. ვერტიკალური ბელტური მოძრაობები.

I. ვულკანური ამოფრქვევის მოვლენები.

ზოგადი წინა შენიშვნები.

ვულკანური ამოფრქვევების ქვეშ იგულისხმება ყველა ის მოვლენები, რომლებიც მიწის შიგნეთიდან ცხელ გაზებრივ, თხევად და მაგარ ნივთიერებათა ამოსვლასთან არიან დაკავშირებული. ვულკანიზმის შესახებ არ შეიძლება წარმოდგენა ვიქონიოთ მხოლოდ იმ ფორმის მიხედვით, რომელშიც ის დედამიწაზე იჩენს თავს. მას ჩვენ სხვა ციურ სხეულებზედაც ვამჩნევთ, მაგრამ მეტად თუ ნაკლებად განსხვავებული სახით, რომელიც იქ არსებულ პირობებს შეესაბამება. ასე, ჩვენ ვიცით, რომ მზის ეგრეთწოდებული პროტუბერანციები გაზების უზარმაზარ ამოფრქვევებს წარმოადგენენ. ზემოთ ჩვენ უკვე დავინახეთ, რომ იმ სხეულებს, რომლებსგანაც მეტეორიტები წარმოადგებიან, ისევე როგორც მთვარეს, ვულკანური წარსული აქვთ. მაშასადამე, როგორც ამას ჩერმაკი¹, ზიუსი, შტუებელი (A. Stübel) და სხვები აღნიშნავდნენ, ვულკანიზმი არის არა მხოლოდ და მხოლოდ მიწიერი, არამედ კოსმიური მოვლენა, რომელიც ბრანკასთან ერთად შეიძლება ძლიერ ზოგადად განემართოს როგორც გავარვარებული მასების ყოველი ბუნებრივი გამოვლინება ციური სხეულის ზედაპირზე.

როგორც ხსენებული მკვლევარი ამტკიცებს², სანამ ციური სხეული ცივი ნებულოზის მდგომარეობაშია, მაზედ არ ხდება არაფერი, რასაც შეიძლება ვულკანიზმი ეწოდოს. მხოლოდ მას შემდეგ, რაც იგი შეკუმშვის (ან რადიოაქტიური პროცესების) გამო გავარვარებულ მდგომარეობაში გადავა, იწყება გაზების კორიანტელბერივი ამოფრქვევების ფორმით ვულკანიზმის საწყისი სტადია, როგორც ამას მზეზე ვამჩნევთ პროტუბერანციების სახით. შემდეგ, როდესაც შემდგომი გაცივების შედეგად თხევადი გული წარმოიშობა, გავარვარებულ გაზებთან ერთად გაღობილი მასებიც (მაგმა) ამოისროლებიან და ამით ვულკანური მოქმედების მეორე სტადია იწყება. ციური სხეულის შემდეგი განვითარების პროცესში, როდესაც მის გარშემო ქერქი წარმოიშობა, ვულკანურ ამო-

¹ Tshermak, Über den Vulkanismus als kosmische Erscheinung.—Sitzungsber. d. Wien. Akad., 1187.

² Franka, Die vier Entwicklungsstadien des Vulkanismus. — Sitzungsber. d. Berl. Akad., 1915.

ფრქვევებს შეუძლიათ ამოფრქვევის ადგილებზე საგრძნობი კვლების დატოვება. ვულკანიზმის ამ მესამე სტადიას ურიცხვი ცირკებით მოფენილი მთვარის ზედაპირი ასურათებს. ცირკები, უთუოდ, აფეთქებით მიღებულ ფორმებს წარმოადგენენ, ესე იგი გაცივების პროცესში მყოფი კოსმიური სხეულის თხელი ქერქის გაზების უზარმაზარი ბუშტების სახით ამობურცვით და შემდეგ ამ ბუშტების შუა ნაწილის ჩაქცევით არიან მიღებული. ვულკანური მოქმედების უკანასკნელი და ჟმალღესი სტადიის მაგალითს, რომელსაც გაცივებითი ქერქის ძლიერი გასქელების პირობებში აქვს ადგილი, დედამიწა იძლევა. ვულკანური მოვლენები აქ ძლიერ სხვადასხვაგვარი არიან, მაგრამ ყოველ შემთხვევაში მიწის ქერქი ამჟამად მხოლოდ ყველაზე უფრო თხელ და სუსტ ადგილებში გაიკვეთება ხოლმე შედარებით პატარა შტოკისებური და ყელისებური მასებით. დასასრულ, ციური სხეულის მოხუცების სტადიაში, ძლიერი გაცივების, ქერქის გასქელების და გაზების დაკარგვის გამო, ვულკანიზმი სრულიად ქრება.

როდესაც ვულკანური მასები მიწის ზედაპირამდე აღწევენ, ისინი წარმოშობენ ზედაპირულ ამოფრქვევებს, რომლებიც კრატერების, დაზინვითი კონუსების და ზოგჯერ კი მასივი ერუპტიული ქანების ტაბლასებური ან სხვა სახის დაგროვებების გაჩენას იწყებენ. ამგვარ ამოფრქვევებს ადგილი აქვს როგორც ხმელეთზე, ისე ზღვის ფსკერზედაც.

როგორც უკვე აღნიშნული იყო, ვულკანური ამოფრქვევები იძლევიან როგორც გაზებრივს, ისე თხევად და მაგარ ნივთიერებათ. მათ შორის მთავარ როლს თამაშობს ეგრეთწოდებული მაგმა, რომელიც გაზებით გაჟღენთილს, ცხელსა და გაღობილს სილიკატურ მასას წარმოადგენს. აბსორბებული გაზების უმეტესი ნაწილი მაგმის გამყარების დროს გამოიყოფა, ხოლო დანარჩენი მასალა დნარი პორიანი ლავის ან მასივური ერუპტიული ქანის სახით ცივდება.

მაგრამ გაღობილი მასები მიწის ზედაპირამდე ყოველთვის როდი აღწევენ; ზშირად ისინი გზაშივე რჩებიან ხოლმე. ეს არის ინტრატელურული ანუ სიღრმის ამოფრქვევები, რომელთა შედეგების შექმნევა მხოლოდ მაშინ შეიძლება, როდესაც მომყოლი გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში მათზე მდებარე შრეებრივი სამოსი გადაირეცხება და ამის გამო ერუპტიულ ქანებზე დაკვირვება შესაძლებელი გახდება.

ვულკანური მოვლენების მეცნიერული გამოკვლევა უკანასკნელ დროს ეკუთვნის. ვერნერი (Werner) და მისი მიმდევრები, ნებტუნისტური სკოლის წარმომადგენლები, მათში მხოლოდ ადგილობრივი ხასიათის მიწისქვეშა ხანძრებს ხედავდნენ. მხოლოდ გერმანული ვულკანიტური სკოლის დამაარსებლებმა ჰუმბოლდტმა (Humboldt) და ბუხმა (Buich) დაუკავშირეს ეს მოვლენები მიწის შიგნეთის გავარვარებულ თხევად მდგომარეობას. მათ მიერ წამოყენებული ამოზნექვის თეორიის მიხედვით, ვულკანები მიწის ზედაპირის ბუშტისებური ამობურცვის და, მასასადამე, ვერტიკალური ამოწევის შედეგს წარმოადგენენ.

ვულკანები მართლა რომ ასე წარმოშობილიყვნენ, მოსალოდნელი იქნებოდა, რომ მათ შორის ისეთებსაც შეეხდებოდათ, რომლებიც ქვედა ნაწილში მაინც, არავულკანური ქანებისგან, ქვიშაქვებისგან, კირქვებისგან და ა. შ. იქნე-

ზოდნენ შემდგარი, მაგრამ სინამდვილეში ამას ვერასოდეს ვერ ვხედავთ. შემდეგ მოსალოდნელი იქნებოდა, რომ ამ შემთხვევაში არა მარტო თვით ვულკანური მასალის ფენები, არამედ მის ქვეშ მდებარე დანალექი ქანების შრეებიც კონუსის ლერძიდან პერიფერიისაკენ ყოფილიყვნენ დაქანებული. მაგრამ ვერც ამას ვხვდებით სადმე; პირიქით, ყველა დაკვირვებები ადასტურებენ, რომ ვულკანის შრეების და მისი საძირკვლის ქანების განლაგება ერთიანობისგან სრულიად დამოუკიდებელი არის. მრავალ შემთხვევაში ფუძის შრეები სრულიად აუშლელად არიან განლაგებული, მაშინ როდესაც თვით ცეცხლის მურქვეველი მთის შრეები ყოველთვის კანონზომიერად გარეთკენ ეცემიან და შრეების „პერიკლინურ“ განლაგებას გვაჩვენებენ (სურ. 142).

უკვე გასული საუკუნის ორმოცდაათიან წლებში ლაიელმა (Ch. Lyell) და სკროპმა (Scrope) ამოხსნევის თეორია დაზვიინვის თეორიით შე-



სურ. 142. შესამეულის თარაზულ ნალექებზე განლაგებული თანგარის კონუსი და ლავის ნაკადი. აუკლენდი, ახალი ზელანდი.

ცვალეს. ამ თეორიის მიხედვით ვულკანური მთები უნდა წარმოშობილიყვნენ ამოფრქვევის მილის ირგვლივ კონუსის სახით ვულკანური ფერფლის, ქვიშის, თანგარის და ლავის დაგროვების გამო.

თუმცა ძველი ამოხსნევის თეორია ამ ეპოქაში შეიძლება უარყოფილად ჩაითვალოს, საჭიროა მინც აღინიშნოს, რომ უკანასკნელ დროს შესაფერი შეზღუდვით რამოდენადმე ისევე ბუნებრივად დასტურდება უბრუნდებიან, რაც იმ დაკვირვებაზე დამყარებული, რომ ამოფრქვეული მავმა მის მიერ გაკეთილ ნალექებში უდავოდ მცირე ამოხსნეკვას და აშლილობას იწვიის.

ახალი ვულკანური გამოკვლევების შემდეგი მიღწევა მელგომარეობს იმის დადგენაში, რომ ყველა ვულკანები არ არიან, როგორც ამას წინათ ფიქრობდნენ, მიწის ქერქის დიდ ნაპრალებთან და რღვევის ხაზებთან დაკავშირებული, არამედ ხშირად ზოგი მათგანი ნაპრალებიდან სრულიად დამოუკიდებელი არის. ამ დებულებას განსაკუთრებით ენერგიულად ბრანკა¹ იცავდა.

¹ Branca, Neues Jahrb. f. Min., 1898, I. გვ. 175.

მეორე ცნობილი ახალი თეორია, პერიფერიული ვულკანური ქერების თეორია, შტუბელს¹ ეკუთვნის. ეს თეორია, ეყრდნობა რა ქვიური ქერების დიდ სისქეს, უარყოფს ძველ წარმოდგენას, თითქო ამოფრქვევები ღრმად მიწის შიგნითში მდებარე საერთო გალლობილი კერიდან წარმოდგებიან. შტუბელის მიხედვით მიწის არსებობის უძველეს ხანაში ხანგრძლივ ამოფრქვევათა შედეგად გაცივების ქერების ზევით წარმოიშვა დახშულ-სფერული ნაქუჭი, ე. წ. „ჯაემან-სამოსი“, რომელსაც შემდეგ ამოფრქვევები ველარ გაჰყვებოდნენ. ყველა შემდგომი ამოფრქვევები საზრდოობდნენ არა ცენტრული კერიდან, არამედ მაგმის უფრო მაღლა მდებარე, განცალკევებული კერებიდან, რომლებიც თანდათან იცლებოდნენ, მაგრამ, თუ საკმაოდ დიდი იყვნენ, შეეძლოთ მრავალი მილიონი წლის განმავლობაში თხევადი დარჩენილიყვნენ.

შეუძლებელია იმის უარყოფა, რომ, თუ ამ შეხედულებას გავიზიარებთ, ზოგი ვულკანური მხარის (ეიფელი, ოვერნი) სწრაფი ამოწრება უფრო ადვილად გასაგები ხდება, ვიდრე ცენტრული თეორიის ივალსაზრისით. ადვილად აიხსნება აგრეთვე ის მოვლენაც, რომ მეზობელ ვულკანებს შორის ხშირად არავითარი დამოკიდებულება არ ჩანს: ერთი რომ გაცხოველებულად მოქმედოს, მეორე შეიძლება სავსებით წყნარად იყოს. შტუბელის შეხედულება, რომ მაგმა მიწის ქერქიდან და არა მიწის შიგნეთიდან მოდის, ჩვენც უდავოდ სწორად მიგვაჩნია თუნდაც იმიტომ, რომ დღევანდელი ჩვენი შეხედულებით მიწის გული ლითონებისგან (ნიკელ-რკინა) შედგება, ყველა ერთპიჯიული ქანები კი—სილიკატებისგან. მაგრამ ყველა ცნობილ მოვლენებს ვერც შტუბელის თეორია ხსნის. ასე, მაგალითად, აუხსნელია, თუ რად აქვს მიწის ისტორიის სხვადასხვა დროში ვულკანურ მოქმედებას ასეთი არათანაბარი სიძლიერე და რად აქვს ზოგი პერიოდების ამონთხეულ ქანებს დიდ სივრცეებზე გარკვეული, ყველგან ერთგვარიქიმიური და მინერალოგიური თვისებები. ასეთი ფაქტების მიხედვით დაადგინეს ბეკმა (Fr. Becke) და სხვებმა დიდი პეტროგრაფიული პროვინციები.

უკვე ზემოთ ჩვენ გავარჩიეთ ზედაპირული და სიღრმის ამოფრქვევები. უკანასკნელნი ბათოლითური და ლაკოლითური ფორმის სხეულებს წარმოშობენ. ზედაპირულ ამოფრქვევებში კი უკვე დიდი ხანია არჩევენ: 1. ჩვეულებრივ ამოფრქვევებს, რომლებიც კრატერებისა და ვულკანური კონუსების შექმნას იწვევენ, და 2. ეგრეთწოდებულ მასურ ამოფრქვევებს, რომლებიც ისლანდის და სხვა ქვეყნების ბაზალტური განფენების მსგავსად ლავის მძლავრ ზეწრებს იძლევიან. ვინაიდან პირველი სახის ვულკანებში ამოფრქვევა ცენტრული ვერტიკალური მილიდან ხდება, მეორე სახის ვულკანებში კი ნაპრალიდან, ამერიკელ გეოლოგმა დელიმ (Daly)² და სხვებმა პირველს ცენტრული და მეორეს ნაპრალო ამოფრქვევა უწოდეს. უკანასკნელად დელიმ კიდევ ზედაპირული ამოფრქვევების მესამე სახე გამოჰყო — ამოღლობითი ამოფრქვევები. ასეთი იქნება ბათოლითური ტიპის მა-

¹ Stübel, Vulkanberge von Ecuador usw., Berlin 1897.

² Daly, Igneous rocks and their origin, New-York 1914.

ცმის ძლიერი ინიექცია, რომელიც მის თავზე მდებარე შრეების გაღობის შემდეგ ზედაპირამდე აღწევს და აქ ამონთხეულ (ეფუზიურ) ქანებს წარმოშობს. ამგვარად წარმოიშობიან გრანიტული ქანების დიდი რაოდენობანი, რომელთაც არქეული, ალგონური და პალეოზოური ქანების გავრცელების ადგილებში მრავალგან ვხვდებით.

ვოლფი (Wolff) თავის ახალ შრომაში ვულკანიზმის შესახებ ემბროზა ამგვარ დანაწილებას და ამისდამხვედვით გარდა ცენტრულ და ხაზებრივ ამოფრქვევებისა, რომლებშიც ამოფრქვევა ან ერთ წერტილში ან ერთი ხაზის გასწვრივ ხდება, გამოპყოფს, კიდევ არეალურ ამოფრქვევებს, რომელთათვის დამახასიათებელი არის მაგმის დიდ მოედნებზე ამოხეთქვა. დელის და ვოლფის აზრით არეალურ ამოფრქვევებს უმთავრესად უძველეს გეოლოგიურ პერიოდებში ჰქონდა ადგილი. უდიდესი ერუპტიული სხეულების შექმნა და უძლიერესი ზედაპირული ამონთხევები სწორედ ამ დროს ეკუთვნის. ცენტრული ამოფრქვევები, პირიქით, ვულკანიზმის უგვიანეს და საგრძობლად შესუსტებულ ფორმას წარმოადგენენ. ხაზებრივ ანუ ნაპრალურ ამოფრქვევებს მათ შუა საშუალო მდებარეობა უქირავთ. აქედან დროშიაც ასეთი თანამიმდევრობა გვექმნება: 1. არეალური, 2. ხაზებრივი და 3. ცენტრული ამოფრქვევები.

ჩვენც ამგვარ დანაწილებას ვუერთდებით, მაგრამ უმჯობესად მიგვაჩნია ვიზმართ ტერმინები: ფართობული (flächchen), ნაპრალური (Spalten) და ყელური (Schlot) ამოფრქვევები. ამრიგად შემდეგ დანაწილებას მივიღებთ:

I. სიღრმის (ინტრატელურული) ამოფრქვევები.

ესენი დაკავშირებული არიან დიდი ბათოლითური ტიპის ერუპტიული შასების შემოჭრასთან და ზედაპირზე მხოლოდ სახურავის ქანების გადარეცხვის შემდეგ ჩნდებიან.

II. ზედაპირული ამოფრქვევები.

1. ფართობული ამოფრქვევები, ბათოლითებთან და შტოკებთან დაკავშირებულნი. ამოფრქვევათა უძველესი და უძლიერესი, ამჟამად უკვე აღარ არსებული ფორმა.

2. ნაპრალური ამოფრქვევები, განფენების დიდი ამონთხევებს ქმნიან და ძარღვებთან არიან დაკავშირებული. პალეოზოურიდან თანამედროვე ხანამდე.

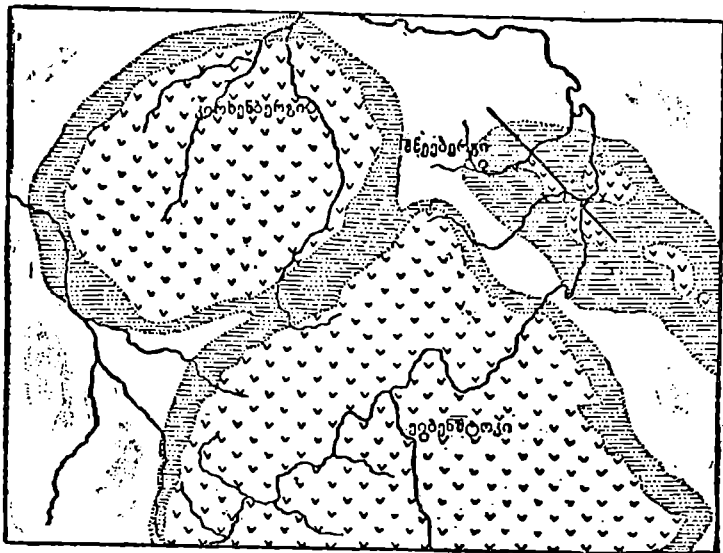
3. ყელური ამოფრქვევები, იწვევენ კრატერების და ვულკანების გაჩენას და მილისებურ ამოღინების ყელთან არიან დაკავშირებული. ვულკანური მოქმედების ყველაზე უფრო სუსტი, ამჟამად გაბატონებული ფორმა.

ზედმეტია იმის თქმა, რომ ყველა ამ ტიპებს შორის გარდამავალი ფორმები არსებობს. ასე, მაგალითად, ყოველთვის ადვილი როდია სიღრმისა და ფართობული ამოფრქვევების ერთი მეორისგან გარჩევა. ფართობული და ნაპრალური

ამოფრქვევებიც შეიძლება ერთიმეორის მსგავსი იყვნენ. ამით გარდა არსებობს აგრეთვე გარდამავალი ფორმები ნაპრაალურსა და ყელურ ამოფრქვევათა შორის.

1. ხილრმის ამოფრქვევები¹.

ესენი იწვევიან ზემოთ უკვე აღნიშნული უზარმაზარი შტოკისებური ინტრუზივების წარმოშობას, რომლებსაც ბათოლითებს უწოდებენ. ეს „უძირო ინიექციები“ თითქმის ყოველთვის სრულად დაკრისტალბებული გრანიტული ქანებისაგან შედგებიან; მათში სრულებით არ მოიპოვებიან არც წილური ბუშტო-



სურ. 143. კირხნებრგისა და აიბენშტოკის გრანიტული შტოკები მდნიან მთებში. მასშტაბი 1 : 25.000.

გრანიტის გული მდებარეობს ფილიტებში (თეთრი), რომლებიც გრანიტთან კონტაქტში სახეშეცვლილი არიან (დაშტრიბული).

ვანი და მინებრივი ქანები და არც ეროპტივული ბრეჩქიები და ტუფები. ერთიც და მეორეც დაკავშირებულია მათ დიდ სიღრმეზე გამაგრებასთან, რომელიც აფეთქებითი პროცესების გარეშე ხდება. ამასთან ერთად მათ მოსაზღვრე ქანებს ძლიერი კონტაქტური მეტამორფიზმის ნიშნები ეტყობა.

¹ H. Cloos, Der Mechanismus tiefvulkanischer Vorgänge. Sammlung Vieweg, 57, Braunschweig, 1921; იკვე, Tektonik und Magma. Untersuchungen zur Geologie der Tiefen, Abh. Preuss. Geol. Landesanstalt, N. F., Heft 89, 1922.

ბათოლითები მეტწილად დანაოქებულ მხარეებში გვხვდებიან და იქ ფართო ანტიკლინების გულში არიან მოთავსებული. გამოვლინების ასეთი ფორმის ცნობილ მაგალითებს მიმართების გასწვრივ ერთ ხაზზე მდებარე მონ-ბლანის და ზონ-პელვუს გრანიტული მასივები და აგრეთვე აარისა და გოტჰარდის მასივები წარმოადგენენ. ბულტური ზეგნების ბათოლითები კლოოსმა აღწერა¹.

თუ მხედველობაში მივიღებთ ბათოლითების გრანიტული მასების უზარმაზარ მოცულობას, რომელიც რამდენიმე ათასი და ასიათასი კუბური კილომეტრით იზომება, მაშინ თავისთავად ისმის საკითხი, თუ რა ძალებმა შექმნა ის სიღრუეები, რომლებშიც ეს უზარმაზარი ერუპტიული მასები გაცივდნენ და რა იქმნენ ის ქანები, რომლებსაც წინათ ეს ადგილი ეკირათ.

ამ კითხვაზე სხვადასხვაგვარად უპასუხებენ. ფრანგ მეცნიერთა წარმოდგენით გრანიტულმა მაგმამ მიწის ქერქის გაღობის გზით ზედაპირამდე მოაღწია და აითვისა მის გზაზე მდებარე ყველა ქანები. ამერიკელი დელის „overhead-stoping“ ჰიპოთეზის მიხედვით, რომელსაც სალომონი (Salomon) შენაცვლების ჰიპოთეზს უწოდებს, ერუპტიულმა ქანებმა მათთვის საჭირო სივრცე სახურავის ქანების მექანიკური მოკვეთით, მომტკრევით და ნაწილობრივ გაღობითაც შექმნეს. კლოოსი, პირიქით, წარმატებით შეეცადა ადგილების შენაცვლებაში მთავარი მნიშვნელობა მთების წარმოშობა მოძრაობებისათვის მიენიჭება². ვალლობილი ერუპტიული მასები უნდა იტენებოდნენ იმ სიღრუეებში, რომლებიც ნაწილობრივ დანაოქების, ნაწილობრივ კი გარღვევების გასწვრივ დიდი ბელტების ჩამოწყვეტის შედეგად წარმოიშებიან.

შუა გერმანიის მთები შეიცავენ მრავალრიცხოვან ბათოლითის ზომის გრანიტულ შტოკებს, რომლებიც შეიძლება სიღრმის ამოფრქვევების შედეგად მივიღოთ. მაგალითად, ბროკენის დიდი გრანიტული მასივი ჰარცში, რომელიც რებერგის გრადენტან, წმ. ანდრეას მთასთან, დაფარულია ძლიერ მეტამორფული („რქაქვაში“ გადასული) კარბონული გრაუვაკების დიდი და ბრტყელი ბელტებით. მადნიანი მთები (სურ. 143), რიზენგებირგე, ფიხტელგებირგე, შვარცვალდი და, გერმანიის გარედ, ბრეტანი, კორნუელსი და ბეერი სხვა მხარე სიღრმეში გაცივებულ ამგვარსავე დიდ ერუპტიულ მასივებს წარმოადგენენ.

უახლოესი დროის ბათოლითების მშენიერ მაგალითს იძლევიან სამხრეთ ამერიკის ანდეზი³, სადაც მესამეულში გრანოდიორიტების და ანდეზიტების უზარმაზარი მასები სიღრმის ინტრუზივების სახით გაცივებულან.

¹ Cloos, Geologie des Erongo im Hererolande.—Beitr. z. Erforsch. d. Deutsch. Schutzgeb., Heft 3 u. 7, Berlin 1911 u. 1917.

² გარდა შრომისა სამხრეთ აფრიკის ეროვნოს შესახებ იხ. კლოოსისვე შრომა სიღრმის სიღრმის ქანებზე: Abh. d. Preuss. Geol. Landesanst., N. F., 81, 1920.

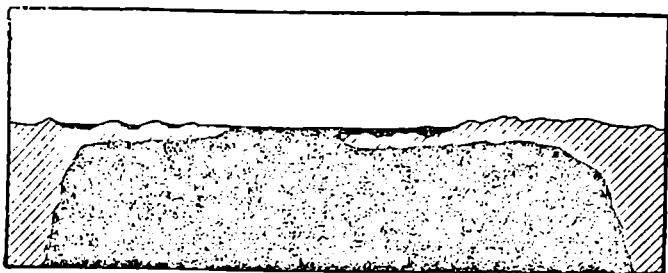
³ Steinmann, Gebirgsbildung und Massengesteine in der Kordillere Südamerikas—Geolog. Rundschau, 1, გვ. 13, 1910.

2. ზედაპირული ამოფრქვევები.

ა) ფართობული ამოფრქვევები.

ისევე როგორც სიღრმის ამოფრქვევების დროს, ფართობული ამოფრქვევების დროსაც ბათოლითისებური და ლაკოლითისებური დიდი ერუპტიული მასივები წარმოიშობიან. სიღრმის ამოფრქვევებისაგან ზედაპირული ამოფრქვევები იმით განსხვავდებიან, რომ აქ მაგმა, როდესაც იგი მიწის ქერქის ზედა ფენამდე მიაღწევს, ახერხებს მის გარღვევას და ეფუზიურ ფაციეს იძლევა, ესე იგი ზედაპირულ ამონთხევებს წარმოშობს.

ამ გარღვევის ასახსნელად დელიმ ზემოხსენებული (overhead stoping-ის) ძიპოთეზი წამოაყენა. მისი აზრით ერუპტიული მასების თავზე დაგროვილმა გა-



სურ. 144. რიოლითის განფენის კრილი. განფენი მიღებულია შესამეულის დიდი გრანიტული ბათოლითის ფართობული ამონთხევის შედეგად. იელოუსტონის პარკი (Daly-ს მიხედვით).

ზებმა სახურავი თანდათანობით ააფეთქეს ან ლღობით გაარღვიეს, ხოლო დამსხვრეული და მაგმაში ჩაძირული ბელტები მეტწილად მაგმაში გალღენენ და ზოგ შემთხვევაში დასაწყისში ფუძე მაგმა მკვავდ აქციეს.

ამრიგად ფართობული ამოფრქვევები მიწის ქერქის დიდ სივრცეზე გაღობას წარმოადგენენ. ისინი ძალიან ხშირი იყვნენ უძველეს გეოლოგიურ დროში, როდესაც მიწის ქერქი კიდევ თხელი იყო, და მთელი პალეოზოურისწინა დროის ანუ, როგორც მას ინგლისელი პეტროგრაფი ჰარკერი (Harker) უწოდებს, „დედამიწის ისტორიის პლუტონური ფაზისის“ განმავლობაში ამოფრქვევების გაბატონებულ ფორმას წარმოადგენდნენ. მიწის ქერქის ამგვარი გარღვევები შემდეგში უფრო იშვიათად ხდებოდა, თუმცა ცალკე შემთხვევებში მათ შესამეულამდეც ჰქონდათ ადგილი.

დელის მიხედვით უდიდესი ფართობული ამოფრქვევების მაგალითებს კანადა და ზემო ტბის მხარე იძლევა. მაგრამ სხვაგანაც: ამერიკის შვერთებულ შტატების სხვა ადგილებში, შოტლანდში, შვედეთში და სხვაგან ნახული არის ლავების ერცელი განფენები, რომლებიც ქვევით ბათოლითურ სიღრმის ქანებში უნდა გადადიოდნენ (სურ. 144).

ბ) ნაპრაალური ანუ მასური ამოფრქვევები.

ამოფრქვევებს, როგორც ამ სახეს ეკუთვნიან, მეტად თუ ნაკლებად გრძელი ნაპრალების გასწვრივ ჰქონდა ადგილი. ნაპრალები კი ან წინასწარ ტექტონიკურად არიან წარმოშობილი, ანდა მხოლოდ ამომავალი მაგმის წნევის შედეგად გაჩენილან. გალობილი აღმავალი ნაკადი ჯერ ნაპრალს ააქსებდა და შემდეგ მისი ნაპირებიდან ერთ ან ორივე მხარეზე გადადინდებოდა და გაიშლებოდა. ასე წარმოიშვნენ ზეწრული ტიპის, ხშირად ძალიან მძლავრი და ვრცელი ერუპტიული მასები. ამოფრქვევა ნაპრალიდან ზოგჯერ მხოლოდ ერთხელ ხდება, სხვა შემთხვევებში კი ის რამდენიმეჯერ მეორდება და ერთიმეორეზე მდებარე განფენების დიდ რიცხვს იძლევა.

აღსანიშნავია, რომ ნაპრაალური ამოფრქვევების მაგმას, როგორც წესი, ფუძე (ბაზალტური) შედგენილობა აქვს და ის გაზეზით ლარიბი არის. ასეთ ამოფრქვევებს მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევებში ახლავდა აფეთქებები, რომლებიც მაგმის მტერად ქცევას, ტუფების წარმოშობას და აგრეთვე პატარა შრებოივი ეულკანკრი კონკსების შექმნას იწვევდნენ. ამგვარი კონუსები განლაგებული არიან უმთავრესად ამონთხევის ნაპრალებზე და მისი მიმართულების გაკვლევის საშუალებას იძლევიან.

ერთად-ერთი ქვეყანა, სადაც დიდ ნაპრაალურ ამოფრქვევებს ამჟამად აქვს ადგილი, ისლანდია არის. ეს ამოფრქვევები თოროდსენის¹ გამოკვლევების შემდეგ შეიქნა ცნობილი.

ჰაუთალი² მიახლოებით განფენები, რომელნიც პატაგონიის მნიშვნელოვან ნაწილს ჰფარავენ, დიდი ნაპრაალური ამონთხევის შემდეგ წარმოად-



სურ. 145. ვილიამსის კანიონის (არბონა) დიდი ნაპრაალური ამონთხევის კრილი. Kr—კრისტალური ქანები. S—ქვიშა და ხეივა. B—ბაზალტი.

გენენ. ყველა ისინი მოჰყვებოდნენ ნაპრალებს, რომელთა სიფართოვე ხშირად ერთ მეტრამდე ძლივს აღწევდა, მაგრამ საპავიეროდ მათი გავრცელება მრავალ მილს აღემატებოდა.

ნაპრაალური ანუ მასური ამოფრქვევები მესამეულში, როგორც ჰგავს, უფრო დიდი მასტაბით ხდებოდნენ, ვიდრე ახლა. ასე იყო განსაკუთრებით ჩრდილო აღმოსავლეთ ისლანდში, ჩრდილო-დასავლეთ შოტლანდში, ჰებრიდულ და ფეროს კუნძულებზე და გრენლანდზე. მაგრამ მათ სრულიად ჩრდილავენ ბაზალტის ვებერთელა ამონთხევები, რომლებიც კოლუმბიის, ორეგონის, იდაჰოს, ნევადის, არიზონის და ახალი მექსიკის დიდ ზევიანს ჰქმნიან და მრავალი ასეული მეტრის სიმძლავრესთან ერთად მრავალი ათასეული კვადრატული მილის

¹ Thoroddsen, Island. Peterman. Mitt., 1906. Erg.—რვ. 152 და 153.

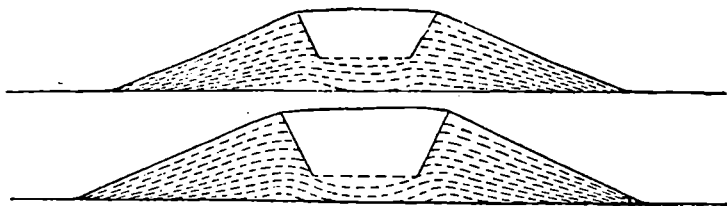
² Hauthal, Peterm. Mitt., 1903, გვ. 97.

გავრცელება აქვთ. ამონთხევათა მთავარი ნაპრალები აქ წყნარი ოკეანის ნაპირის პარალელურად არიან განლაგებული.

დეკანის ნახევარკუნძულის უზარმაზარი ზეწრული ამონთხევები (ე. წ. ტრაპები) ცარცულ დროს ეკუთვნიან; ბოცენ-მერანის პორფირიტული განფენების ასაკი პერმულა არის.

ც) ყელური ამოფრქვევა.

თანამედროვე ვულკანური ამოფრქვევების უმრავლესობა ამ სახეს ეკუთვნის. ამგვარი ამოფრქვევები უკვე დიდი ხანია ცნობილი და შედარებით საკმაოდ შესწავლილი არიან და ამიტომ შეიძლება ითქვას, რომ ვულკანური მოვლენების ჩვენი ცოდნა უმთავრესად მათზეა დამყარებული. ამის გამო ყელურ ამოფრქვევებზე უფრო დაწვრილებით მოგვიხდება ვილაპარაკოთ.



სურ. 146. მონტენეგოს ყანგაროს კონუსის (ზევით) და კონცხ მიზენის ტუფის კონუსის (ქვევით) კრილები (ნეაპოლის მახლობლად).

ვიდრე ეს ნაპრალები და ფართობულ ამოფრქვევათა განხილვის დროს იყო შესაძლებელი.

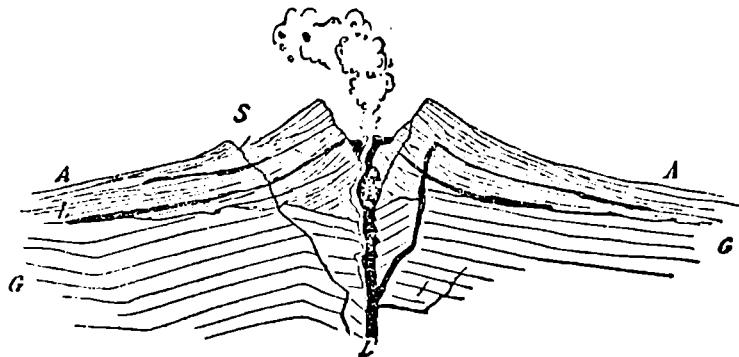
ზემოთ უკვე აღნიშნულ იქმნა, რომ ფართობულ ამოფრქვევებისგან, რომლებსაც მიწის ზედაპირის დიდ ფართობზე გაღობა უძევს საფუძვლად, და ნაპრალები ამოფრქვევებისგან, რომლებიც ამონთხევითი ნაპრალებიდან ამოდიან, ყელურ ამოფრქვევებს (ამოფრქვევა მილებით) ის თავისებურება ასხვავებს, რომ აქ ვულკანის პირი მიწის ზედაპირის ერთ წერტილშია მოთავსებული.

ეს წერტილი ვერტიკალური ამონთხევის ღერძის, ჩვეულებრივად შორს მიწის სიღრმეში მიმავალი მილის, ე. წ. ამონთხევის მილის პირს წარმოადგენს. ეს მილი არის ის გზა, რომლითაც ვულკანის წარმომშობმა მასალამ ზედაპირს მიაღწია, და ამის გამო ის ვულკანის უმთავრეს ნაწილს წარმოადგენს. ის მხოლოდ ამოფრქვევების დროს არის ღია და ყოველი ამოფრქვევის პერიოდის ბოლოში უკანვე ჩავარდნილი და გამყარებული ლავით იკეტება.

სადენი მილის პირს კრატერი ჰქვია. იგი ვულკანის მოქმედების მთავარი ადგილია და ამიტომ ვულკანური კონუსის ზრდის საწყის წერტილს წარმოადგენს. როგორც სურ. 146-ზე არის ნაჩვენები, ეს ზრდა შემდეგი გზით ხდება:

ფერფლის, ქანგაროს და ლავის განმეორებული ამოსროლის გამო კრატერის ირგვლივ მასალის თანდათან დაგროვება ხდება. ეს იწვევს ვულკანური მთის ასეთსავე, თანდათან აშალებას, რასაც, ბუნებრივია, თვით კრატერის მაღლა აწევაც უნდა მოჰყვეს.

ვულკანების უმრავლესობა კრატერის ადგილას მოკვეთილ კონუსურ მთებს წარმოადგენს, რაც ასეთ წარმოშობას ადასტურებს. ვულკანური მთების შინაგანი ნაშენობა ყოველთვის „პერიკლინური“ა, ესე იგი შრეები ყველგან ამოფრქვევის ღერძიდან გარედ არიან დაქანებული. შემადგენელი მა-



სურ. 147. შერეული კონუსის (სტრატოვეულკანის) კრილი.

S—ქანგარო, A—ფერფლი, L—ლავა, G—არავეულკანური, ფუძეში მდებარე ქანები.

სალის მიხედვით ლავის, ქანგაროს და ტუფების კონუსებს არჩევენ. ყველაზე სუსტად დაქანებული კალთები (3° — 10°) ლავის კონუსებს აქვთ, ყველაზე ციკაბო (25° — 45°) ქანგაროს კონუსებს, ტუფებისა (15° — 30°) და შერეულ კონუსებს მათ შორის საშუალო ადგილი უჭირავთ (სურ. 146 და 147).

ვულკანური მთის განსაკუთრებულ ტიპს, დასასრულ, ვულკანური გუმბათები წარმოადგენენ. ისინი, როგორც ჩანს, სიღრმიდან ბლანტი მაგმის ხანგრძლივი მოწოდებისა და ამონთხევის პროცესში თანდათანობით გუმბათისებურად ამობურცვის გზით წარმოიშობიან.

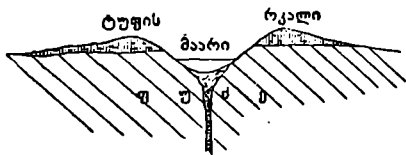


სურ. 148. გუმბათის წარმოშობა (Reyer-ის მიხედვით).

ამგვარი წარმოშობა არის მიღებული კაიშენის კუნძულებისა (სანტორინის მთიან რგოლში) და ზოგი სხვა ძველი ვულკანური კონუსებისათვის (სურ. 148).

ვულკანების ამოსაცვალი მილიების ამ საკვირველი ღრმად მიწაში მიმავალი ვიწრო ცილინდრული მილების წარმოშობის საკითხი დიდხანს აფიქრებდა გეოლოგებს. ეს ამოცანა გადასჭრეს მხოლოდ დობრეს (A. Daubrée) ახალმა გამოკვლევებმა მალად წნევის ქვეშ მყოფი გაზებისა და ორთქლების შე-

სახებ. როდესაც ასეთ გაზებს კირქვის, გრანიტის, ფოლადისა და მისთ. ბზარე-
 ზში და ნაპრალებში ატარებდნენ, გამოირკვა, რომ ისინი თავის გზას (თოფის



სურ. 149. ეიფელის მარიის იდეალური კრილი

რი მილი თანდათანობით მიწის ზედაპირთან მიადრწევს, გაზების უკანასკნელი
 დაძაბვა აფეთქებას იწვევს და ნაღმის მსგავსად ზედაპირზე ძაბრს აჩენს.

დანაღეკ ქანებში ამოკვეთილი ამგვარი ძაბრისებური კრატერები მრავალ
 ვულკანურ მზარეშია ცნობილი. ეიფელში, სადაც ისინი უკვე დიდი ხნის შემჩნე-
 ული არიან, მათ მზარეებს უწოდებენ. ისინი ჩვეულებრივ ამოფრქვეული მა-
 სალისაგან შემდგარი დაბალი ზეინულით არიან გარშემორტყმული (სურ. 149).

მზარი კრატერის და, მაშასადამე, აგრეთვე ვულკანის საწყის ფორმას
 წარმოადგენს. თუ ვულკანების უმრავლესობას სულ სხვაგვარი სახე აქვს; თუ აქ
 ჩაღრმავების მაგიერ ამალღებას აქვს ადგილი, ეს დაკავშირებულია იმასთან,
 რომ უმეტეს შემთხვევებში მარიის ძაბრის ამოკვეთას ამოფრქვევითა მთელი რიგი
 მოჰყვება ხოლმე და საწყისი ძაბრის ადგილზე თანდათანობით კონუსური მთა
 იზვინება. ევროპის ყველაზე უფრო ცნობილი ვულკანის, ვეზუვის მიხედვით, ამგვარ
 კონუსური ფორმის ვულკანურ მთებს ვეზუვის ტიპს აკუთვნებენ.

ვეზუვის ტიპის ვულკანებისთვის ძლიერ დამახასიათებელია, რომ ყოვე-
 ლი დიდი ამონახვევა სადენი მილის ბრლოში ძაბრისებური პირის ამოკვეთით
 იწყება; მხოლოდ შემდეგ ენგაროს და ფერფლის ამოსროლის გამო შიგ თან-



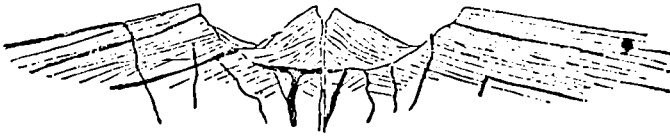
სურ. 150. ჰავაის ტიპის ვულკანის ზედა ნაწილის კრილი.

დათანობით წარმოიშობა კრატერის ბრტყელი ძირი; მის შუა ადგილზე აღი-
 მართება ამოფრქვევის კონუსი, რომელიც სადენი მილის დაბოლოების
 მაჩვენებელია.

ვულკანების მესამე ტიპს წარმოადგენს ჰავაის ტიპი—უზარმაზარი,
 მაგრამ ძალიან დამრეცი კალთების მქონე და ამიტომ ფარისებური ცეცხლის
 მფრქვეველი მთები, რომელნიც მხოლოდ და მხოლოდ ბაზალტური ლავის ერთი-
 მეორეზე განლაგებული ნაკადებისგან შედგებიან. მათი მწვერვალი ვრცელ პლა-
 ტოს წარმოადგენს, რომლის შუა ადგილში მეტწილად ტერასებით დასაფეხუ-
 რებული, უზარმაზარი კრატერია მოთავსებული (სურ. 150). ამ ტიპს ეკუთვნიან

პავიის კუნძულების არაჩვეულებრივ დიდი ვულკანები მუნა-ლოა, კილაუენა (მდულარე ლავის ტბით კრატერში) და სხვები, და აკრეთვე ისლანდის და სხვა ქვეყნების მრავალი ვულკანი.

ამ დაყოფისაგან დამოუკიდებელიც უკვე დიდი ხანია არჩევენ მარტივ და რთულ ვულკანებს. მარტივი ვულკანი უბრალო კონუსის ფორმის მთას წარმოადგენს, რთული კი — ცენტრულ კონუსურ მთას, რომელსაც ირგვლივ წრული სერი უვლის. ამგვარი რთული ვულკანის ანუ „სომა-ვულკანის“ ცნობილ მაგალითს წარმოადგენს ვეზუვი თავის სომით. ყველა აქამდე კიდევ მოქმედი რთული ვულკანების მოქმედება მთლიანად ცენტრულ მთასთან არის დაკავშირებული უქანასკნელის შემადგენელი მასალა თითქმის ყოველთვის განსხვავებულია წრული მთის მასალისაგან. ეს უქანასკნელი გარეთკენ დაქანებული შრეებისაგან შედგება და უფრო ძველი და დიდი ჩაქრალი ვულკანის ნაშთს.



სურ. 151. რთული ვულკანის (სომა-ვულკანის) კრილი.

წარმოადგენს, რომლის შუა ადგილში ვულკანური მოქმედების შენდგომი განახლების გამო ახალი ცენტრული მთა ამართულა (სურ. 151).

პარაზიტული კონუსები. ასე ეძახიან დიდი ვულკანების კალთებზე მოთავსებულ უანგაროს პატარა კონუსებს. ეტნაზე ორასამდე ასეთი კონუსია. ეს არის ვულკანის გვერდის ამოფრქვევების ადგილები. როდესაც მაღალი ვულკანის ყელში ლავა თანდათანობით მალლა იწვევს, კედლებზე მისი დაწოლა იმდენად დილია, რომ ჩვეულებრივ დიდი ხნით ადრე, ვიდრე ლავა კრატერაღვე მიღწევადეს, მთა ამ დაწოლას უკვე ვერ უძლებს: იგი იზზარება ამოფრქვევითი მილიდან გარეთკენ მიმართული რადიალური ნაპრალებით, რომლებიც მაშინვე ლავით ივსებიან და მიწის ზედაპირზე ფერფლის და ქანგაროს ამოსროლის გზით პარაზიტულ კონუსებს წარმოშობენ.

ვულკანების სიდიდე. ვულკანების ნამდვილი სიდიდე უფრო მათი შეფარდებითი სიმალიდან ჩანს, ვიდრე აბსოლუტური სიმალიდან. ასე, მაგალითად, მექსიკის ვულკანი კოტოპაკსი, რომელსაც 6200 m აბსოლუტური და მხოლოდ 2200 m შეფარდებითი სიმაღლე აქვს — ის იმყოფება 3800 m სიმალის პლატოზე, უფრო ნაკლები სიდიდისაა, ვიდრე სტრომბოლი, რომელიც ზღვის დონიდან ძლივს აღწევს 900 m სიმაღლეს, მაგრამ 2300 m სიღრმე ზღვის ფსკერზე არის ამართული. ცნობილ ვულკანთა შორის უდიდესი არიან პავიის კუნძულების ვულკანები, რომლებიც 4000 m სიღრმე ზღვიდან ზღვის დონის მაღლა 4000 — 6000 m არიან ამართული. ეტნას აბსოლუტური სიმაღლე 3300 m აღწევს, შეფარდებითი კი 2200 m. ვეზუვის აბსოლუტური და შეფარდებითი სი-

მალღებები ტოლი არიან და 1300 m შეადგენენ. საშუალო სიდიდის ვულკანის კრატერის დიამეტრი ისეთათად არის 1 km მეტი; მაგრამ იავახე და აღმოსავლეთ აფრიკაში არის კრატერები, რომელთა დიამეტრი 20 და მეტ კილომეტრს უდრის.

მოკლედი ვულკანები.

თვით ის ვულკანები, რომლებიც გაცხოველებულ მოქმედებას იჩენენ, განუწყვეტლივ მოქმედი როდი არიან. პირიქით, აქაც ხანმოკლე და სწრაფწამავალ ამოფრქვევებს მათ შუა მდებარე ძლიერ სუსტი, თუ შეიძლება ასე ვთქვათ, მთელმარე მოქმედების პერიოდები სცვლიან, რომლებსაც სიმშვიდის მდგომარეობას უწოდებენ. მაგრამ ამგვარი ცეცხლისმფრქვეველი მთების გვერდით არიან ისეთებიც, რომლებსაც ადამიანის მახსოვრობაში მოქმედების ნიშანიც არ გამოუჩენიათ. მათ ჩვეულებრივ, მოქმედი ვულკანების საწინააღმდეგოდ, ჩამქრალ ვულკანებს ეძახიან.

ევეს გარეშეა, რომ ამ გარჩევას დიდი ნიშნენლობა არა აქვს. ისტორიული მაგალითები გვიჩვენებენ, რომ ბევრ ვულკანს, რომელიც საუკუნეების განმავლობაში ჩამქრალად ითვლებოდა, უეცრად ისევ დაუწყია მოქმედება. ამის ცნობილ მაგალითს იძლევა ვეზუვი, რომელიც უძველეს დროში არც კი ითვლებოდა ვულკანად, მაგრამ ჩვენი ერის 79 წელში უეცრად მოგვცა საშინელი ამოფრქვევა, რომელმაც მთლიანად შესცვალა მთის სახე და მგზობელი ქალაქები ჰომპეი და ჰერკულანუმი სრულიად გაანადგურა. მას შემდეგ ვეზუვი მუდამ მოქმედებს, გარდა თითქმის 300 წლიანი სიწყნარის პერიოდისა, რომელიც მე.XIV საუკუნის დასაწყისში დაიწყო.

თუმცა, როგორც ეს მაგალითი გვიჩვენებს, არის ისეთი ცეცხლისმფრქვეველი მთებიც, რომლებიც მოქმედების არავითარ გარეჯან ნიშანს არ იძლევიან მაგრამ ვულკანების უმზავლესობა კრატერიდან და მისი მიდამოებიდან გაზეზების უწყვეტელი გამოყოფის წყალობით ამის გაგების საშუალებას მანც იძლევა.

სულ უკანასკნელ დრომდე მიღებული იყო, რომ ამ გაზეზს შორის მთავარ როლს წყლის ორთქლი თამაშობს. მხოლოდ ბრანის (A. Brun)¹ ახალმა ვრცელმა გამოკვლევებმა შეარყიეს ეს აზრი და მოგვცეს ახალი წარმოდგენა, რომ ვულკანური ამოფრქვევის მასალაში წყალი არ არის პირველადი, არამედ ნაწილობრივ დამატებით მიიღება ატმოსფეროდან, ნაწილობრივ კი სიღრმეში ჩაქონილი და იქ, მაგმის შეზებისას ორთქლად ქცეული წყლისაგან წარმოდგება.

მხოლოდ, მას შემდეგ, რაც აპრიკელმა შეფერდმა (Shepherd) და დეიმ (Day)² 1912 წელში შესძლეს კილაუეას (ჰავაიის კუნძულები) ლავაში უდავოდ იუვენური წყლის ორთქლის აღმოჩენა, ბრანის მტკიცება, რომ ყველა ამოფრქვევები თავისუფალი არიან წყლისგან, გაბათილებულად უნდა ჩაითვალოს.

¹ Brun, Recherches sur l'exhalaison volcanique, Genf, 1911.

² Shepherd and Day, Journ. Wash. Acad. Sc., 1913, 3, გვ. 457.

გარდა წყლის ორთქლისა (რომელიც ზოგჯერ შესაძლოა არც იყოს) ვულკანების გაზებრივი გამოწყოფები შეიცავენ H_2S , SO_2 , HCl , Cl , CO_2 , CH_4 , H , N , B_2O_3 , Fe_2Cl_6 , $AsCl_3$ და სხვ. ეს შენაერთებნი, რომელნიც უდავოდ მაგმიდან წარმოდგებიან, ყველა ერთდროულად არ გამოიყოფა. ყველაზე ცხელ ადგილებში (სადაც ტემპერატურა 500° და მეტს აღწევს) უმთავრესად Cl და მისი შენაერთები გამოიყოფიან, ნაკლებად ცხელ პუნქტებში $ClNH_4$ და SO_2 , შემდეგ CO_2 და H_2S და ყველაზე დაბალ ტემპერატურის დროს NH_3 და H .

გამოყოფილი ორთქლების ერთობლივობა შეადგენს პატარა დრუბლებს, რომლებიც ყოველი მოქმედი ვულკანის თავზე ჩანან და საშუალებას იძლევიან ვულკანი შორიდანვე ვიცნოთ.

ჩაქრობის პროცესში მყოფი სოლფატარის კრატერი ნეაპოლთან გაზების და ორთქლების გამოყოფის განსაკუთრებული სიუხვით არის ცნობილი. S-ის შენაერთები, რომლებიც აქ დიდი რაოდენობით გამოიყოფიან, S-ის სუბლიმაციას იწვევენ. გოგირდი აქ უკვე ძველი დროიდან მოიპოვება. ყველა ვულკანებს, რომელთა მოქმედება გაზებისა და ორთქლების ნაკადების ამოსვლით არის განსაზღვრული, სოლფატარებს უწოდებენ და ამ შემთხვევაში სოლფატარულ მოქმედებაზე ანდა სოლფატარულ სტადიაში მყოფ ვულკანებზე ლაპარაკობენ.

სუსტი, მაგრამ რამოდენადმე, კიდევ გაცხოველებული მოქმედების მაგალითს იძლევა ვულკანი სტრომბოლი. მისი პატარა ამოფრქვევებს ზოგჯერ თან სდევს

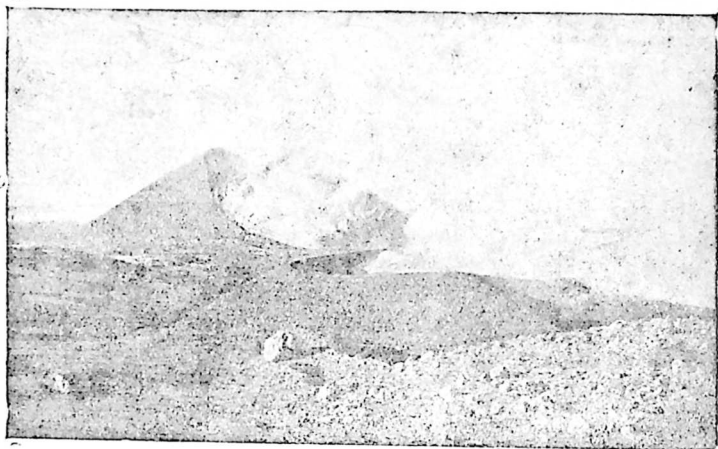


სურ. 152. ამონთხევის ნაპრალი ზედ განწყრივებული მოქმედი ვრუბტივეუ კონუსებით ვებუვზე.

ლავის ამონთხევაც. ჩვეულებრივ კი მისი მოქმედება იმაში მდგომარეობს, რომ დაახლოვებით ყოველ ნახევარ საათში ლავა კრატერში ნელა მაღლა იწევს, ხდე-

ბა ჟანგაროს პატარა ამოფრქვევა, და ამის შემდეგ ლავა ისევ დაბლა ეშვება და უახლოეს ამოფრქვევამდე სიმწვიდე მყარდება.

სტრომიოლის ტიპის ვულკანური მოქმედება, რომელიც ზოგ სხვა ვულკანებსაც ახასიათებს, გარდამავალ საფეხურს წარმოადგენს ჰავიის კუნძულების ვებერთელა ვულკანების მაჟნალოას და კილაუეას გაცილებით



სურ. 153. ეტნის პარაზიტული კონუსები მოქმედების დროს 1892 წ. აგვისტოს ამოფრქვევა.

უფრო გრანდიოზული, მაგრამ აგრეთვე ძალიან წყნარად მიმდინარე მოქმედებისაა. ლავა აქაც ამონთხევის წინ კრატერს თითქმის ნაპირებამდე ავსებს; თუმცა ყველა უკანასკნელი დიდი ამონთხევა იხდებოდა არა კრატერიდან, არამედ მაზე გაცილებით დაბლა მდებარე ნაპრალეებიდან. ძლიერ თხევადი, თითქმის უვახო ლავის უზარმაზარი ნაკადები აქედან ისე წყნარად მომდინარეობენ რომ ამოფრქვევის დაწყებას კუნძულების მცხოვრებნი მხოლოდ ძლიერი აღმურობით გებულობენ.

ვულკანების უმრავლესობის, მეტადრე კი ეტნისა და ვეზუვის ამოფრქვევები ასე წყნარი არ არიან. აქ ამოფრქვევის დაწყების წინ მეტად იზრდება ორთქლების გამოყოფა; ორთქლის მანქანის მსგავსად აქ გაზები ძლიერი სტვენით და ბიძგებით ამოდიან. ეს არის, როგორც უკვე აღნიშნულიქმნა, არა მარტო წყლის ორთქლი, რომელიც ზოგჯერ შეიძლება სულაც არ იყოს, არამედ აგრეთვე სხვა გაზები და ორთქლები. გაზები შეერთების მალაღმირად სართულებად დაყოფილ სვეტს იძლევიან, რომლის სიმაღლე ზოგჯერ რამოდენიმე კილომეტრამდე აღწევს; ფერფლის ატაცებული ნაწილაკების გამო ის ხშირად შავი ფერის არის და ამიტომ ატმოსფეროს დიდ მანძილზე აბნელებს, წყლის ორთქლის შეკუმშვის გამო იწყება ძლიერი კოკისპირული წვიმა,

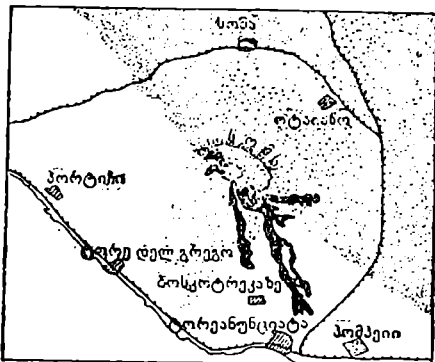
რომლის წყალი ფერფლთან ერთად აჩენს ტალახის ღვარებს, როელნიც არანაკლებ გამანადგურებლად მოქმედებენ, ვიდრე ლავის ღვარები. ამ პროცესებთან და ფერფლის, ენგაროსა და ბომბების ამოსროლასთან ერთად ცეცხლისმფრქვეველი მთების რაიონში ადგილი აქვს ნაპრალების გაჩენას და მიწისძვრებს.

ყველა ამ მოვლენების სიძლიერე თანდათანობით იზრდება, სანამ, დაბოლოს, ვულკანის ფერდი არ გაირღვევა და ამოფრქვევის ნაპრალიდან ანდა ნახე დაზიანული ენგაროს კონუსიდან ლავა არ გადმოდინდება.

ვულკანების უმრავლესობის ამოფრქვევა აღწერილი გზით ხდება, მაგრამ არის სხვა ვულკანები, რომელთა ამოფრქვევა გაზების მხოლოდ ერთ საშინს, ანუ აფეთქებას წარმოადგენს.

სამართე აღმოსავლეთ აზიის ზოგი ცეცხლისმფრქვეველი მთები ამ ტიპს ეკუთვნიან. ზონდის არქიპელაგში მდებარე ვულკან კაკატაუს ამოფრქვევა 1883 წელში ასეთი აფეთქების გრანდიოზულ მაგალითს წარმოადგენს. ამ ამო-

ფრქვევის დროს, რომელიც ორასი წლის სიმშვიდის შემდეგ მოხდა, დიდი ნაწილი იმ კუნძულისა, რომელზედაც ვულკანი იყო, ჰაერში იქმნა გატყორცნილი და მის ადგილას 300 m-ზე უფრო ღრმა ზღვა წარმოიშვა. ერთდროულად 20000 კვადრ. კილომეტრის სივრცეზე ფერფლის არაჩვეულებრივ დიდი რაოდენობა გავრცელდა; მუქის ოდენა ქეები 40 km მანძილზე იქმნენ გადასროლილი, ფერფლის უწერილსი ნაწილაკებმა კი 70 - 80 km სიმაღლეზე აატანეს და იმათ ირგვლივ წარმოშობილ წყლის უწვრილეს წვეთების წყალობით რამდენიმე წლის განმავლობაში აზიის, ევროპისა და ჩრდილო ამერიკის დიდ ნაწილებში რიყრატის თვისებურ სურათებს იწვევდნენ.



სურ. 154. ფერფლით დაფარული მთედანი (კუნქტირი) და ლავის ნაკადები (შავი). მიღებული ვებუვის 1906წ. აპრილის ამოფრქვევის დროს.

იპაონიის ვულკანის ბანდაი-სანის ამოფრქვევა 1883 წელში ამის მსგავსი იყო. თითქმის ათასი წლის სრული სიმშვიდის შემდეგ ვულკანი ამ უეცარმა აფეთქებამ მთლად დაანგრა. ამ დროს მიღებული იქმნა ნამსხვრევთა არაჩვეულებრივ დიდი რაოდენობა, ლავისა კი არც ერთი წვეთი.

ამისვე მსგავსად მოხდა ვესტ-ინდიის ვულკანის მონ-პელეს 1902 წ. 8 მაისის ყველასათვის სამახსოვრო ამოფრქვევა, რომელმაც გარდა სხვა ზიანისა 40000 კაცს სიცოცხლე მოუსპო. აქაც ყველაფერი უმთავრესად გაზებისა და ორთქლების მხოლოდ ერთ, რამოდენიმე წუთში მომხდარ, ამოფრქვევაში მდგო-

მარეობდა. ფერფლით გადატვირთვის გამო გაზები და ორთქლები ფერდობებზე ზეაის მსგავსად პირდაპირ მის წინ მდებარე ქალაქ სან-პიერზე დაეშვენ. ლავის ღვარს არც ამ ამოფრქვევის დროს ჰქონია ადგილი.

ამგვარი ამოფრქვევების უეცრობა და სიძლიერე საკვირვლად განიჩნევა იმ სიმშვილისაგან, რომლითაც ჰავიის დიდი ვულკანების ამოფრქვევები ხასიათდება. ვეზუვის და დანარჩენი ვულკანების უმრავლესობის ამოფრქვევებს საშუალო ადგილი უჭირავთ ამ ორი ტიპს შორის. ამ განსხვავების საფუძველი მაგმაში გახსნილი ორთქლებისა და გაზების რაოდენობის სავალსებავაობა არის. რაც უფრო დიდია ეს რაოდენობა, მით მეტი სიძლიერით მიმდინარეობს გაზების გაპოყოფა ზეით ამომავალი ლავიდან და მით უფრო აფეთქებითი ხასიათისაა ამოფრქვევის მთელი მსვლელობა. გაზებით ღარიბი მაგმა, პირიქით, წყნარად და ყოველგვარი აფეთქებითი მოვლენების გარეშე ამოდის. კაკატაუს აფეთქების მიზეზი არაჩვეულებრივ დიდი წნევის ქვეშ მყოფი ვეებერთელა მოცულობის ორთქლების განთავისუფლება უნდა იყოს.

ლავის ღვარები. თხევადი ლავა წარმოადგენს ფაფისებურ სილიკატურ მასას, რომელშიც უფრო მოზრდილი კრისტალები უკვე დამთავრებული არიან. ტალმანჯანგით მდიდარი ლავეები ბლანტი არიან, ტალმანჯანგით ღარიბი ლავეები კი ხშირად ზეითივით ან წყალივით თხევადი. ლავის ტემპერატურა ადგილის და დროის მიხედვით იცვლება, მაგრამ საშუალოდ 1000—1100° უდრის. ლავეების უმრავლესობა გაზების და ორთქლების დიდ რაოდენობას შეიცავს. ეს გაზებრივი ნივთიერებანი ხშირად წლების განმავლობაში დიდი სიძლიერით გამოიყოფიან ლავიდან რამოდენიმე პუნქტში ფუმაროლეის სახით. სხვა ვულკანური გამოწყობების ბუნების მსგავსად, მათი ქიმიური ბუნება ტემპერატურაზეა დამოკიდებული; სებლიმაციის პროდუქტებს შორის მთავარ როლს საქმელი მარილი და ნიშადური თამაშობენ.

ლავის ღვარები მთლად ისე მიდინებია, როგორც ამას მინის ან წილის მდინარე იზამდა. მათი მოძრაობის სიჩქარე ზედაპირის დაქანებაზე, მათი თხევადობის ხარისხზე და მიმდინარე ლავის რაოდენობაზეა დამოკიდებული. გამოსავლიდან უკვე მკირე მანქილზე ლავის ღვარები ენგაროს ქერქით იმოსებიან. რადგან ამგვარი ქერქი ღვარის გვერდებზედაც და ფსკერზედაც წარმოიშობა, მიმდინარე ლავა თითქო ენგაროს დაშულ ტოპრაკში მოძრაობს, რომლის სიგრძე თანდათანობით იზრდება. ლავის ამონთხევის შესუსტებასთან ერთად ამ ქერქის შიგნით მისი დონე დაბლა იწევს. მის და ენგაროს სახურავის შუა სიღრუე წარმოიშობა, სახურავის ჩაქცევის შემდეგ ლავის ღვარი შუაში ჩაქცეული ქედის სახეს ღებულობს (სურ. 155). გამკვირვებული ლავის რავგარობა დიდად არის დამოკიდებული იმ გაზებზე, რომლებსაც ის შეიცავს. ლავეებს შორის უმთავრესად ბეტერ და წნულ ლავას არჩევენ. პირველი უსწორპასწორო, წვეტიანი ბლტებისგან შედგება, მეორე კი ერთიმეორესთან დაკავშირებულ, თოკივით გაქიმულ-დაგრებილი ნაკრებისგან. პირველის გაცივება გაზების ძლიერი გამოყოფით ხდება, რასთანაც სითბოს დიდი რაოდენობის დაკარგვაა დაკავშირებული და რასაც უეცარი გაწყარება მოსდევს. ბოქოვანი ლავა კი, პირიქით, თითქმის გაზების გამოყოფლად მაგრდება. ამ ლავის თხევადი მდგო-

შარეობიდან მაგარში გადასვლა გარდამავალი ბლანტი მდგომარეობის გავლით ხდება, რასაც ცხადად მოწმობს მისი თოკისებური ზედაპირი.

ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, რომ ბევრი, ჩაქრობის სტადიაში მყოფი ეულკანის მოქმედება ორთქლებისა და გაზების გამოყოფით არის განსაზღვრული. ისინი სოლფატარული მდგომარეობაში იმყოფებიან. ასეთია სოლფატარა, გვადე-



სურ. 155. ლავის ნაქადის კრილი, შერჩენილი და ჩაქცეული სახეურავით.

ლუპის სფერიერი, წმ. ვინცენტის ეულკანი ვესტინდიაში და ა. შ. სოლფატარულ მდგომარეობაში შეიძლება იყვნენ როგორც ცალკეული ეულკანები, ისე მთელი ეულკანური მხარეები, მაგალითად, იელოუსჰოენის პარკი ჩრდილო ანტიკის შეერთებულ შტატებში. იქ ასობით გეიზერებისა და ცხელი წყაროების გვერდით მრავალრიცხოვანი ორთქლის წყაროები, ფუმაროლები და ცხელი ტალახის წყაროებიც არის.

დასასაზღვრად, ეულკანური მოქმედების უკანასკნელ გამოძახილს წარმოადგენს ნახშირბადის გამოყოფა, ეგრეთწოდებული მოფრეები ან, თუ კი გაის აღმავალი წყლები ნთქავენ, ნახშირბადის წყაროები. ასეთი წყაროები გერმანიაში ეიფელში, ლაახის ტბის მხარეში, ქვემო ლანზე და აქედან იქვე ბოჰემამდე გაქიმულ გრძელ ზონაში გვხვდებიან.

წყალქვეშა ამოფრქვევები. არა მარტო ის ეულკანები, რომელნიც, ჰავიის ეულკანების მსგავსად, კუნძულზე მდებარეობენ, არამედ ბევრი დღეს ხმელეთზე მდებარეც ზღვის ფსკერიდან არის თანდათანობით ამართული. წყალქვეშა ამოფრქვევებს დღესაც აქვს ადგილი. ყველაზე ცნობილი მაგალითი არის იულიას ანუ ფერდინანდის კუნძული, როზელიც 1831 წ. ზღვაში სიცოლიის სამხრეთით წარმოიშვა; ის მალე ტალღებში დაანგრევს. მუჰივი კუნძულის ამავე გზით წარმოშობა 1796 წ. მოხდა ბერინგის ზღვაში. ეს არის წმ. იოანე ბოგოსლოვის ეულკანი.

მულკანების დენუდაციის პროცესები.

ცხადია, რომ ეულკანები, რომლებიც უშთავრესად ფხვიერი მასალისაგან შედგებიან, ინტენსიურ ნგრევას განიცდიან. ეს განსაკუთრებით ეხება მათს ენგაროს სამოსს, რომლის გადაკლა ძლიერ სწრაფად ხდება. მას შემდეგ, რაც ფერდებზე ხრამების განვითარების პროცესში წვიმის წყლები კრატერის კედელს გაარღვევენ, კრატერის ეროზია ადვილად სწარმოებს და ვრცელი ჩაღრმავება

1 Rudolph, Über submarine Erdbeben und Eruptionen.—Gerlands Beitr. z. Geophysik, 1887. 1; 1897, III

წარმოიშობა, მსგავსად ეტნის ვალ დელ ბოვესი და კუნძულ პალმას (კანარის კუნძულები) უზარმაზარი კალდერისა. (სურ. 156).

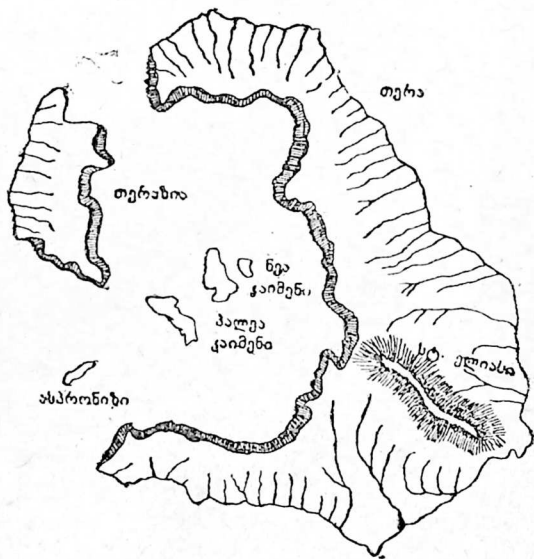


სურ. 156. კუნძულ პალმის (კანარის კუნძულები) რუკა.

ასეთ, ძლიერ გადარეცხილ ვულკანებს ვულკანის ნანგრევებს უწოდებენ. კარგ მაგალითს იძლევა სანტორინის კუნძულების ჯგუფი (საბერძნეთის არქიპელაგი), სადაც ძველი რკალური მთა ტალღების მოქმედების შედეგად ორად არის გაყოფილი (სურ. 157).

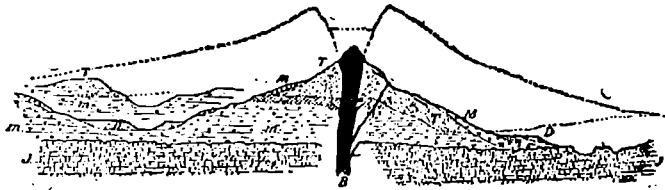
თუ ნგრევა უფრო შორს მიდის, მაშინ აღინდელი კონუსური მთა თანდათანობით გორაკების და ქედების ჯგუფში გადადის და მხოლოდ მათი აღნაგობის მიხედვით — ჟანგაროს და ლავის დაგროვებათა პერიკლინური დაქანება — შეიძლება დასკვნა, რომ აქ ძველი შრეებრივი ვულკანის ნაშთთან გვაქვს საქმე. შეიძლება დაბოლოს ტუფებიც და ჟანგაროც სავსებით გაჰქრნენ და ამ შემთხვევაში რჩება მხოლოდ მაგარი ქანები, რომლებითაც ვულკანის ცენტრული მილი არის ამოვსებული. დენუდაციის

შედეგად გამოიწილს ძველი ვულკანების ამგვარ, შტოკის-ან კუნძისებურ ყელს.



სურ. 157. დანგრეულ ვულკან სანტორინის რუკა.

ანგლისელები ნეკს (neck) უწოდებენ. ჰესენისა და სხვა მხარეების ბაზალტის მთების უჩვეულებრივად მხოლოდ და მხოლოდ ძველი ვულკანური მიწების მეტად თუ ნაკლებად გადარეცხილ ღრმა ნაწილებს წარმოადგენენ (სურ. 158). რომ ძველი, მესამეულისწინა დროის ერუპტული მასები, მიუხედავად მათი უშირად დიდი სიმძლავრისა, სრულიად იმგვარადვე არიან წარმოშობილი, რო-



სურ. 158. ვულკანური გუმბათი ჰეგაუში (A Heim-ის მიხედვით). D - მეთაბეულის სუსტად შეცემენტებული კონგლომერატი; M - მორენები; T - ვულკანური ტუფი; B - ბაზალტი და ფონოლიტი; m - მიოცენური მტკნარი წყლის კირქვა; J - იურული კირქვა (მალმი).

კორც თანამედროვე ვულკანური ქანები, და რომ მათ ნაწილობრივ ცენტრული ვულკანები, ნაწილობრივ კი ნაპრალური ამოფრქვევები იძლეოდნენ, მათი და თანამედროვე ვულკანური ქანების სრული ანალოგიიდან გამომდინარეობს. თანამედროვე წნული ლავების საესეებით შესატყვის ფორმებს იძლევა ზოგი პერპლუი პორფირებისა და დეკონური დიაბაზების ზედაპირი. ძველი ამონთხეული ქანების თანამგზავრი ტუფები, ბრეჩიები და აგლომერატები სათანადო თანამედროვე მასალის საესებით მსგავსი არიან. ამის გამო თამაშად შეიძლება ითქვას, რომ ვულკანიზმის თანამედროვე სახის ნიშნები მიწის ისტორიის უძველესი პერიოდებამდე შეიძლება იქმნან გაკვლეული.

უქველეს, კამბრიულისწინა დროში ვულკანური მოქმედება განსაკუთრებით ძლიერი და ფართოდ გავრცელებული იყო. ამიტომ სრული უფლებით შეიძლება ითქვას, რომ თანამედროვე ვულკანიზმი მიწის არსებობის უადრეს დროის ვულკანიზმის მხოლოდ სუსტ გამოძახილს წარმოადგენს.

ვულკანების რიცხვი და განაწილება. ვულკანიზმის მიზანუბი.

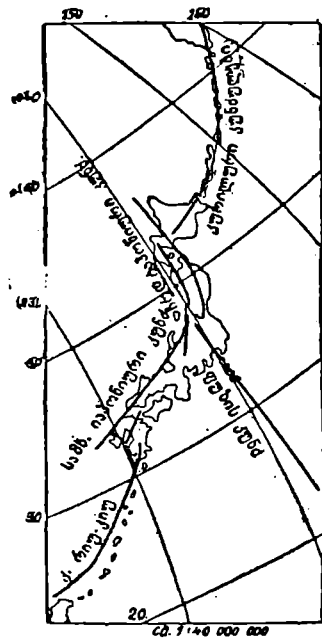
არა ერთხელ წარმოებულმა გამოთვლებმა ცხადჰყვეს, რომ ისტორიულ დროში მოქმედი ვულკანების საერთო რიცხვი 400-ზე მეტი არის¹. ჩამკრალ ვულკანების რიცხვი დაახლოებით ათჯერ მეტია, რადგან ისეთ მხარეებში, როგორც არიან ოვერნი, ფლევრეული ველი ნეაპოლთან და სხ., ვულკანები ერთიმეორეს ეკვრიან.

ვულკანების განაწილება მეტად უთანაბარია. იმ დროს, როდესაც ზოგი მხარეები ვულკანებით ძალიან მდიდარი არიან, სხევან (სკანდინავია, ს.ს.რ.კ.-ზე

¹ K. Sapper, Katalog der geschichtlichen Vulkanausbrüche. Strassburg 1917.

ევროპული ნაწილი, ციმბირი, ავსტრალია და ა. შ.) ისინი სრულებით არ გვხვდებიან. ვულკანების გერცელის მთავარ ადგილს ეკვატორული სარტყელი წარმოადგენს და აქედან პოლუსებისაკენ მათი რიცხვი კლებულობს.

ძალიან საინტერესოა, რომ ვულკანები ზღვის სახაპირობებთან არიან ცხადად დაკავშირებული.



სურ. 159. იაპონიის ვულკანური რუკა.

ვულკანების მხოლოდ მცირე რიცხვია დაშორებული ზღვის ნაპირიდან 1000 km მანძილით. ასეთია აღმოსავლეთ აფრიკის რამოდენიმე და მანჯურის ზოგი ვულკანი. მეორე ფაქტი, რომელიც კაცს თვალში ეცემა, არის ვულკანების ხაზური ანუ ზონური განლაგება, ვულკანური ყელების მდებარეობა გრძელი ხაზების გასწვრივ (სურ. 159, 160 და 161).

ორი უდიდესი ვულკანური ზოლი წყნარი ოკეანის ნაპირებს მიჰყვება. ერთი, დასავლეთ წყნაროკეანის ზოლი, რომლის სიგრძე დაახლოებით 16.000 km უდრის, 150-ზე მეტ ვულკანს შეიცავს, ესე იგი მოქმედი ვულკანების საერთო რიცხვის თითქმის ნახევარს; მეორე, აღმოსავლეთ წყნარი ოკეანის ზოლში კი მხოლოდ 100-მდე მოქმედი ვულკანია. მესამე ისევე მერიდიანული ვულკანური ზოლი არის შუა ატლანტური, რომელიც ატლანტურ ოკეანეს შუაზე მიუყვება მთელ მის სიგრძეზე. ამათთან ერთად კიდევ არის მეოთხე განედური სარტყელი, რომელიც ზემოთ უკვე ხსენებულ, ხმელთაშუა ზღვაზე გამავალ დენდამოწის ცენტრულ რღვევის ზონას ემთხვევა.

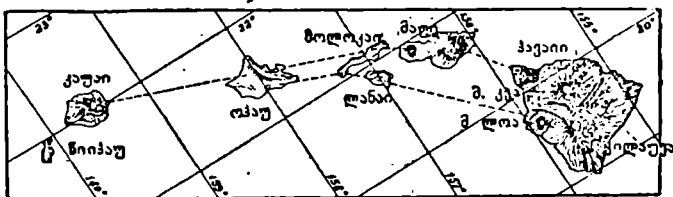
ხაზებს, რომლებზედაც ვულკანებია განლაგებული, ნაწილობრივ სწორი, ნაწილობრივ

რკალური მოხაზულობა აქვთ და ზოგჯერ [მექსიკა, ჩრდილო იაპონია (სურ. 159) და ა. შ.] ისინი პარალელურ ხაზებად გვუფლდებიან (სურ. 161). გვხვდება როგორც მათი გაყოფა, ისე შეერთება და გადაკვეთაც.

ვულკანური ხაზების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ მათ მჭიდრო კავშირი აქვთ სათანადო მხარის მთავარ ტექტონიკურ ხაზებთან და ზოგ შემთხვევებში მთლიანად დიდ რღვევების ხაზებს ან ჩაძირვის ზონებს ემთხვევიან. ასე, მაგალითად, კამჩატკის, აღმოსავლეთ და ცენტრული აფრიკის ვულკანები, იაპონიის ფოსა მაგნა (Fossa Magna) და სხვ. დიდ გრძელხაზულ ჩაღრმავებებში მდებარეობენ; ნეპოლის მიდამოების, ლიპარსკუნძულების და სხვა ვულკანები — რგოლურ რღვევის არეში.

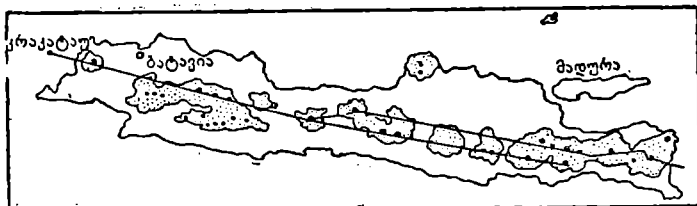
ტექტონიკასთან დამოკიდებულება და რღვევებისა და ნახსლეტების დიდ ზონებთან კავშირი ზშირად ცხადად ჩანს ძველ, მესამეულის დროის ამონთხეულ მსებზეც. მაგალითად, ოვერწში, ვინცენტურ-ვერონულ ვულკანურ მხარეში, ჰუნგრეთში, იელოუსტონის ნაციონალურ პარკში და სხვ.

ყოველივე ამიდან შეიძლება დავასკვნათ შემდეგი: მიუხედავად იმისა, რომ მაგმას უნარი შესწევს ივითონ გაიკაფოს გზა მიწის ზედაპირისკენ, თანაქედ-



სურ. 160. ჰავეაის კუნძულების რუკა.

როვე და უფრო ძველი ამონთხეული მასების უმრავლესობა ლითოსფეროს რღვევისა და სუსტ ზონებთან არის დაკავშირებული. ის მნიშვნელობა, რომელიც თა-



სურ. 161. იავის დიდი ვულკანური ხაზი. მასშაბი 1:10,000,000.

ნამედროვე ვულკანური მოქმედებისათვის წყნარი ოკეანის, მიწის ამ უდიდეს-დაწეის ადგილის სანაპიროებს და შემდეგ რღვევის გახედურ სარტყელს აქვთ, ჩვენის აზრით, სწორედ ამით აიხსნება. მაგრამ ეს ისე არ უნდა გავიგოთ, თითქო რღვევის ზონები ვულკანურ მოვლენებს იწვევენ: ისინი მათ მხოლოდ ხელს უწყობენ.

საკითხი ვულკანური მოქმედების მიზეზების შესახებ, მიუხედავად მრავალი თეორიებისა, კიდევ ბუნდოვანია.

ძლიერ გავრცელებული აზრის მიხედვით, ამოფრქვევები უმთავრესად მაგვიდან განთავისუფლებული გაზების ზევით მოწოლით აიხსნებიან და, მაშასადამე, მაგმის გაცივების და მისი გაზებისგან განთავისუფლების შედეგად მიღებულ დიდ აფეთქებას წარმოადგენენ. მეორე წარმოდგენით კი პირიქით, ვულკანური ამოფრქვევების მთავარი მიზეზი ლითოსფეროს დიდი ბელტების ან მთელი ლითოსფეროს მიწის მაგმურ ზონაში ჩაძირვის შედეგად მიღებულ ჰი-

დროსტატიკულ დაწოლაში უნდა ვეძიოთ. უკანასკნელი წარმოდგენა, ადვილად ეგუება იზოსტაზისის თეორიას, რომლის შესახებ შემდეგში გვექნება ბასი.

ქველი ერუპტიული ქანები. კონტაქტური და კნეჟატოლნიური მებაჟორში.

ლავის ღვარები მათთვის ასე დამახასიათებელ წიღურ, ბუშტოვან, ქაფისებურ და მინებრივ სტრუქტურას მხოლოდ ზედაპირზე იჩენენ; სიღრმისაკენ კი მძლავრი ღვარები უფრო მასივ და უფრო მკაფიოდ კრისტალურ ხასიათს ღებულობენ. ეს აიხსნება იმით, რომ ქანების სტრუქტურული და ტექსტურული თვისებები განისაზღვრებიან სიღრმით და მასთან დაკავშირებულ გაცივების სისწრაფით. მიწის ზედაპირზე ნ მის ახლოს ქანი ძალიან სწრაფად მაგრდება. ეს პროცესი მით უფრო სწრაფად მიმდინარეობს, რომ დაწოლის შემცირების გამო უხვად გამოყოფილი გაზები სითბოს დიდ რაოდენობას აბანდებენს დიდ სიღრმეზე კი, პირიქით, გამაგრება გაცილებით უფრო ნელა ხდება. პირველ შემთხვევაში წიღური მინარევი ქანების გვერდით განსაკუთრებით ხშირად პორფირული ქანები წარმოიშვებიან; მეორე შემთხვევაში კი—გაცილებით უფრო სრულად დაკრისტალებული ქანები, რომლებიც სავესტით მოკლებული არიან მინებრივ და წიღურ წარმონაქმნებს ისევე, როგორც ტუფებს, რომელთა მასალა, როგორც ვიცით, ზედაპირული აფეთქების შედეგად მაგმის გამტვერებით მიიღება.

დიდი ხნის განმავლობაში ფიქრობდნენ, რომ ერუპტიული ქანების სტრუქტურათა და ტექსტურათა შორის განსხვავება ამ ქანების ხნოვანობაზეა დამოკიდებული. ეს წარმოდგენა იმას ეყარებოდა, რომ ჩვენი ქვეყნების გრანიტების, სიენიტების, დიორიტებისა და მისთ. დიდი უმრავლესობა შიშის ისტორიის უძველეს პერიოდებში არის წარმოშობილი; კვარცპორფირები, პორფირიტები და მისთ. გაცილებით უფრო ახალგაზრდა არიან; ტრაქიტები, ლიპარიტები, ანდეზიტები, ფონოლითები და ბაზალტები კი მესამეულში ან უფრო გვიან წარმოშობილან. მაგრამ კოტამ¹ უკვე წარსული საუკუნის 50-ან წლებში აღნიშნა, რომ ეს მხოლოდ მოჩვენებითი წესია. თუ გრანიტი თითქმის ყველგან, სადაც კი მას ვხვდებით, ძალიან ძველია, ეს მხოლოდ იმის შედეგია, რომ ის ყოველთვის ისეთ დიდ სიღრმეზე წარმოიშობა, რომ, როგორც წესი, ზედაპირზე მის გამოსაჩენად ძლიერ ხანგრძლივი გარეცხვა არის საჭირო. პირიქით, ბაზალტები და ტრაქიტები, რომლებიც ჩვენს თვალწინ ან მხოლოდ ცოტათი უფრო ადრე წარმოიშვნენ, მიწის ზედაპირზე არიან გამყარებული, ხოლო მათი თანადროული, დიდ სიღრმეზე გამყარებული ნაწილები ჩვეულებრივი დაკვირვებებისათვის მიუწვდომელი რჩებიან. მაგრამ იმ იშვიათ შემთხვევებში, როდესაც ახალგაზრდა სიღრმის ქანები ძლიერი დენუდაციისა და

¹ Cotta, Geologie der Gegenwart, Leipzig 1866, გამოცემა 2, 1867.

დისლოკაციების გამო ზედაპირზე შიშვლდებიან, ისინი ძველი დიორიტებისაგან, სიენიტებისაგან, გრანიტებისაგან და კაბროებისაგან არაფრით არ განსხვავდებიან. ასე, ზემო იტალიის ბევრი უდავოდ მესამეული ასაკის გაბრო ძველი გაბროებისგან არაფრით არ განსხვავდება. პრედაკოსთან (სამხრეთი ტიროლი) პოსტტრიასული გრანიტები და კვარცპორფირები არის ცნობილი; ელბაზე და გინსაკუთრებით კი სამხრეთ ამერიკის ანდებში და ჩრდილო ამერიკის დასავლეთ ნაწილში მესამეულის გრანიტებიც და კვარცპორფირებიც.

პირიქით, თუ პალეოზოურ და უფრო ძველ სისტემებში ცხადად ეფუზიური თვისებების მქონე ქანებს ჩვენ ასე იშვიათად ვხვდებით, ეს მხოლოდ იმაზე დაშვებით დამოკიდებულია, რომ ასეთი ქანები ყოველთვის მიწის ზედაპირთან იყვნენ დაკავშირებული და თითქმის ყველა შემთხვევაში დნუდაციის მსხვერპლი ხდებოდნენ. რომ ხელსაყრელ პირობებში უძველეს პალეოზოურ შრეებშიც შეიძლება ზედაპირული ამონთხევების ყველა ნიშნების მქონე ქანებს შეხვდეთ, ამას ადასტურებენ სხვადასხვა ქვეყნების სილურულ და დევონურ ნალექებში ცნობილი პორფირების და დიაბაზების ტუფები ისევე, როგორც რაინის დევონურში დიაბაზის მანდელშტაინები, ვულკანური მინები, წნული ლავეები და ამონასროლი ვულკანური მასალა.

თუ ძველი სისტემის ამონთხეული ქანები გარეგნული შეხედულებით და ზოგი მინერალების შედგენილობით (ავგიტის ურალიტში და ქლორიტში გადასვლა, მინდერის შპატების შექვლა, ძირითადი მასის შექვლა და ა. შ.) მრავალ შემთხვევაში განირჩევიან მსგავსი ახალგაზრდა ეფუზიური ქან ბისაგან, ეს შედეგია გამოფიტვისა და დიაგენეტიური პროცესების, რომლებსაც ძველ ქანებზე უმოქმედნიათ. რადგან ეს პროცესები მოქმედების ხასიათისა და სიძლიერის მხრით დიდ სხვადასხვაობას იჩენენ, შესაძლებელია ერთ ადგილას შედარებით ახალგაზრდა ამონთხეული ქანები ძლიერ შეცვლილი იყვნენ (მაგ., ჰუნგრეთის მესამეული ასაკის რიოლითები და დაციტები), ხოლო სხვა ადგილას, პირიქით, შედარებით უფრო ძველი ქანი დღევანდლამდე საღად შენახული იყოს (მაგ., მოავალი მელაფირი). სხვადასხვა სახელები, რომლებიც ქიმიურად და მინერალოგიურად ერთგვარი ქანებისათვის იქნენ შემოღებული (მაგალითად, მელაფირი ბაზალტის შესატყვისად), განზრახვით ასაკის ცნებას უნდა შეიცავდნენ, სინამდვილეში კი ისინი მხოლოდ ქანის დაცულობის მდგომარეობას აღნიშნავენ.

ძველი წარმოდგენა, რომ ერთპტიველი ქანების თვისებები მათ სიძველეზე არის დამოკიდებული, ამგვარი ფაქტების მიხედვით უარყოფილი არის. გაკრეებით უფრო მისაღებია, რომ ერთნაირი თვისებების მქონე ქანებს ყველა დროში შეიძლოა წარმოშობილიყვნენ. გრანიტი და ობსიდიანი ერთისადაიმავე ჯაჭვის ბოლო ნაწილებს წარმოადგენენ. იგივე მაგმა, რომელიც მიწის ზედაპირზე ლიპარტისმინას ან პორფირს იძლევა, დიდ სიღრმეში სრულკრისტალური გრანიტის სახით უნდა გამაგრდეს. ამონთხეულ ქანებს (მაგ., კვარც-პორფირს და ლიპარტს, ხშირად დიაბაზს და ბაზალტს) რომ არსებითად იგივე ქიმიური შედგენილობა აქვთ, რაც მათ შესატყვის სიღრმის ქანებს (გრანიტს და ხშირად გაბროს), სწორედ ამით აიხსნება.

კონტაქტური მეტამორფიზმი. აქ იგულისხმება ქანების ის სახეცვლა, რომელიც ერთპიკტივული ქანების შემცველ ქანებთან შეხებით არის გამოწვეული. ეფუზიური და სიღრმის ქანების მიერ გამოწვეული კონტაქტური მეტამორფიზმი ერთი-მეორისაგან არსებითად განსხვავდება. თუ პირველ შემთხვევაში სახეცვლა უმთავრესად მაღალი ტემპერატურით გამოწვეულ მოვლენებში (ეგრეთწოდებული კალსტური მეტამორფიზმი) მდგომარეობს: გამაწვავი, გაღობაში და, ნახშირების შემთხვევაში, დაკოცვაში, სიღრმის ქანების მეტამორფიზმი მეტწილად გაცილებით უფრო შორს მიდის და დაკავშირებული არის მოლეკულათა გადაჯგუფებასთან და ახალი მინერალების წარმოშობასთან (ეგრეთწოდებული ჰიდატოთერმიული მეტამორფიზმი).

კირქვიანი ქანები ასეთ შემთხვევაში გამარმარილობას განიცდიან. ამასთან ერთად მათში ხშირად წარმოიშობიან კირქვიანი კრისტალური სილიკატები (ეოლასტონიტი, ვესუვიანი, ვრანატი და ა. შ.). ფიქლობრივი ქანები კი, პატარა კვანძების წარმოშობის შედეგად, კორძიან ფიქლებში გადადიან ან კიდევ კონებრივ ფიქლებში ან მაგარ, მასივ რქაქვებში. ყველა ეს სახეცვლილებები ყოველთვის ერთპიკტივულ ქანებთან არიან დაკავშირებული და მათ ირგვლივ მეტად თუ ნაკლებად თანათო კონტაქტურ ზონას (კონტაქტურ სარტყელს) ჰქმნიან (სურ. 143).

უკრფოდებული ინექციური მეტამორფიზმი კონტაქტური მეტამორფიზმის ნხორად განსაკუთრებულ ფორმას წარმოადგენს. ღრმა ინტრუზიების, სახელდობრ, გრანიტული ქანების ინტრუზიების შემთხვევაში ერთპიკტივული ქანი ხშირად იჭრება შემცველ ქანებში მრავალრიცხოვან პატარა შტოების სახით, რომლებიც კონტაქტის ზღდაპირიდან გამოდიან. ამ შემთხვევაში მაგმის გაზებრივი და თხევადი შემადგენელი ნაწილები შემცველ ქანებს დიდ მანძილზე აღენთავენ და დანალექი ქანების წერილ ნაპრალებში და შრების სიბრტყეების გასწვრე წარმოშობილ პევმატიტურ და აპლიტურ გაჟონაყოფებს შეუძლიათ ნამდვილი გენეისის ტაპის ქანები მოგვეყენ (ზოლერბრივი გენეისები, არტერიტები).

ამგვარ კონტაქტურ მეტამორფიზმთან ახლოს დგას პნექმატოლიზური მეტამორფიზმი, რომელშიც დიდ როლს მაგმის ხსნარები და გაზები თამაშობენ. ეს სახეცვლა, რომლის დროს წყალთან ერთად Si და Fe ფტოროვანი შენაერთები, შემდეგ Ba_2O_3 , Cl და სხვა გაზები მოქმედებენ, ტოპაზის, ფლუორიტის, ტურმალინის, აკსინიტისა და სხვა მინერალების წარმოშობას იწვევს.

პნექმატოლოზური სახეცვლის მშენიერ და დიდი ხნის ცნობილ მაგალითს წარმოადგენენ თუთიის მადრის ს.ბადოები, რომლებიც ყველგან გრანიტულ ქანებთან არიან დაკავშირებული. სხვა მაგალითებია: რკინის კრიალის საბადოები ელბის აუზში და მეზოზოური კირქვების მეტამორფიზმის შედეგად წარმომდგარი კრისტალური სილიკატების უზიად შემცველი ეგრეთწოდებული სომის ლოდები ვეზუზე. ამვე ჯგუფს ეუთვნიან ცნობილი პექმატიტები, რომლებიც დიდი გრანიტული ინტრუზიების პერიფერიულ ნაწილებთან არიან დაკავშირებული.

თუ ერთუბრიველი წარმოშობის ქანების მთავარ ნიშნებს თავს მოეუყრით, შემდეგ სურათს მივიღებთ:

წოლი... ფორმა: ძარღვები, გუნბათები, შტოკები, ლაკოლითები, ლეარები, განფენები, აპოფიზები და ინიექციები, მ.წასაღამე, გამკვეთი წოლის ფორმები.

კონტაქტური მეტამორფიზმი, განსაკუთრებით კი კაუსტიური.

ტექსტურა: მასივი, ფლუიდური, ბუშტოვანი, წილური, მანდელშტაინის სახის.

სტრუქტურა: წმინდა მინეროიდიან სრულ კრისტალურამდე.

განწევრება: შიგა, კანონზომიერი.

თანამგზავრი ქანები: ხშირად ვულკანური ტუფები და აგლომერატები.

II. ლითოსფეროს მოძრაობის პროცესები.

მიწისძვრები ანუ სეისმური მოვლენები¹.

წინასწარი შენიშვნები.

მიწისძვრის სახელით იგულისხმება მიწის ზედაპირის ყოველი შერყევა, რომლის გამოსავალი წერტილი მიწის სიღრმეშია და რომლის მიხეზი ბუნებრივია. ამიტომ მიწის ზედაპირის მოძრაობანი, რომელნიც ხშირად დიდ სიერცეებზე არიან საკრძნობი, მაგრამ გამაწვეული არიან დიდი აფეთქებებით², სამთო სამუშაოების ჩაქვეით და სხვა ამგვარი მიზეზებით, მიწისძვრება არ მიეკუთვნებიან. თუ რყევა ეხება არა ხველეთს, არამედ ზღვის ფსკერს, მაშინ ზღვის ქვეშა მიწისძვრაზე ლაპარაკობენ³. მიწისძვრის ბიძგები ამ შემთხვევაში წყლის საშუალებით გადაეცემიან ზღვის ზედაპირზე მიმავალ გემებს ზღვის ძვრების სახით.

მიწისძვრები ბუნების უსაშინელეს მოვლენებს ეკუთვნიან ყველგან, სადაც ისინი ხშირად და დიდი სიძლიერით გვევლინებიან. ასე, კალაბრიის დიდი მიწისძვრის დროს 1783 წელში 30.000 კაცი დაიღუპა, ლისაბონის მიწისძვრის დროს 1755 წ. 60.000 კაცზე მეტი, მესინის მიწისძვრის დროს 1906 წ. 200.000-დე კაცი და ეს რამოდენიმე საათში თუ რამოდენიმე წუთშიაც კი.

¹ Montessus de Ballorc, Les tremblements de terre et la science sismologique. Paris 1906 და 1907.

² ოპალსთან (ბავარული აუალცი) 1921 წ. სექტემბრის 21 მომხდარმა დიდმა აფეთქებამ (ამონიუმნიტრატულფატიხა), რომელმაც ნი. დაგში 30 m სიღრმე ძაბრი წარმოშვა დაამეტრით 90 m, ისეთი ძვრა და ხმაურის ტალღები გამოიქვია, რომ დასავლეთ და სამხრეთ გემანის დიდ ნაწილზე, შეედგთე და სხვ. გავრცელდნენ (O. H e c k e r, Veröf. d. Hauptstation f. Erdbebenforschung. Jena 1922).

³ Rudolph, Submarine Erdbeben und Eruptionen.— Gerlands Beitr. z. Geophysik, I, II III (1887, 1895, 1898).

შერყევის სიძლიერე სულ სხვადასხვაგვარია. ხშირად ნიადაგის რყევა, რომელიც მის მიერ არის გამოწვეული, იმდენად სუსტი არის, რომ მისი შემჩნევა მხოლოდ უგრძობიერესი იარაღებით შეძლება. სხვა შემთხვევებში მოძრაობა იმდენად ძლიერია, რომ შენობები ქანაობენ და იბზარებიან; ზოგჯერ კიდევ რყევის სიძლიერე ისე იზრდება, რომ კედლები სკდება და ბევრი სახლიც ინგრევა; დასასრულ, უძლიერესი მიწისძვრების დროს მიწის ზედაპირი ირხევა, როგორც აღვსახებულნი ზღვა: არცერთი შენობა დაუზიანებელი არ რჩება და მთელი ქალაქები ნანგრევებად იქცევიან.

სხვადასხვა მიწისძვრის დროს ცალკეული ბიძგების რიცხვი და ხანგრძლივობა სხვადასხვა არის. ხშირად საკმარისია სულ რამდენიმე ბიძგი, რომელნიც მხოლოდ რამდენიმე წამს გრძელდებიან, რომ საშინელი განადგურება მოხდეს. თუ მოკლე დროის ნაკვეთში მრავალი ბიძგი ერთიმეორეს მუსდევს, ამას გუნდურ მიწისძვრას უწოდებენ.

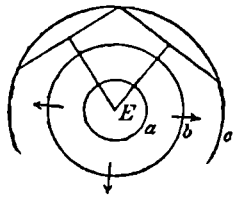
სუსტად სეისმურ ქვეყნებშიც კი, როგორცაა გერმანია, მიწისძვრების სიხშირე უფრო მეტია, ვიდრე ამას ჩვეულებრივ ჰქონებოდა. ასე, რაინის ხეობაში ბინგენის ქვემოთ მე-IX საუკუნიდან აქამდე 600-ზე მეტი მიწისძვრა მოხდა. ძლიერ სეისმურ ქვეყნებში კი, როგორცაა იაპონია, მიწისძვრა საშუალოდ ოთხ დღეში ერთჯერ ხდება. ამიტომ ჰუმბოლდტ-თან (Humboldt) ერთად შეიძლება ვთქვათ, რომ დედამიწა ყოველდღე მრავალ წერტილში იძვრის, რომ იგი განუწყვეტელი რყევისა და თრთოლვის მდგომარეობაში იმყოფება.

მიწისძვრის ბუნება, რავარობა და გავრცელება.

რადგან ფიზიკურად დედამიწა დრეკად და მაგარ სხეულს წარმოადგენს, ყოველი მიწისძვრა თავისი გამოსავალი წერტილიდან, მიწისძვრის კეროდან ანუ ჰიპოცენტრიდან, ყოველხრივ უნდა გავრცელდეს. ამ დროს წარმოშობილი დრეკადი ტალღები, რომელნიც მიწაში ვრცელდებიან, ორგვარი სახის არიან; სახელდობრ: 1. სიგრძივი, კუჩხვითი ტალღები, როელთა წარმოშობა მოკულობის შეცვლისადმი სხეულის წინააღმდეგობაზე არის დამოკიდებული, და 2. განივი ტალღები, რომელთა წარმოშობა ფორმის შეცვლისადმი წინააღმდეგობაზე არის დამოკიდებული. სიგრძივი ტალღები უფრო სწრაფი არიან და ამიტომ პირველნი აღწევენ მიწის ზედაპირს, სადაც ეგრეთწოდებულ ჰიპოცენტრალ წინამორბედებს წარმოშობენ. უფრო ნელი განივი ტალღები მიწის ზედაპირზე მათ შემდეგ ამოღან მეორე წინამორბედების სახით.

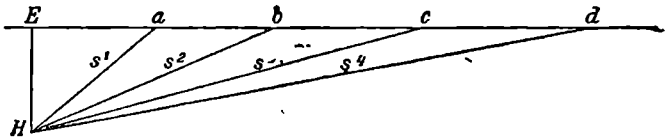
როდესაც მოძრაობა მიწის ზედაპირს აღწევს, აქ სიგრძივი და განივი ტალღების შეერთების შედეგად მესამე სახის გრძელი ანუ ზედაპირული ტალღები ჩნდებიან, რომლებიც ამის შემდეგ მიწის ზედაპირზე ვრცელდებიან. ისინი ეგრედწოდებული ზედაპირული ცენტრული წერტილიდან ანუ ჰიპოცენტრიდან გამომდინარე და მეტწილად მიწის ზედაპირის უძლიერეს რყევას იწვევენ. ამ ტალღების სისწრაფე წინამორბედ ტალღებთან შედარებით გაცილებით ნაკლებია, მაგრამ მათგან განსხვავებით უცვლელია.

ცხადია, რომ დედამიწის სფერული ფორმის გამო ეპიცენტრი ყოველ-თვის ჰიპოცენტრის ზევით შევეულზე უნდა მდებარეობდეს და ზედაპირული მოძრაობა ეპიცენტრიდან რადიალურად ყოველმხრივ და სიძლიერის თანდათან დაკლებით უნდა ვრცელდებოდეს. ამიტომ განსაზღვრულ დროში ტალღამ მრუდე a -მდე უნდა მიალწიოს, რამოდენიმე ხნის შემდეგ b -მდე და ა. შ. (სურ. 162). ამ მრუდეებს, რომლებიც ერთდროული რყევის წერტილებს აერთებენ, ჰომოსეი c ებს უწოდებენ. თუ მხარეს, რომელიც შერბევას განიცდის, ერთგვაროვანი გეოლოგიური აგებულება აქვს და თუ მიწისძვრის კერა წერტილს წარმოადგენს, ჰომოსეისტებს ეპიცენტრის ირგვლივ განლაგებული კონცენტრული წრეების სახე ექნებათ. მაგრამ სინამდვილეში ისინი ამ ფორმას მეტად თუ ნაკლებად სცილდებიან, რადგან საერთოდ ეს ორივე პირობა არასჯროს არ არის საესებით განხორციელებული. მიწისძვრის გავრცელების გზაზე მდებარე ადგილების გეოლოგიურ აგებულების ცვლა და მეტადრეკი დიდი ტექტონიკური ხაზები, მაგალითად, დიდი ნასხლეტები, სეისმური ტალღების გავრცელებაზე დიდ გავლენას ახდენენ.



სურ. 162. ცენტრული მიწისძვრის გავრცელება ეპიცენტრიდან.

იმ დროს, როდესაც თვით ეპიცენტრში შერყევა მიწის სიღრმიდან შევეულად ამოდის, მისგან თანდათან დაცილებისას კუთხე, რომელსაც მიწისძვრის სხივი $[e, o, g$ ა, რომელსაც რყევა ჰიპოცენტრიდან დაკვირვების წერტილამდე გადის (სურ. 163. s^1, s^2 და ა. შ.) მიწის ზედაპირთან ადგენს, ე. წ. ამოსვ-



სურ. 163. ამოსვლის კუთხის (EaH, EbH და ა. შ.) შემცირება ეპიცენტრიდან დაცილებასთან ერთად.

ლის კუთხე (EaH, EbH და ა. შ.) თანდათან მცირდება. დაბოლოს, იგი იმდენად მცირე ხდება, რომ მოძრაობა საერთოდ შეივარძნობა არა როგორც სიღრმიდან ამომავალი, არამედ მხოლოდ როგორც ჰორიზონტული ბიძგი. (ეს მარტივი სურათი იმ შემთხვევაში გვექნება თუ, როგორც 163 სურათზე არის ნაჩვენები, აღებულ მაძილზე მიწისძვრის ტალღების გავრცელებას სწორხაზოვნად მივიღებთ და მიწის ზედაპირის სიმრუდესაც ყურადღებას არ მივაქვეით).

ამით იხსნება, რომ ძველი ლიტერატურა მიწისძვრებას შესახებ ამ მოვლენის ორ, სახელობრ, სუკუსორულ (ბიძგურ) და რალღურ სახეს არჩევდა. პირველ შემთხვევაში ბიძგი მიწის სიღრმიდან შევეული მიმართულებით ამომავალი უნდა ყოფილიყო და საფუძველზე დაუმავრებელი საგნები ყველა მალღა უნდა აესროლა. ამის საბუთად რიობამბას 1797 წ. ზიწისძვრის დროს

მოხდენილი დაკვირვებები მოჰყავდათ, თითქო დახოცილ მცხოვრებთა გვამები მრავალი ათეული მეტრის სიმაღლეზე იქმნენ ჰაერში ასროლილი. ტალღურ ბიძგის დროსკი, პირიქით, მოძრაობა ტანგენსური უნდა ყოფილიყო, რასაც შვეულად მდგომი საგნების ერთი წუთით ამ მდგომარეობიდან გამოსვლა და ჰორიზონტსკენ გადახრა მოჰყვებოდა.

ზემოთ თქმულის შემდეგ ცხადია, რომ სუკუსორული (ბიძგური) და ტალღური ძვრები თავის ბუნებით განსხვავებულ მოძრაობებს არ წარმოადგენენ. თუ ერთიდაიგივე მოძრაობა ბიძგურად ან ტალღურად გამოივლინება, ეს მხოლოდ რყევის წერტილის ეპიცენტრიდან დაცილებასზე არის დამოკიდებული. სახელდობრ, თუ აღებულ იქნა წერტილი ეპიცენტრის მახლობლად არის, მაშინ მას მიწისძვრის სხივი მეტად თუ ნაკლებად შვეულად ხვდება, ესე იგი შეჩვევა სუკუსორული იქნება, ხოლო ეპიცენტრიდან თანდ თან დაშორებისას სხივი მიწის ზედაპირს უფრო და უფრო მცირე კუთხით აღწევს და ამის გამო მოძრაობა უფრო და უფრო ტალღურ სახეს ღებულობს. ამიტომ ყოველი მიწისძვრის დროს მიწისძვრის არის შიგა ნაწილები სუკუსორულ მოძრაობას გაცივნიან, პერიფერიული ნაწილები კი ტალღურს.

სუკუსორულ და ტალღურ ძვრათა გარდა წინათ ბრუნვითი ძვრებსაც არჩევდნენ და ამგვარი მოძრაობის საბუთად ასახელებდნენ საგნების ცალკე ნაწილების ერთიმეორის მიმართ გადაადგილებას შვეული ღერძის გარშემო (როგორც ეს სურ. 164-ზე წარმოდგენილ ობელისკზეა ნაჩვენები). ამას ხსნიდნენ მიწისძვრის სხვადასხვა მიმართულების ტალღების შეჯახებით.



სურ. 164. სან-სტეფანოს ობელისკი ერთი ზედაპირზე ნაწილებით.

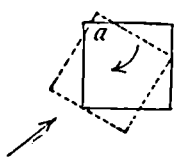
მაღემ კი (R. Mallet) დაგვანახა, რომ ბრუნვითი მოძრაობაც სწორხაზოვანი ბიძგური მოძრაობისგან წარმოდგება, თუმცა მხოლოდ მაშინ, როდესაც აღებულ სხეულის დამაგრების წერტილი და სიმძიმის ცენტრი ერთსა და იმავე შვეულზე არ მდებარეობენ.

ამას გასაგებად ხდის შემდეგი მარტივი მაგალითი. წარმოვიდგინოთ ქვის კუბი, რომელიც საძირკველთან შვეული კბილის საშუალებით არის დაკავშირებული ერთ-ერთი კუთხის მახლობლად (სურ. 165 ა). თარახული ტალღის ბიძგი მოქმედებს კუბის სიმძიმის ცენტრზე და კუბი ინერციის გამო ტალღის საწინააღმდეგო მიმართულებით უნდა გადაადგილდეს. მაგრამ, ვინაიდან კუბი კბილით დამაგრებული არის სიმძიმის ცენტრის ვერტიკალური ღერძის გარედ, ის ამ კბილის ირგვლივ უნდა შემობრუნდეს. ამგვარივე ბრუნვა მოხდება მაშინაც, როდესაც საძირკველი რომელიმე ადგილში, რომელიც სიმძიმის ცენტრში გამავალ შვეულის გარედ მდებარეობს, მცირედ მაინც გამობურკული არის, რაც აქ უფრო ძლიერი ღრესას იწვევს.

ძლიერი მიწისძვრების მოქმედებაზე წარმოებულმა ზუსტმა დაკვირვებებმა უდავოდ დაამტკიცა, რომ საკუთრივ ეპიცენტრის რაიონში ნიად. გის წმინდა შვეული და თარახული გადაადგილებების გვერდით დახრილი ტალღებიც ჩნდენ-

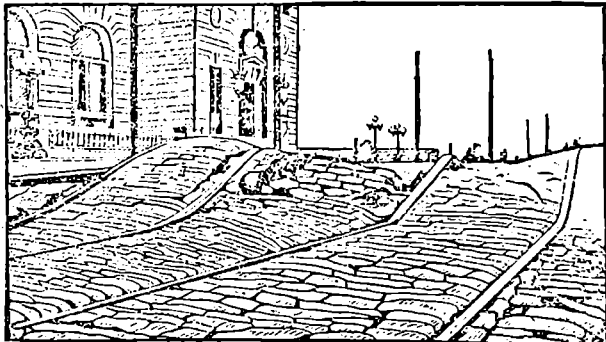
ბიან (სურ. 166) და გამორიცხული არ არის აკრეთვე შეეული ღერძის გარშემო ნიადაგის ბრუნვის შესაძლებლობაც.

ცხადია, რომ ეპიცენტრში და მის უახლოეს ადგილებში ბიძგები საერთოდ უძლიერესი არიან. აქ არის მიწისძვრის უძლიერესი რხევებისა და უდიდესი ნგრევის ეგრედწოდებული პლეისტოცენის ზონა. ეპიცენტრიდან თანდათან დაშორებისას რხევათა სიძლიერე საერთოდ უფრო და უფრო კლებულობს და ბოლოს ისე მცირდება, რომ აღამიანისათვის შეუწინეველი ხდება. მაგრამ მიწისძვრის ამ ნამდვილი არის გარედაკ მოძრაობა ხშირად ათასეულ კილომეტრებზე, ხოლო ძალიან ინტენსიურ, ე. წ. მსოფლიო მიწისძვრის დროს მთელ დედამიწაზეც ვრცელდება, რასაკვირველია, ნიადაგის მხოლოდ განსაკუთრებით სუსტი მოძრაობის სახით, რომელიც მარტო სეისმური იარაღების საშუალებით შეინიშნება.



სურ. 165. ბრუნვითი მოძრაობის წარმოშობა Malier-ის მიხედვით

ეს კი ნებას გვაძლევს არსებითად გავარჩიოთ მაკროსეისმური და მიკროსეისმური მოძრაობანი. მაკროსეისმური ისეთებს ეწოდება, რომლებიც უიარაღოდაც შეიმჩნევიან, მიკროსეისმური კი მხოლოდ ზუსტი იარა-



სურ. 166. ქუჩა სანფრანცისკოში 1906 წ. აპრილის 18 მიწისძვრის შემდეგ.

ღების საშუალებით. მიწისძვრის რაიონის სახელით საერთოდ მხოლოდ მაკროსეისმური მოძრაობათა არეს პგულისხმობენ, ასე რომ მისი საზღვარი მოცემულია მიწის ზედაპირის იმ წერტილების შემაერთებული ხაზით, რომლებშიც რხევები ჯერ კიდევ უშუალოდ შეიმჩნევიან.

ეს საზღვარი დაახლოებით ორ ბალიან (იხ. ქვემოთ) იზოსეისტს ემთხვევა. ოთხმოციანი წლების ბოლომდე საერთოდ მიღებული იყო ჰოპკინსის (Hopkins) დებულება, რომ მიწისძვრის ტალღები, ყოველ შემთხვევაში მანამდე მანინ, სანამ ისინი ერთგვაროვან ქანებში რჩებიან, ჰიპოცენტრიდან კონ-

ცენტრული სარეული ზედაპირების სახით ვრცელდებიან და მიწისძვრის სხივები სწორ ხაზებს წარმოადგენენ. ამ დებულების მცდრობა პირველად შმიდტმა (Aug. Schmidt) დამტკიცა¹. იმ შემთხვევაშიც კი, როდესაც ქანების შედგენილობა უცვლელი რჩება, სიღრმეში დაწოლის გადრეხვა გამოქანების სიმკვრივე და დრეკადობა უნდა იზრდებოდეს და, როგორც დაკვირვება გვიჩვენებს, დასაწყისში მაინც ეს ზრდა ისე ხდება, რომ მიწისძვრის ტალღების გავრცელების სიჩქარის განუწყვეტელ ზრდას იწვევს. ამასთან დაკავშირებით მიწისძვრის სხივები სწორხაზოვან მიმართულებიდან გადახრიებიან და დეამიწის ცენტრისაკენ მოხვეტილი მრუდობის სახეს ლებულობენ; მხოლოდ მიწის ზედაპირთან მიახლოებისას ხდებიან ისინი სწორხაზოვანი. ეს გარემოება იწვევს იმას, რომ ჰიპოცენტრის ირგვლივ მდებარე ერთი მეორის მოყოლი ჰომოსეისტური ზედაპირები კონცენტრულ სფეროებს კი არ წარმოადგენენ, არამედ თანმიმდევრობით უფროდაუფრო ძლიერად ექსცენტრულ ფორმას ლებულობენ.

სეისმოგრაფები და სეისმოგრაფები. ეპიცენტრის სიწრაფე და ტალღების სიხის დრო. კერის სიღრმე. ეიფისძვრის სიძლიერე.

მიწისძვრის ტალღების ბუნების და გავრცელების რაგვარობის ზუსტი გამოკვლევასათვის ე. წ. სეისმოგრაფებით ანუ სეისმომეტრებით სარგებლობენ, რომელთა დაწერილებით აღწერას აქვერ შეუდგებით². ამ იარაღების ჩანაწერებს სეისმოგრაფებს უწოდებენ. არეკლების, ინტერფერენციისა და ადგილობრივი პირობების გავლენის გამო სეისმოგრაფები მეტწილად ძლიერთული არიან და მათი სწორი ახსნა მრავალ საინტერესო ცნობას იძლევა. 167 სურათი ნორმული სეისმოგრაფის წარმოადგენს, რომელზეც ოთხი ფაზისის გარჩევა შეიძლება. ახ და ხე პირველ და მეორე წინამორბედების მიერ წარმოშობილი პირველ და მეორე წინაფაზისებს წარმოადგენენ; ძმ₃ - ზედაპირული გრძე-



სურ. 167. ნორმული სეისმოგრაფის სურათი. (Omori-ს მიხედვით).

ლი ტალღების მიერ გამოწვეულ მთავარ ფაზისს; დასასრულ, ძმ₃ - ბოლო ფაზისს, რომელიც მოძრაობის ჩაქრობით თავდება.

დაკვირვების ადგილის ეპიცენტრიდან დაშორების მიხედვით სეისმოგრაფის სახე ძლიერ იცვლება. თუ დაკვირვების ადგილი ეპიცენტრიდან 1000 km მაინც

¹ Schmidt, Würtemb. Jahresh. 1888.

² კარგი მიმოხილვა მოცემულია ჰეკერის მიერ (O. Heckers) გერმანულად გამოშვეულ გოლიციის ლექციებში (Leipzig 1914) და მაინკას (Mainka) „ახალი სინთური იარაღების მიმოხილვაში“ (Der Mechaniker, XV, 1907)

არის დაშორებული—ე. წ. შორსმწედლომი მიწისძვრები, — მაშინ ზემოხსენებული ოთხი ფაზისი, როგორც წესი, ერთი მეორისაგან მკაფიოდ დაცილებული არის (სურ. 167). პირიქით, მიწისძვრის კერიდან ნაკლები დაშორების შემთხვევაში, ეგრეთწოდებული ახლომწედლომი მიწისძვრის დროს, ცალკე ფაზები ერთი მეორეს უფრო და უფრო უახლოვდებიან; დასასრულ, კერასთან უშუალო სიახლოვის შემთხვევაში, ადგილობრივი მიწისძვრების დროს, მათი გარჩევა საერთოდ უკვე შეუძლებელია.

ეპიცენტრიდან დაშორების ზრდასთან ერთად სეისმოგრამის დაგრძელება ტალღების სამი მთავარი სახის გავრცელების სიჩქარის სხვადასხვაობის აუცილებელ შედეგს წარმოადგენს: ყველაზე სწრაფი არიან პირველი წინამორბედები P ($7,2 \text{ km/sec}$), ნაკლებ სწრაფი (4 km) მეორე წინამორბედები (S), ხოლო ზედაპირული ტალღები L . კიდევ უფრო ნელი ($3,5—4 \text{ km}$) ვინაიდან ორივე წინამორბედების და მთავარი ტალღების მოსვლას შორის სხვაობა ეპიცენტრიდან დაცილებისას იზრდება, შესაძლებელი ხდება სეისმოგრამის საშუალებით კერის დაშორების სიდიდის გამოკვლევა. ეს შესაძლებელი არის ლასკას ($Lis-ska$) ერთერთი წესის გამოყენებით.

$$1. (S--P) \text{ წუთი} - 1 = \Delta \text{ მეგამეტრს, და}$$

$$2. \left(\frac{L-P}{3} \right) \text{ წუთი} = \Delta \text{ მეგამეტრს}^1.$$

მაგრამ უფრო ზუსტი შედეგის მისაღებად საჭირო არის ვიცოდეთ გავლის დრო, ესე იგი დრო, რომელიც ტალღების ცალკე სახეებს ეპიცენტრიდან დაკვირვების ადგილამდე მისაღწევად დასჭირდა. გავლის დრონი და მათი გრაფიკულად გამომხატველი მრუდეები ნებას იძლევიან მიკროსეისმური ცნობების საშუალებით გავიგოთ არა მარტო ეპიცენტრის ზუსტი სიშორე, არამედ უკეთ გავაქვლიოთ სეისმური ტალღების გზაც დედამ წის შიგნით.

ვიხერტის ($Wiechert$) და მისი თანამშრომლების² მიერ დღემდე მიღებული ცნობებიდან გამომდინარეობს, რომ სივრძივი და განივი ტალღების სიჩქარე ჯერ (1200 km სიღრმემდე) სწრაფად, შემდეგ (1700 km -მდე) უფრო ნელა იზრდება, უფრო ღრმად კი (2900 km სიღრმემდე) ერთხანს თითქმის უცვლელი რჩება; შემდეგ იგი უეცრად ეცემა და მერმე მიწის ეპენტრამდე ხელახლად ნელა იზრდება. აქედან ვიხერტი ასკენის, რომ დედამიწაში მასების განაწილება ისეა წარმოდგენილი, როგორც ეს სურ. 5-ზე არის ნაჩვენები: მიწა მსუბუქი გარსისა, უფრო მძიმე შუა ზონისა და კიდევ უფრო მძიმე (რკინის) გულისგან შედგება.

¹) ერთი მეგამეტრი 1000 კილომეტრს. p , S და L — პირველი და მეორე წინამორბედების და მთავარი ტალღების მოსვლის დრო, Δ — მანძილი ეპიცენტრამდე.

²) Wiechert, Zöppritz, Geiger, Guttenberg, Über Erdbebenwellen, Nachr. Gesellsch. Wiss., Göttingen 1907—1919.

მიწისძვრის მთელი რაგვარობისათვის უდიდესი მნიშვნელობა აქვს ჰიპოცენტრის სიღრმეს. თუ იგი მცირეა, რხევები ეპიცენტრის ზონაში ძლიერი არიან, მაგრამ მიწისძვრის გავრცელების რადიუსი მცირეა; პირიქით, თუ ჰიპოცენტრი ღრმად მდებარეობს, მიწისძვრის სიძლიერე ნაკლებია, მაგრამ მისი გავრცელება დიდია. ჰიპოცენტრის სიღრმის განსაზღვრისათვის სულ სხვადასხვა ხერხი იყო წამოყენებული, მაგრამ ყველა იმ აზრის არის, რომ არცერთ მათგანს სერიოზულ შედეგამდე არ მივყავართ. უდავოდ დადგენილია, რომ არც ერთი მიწისძვრის კერის სიღრმე 100—200 კმ არ უნდა აღემატებოდეს.

მიწისძვრის სიძლიერე, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ყველაზე დიდია პლეისტოცენისტურ ზონაში. მისგან დაშორებისას ის სწრაფად კლებულობს და მალე ისე მცირდება, რომ მიწისძვრა მხოლოდ სეისმური იარაღების საშუალებით გაიგება. მაგრამ ამ მიკროსეისმური ფორმით მიწისძვრა ხშირად ათასეულ კილომეტრებზე და ზოგჯერ მთელ დედამიწაზეც ვრცელდება.

ბიძგების სიძლიერის განსასაზღვრავად როსის (Rossi) და ფორელის (Forel) მიერ დადგენილი ინტენსივობის ათბალიანი შკალით სარგებლობენ.

მიწისძვრის ნგრევითი მოქმედება დამოკიდებული არის არა მარტო მის სიძლიერეზე, არამედ მის მიმართულ ეპიცენტრზე. ბიძგების მოქმედების შედეგად საგნები ჯერ ინერციის ძალით ბიძგის მიმართულების წინააღმდეგ გადაიხრებიან, შემდეგ კი ისევ უკან გადაქანდებიან; სწორედ ეს რხევითი მოძრაობა შეტ ნგრევას იწვევს, ვიდრე პირველი ბიძგი. თუ რომელიმე შენობის ღერძი ბიძგების მიმართულებით მდებარეობს. თუმცა მის კედლებში ნაპრალები ჩნდება, ის მაინც არ დაინგრევა. პირიქით, თუ კედლები ბიძგის მიმართულების მართობულად არიან განლაგებული, მაშინ უკვე უფრო სუსტი ბიძგია საკმარისი, რომ ისინი ნანგრევებად აქციოს.

მაგრამ ბიძგების მიმართულებასთან ერთად მიწისძვრის ნგრევითი მოქმედებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ადგილის გეოლოგიურ თვისებებს. მაგარი, მეტადრე კრისტალური ქანები მიწისძვრის შექთხვევაში შედარებით ნაკლები საშიში არიან, ვიდრე ლორღის და ქვიშის ფხვიერი ნიადაგი.

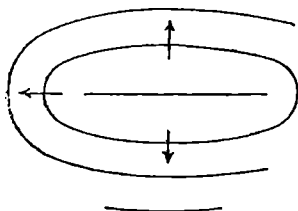
მიწისძვრის ფართობის სიღრმე და ფორმა. მიწისძვრის რუკები.

მიწისძვრის ფართობის სიღრმე იზრდება არა მარტო რყევათა სიძლიერესთან, არამედ ჰიპოცენტრის სიღრმესთან ერთად. არის მიწისძვრები (როგორც, მაგალითად, კაზამიჩიოლაში კუნძულ ისხიაზე), რომელნიც მხოლოდ რამოდენიმე კვადრატულ კილომეტრზე ვრცელდებიან და ისეთებიც (მაგ., ლისაბონის დიდი მიწისძვრა 1755 წელში), რომელთა გავრცელება მრავალი ათასეული და ასიათასეული კვადრატული კილომეტრის ფართობსაც სცილდება.

შეძრული ფართობის ფორმის მიხედვით არჩევენ: 1. ცენტრულ მიწისძვრას, რომლის ეპიცენტრი წერტილისებურია, ხოლო ჰომოსეისტები წრეებს ემსგავსებიან (სურ. 162), 2. ხაზებრივ ანუ ერთღერძიან მიწისძვრას, რომელსაც გრძელი რყევის ღერძი, ელიპტური ჰომოსეისტები და ამგვარივე რყევის ფართობი აქვს (სურ. 168), და 3. მრავალღერძიან მიწის-

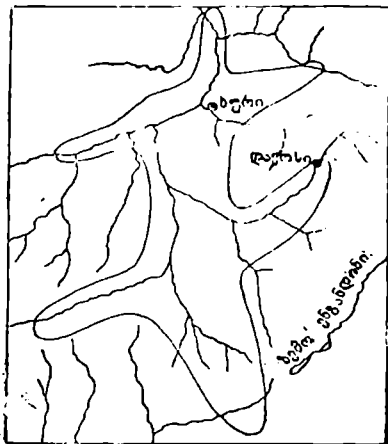
ქრას, მრავალი დერძებით მიწისძვრის გაშოსავალში, რთული კომოსეისტებით და უწყესოდ დანაკუთული რუკის ფართობით (სურ. 159).

მიწისძვრის სურათს ყველაზე უკეთ მისი კარტოგრაფიული გამოსახულება იძლევა, როგორც ეს 169--170 სურათებზეა ნაჩვენები. ამისათვის ზოგჯერ კომოსეისტებით სარგებლობენ, უფრო კი იზოსეისტებით, ესე იგი მრუდებით, რომლებ-



სურ. 168. ერთღობიანი ანუ ხაზობრივი მიწისძვრა.

საც ბიძგების თანასწორი სიძლიერის წერტილების შეერთებით ღებულობენ (სურ. 170).

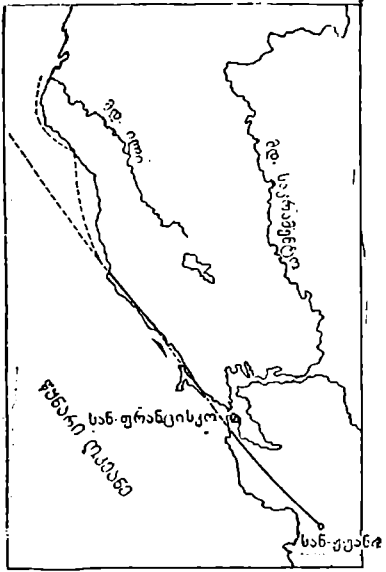


სურ. 169. ვრაცუნდის მიწისძვრა. 1880 წ.



სურ. 170. ჩარლსტონის (ჩ. ა. შეერთებული შტატები) 1887 წ. მიწისძვრის რუკა.

მიწის ზედპირზე ნაპრალებს გაჩენა ძლიერი მიწისძვრის მოქმედების ყველაზე უფრო ჩვეულებრივ შედეგს წარმოადგენს. მათი სიგრძე შეიძლება მრავალ ასიულ კილომეტრამდე აღწევდეს, — კალიფორნიის დიდი მიწისძვრა 1906 წელში. (სურ. 171). მათ გასწვრივ შეიძლება მიწის გადაადგილებაც მოხდეს როგორც თარახული, ისე შვეული მიმართულებით.



სურ. 171. კალიფორნიის დიდი მიწისძვრა 1906 წ.

ამგვარი გადაადგილებანი, სხვათა შორის, დადასტურებულ იქმნენ ლორისის მიწისძვრის დროს 1894 წ., მიდორის მიწისძვრის დროს იაპონიაში 1891 წ. (სურ. 173) და, დასასრულ, სან-ფრანცისკოს 1906 წ. მიწისძვრის დროს, როდესაც ზღვის ნაპირის გასწვრივ წარმოიშვა 600 კმ სიგრძე ნაპრალი, რომლის დასაველეთი მხარე ჩრდილო-დასავლეთისკენ გადაადგილდა 2—6 მ-ით, ხოლო აღმოსავლეთი მხარე, პირიქით. სამხრეთ აღმოსავლეთისაკენ გადაიწია (სურ. 171).

ყველა ამგვარ შემთხვევაში მიწის დიდი ბელტების ერთიმეორის მიმართ გადაადგილება ხდება და ამის შედეგად მიიღება მიწის რელიეფის ცვლილებები, რომლებიც საშუალებითაც ზუსტად დადასტურებული

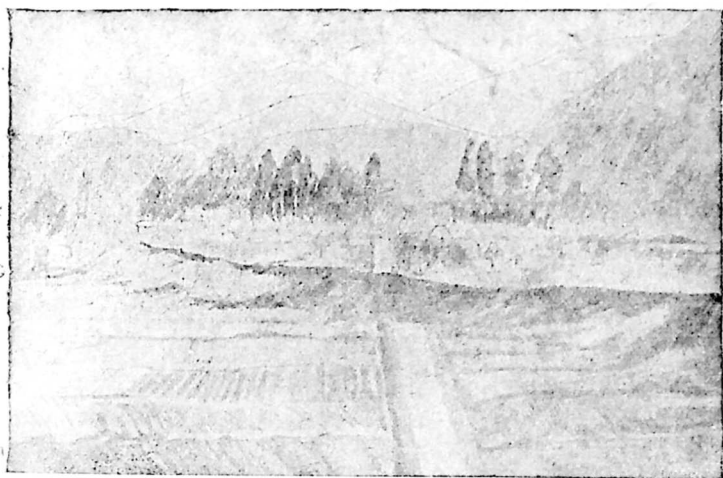
მრავალ შემთხვევაში ტრიანგულაციის არიან.

შედარებით ნაკლებ მნიშვნელოვანი არიან შემდეგი მოვლენები, რომელნიც მრავალი მიწისძვრის დროს იხეწან თავს: წყაროების რეჟიმის დარღვევა, ძაბრისებურ ჩაღრმავების, ე. წ. რვეალი ხვრელების წარმოშობა, ნიადაგის ნაპრალებიდან გაზების და ტალახის ამოღება და ამასთან დაკავშირებული ტალახის და ქვიშის ბოროცების წარმოშობა (სურ. 174).

მრავალი მიწისძვრის სხვა შესანიშნავ შედეგს წარმოადგენს შეკუმშვა, რომელიც რკინისგზის რელსების, ხიდების და მისთ. დაკლაკენას და გადაადგილებას იწვევს (სურ. 175); შედეგ კიდევ მთაში ზევაებისა და მეწყრების დაძვრა.

დასასრულ, მიწის დიდი ბელტების მოძრაობის დროს მიღებული დრესიითი ელექტრობის შედეგი არიან სინათლის მოვლენები (ციმციმა ცეცხ-

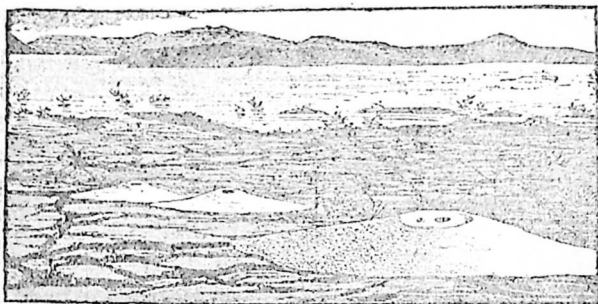
ლო, სფერული ელვა), რომლებიც მიწისძვრებთან დაკავშირებით არაერთხელ შეუმჩნევიათ.



სურ. 172. შუა იაპონიის 1891 წ. მიწისძვრის დროს დიდი ნახსლეტის გასწვრივ წარმოშობილი ზედაპირის საგრძნობი ჩაწევა (კიო-ს მიხედვით).



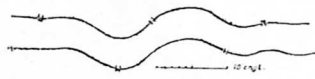
სურ. 173. ნაპრალები ნიადაგში კაშვართან (ჩინეთის თურქესტანი). 1920 წ. მიწისძვრა.



სურ. 174. ნაპრალები და ქვიშის კრატერები. აზიის მიწისძვრა, 1861 წ.

სეისმოლოგია. მიწისძვრის ნიშნები, მიწისძვრების კლასიფიკაცია.

უკვე დიდი ხანია ცნობილი არის, რომ მიწისძვრები ყველგან ერთნაირი სიხშირით არ ხდებიან, რომ ისინი ზოგ ქვეყნებში უცნობივ კი არიან, ხოლო სხვებში, პირიქით, ჩვეულებრივ მოვლენას წარმოადგენენ. მთელი ჩრდილო გერმანია, სსრკ-ს ჩრდილო ნაწილი ევროპასა და აზიაში, ჩრდილო-ამერიკის ჩრდილო-აღმოსავლეთი ნაწილი, ბრაზილიის ძველი მასივი და აფრიკისა და ავსტრალიის ცენტრული ნაწილები ეკუთვნიან ქვეყნებს, რომლებშიც მიწისძვრები სუსტი და იშვიათი არიან. სამხრეთ ევროპის ქვეყნები, მცირე აზია, ირანი, არაბეთი, ჰიმალაის კალთები და ა. შ. კი, პირიქით, ძალიან ხშირად განიცდიან მიწისძვრის მოქმედებას. წყნარი ოკეანის სანაპიროები, მეტადრე სამხრეთ ამერიკის დასავლეთი ნაპირი, მიწის ყველაზე უფრო სეისმურ ნაწილს წარმოადგენს; ხოლო კულტურული ქვეყნებიდან მიწისძვრებით განსაკუთრებით იაპონია და იტალია არის ცნობილი.



სურ. 175. მიწისძვრის მიერ მიმოზრდილი რკინის გზის რელსები. პარალსტონი, 1868.

ამ განსხვავებას განსაკუთრებით თვალსაჩინოს ხდიან სტატისტიკური ცხრილები, რომელთაც უმთავრესად მონტესუს დე ბალორის (Montessus de Ballore) შრომები იძლევიან.

რომელიმე მხარის მაწისძვრების სიხშირესა და სიძლიერეს ამ ქვეყნის სეისმიანობას უწოდებენ და არჩევენ სეისმურ (ხშირ და ძლიერ მიწისძვრიან), პენესეისმურ (უფრო სუსტი სეისმიანობით) და ასეისმურ (მხოლოდ სუსტი მიწისძვრიან ან სულ უმიწისძვრო) მხარეებს. სხვადასხვა ქვეყნების სეისმიანობის

კარტოგრაფიულად წარმოდგენის ცდამ მკვლევარებს შემდეგი შედეგები მისცა:

1. მიწისძვრები ყველაზე მეტად ეკვატორულ ზოლში არიან გავრცელებული.

2. ისინი უმთავრესად ორ დიდ სარტყელთან არიან დაკავშირებული: წყნარი ოკეანის სარტყელი, რომელიც ამ ოკეანის ნაპირებს ეზახევა, და ხმელთაშუა ზღვის სარტყელი, რომელიც სმელთაშუა ზღვას, ესე იგი დედამიწის დიდ ცენტრულ რღვევის ზონას მიჰყვება. ყველა მიწისძვრების 50 „ „ მეტი ხმელთაშუა ზღვის რკალზე მოდის და წყნარი ოკეანის რგოლზე 40 %-მდე; ასე რომ ლითოსფეროს დანარჩენი ნაწილისათვის 10 %-იც არ რჩება,

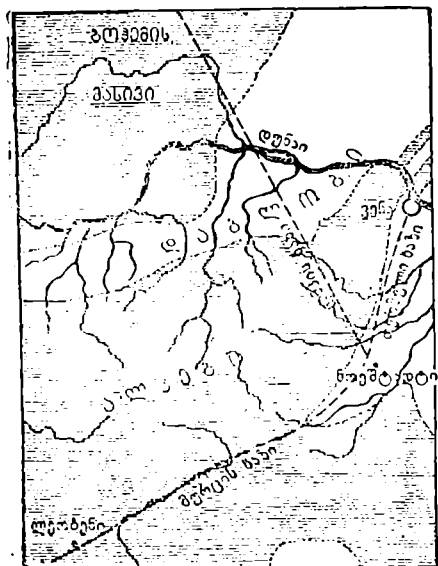
3. უდიდესი ანუ ნსოფლიო მიწისძვრების მთავარ გამოსავალ წერტილებს წარმოადგენენ ოკეანური უფსკრულები, რომელნიც ე.წ. წინა ანუ კიდის სიღრმეების სახით აღმოსავლეთ აზიის კუნძულებისა ან და ხმელეთის წინ მდებარეობენ (ტუსკარორის ღრმა ზოლი, ატაკამის ხრამი და ა. შ).

აღსანიშნავია, რომ მიწისძვრების ორივე დიდი სარტყელი ეულკანური მოქმედების მთავარ სარტყელებს და ახალგაზრდა მთების გავრცელებას ემთხვევა, რაც მიწისძვრებისა და გეოლოგიური პირობების კავშირზე მიგვითითებს. ეს კავშირი უმთავრესად ვენის სახელოვანი გეოლოგის ზიუსის (E. Suess) შრომებით არის დადგენილი. მან პირველმა ნათელაჰყო, რომ ყოველ ქვეყანაში, რომელიც მიწისძვრებს ხშირად განიცდის, უკანასკნელნი ყოველთვის ერთისადაიმავე ხაზებიდან გამოდიან და რომ ეს მიწისძვრის ანუ სეისმური ხაზები ყოველთვის განსაკუთრებული სიძლიერით ირყევიან. იმავე დროს ხშირად მათგან მცირე დაშორებით მოძრაობა შეუმჩნეველი ხდება. მიურცის, კამპის და თერმული ხაზები სურათ 176-ზე ნაჩვენები ამგვარი სეისმური ხაზები არიან. აქედან მხოლოდ ერთი ნაბიჯილა იყო საჭირო იმის დასანახავად, რომ სეისმურ ხაზებს, როგორც წესი, ტექტონიკური მნიშვნელობა აქვთ და რომ ისინი რღვევის და აშლილობის დიდ ხაზებს ემთხვევიან. ეს შეეხება მეტადრე სურ. 176-ზე ნაჩვენებ თერმულ ხაზს (ასე იმიტომ უწოდებენ, რომ მის გასწვრივ მრავალი თერმი გამოდის), რადგან ის მიჰყვება ნახსლეტს, რომლის გასწვრივ ჰუნგრეთის დაბლობი დასხლეტილი არის ალპების მიმართ.

ეყრდნობოდა რა ასეთ ფაქტებს, ზიუსი ტექტონიკურ პროცესებში მიწისძვრების მთავარ მიზეზს ხედავდა. ამ მიზეზებს ამჟამად დედამიწის განუწყვეტილ მიმდინარე შეკუმშვას უკავშირებენ, რომელსაც ჩვენ ქვემოთ განვიხილავთ. ეს შეკუმშვა იწვევს დაძაბულობას, რომელიც თანდათან ძლიერდება და ბოლოს მიწის ქერქში დიდი ნაპრალების და სხლეტების გაჩენას იწვევს. ყოველი ამგვარი ნაპრალის გაჩენას ისევე, როგორც წარმოშობილი ნაპრალების გასწვრივ ბელტების მოძრაობას, თანსდევს მიწისძვრა. ამრიგად, დისლოკაციები და მიწისძვრები მეტად მჭიდრო კავშირში იმყოფებიან.

1) Süs, Denkschriften Wien. Akad., 1873 და 1874, Bd. XXXIII; Aug. Sieberg, Die Verbreitung der Erdbeben und ihre Bedeutung für Fragen der Tektonik, Veröff. der Hauptstation für Erdbebenforschungen in Jena, 1922.

როდესაც მიწისძვრა მოხდება, და დაბულობა გამოსავალს პპოულობს და ა მხარეში სიწყნარის პერიოდი იწყება. მაგრამ თანდათანობით წარმოადგებიან ახალი და დაბულობანი. რომლებიც დაბოლოს ისევ მიწისძვრას გამოიწვევენ. ამიტომ ვასაგებია, რომ მიწისძვრები მეტწილად ძველი რღვევის სახეების გასწვრივ წარმოიშობიან და, რომ სწორედ ახალგაზრდა მთები, დიდი გრაბენების, ჩაქ-



სურ. 175. ქევი ავსტრიის ალპების სეისმური სახები,

წისძვრას, ნასხლეტების თუ ნაოქების გაჩენა, სხლეტის და დანაოქების მიწისძვრებს არჩევენ. მიწისძვრების უმრავლესობა პირველ ტიპს ეკუთვნის.

მიწისძვრების მეორე კლასი ვულკანურ პროცესებთან არის დაკავშირებული. ვულკანურ მიწისძვრებს თითქმის ყოველთვის თანსდევნენ ვულკანური ამოფრქვევები. მათ რყევის ცენტრული უბნის სიმცირე და ნაკლები და-

¹ ამგვარი მსოფლიო და იმავე დროს სიგრძივი მიწისძვრის საუკეთესო მაგალითად უნდა იქნეს დასახელებული მიწისძვრა მარმარილოს ზღვაში, რომელიც 1912 წ. მოხდა (სურ. 177). მისი ეპიცენტრული არე მდებარეობდა მრავალი, ახალგაზრდა გრაბენის დაჯგუფების მხარეში ამ გრაბენების ნაწილი შორს იჭრება მცირე ახიაში და მათ შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა იმ გრაბენს აქვს, რომელიც მარმარილოს ზღვის უდიდეს სიღრმეებს შეიცავს. ამ მიწისძვრის ტექტონიკური ხასიათი საკვებით ცხადი არის,

ლა ახასიათებს; ეს მიწისძვრები ვულკანური მილის სიღრმეში გაზების უეცარ გამოყოფასთან არიან დაკავშირებული.

გარდა ამისა ბრანკა (Brancu) და სხვები ვულკანურ მიწისძვრებს აკუთვნებენ ისეთებსაც, რომლებიც სიღრმის ვულკანიზმით, კერძოდ მაგმის ინტრუზიებით არიან გამოწვეული. ბრანკა მათ კრიპტოვულკანურ (ფარულ ვულკანურ) ან ინტრუზიის მიწისძვრებს უწოდებს. ამ მიწისძვრების მიზეზს წარმოადგენს არა მარტო მიწის მაგარ ქერქში ინტრუზიების შექრასთან დაკავშირებული მექანიკური მოქმედება, არამედ აგრეთვე ინტრუზიის თანხმლები სახურავი შრეების გათბობა-გაფართოებაც.

შესაძლებელია, რომ მრავალი, ჩვეულებრივად წმინდა ტექტონიკურად მიჩნეული მიწისძვრა, სინამდვილეში კრიპტოვულკანური იყოს, მეტადრე გაცხოველებული ვულკანური მოქმედების მხარეებში, როგორც იაპონიის კუნძულები არიან. იაპონელ გეოლოგებს უკვე დიდი ხანია შეიმჩნეული აქვთ, რომ თითქმის ყველა დიდ მიწისძვრებს წინ უძღვის (ჩვეულებრივ 30-ოდე საათით) ძლიერი მაგნიტური წესრღვევანი, ე. წ. მაგნიტური ქარიშხლები, რომელთა მიზეზი მხოლოდ რმა მაგმური ინტრუზიები შეიძლება იყვნენ. ლანგის (R. Lang) მიხედვით იმ მიწისძვრასაც, რომელსაც სამხრეთ დასავლეთ გერმანიაში 1911 ნოემბერში ჰქონდა ადგილი, წინ მაგნიტური ქარიშხალი უძღოდა (აგრეთვე 30—56 საათით), ასე რომ შესაძლებელია ამ მკვლევართან ერთად ამგვარი ქარიშხლები მიწისძვრის ინტრუზიულობის ნიშნებად ჩაეთვალოს¹.

მიწისძვრების უკანასკნელ და ყველაზე ნაკლებ მნიშვნელოვან ჯგუფს შეადგენენ გამორეცხვითი ანუ ჩაქცევითი მიწისძვრები, რომლებიც ქანების გამორეცხვის შედეგად წარმოშობილი მიწისქვეშა სიღრუეების ჩაქცევით არიან გამოწვეული და ამიტომ განხილული უნდა იქმნენ როგორც ექზოგენური ძალების მოქმედების შედეგი. ამ მიწისძვრებს ეკუთვნიან სხვათაშორის ქაისლებენის მრავალრიცხოვანი ძვრები ოთხმოცდაათიან წლებში და 1910 წ. 19 ნოემბრის მიწისძვრა რაიხენჰალში. მათ ზედაპირთან ახლოს მდებარე ჰიპოცენტრი და მეტად თუ ნაკლებად ცენტრული რყევის რაიონი ახასიათებთ.

უკანასკნელ დროს ლანგი (R. Lang)² არჩევს უფრო მკვეთრად, ვიდრე ამას აქამდე შეგობდნენ, ერთი მხრივ მთავარ მიწისძვრებს და მეორე მხრივ მომდევნო და წინამორბედ მიწისძვრებს.

მთავარი მიწისძვრები მეტად თუ ნაკლებად ძლიერი არიან და მანამდე მკვიდრად მდებარე ქანების პირველი აშლით არიან გამოწვეული. მათ ნაწილობრივ ტექტონიკური, ნაწილობრივ კი კრიპტოვულკანური პროცესები უდევთ საფუძვლად. უკანასკნელი სახის მიწისძვრებს მაგნიტური ქარიშხლები უძღვის წინ, ტექტონიკურ მიწისძვრებს კი არა.

¹) Lang, Neues Jahrb. f. Min., 1913, Beil.-Bd. 35, გვ. 807.—ზიბერგი (Aug. Sieberg) თავის „Erdbebenkunde“-ში (გვ. 274) მიწის სიღრმეში მაგმის შექრის გზით მიწისძვრების წარმოშობის შესაძლებლობას საეცხებით უარყოფს.

²) Lang, Klassifikation und Periodizität der tektonischen und kryptovulkanischen Eben. Neues Jahrb. f. Min., 1913, Beil. Bd. XXXV, გვ. 776.

წინამორბედი და მომდევნო მიწისძვრები, პირიქით, უფრო სუსტიდა უფრო ადგილობრივი არიან და მთავარ მიწისძვრას ან წინ უძღვებიან ან მოჰყვებიან. მოყოლი მიწისძვრები შეიძლება განსაკუთრებით მრავალრიცხოვანი იყვნენ; ისინი მთავარი მიწისძვრის მიერ ურთიერთ შორის გადაადგილებული ბელტების წონასწორობის მდგომარეობაში თანდათანობით დაბრუნების გამომხატველი არიან. ეს მიწისძვრები მეტწილად ტექტონიკური მიზეზებით არიან გამოწვეული და კოსმიურ მიზეზებთან (მთვარის მდებარეობა, წლისა და დღელამის დრო) ცხადად დაკავშირებულ პერიოდულობას იჩენენ.

მთათა წარმოშობის პროცესები¹.

მიწის ზედაპირი ამაღლებათა და დაბალბებათა, ამოხეკებათა და ჩაღრმავებათა უწყვეტელ ცვლას წარმოადგენს. ფორმითა და სიდიდით ერთნიც და მეორენიც მეტად მრავალგვარი არიან. ჩაღრმავებათა შორის, როგორც მიწის ქერქის რელიეფის დიდი ფორმები, ყველაზე წინ დიდი ოკეანური აუზები დგანან. ამაღლებებში კი—კონტინენტური ბელტები. შემდეგ მოდიან ჩაღრმავებათაგან—დიდი ბარები და ხმელეთის სხვა ვრცელი დაბალბებანი, ხოლო ამაღლებათაგან—დიდი ზეგნები და ნაოკა მთები; დასასრულ, მიწის ქერქის რელიეფის მცირე ფორმებს წარმოადგენენ ერთი მხრივ მცირე დაბლობები და ხეობები, ხოლო მეორე მხრივ დაბალი ქედები და ცალკეული მთები.

ოკეანური ჩაღრმავებებისა და კონტინენტური ბელტების წარმოშობას ჩვენ უფრო ქვემოთ შევხებით. აქ კი რელიეფის იმ დასახელებულ ფორმებს გავარჩევთ, რომლებსაც მეორე და მესამე ადგილი უჭირავთ.

შეხედულება მიწის ზედაპირის წესიერი სფეროიდიული ფორმის განგადახრის მიზეზების შესახებ დროთა განმავლობაში ძლიერ იცვლებოდა. დანიელმა სტენომ (Steno, 1669), როგორც ჩანს, პირველმა ახსნა მთების (დისლოკაციური მთების) წარმოშობა თავდაპირველად თარაზულად განლაგებული დანალექი ქანების ამართვის გზით. განთქმული ვერნერი (Werner, 1750—1817), პირიქით, ყოველგვარ ამოწევას უარყოფდა და ფიქრობდა, რომ დახრილად მდებარე შრეები თავიდანვე ამგვარად დაილექენ.

ჰუტონი (Hutton), პლაიფერი (Playfair) და მაკკულოხი (Mac Culloch) (1790—1821) მთების წარმოშობას თავის მხრივ ეროპტიული მასების ამომწვევი მოქმედებით ხსნიდნენ და ამით დასაწყისი მისცეს ცნობილ ხანგრძლივ ბრძოლას ნეპტუნისტებსა და პლუტონისტებს შორის. წარსული საუკუნის პირველ ნახევრის დიდი გეოლოგებიც ჰუმბოლდტი (Humboldt), ბუხი (Bucl) და ელი დე ბომონი (E. de Beaumont) ჰუტონის შეხედულებას მიემხრნენ;

¹) A. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung, Basel 1878; Eduard Suess, Antlitz der Erde, Bd. III, Wien 1885—1909; L. Kober, Der Bau der Erde, Berlin 1921.—შეად. აგრეთვე „Symposium on the structure and history of mountains and the causes of their development“, Bull. geol. Soc. America, ნაწ. XXXIV, 1923 (CL Schuchert-ის, Hobbs-ის და სხვ. შრომებით).

ასინი იყენენ ამოზნექვის თეორიის დამაარსებელნი. მხოლოდ ლაივლის, დენას (Dana), ზიუსის, ჰაიმისა (Heim) და სხვ. შემდგომმა გამოკვლევებმა გაუყაფეს გზა ამჟამად გაბატონებულ შეხედულებათ.

ამჟამად ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ მიწის ზედაპირის სახე ენდოგენურ და ეკზოგენურ ძალებს შორის კიდილის შედეგს წარმოადგენს. უკანასკნელი ჯგუფის ძალები (მდინარე წყალი, ტალღები, უინული, ქარი და გამოფიტვა) გადაცლასა და, მაშასადამე, მოსწორებას აწარმოებენ; ენდოგენური ძალების მოქმედება კი, პირიქით, ზოგან ამაღლებებს, ზოგან ჩაღრმავებებს იძლევა და განუწყვეტლივ მიწისზედაპირის თავდაპირველ უსწორმასწორობათა აღდგენისაკენ არის მიმართული.

თუ ამრიგად მიწის ზედაპირის რელიეფის შექმნაში მთავარი როლი ენდოგენურ ძალებს ეკუთვნის. მათ შორის განსაკუთრებით მნიშვნელობა დისლოკაციურ პროცესებს აქვთ, სახელდობრ 1. ვერტიკალურ გადაადგილებებს, რომლებიც მიწის ქერქის რადიალურ მოძრაობათა შედეგად წარმოდგებიან და 2. ტანგენსური ძალებით გამოწვეულ ჰორიზონტულ გადაადგილებებს. პირველ შედეგად მოჰყვება ნაპრალების და ნახსლეტების წარმოშობა და ამასთან დაკავშირებული ამაღლებების და ჩაღრმავებების გაჩენა, მეორეთ კი, პირიქით, ნაკლებისა და შეცოცებების წარმოშობა. პირველნი დიდი ზეგნებისა და მაგდიისებური მთების გაჩენას, მეორენი, პირიქით, მთაგრეხილების წარმოშობას იწვევენ.

რადგან მიწის ქერქის რადიალურ მოძრაობებთან კონტინენტების წარმოშობა არის დაკავშირებული, მათ ახლა „ეპიროგენეტულს“ უწოდებენ (ჩაიკოვსკი-ხმელეთს), გამოთქმა რომელიც 1890 წ. ამერიკელმა ჯილბერტმა (Gillert) შემოიღო. ტანგენსურ მოძრაობებს, რომლებიც მთების სისტემების წარმოშობას იწვევენ, „ოროგენეტულს“ ეძახიან.

მიწის ქერქის მოძრაობათა ეს ორი სახე როგორც თავისი ბუნებით, ისე მოქმედებით ძლიერ განსხვავებულია. დანაოქება და შეცოცებები ამოკლებენ ბელტების სიგრძეს და ზედაპირის შემცირებას იწვევენ; დაწევანი, პირიქით, ბელტებს ერთი მეორისაგან აშორებენ და ამით ზედაპირის გაფართოებას აწარმოებენ. მაგრამ დანაოქების შედეგად მიღებული ზედაპირის შემცირება ძალიან დიდია, ვერტიკალური დისლოკაციებით გამოწვეული ზედაპირის გაფართოება კი მეტწილად მცირე. ამიტომ მთელ დედამიწაზე ზედაპირის შემცირება მის გაფართოებაზე უდავოდ მეტია. ჰორიზონტული და ვერტიკალური დისლოკაციები, როგორც წესი, ერთისადანიმავე ადგილას არ გვხვდებიან; პირველნი დაკავშირებული არიან ნაოქა მთებთან, მეორენი კი ბელტურ მხარეებთან, ხოლო იქ, სადაც ორივეს ერთად ვხვდებით, მათი წარმოშობა სხვადასხვა დროს ეკუთვნის.

ხმელეთის ზედაპირის ჩალრმავებანი.

თუმცა ესენი მრავალფეროვნებით რელიეფის ამაღლებულ ფორმებს საგრძნობლად ჩამორჩებიან, უკანასკნელზე მინც არა ნაკლებ მნიშვნელოვანი არიან, რადგან ხმელეთის ზედაპირის უდიდესი ნაწილი სწორედ ამთგან შედგება. ბევრი ამ ჩალრმავებათგანი, მეტადრე კონტინენტების ცენტრული დაბლობები, ძალიან ძველი არიან და შესაძლებელია, უკვე კონტინენტების ზღვისაგან გამოყოფის დროს იყენენ გამოსახული; სხვები კი უდავოდ გაცილებით უფრო გვიან. ტექტონიკური პროცესების შედეგად განვითარდნენ. ამ ფორმების უნიშვნელო რაოდენობა შესაძლებელია დენუდაციისა ან მიწისქვეშა გამორეცხვის შედეგს წარმოადგენდეს.

ტექტონიკურ ჩალრმავებათა შორის განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს წრულ ჩასხლეტებსა და გრებენებს. პირველთა წარმოშობისათვის საჭირო არის პერიფერიული ნაპრალები, რომლების გასწერავ შრეები მით უფრო დაბლა ეშეებიან, რაც უფრო ახლოს არიან ეს ნაპრალები დასხლეტილი მოედნის ცენტრთან; გრებენების წარმოშობა ორ ან მეტ პარალელურ ნასხლეტს შორის მდებარე ზოლის ჩაქცევის შემთხვევაში ხდება.

ამგვარი ჩასხლეტილი არეები, როგორც ჩანს, არა მარტო ხმელეთზე, არამედ ზღვის ფსკერზედაც არიან განვითარებული. ასეთ ახალგაზრდა ჩასხლეტებს უნდა წარმოადგენდნენ ზემოთხსენებული ღრმა ქვაბისებური ჩალრმავებები მექსიკის უბეში და სხვა შიგა ზღვებში; გრებენისებური ჩალრმავებები ოკეანეებში, განსაკუთრებით წყნარი ოკეანის დასავლეთ ნაწილში, რომლებიც უახლეს დროში გახდნენ ცნობილი, ამავე ტიპს ეკუთვნიან. მათი მნიშვნელობა და წარმოშობის გზა ჯერ კიდევ სიბნელით არის მოცული. მაგრამ ის ფაქტი, რომ ეს „ღრმა ზღვის ხრამები“, რომლებსაც ცნობილი ტუსკარორის ფოსოც ეკუთვნის, მრავალრიცხოვანი მიწისძვრების გამოსავალ ადგილს წარმოადგენენ, ამტკიცებს, რომ ისინი ნამდვილად სხლეტის არეები არიან, რომლებიც დაბლა დაწევას განაგრძობენ.

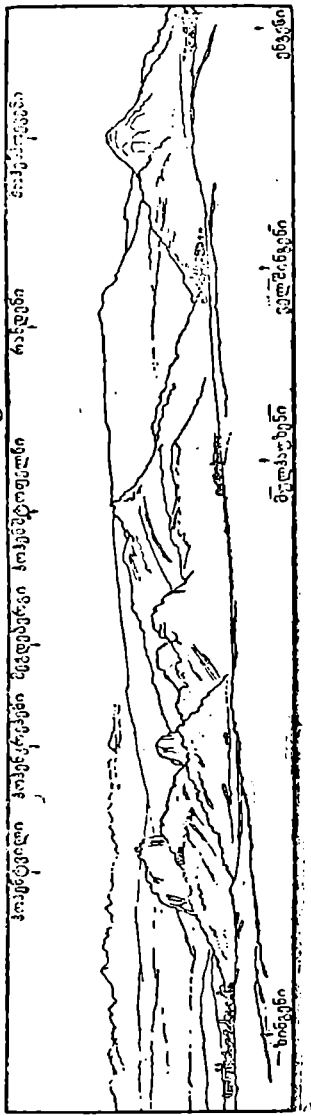
გრებენული ჩაქცევის ერთ მშეენიერ მაგალითს წარმოადგენს მეწამული (ფითელი) ზღვაც.

მიწის ზედაპირის მაღალი შორამები.

ამათ ეკუთვნიან ვაკე მაღლობები, მთაგრეხილები და ცალკე მწვერვალები.

მთები. სხვადასხვაგვარი მთების წარმოშობაში სამი პროცესი არის მხედველობაში მისაღები, სახელდობრ, 1. ვულკანური დაზინვა, 2. ქანების გადარეცხვა და 3. ტექტონიკური აქტივობა. ამის მიხედვით მთები სამ მთავარ ტიპად იყოფიან: ვულკანური, გადარეცხვითი და დისლოკაციური მთები.

1. ვულკანური ან ამოფრქვევითი მთები. ისინი ხასიათდებიან არა მარტო ვულკანური მასალით, არამედ იმითაც, რომ ამ მთებისა და



სურ. 178. ჰეგაუს ძველი ვულკანური რაიონის ხედი ო-დან. უკან—რანდენის ბრტყელი ქედი (მადმი); სულ უკან, ჰორიზონტზე—ალაბები.

(დახატულია მიუნხენის არქიტექტორ O. Volckers-ის მიერ A. Heim-ის ჩანახაზი) მიხედვით).

მათი შემადგენელი მასალის წარმოშობა ერთდროულად ხდება; ორ დანარჩენ ტიპში კი მასალა მთების წარმოშობის წინ უკვე მხადიყო და მთების წარმოშობა წარმოადგენს მხოლოდ ამ ქანების ნგრევის ან მათი წოლის ფორმის შეცვლის შედეგს. პირველ ტიპს ეკუთვნიან ჯერ ერთი ვულკანური ქანების მიწის ზედაპირზე ამოფრქვევის გზით წარმოშობილი გუმბათისებური მწვერვალები და მთები, როგორც არიან, მაგალითად, ეტნა, ბოქემის შუა მთები, ზიბენგებირგე, ჰეგაუს (სურ. 178) და მრავალი სხვა, შემდეგ აგრეთვე—ინტრატელურული ინტრუზიებით შექმნილი ქედები, რომლებიც მიწის ზედაპირზე მხოლოდ დენუდაციის შედეგად გამოჩენილან (Henry Mountains უტაჰში და ჩრდილო ამერიკის ზოგი სხვა ლაკოლითური მთები).

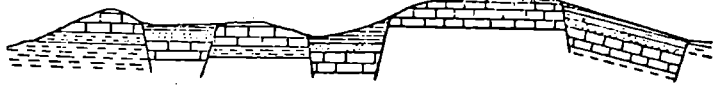
2. გადარეცხვითი (დესტრუქციული) მთები თავის მხრივ კიდევ შეიძლება დაიყოს: ა) ეროზიულ მთებად, ესე იგი მწვერვალებად და მთებად, რომლებიც ვაკედ განლაგებული ნალექების ან დანაოკებული წყებების უფრო მცირე ზომის ბელტურ ან სვეტიცებურ ნაწილებად დაყოფის შედეგად წარმოდგარან, და ბ) დენუდაციურ მთებად, რომელთათვის მოხაზულობა და ოროგრაფიული დამოუკიდებლობა დენუდაციას მიუნიჭებია.

ეროზიული მთები ვაკე-მალლობებისა და ბელტური მხარეების მთების უხშირეს ფორმას წარმოადგენენ. კარგ მაგალითებს იძლევიან ჰაინლეიტე, ზოლინგი, როენი

და გერმანიის ბუნტხანდშტაინის და მუშელკალკის მთები და სხვ. დენუდაციური მთების ნამდვილი სასკოლო მაგალითი არის შვაბეთის ალბი, რომლის წარმოშობა სამხრეთისაკენ დამრეკად დაქანებული, ძირში ადვილად ნგრევადი და ზე-ვით გამძლე ქანებისაგან შემდგარი წყების უქანდახევის შედეგს წარმოადგენს.

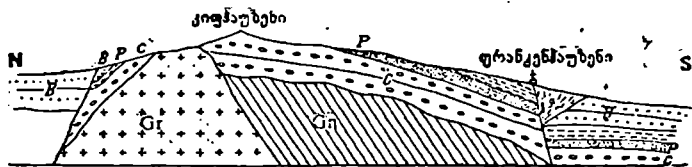
2. დისლოკაციური ანუ ტექტონიკური მთები. აქ გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს იმას, თუ რა გვარმა დისლოკაციებმა მიიღო მთავარი მონაწილეობა მთების წარმოშობაში, საეულდობრ, დანაოქებამ თუ ნასხლეტების გაჩენამ და ვერტიკალურმა გადაადგილებამ. ამისდამიხვედით ორ მთავარ ჯგუფს არჩევენ: ნაოქა მთებს და ნასხლეტურ ან ბელტურ მთებს.

ნაოქა მთებში მნიშვნელოვანი განსხვავება არსებობს ახალგაზრდა და დაძველ მთებს შორის, ნაოქებრივი აგებულობა მხოლოდ ახალგაზრდა



სურ. 179. შვეიცარიის ბელტური იურის ნაწილი (Clos-ის ძიხვედით).

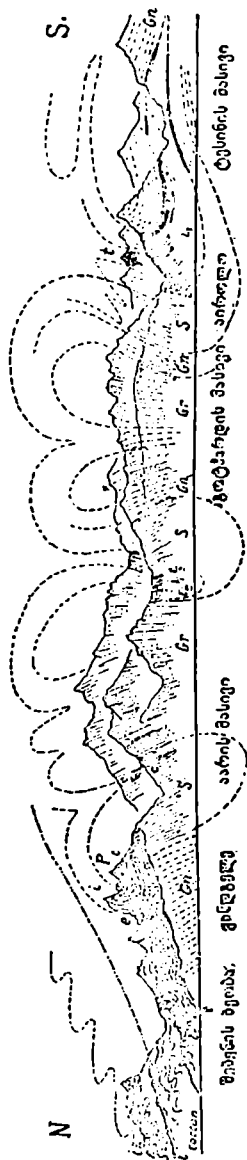
მთებში ჩანს ცხადად ზედაპირზე და ე.წ. მთაგრეხილების ვიწრო და გრძელ ზოლებში და მრავალრიცხოვანი გასწვრივი ხეობებით გაყოფილ პარალელურ ქედებში გამოიხატება. უფრო ძველ ნაოქა მთებში, მათი წარმოშობიდან მოქმედი გადაცლის გამო, ნაოქებრივი აგებულობა ზედაპირზე მხოლოდ გამონაკლის შემთხვევებში ჩანს (ურალი, ალკანები). კიდევ მეტად არის ხოლმე შეცვლილი მათი პირვანდელი ფორმა შემდგომი ნასხლეტებითა და დაწვევებით. ამის გამო აღრინდელ მთის ქედების დიდი ნაწილი მრავალ შემთხვევაში ისეა დაძირული,



სურ. 180. კიფაუხენის ფუჟრ-ბელტური მთების შერდიანული კრილი. Gr—გრანიტი; Gn—გნეისი; C—ზედა კარბონული; P—პერმული; B—ბუნტხანდშტაინი.

რომ დარჩენილი ნაწილები მხოლოდ მათ მცირე ნაშთს წარმოადგენენ. სწორედ ამიტომ რიხტჰოფენმა ასეთი მთებისათვის ნაშთური (ძირკული) მთების სახელი შემოიღო.

ბელტურ მთებს ეკუთვნის მრავალი ცალკეული გორა და პატარა მთები (ტევტობურგის ტყე, ელბის ქვიშაქვის მთები, ლანის მთები მარბურგთან) და აგრეთვე ყველა კონტინენტის უფრო დიდი მაგილური მთიანი მხარეები. ისინი ზოგან პატარა ბელტურ ან სვეტიცებურ მასებს, ზოგან კი ვრცელ, ერთ



სურ. 181. გობტაჩის მასივის მეზობიანული კილი (A. Heim-ის მიხედვით). Gr—გნისი; Gr—გრანიტი; S—ქარსიკლები და ფიქლები C—ქარბუნელი; P—პერმული; I—იურული; II—იურული, e—ეოცენი.

მზრიდან მაინც, მაგრამ უფრო ხშირად ირგვლივ ნასხლეტებით. ან ფლექსურებით შემოფარგულ ზეგნებს ან პლატოებს წარმოადგენენ. ამ ჯგუფში არჩევენ კიდევ მაგიდურ ბელტებს, რომლებიც (მოყვანილი მაგალითების მსგავსად) მხოლოდ ვაკედ მდებარე დანალექი ქანებისაგან შედგებიან, და ფუძის ბელტებს, რომლებიც, როგორც შვარცვალდი, ვოგეზები და კიფპაუზენის მთები (სურ. 180), მხოლოდ ზედა ნაწილში შედგებიან ვაკედ მდებარე დანალექი ქანებისაგან, ხოლო მათ ქვეშ ეროზიის ხანგრძლივი მოქმედების გამო უფრო ძველი დანალექებული ქანები არიან გაშიშვლებული.

ამრიგად მთების შემდეგ დანაწილებას ვლდებულობთ.

I. ვულკანური ანუ დაზვინული მთები.

II. გადარეცხვითი (დესტრუქციული) მთები.

- a) ეროზიული მთები,
- b) დენუდაციური მთები.

III. ტექტონიკური ანუ დისლოკაციური მთები.

1. ბელტური მთები.

- a) მაგიდური ბელტები,
 - b) ფუძის ბელტები
2. ნაოქა მთები.

- a) მთაგრებილები და
 - b) შარიაეული მთები.
- c) ნაშთური (ძირკვეული) მთები.

ეს სხვადასხვა ტიპები იშვიათად გვხვდებიან ცალკალკე და ჩვეულებრივად არეული არიან ერთი მეორეში ასე, დანამდვილებით ახალგაზრდა მთებშიც ნასხლეტები

და ჩაქცევები ხშირად დიდ როლს თამაშობენ, თუმცა გაცილებით მეტი ადგილი უჭირავთ ნაშთურ მთებში, რომლებიც შემდგომი ნახლებებით მეტწილად სულ დაწყვეტილი არიან. ამის მსგავსად გადარეცხვის პროცესებს შეუძლიათ ვულკანურ და ტექტონიკურ მთებს შეეხონ და მთლიანად შესცვალონ მათი სახე. ამგვარადვე ნაოქა მთებზე, როგორც არიან ჰიმალაიას მთები და ტიან-შანი, შეძლება მოახდინონ გავლენა შემდგომმა ამოწვევებმა და ა. შ.

ნაოქა მთები, რომლებსაც ყველა დროის მთებს შორის უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ, უფრო დაწერილებითს განხილვას საჭიროებენ. ჯერ ამგვარ მთების სხვადასხვა ზემოთ აღნიშნულ სახეებს გავეცნოთ.

ახალგაზრდა ნაოქა მთები ანუ მთაგრეხილები. ახალგაზრდა, მესამეულის ან მესამეულის შემდგომი ასაკი, ხშირად ძალიან დიდი სიმაღლე და სიგრძე და უკვე ფორმაში და დანაწილებაში გამოხატული ნაოქებრივი ად-



სურ. 182. ახალგაზრდა ნაოქა მთების გავრცელება მიწაზე.

ნაგობა ამ მთების მთავარ ნიშნებს წარმოადგენენ. დედამიწის ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი მთები ამ სახეს იკუთვნიან. მათი ერთობლივობა ჰქმნის გრძელსა და ვიწრო მთლიან სარტყელს, რომლის მოხაზულობა სურ. 182 არის ნაჩვენები. ეს ძალიან ღირსშესანიშნავი ფაქტია, რომლის მნიშვნელობას ჩვენ ქვემოთ დაეუბრუნდებით.

იმ დროს, როდესაც ზოგი მთაგრეხილი (შვეიცარიის იურა)¹ სავსებით ერთგვაროვანი ქედებისაგან შედგება, სხვები (ალმოსავლეთი ალპები, პირენეები და ა. შ.) იმის გამო, რომ მათს ცენტრული კრისტალური ფიქლებისაგან

¹) Alb. Heim, Geologie oder Schweiz, I, 2; Das Juraergebirge, Leipzig 1918, 1919.

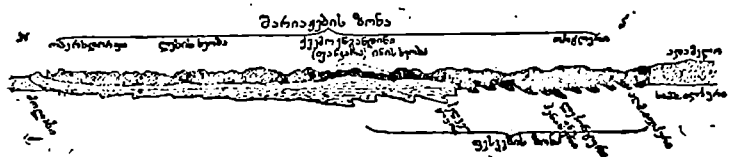
კენ არიან მიმართული, ჩრდილოეთისკენ გადახრილი და გადაბრუნებული, და მრავალ შემთხვევაში საზღვრებიდან მოსული ტალღების მსგავსად გადაწოდილი არიან მათ წინ მდებარე მესამეულის მოლასებზე, რაც საუცხოოდ ამტკიცებს გადაადგილების ჰორიზონტულობას.

შარიაეული მთები. ცნება ამ მთების შესახებ, რომელიც განსაკუთრებით ბერტრანის (M. Bertrand), შარდტის (Schardt) და ლუეონის



სურ. 184. ალბური ნაოქა სისტემის მთავარი ხაზები (შავი) და მათ შორის მდებარე ბელტება (რუხი).

(Lugeon) მიერ იქმნა ჩამოყალიბებული, შედარებით კიდევ ახალია და ალბების ტექტონიკის შესახებ უახლეს დროში მიღებულ უცნაურ დაკვირვებებთან არის დაკავშირებული.



სურ. 185. აღმოსავლეთ ალბების შარიაეების სტრუქტურული გამოხატულება.

უკანასკნელ დრომდე ალბებს სიმეტრიულ ნაოქებად სთვლიდნენ, მაგრამ უკანასკნელი ათეული წლების გამოკვლევები თანდათან უფრო ადასტურებენ, რომ ეს მთები მრავალრიცხოვანი დიდი და ბრტყელი ერთიმეორეზე ქერწლისებურად მდებარე ნაოქა ზეწრებისაგან (შარიაეებისაგან) შედგებიან, რომლებიც ყველანი საზღვრებიდან ჩრდილოეთისკენ არიან წამოცოცებული იმ გვარად, რომ ყოველი უფრო მაღლა მდებარე ზეწარი უფრო შორს მიდის ჩრდილოეთისკენ, ვიდრე მის ქვეშ მდებარე. ამის გამო ყველა ეს შარიაეები ადგილისათვის უცხო და ფესვებს მოკლებულ გადაადგილებულ

შასებს წარმოადგენენ, რომელთა ნამდვილი სამშობლო სამხრეთისაკენ ზოგჯერ 100 km მეტ მანძილზე მდებარეობს. ამ რთულ, უდიდესი ერთმხრული მოწოლის შედეგად წარმოშობილ აგებულობას წარმოადგენს სურ. 181 და 185.

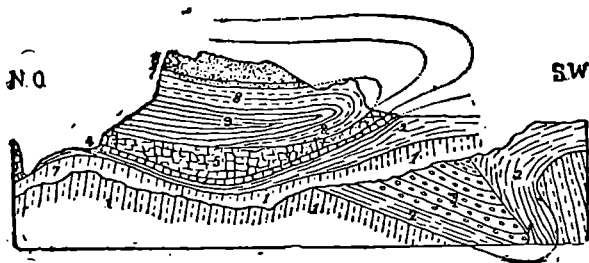
აღბებში ამეამად შემდეგ მთავარ ზონებს არჩევენ:

1. ავტოქტონური, ე. ი. სიღრმეში უშუალოდ ფესვებთან დაკავშირებული ცენტრული მასივები (აარის, გოტპარჯის და სხვა მასივები), რომელნიც უკვე კარბონულ დროში იქმნენ დანაოკებული და უფრო ახალგაზრდა შრეებით არიან გადაფარული (სურ. 186).

2. ჰელენეციური (გლარნის) ზეწრების კომპლექსები, რომელნიც აარის მასივის სამხრეთ კიდიდან იწყებიან და შეეიცარიის ალპებსა და სავოიის ალპების ნაწილს შეიცავენ.

3. პენინური ზეწრები, რომლებსაც სამხრეთის ცენტრული მასივები და მათ ირგვლივ მდებარე პეწიანი და ბუნდენის ფიქლები შეადგენენ.

4. ლეპონტური ანუ „კლიპერის“ ზეწრები (რეტეკონი, კლიპები ფირვალდშტეტის ტბასთან, შტოკპორნის და შაბლეს ზონები).



სურ. 186. Dents de Morcles-ის დიდი დაწოლილი ნოკი; კარბონული (2) და პერმული (3) უთანაბოდ კრატალური ფიქლებზე (1). 4—9 უფრო ახალგაზრდა, მეს მეულში დანა აქვ ული სალექები.

5. აღმოსავლეთ ალპების ზეწრების კომპლექსი, რომელიც აღმოსავლეთ ალპების უდიდეს ნაწილს შეადგენს და ტრაისის აღმოსავლეთ-აღმურ ფაციესს შეიცავს.

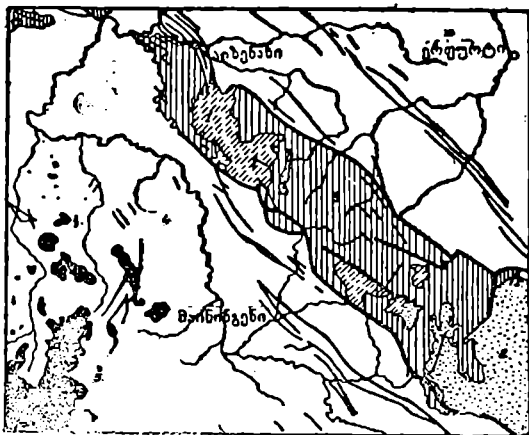
6. საქართველოში „დინარიდები“, რომლებიც ადრიატიკული ზღვის დასავლეთით მდინარე პოს დაბლობის ქვეშ იმალებიან. ამათ ვაკე განლაგება და სამხრეთისაკენ გადაწოლის ტენდენცია ახასიათებთ.

ყველა ზეწრებს სრულიად გრკვეული პეტროგრაფიული და პალეონტოლოგიური ნიშნები აქვთ და ამიტომ სხვადასხვა ფაციესს წარმოადგენენ. ისინი ამეამად თავდაპირველი თანმიმდევრობით არ არიან ერთი მეორის მიმდევროდ განლაგებული, არამედ უზარმაზარ გადაადგილებათა გამო მეტწილად მრავალკეცად დახლართულად ერთიმეორის ზეეთ ან გვერდით გვეხდებიან. ზოგი შარიათი შემდგომი გადარეცხვის გამო ნაწილობრივ ძლიერ დასერილია.

ოლო ზოჯჯერ, მეტადრე „კლიპების“ ზეწრების შემთხვევაში, ცალკეულ ბელტებისა ან კლიპების სახით არას გადარჩენილი. იმ ადგარებს, სადაც ზეწრის დენუდაციის შედეგად ქვეშ მდებარე ზეწარი არის გამოჩენილი, „ფანჯრებს“ უწოდებენ (სურ. 185).

კარპატებზე, აპენინებზე, პირენეებზე, კლდოვან მთებზე, კუნძულ ტიმორის და სხვა ქვეყნების მთებზეც სცადეს ალპური შარიაების თეორია გამოყენებით, მაგრამ იგი დღემდე მხოლოდ ალპებისათვის ჩანს საეგვით სამართლიანი.

ძველი ნაოკა ანუ ნაწთური მთები. ამთ ეკუთვნის ძველი გეოლოგიური პერიოდების მეტწილად ძლიერ გადარეცხილი და ნასხლეტებით დაწყვეტილი ნაოკა მთების უმრავლესობა. ტექტონიკურად ისინი ჩაწეულ მიდამოების შუა დარჩენილ ან და კიდევაც ამოწეულ ბელტებს, მაშასადამე ჰორსტებს წარმოადგენენ, რომლებიც მათი ღერძების შრების მიმართებისაღმი მღე;

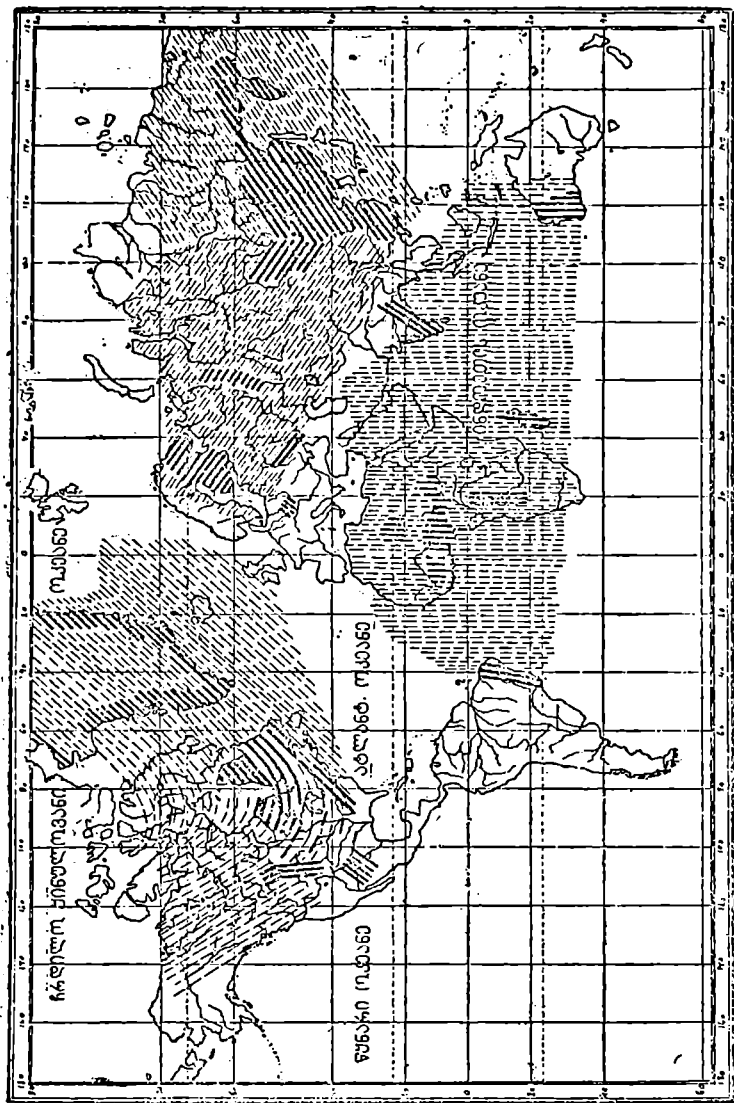


სურ. 187. ტურინგიის ტყის გარდგარდმო მასივი.

1. გნეისი და გრანიტი. 2. ქვედა სიფულის ქვედა ნაწილი.
3. პუძული და მასან დაკავშირებული ვოლკანები. 4. (თეთრი)—ტრია.ული. 5. (შ.ვი)—ბახალტი. შავი ხაზები—ნასხლეტები.

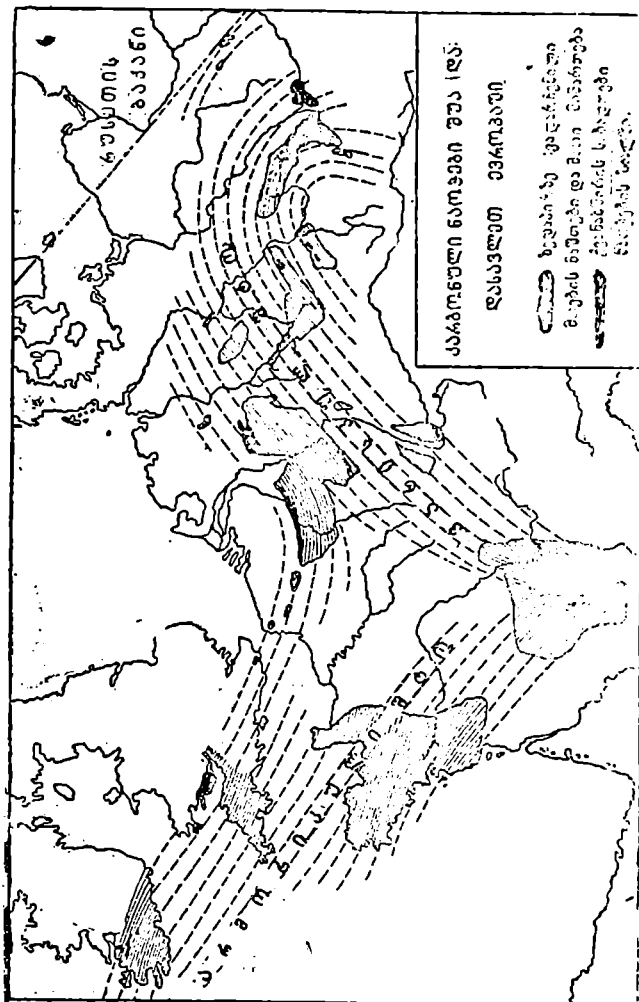
ბარეობის მიხედვით გასწორივებად და განივებად იყფიან (მადნიანი მთები, ტურინგიის ტყე, სურ. 187). ეს ბელტები მათი პირველი დანაოკების შემდეგ იმდენად მაგარი არიან, რომ ახალ დანაოკებას ისევე ეწინააღმდეგებიან, როგორც დანაოკებული თუნუქის ფურცელი, რომლის სხვა მიმართულებით დანაოკება უფე აღარ შეძება.

გერმანიის და სხვა ქვეყნების შიგა მთები: რაინის ფიქლების მთები, პარცი, ფიხტელგებირგე, შვარცვალდი და ა. შ., შკდეგ ურალი, ტიან-შანი, ილუგანები და ა. შ. ავ ტიპს ეკრთვნიან. მათი უმეტესობა ზედა პალეოზოურში



სურ. 1888. პირველყოფილი მთების გაერთიანება მიწაზე და მათი მმართველები (B. Rudemann-ის მიხედვით)

არის დანაკლებული. გერმანიის დასახელებული ნაშთური მთები ორი უზარმაზარი კარბონული ამოზნექვის უკანასკნელ ნაშთებს წარმოადგენენ: დასავლეთით



სურ. 189. დასავლეთ ევროპის კარბონულ ნაოქათ სისტემა.

არმორიკულ ნაოქათ რკალისა და აღმოსავლეთით ვარისკული რკალის (ზიუსი), რომლებიც საფრანგეთის ცენტრული პლატის საშრეით უერთდებოდნენ ერთიმეორეს (სურ. 189).

მაგრამ არის გაცილებით უფრო ძველი ნაშთური მთებიც. ამთგან ყველაზე უძველესს, რომელთა დანაოქება ალგონკურის წინა დროში მოხდა, ეკუთვნის დიდი ცენტრული ანუ პირველყოფილი მთების მასივიც, რომელნიც დიდი კონტინენტების გულს შეადგენენ და იმ თავიდანვე მყარობით და ასეისმურობით ხასიათდებიან. ისინი ეწინააღმდეგებიან ახალ დანაოქებას და ნაოქების გავრცელებას საზღვარს უღებენ ან მიმართულებას უცვლიან.

ამ უძველეს ბელტებს ეკუთვნიან: 1. აფრიკის მასივი არაბეთითა და მადაგასკართურთ და შესაძლოა აგრეთვე ინდოეთის „გონდვანისითაც“; 2. ბრაზილიის; 3. კანადის გრენლანდიურთ; 4. სკანდინავიის, შისგან მოწყვეტილ შიციბერგენთან ერთად. (შესაძლოა, მათვე ეკუთვნოდნენ ბრეტანის და საფრანკეთის ცენტრული პლატოს იპერიის მეზეტის, ბოჰემის და უკრაინისგნების ბელტები.); 5. ჩრდილო და აღმოსავლეთი ციმბირის ზიუსის „ანკარის მხარითურთ“ და მათი გავრცელება სამხრეთ-აღმოსავლეთ ჩინეთში კორეაზე გავლით; 6. ავსტრალიის და, დასასრულ, 7. გატარაქტიის დიდი ბელტი.

თუ პირველყოფილ მთებს და მათ მიმართებებს მიწის რუკაზე დავიკანთ- (როგორც ის სურ. 188 არის შესრულებული), ბევრ რასმე საყურადღებოს შევამჩნევთ.

ჩრდილო ნახევარსფეროში კანადის ფარს ჩრდილო-აღმოსავლეთური მაჰართება აქვს, ბალტიისას — ჩრდილო-დასავლეთური, ანკარის ფარს კი — ისევე ჩრდილო-აღმოსავლეთური. ორივე უკანასკნელად დასახელებული მასივი შუა აზიაში თითქო კუთხურად ხედება ერთიმეორეს N—S მიმართულების ხაზის გასწვრივ, კანადის ფარი კი რკალურად ებმის ჩრდილო ამერიკის დასავლეთის გნების გამოსავლებს.

ჩრდილო ნახევარსფეროში საერთოდ შეიძლება პირველყოფილი მთების ორი უზარმაზარი მასივის გარჩევა. ორივე თავის ფართო გვერდით ჩრდილოეთისკენ იყურება, ხოლო სამხრეთისკენ თანდათანობით ვიწროვდება: ერთი არის ფერაზიის, მეორე კი ჩრდილო-ამერიკის მასივი. უკანასკნელი გრენლანდზე გადავლით ჰებრიდულ კუნძულებამდე აღწევს და შესაძლოა თვით ბოჰემის მასივიც მას ეკუთვნოდეს. ამ ორ დიდ მასივს წინ უდგას მესამე, კიდევ უფრო დიდი სამხრეთი მასივი, რომლის მთავარ ნაწილს აფრიკა წარმოადგენს და, რომელიც აქედან ერთის ნხრივ ავსტრალიაში და ეორე მხრივ სამხრეთ ამერიკაში გადადის. მათვე ეკუთვნის ინდოეთის ნახევარკუნძული. მთელ ამ უზარმაზარ მხარეში არქეულ ნაოქებს მერიდიანული მიმართება აქვთ.

თვალში ეცემა ადამიანს აგრეთვე ორი შემდეგი გარემოება: პირველი არის სამხრეთის ძველი მასივის ჩრდილო ნახევარსფეროს ამგვარივე მასივისგან მკვეთრი დაცილება და მეორე ის, რომ ამ მასივებს შორის ზოლი მიწის მთავარ რღვევის ზონას, განედი მიმართულების რღვევის ზონას ემთხვევა. ამ ზონის გეოლოგიური მნიშვნელობა, როგორც თანამედროვე სეისმური და ვულკანური აქტივობის მთავარი ზონისა, ზემოთ უკვე არა ერთხელ იქმნა აღნიშნული.

ჩვენ უთუოდ არ შევცდებით, თუ ყველა ამ ფაქტებს უძველესი, დედამიწის პირველი გამყარების დროის პირობებს დაუყვავიერებთ. შესაძლებელია თუ დაუშვავთ, რომ უკვე მაშინ, როგორც გამყარების პირველი სხეულები, წარმოიშვა ეს სამი უზარმაზარი გენისური ბელტი, რომლებიც ევრაზიის, ჩრდილო ამერიკისა და სამხრეთ კონტინენტის გულს შეადგენენ. ჩრდილო ამერიკის ძველი ბელტის მოხაზულობა, როგორც ეს 1923 წ. რიდემაინი (Rüdemann) ნათელჰყო, არა მარტო გასასაზღვრავს პალეოზოოური დროის და ნაწილობრივ უფრო ახალ დროს ეპიკონტინენტური ზღვების გავრცელებას, არამედ ამ კონტინენტის მოხაზულობაში და მისი მთავრებილების, მთავარი მდინარეებისა და ნაწილობრივ დიდი ტბების მდებარეობა - მიმართულებაშიც ჰპოულობს გამოხატულებას.

საკიროა კიდევ აღვნიშნოთ რამოდენიმე გარემოება, რომელიც მიწის ქერქის დანაოქებას შეეხება.

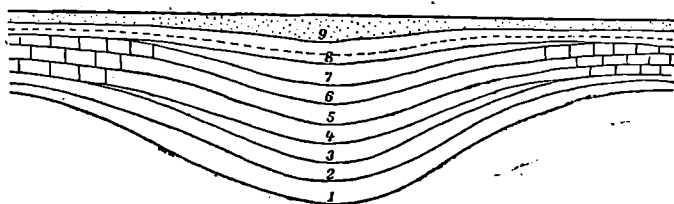
პირველი არის დანაოქების სიძლიერის დიდი ქანაობა სხვადასხვა დროში. ზემოთ უკვე ვთქვით, რომ უძველესი და ცოელ მიწზე გავრცელებული დანაოქება ალგონკურის წინა დროი მოხდა. მეორე უფრო ახალგაზრდა ანოქება, რომელიც მიწის დიდ სივრცეებს შეეხო, კარბონულ დროი დაიწყო. მას ქერქის უწოდებენ. ამ დანაოქებამ ევროპის გულში უზარმაზარი, სურ. 189 წარმოდგენილი, ნაოქთა სისტემები წარმოშვა. დიდი დანაოქების უკანასკნელი პერიოდი იყო ზედა მესამეულ დროში. მან ევროპაში ალპების დიდი მთების სისტემა და მიწის სხვა ნაწილებში სხვა მძლავრი ქედები (სურ. 182) ჰოგვცა. მაგრამ ამ მეტად ინტენსიური ტანგენსური წნევის დროთა შორის მოთავსებულია ისეთი პერიოდები, მაგალითად მეზოზოური ერა, რომელთა განმავლობაში დანაოქების ძალები, მთლიანად შეწყვეტილი თუ არა, მეტად დაკლებული მაინც იყვნენ.

მეორე მნიშვნელოვანი ფაქტი არის დანაოქების გავრცელების თანდათანობითი შეზღუდვა. ის გარემოება, რომ არქეული ქანები მთელ დედამიწაზე ძლიერ ინტენსიურად არიან დანაოქებული, გარკვეულად მოწმობს, რომ არქეულ დროში მყარ ბელტები არსად ყოფილან და დანაოქებას დაბრკოლებას არ უქმნიდნენ. იმ დროს მიწის ქერქი მთელ თავის სივრცეზე კიდევ საკმაოდ დრეკადი იყო და ამიტომ ალგონკურისწინა დროის ოროგენეზის საყოველთაო გავრცელება ჰქონდა. ყველა უფრო ახალ დანაოქებათა დროს უკვე არსებობდა ბელტები, რომლებიც შეკუმშვას ეწინააღმდეგებოდნენ და მიმართულებას აცულებინებდნენ; და რადგან ამ ბელტების რიცხვი და სიდიდე დროთა განმავლობაში იზოდებოდა, ამიტომ მიწის ქერქის იმ ნაწილების სივრცე, რომლებსაც დანაოქება შეეძლოთ, თანდათან უფრო მცირდებოდა. ამას ადასტურებს უკვე კარბონული დროის დანაოქების მოედნის შეზღუდვა ალგონკურისწინასთან შედარებით; მაგრამ კიდევ უფრო მეტად ჩანს ეს კარბონულ ოროგენეზისთან შედარებით მესამეული დროის დანაოქების ბევრად უფრო მცირე გავრცელებაში. თუმცა ეს დანაოქება ატლანტური ოკეანიდან წყნარ ოკეანემდე მიდის, მაგრამ მხოლოდ ერთი, ხედარებით ვიწრო სარტყელის (სურ. 182) ფარგლებში რჩება.

ამ ფაქტთან უშუალოდ არის დაკავშირებული ცნობილი განსხვავება ერთი მხრით მიწის ქერქის ისეთ ნაწილებს შორის, რომლებიც უიველესი დროიდან ელასტიური დარჩენილან და ამიტომ ყოველთვის განიცდიდნენ რადიალურ და ტანგენსურ გადაადგილებათ, და მეორე მხრივ ისეთებს შორის, რომლებიც უკვე ძლიერ ადრე გამყარებული გვევლინებიან. ამ უკანასკნელთ ეკუთვნის ე. წ. რუსეთის ბაქანი, რომელსაც სსრკ-ის ევროპული ნაწილის მეტი წილი უქარავს (სურ. 189); ჩრდილო აფრიკის დიდი ნაწილი; ზიტის ე. წ. ანგარისი, რომელსაც ქვედა კამბრიულიდან დაწყებული დანაოქება აღარ განუტოდა, და ბევრი სხვა. ევროპის ხმელთაშუა ზღვის მხარე, პირიქით, თითქმის მთელი გეოლოგიური დროის მანძილზე ქერქის ელასტიურ ნაწილს წარმოადგენს.

ფართოდ გავრცელებული წარმოდგენის თანახმად, უკანასკნელი ხასიათის მხარეებს უძველეს დროიდან სუსტი, ადვილად მოძრავი და ამიტომ ადრევე ზღვის მიერ დაკავებული მიწის ქერქის ზონები წარმოადგენენ და ნაოქა მთების წარმოშობა ყოველთვის მათთან იყო ხოლმე დაკავშირებული. დედამიწის ამგვარ უზნებს დენამ გეოსინკლინები უწოდა. მისი წარმოდგენით ეს არის ორ დიდ კონტინენტურ მასივს შუა მდებარე შედარებით ვიწრო, მაგრამ ღრმა რიფი. გეოსინკლინები მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში წარმოადგენენ მძლავრი ნალექების დაგროვების და ძლიერი დანაოქების, მაშასადამე, მთების წარმოშობის ადგილებს. ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანი და ხანგრძლივი გეოსინკლინი იყო ე. წ. ტეთისი—დიდი, სამხრეთ ევროპიდან სუმატრამდე გაქიმული შიგა ზღვა, რომელიც კამბრიულიდან დაწყებული ქვედა მესამეულამდე არსებობდა.

ამ მოვლენას დაახლოებით ასე წარმოიდგენენ: გეოსინკლინი, რომელიც ორ მაგარ კონტინენტურ მასივს შორის არის მოქცეული, თითქო მუხრუქის



სურ. 190. ნალექებით ამოვსებული გეოსინკლინი (L. Haug-ის მიხედვით).

ყბებში, თანდათანობით იესება ნალექებით, რომლებსაც ნაპირებთან დაბალი ზღვის ფაცივის აქვთ, მაგრამ დაშორებით თანდათანობით ბათიალურ და, დაბოლოს, აპისურ ნალექებში გადადიან (სურ. 190). ნალექების დაგროვებასთან ერთად გეოსინკლინის ფსკერი თანდათან უფრო ღრმად უნდა ჩაწეულიყო და, დაბოლოს, მიწის მალალ ტემპერატურიან ზონამდე მიეღწია. ყველაზე უფრო ღრმად მდებარე შრეები აქ გახურების გამო პლასტიური გახდებოდნენ და ამასთან ერ-

თად კიდევ გაფართოვდებოდნენ. უკანასკნელი გარემოება მიწის ქერქის ტანგენსურ წნევასთან ერთად მათ დანაოქებას გამოიწვედა. გეოსინკლინის ნაპირებთან ნაოქები დიდი წნევის გამო თანდათანობით უნდა ამოსულიყვნენ ზღვიდან მაღალი ქ. დების სახით. ბოლოს კი ამგვარი პროცესის შედეგად შეიძლება გეოსინკლინში დაგროვილი ნალექები მთლიანად დანაოქებულიყვნენ და წინათ ზღვით ამოვსებულ ჩაღრმავების ადგილზე მაღალი მთები აპართულიყო. გეოსინკლინები, ამრიგად, წარმოადგენენ არა მარტო ნალექების დაგროვების, არამედ აგრეთვე მთების წარმოშობის ადგილებსაც („ორგენეტიურ ზონებსაც“).

ე. წ. წინა ანუ კიდური სიღრმეები ცალკე განხილვას საჭიროებენ. ეს არის მეტად ღრმა და ხშირად ათასობითკილომეტრის სიგრძე წყალქვეშა ხრამები, რომლებიც განსაკუთრებით აღმოსავლეთ აზიის კუნძულთა რკალის გარე მხარესთან არიან განვითარებული. მათი მდებარეობა მაღალი ახალგაზრდა ნაოქა მთების წინ, საკვირველი სიღრმე, რომელიც მრავალი ათასი მეტრით აღემატება მათ გარეთ მდებარე ზღვის, მეტ წილად პლატოსებური „ფორლანდის“ (წინა მხარის) სიღრმეს და ის გარემოება, რომ ისინი დიდი ანუ მსოფლიო მიწისძვრების უმეტესობის კერას წარმოადგენენ, გვიჩვენებს, რომ მათ გეოლოგიურადაც მეტად დიდი მნიშვნელობა აქვთ. მიუხედავად ამისა მათ ჯეროვანი ყურადღება მხოლოდ უკანასკნელ დროს მიექცეის. ზიუსი მათ კონტინენტური „გრაბენების“ მსგავს დაღრმავებებად სთვლის; შტილე (Stille) ე. წ. გეოსინკლინების მაგვარ ჩაღრმავებებად, რომელთა ჩაზნექის დროს გაწყვეტას ადგილი არ ჰქონია; ზიბერგი (Sieberg) კი, პირიქით, და უთუოდ სამართლიანადაც, ფიქრობს, რომ ისინი მიწის ქერქის ჩვენს მიერ ცნობილ ყველაზე უფრო დიდ, უზარმაზარ რღვევის ზონებს წარმოადგენენ¹.

ძველ გეოლოგიურ პერიოდებშიც წყნარი ოკეანის დიდი მთავრეხილები გარე მხრიდან ზღვის მსგავსი ჩაღრმავებებით ანუ ტროვებით ისაზღვრებოდნენ. ასე, პიმალაის მთებს ბენგალიის ჩაღრმავება საზღვრავდა, ალპებს მიოცენის დროს—შევიცარიიდან სამხრეთ გერმანიისაზე გავლით ვენამდე გაქიმული მოლასის ზღვის გრძელი ტროვი; პალეოზოური დროის მაღალი ვარისკული მთები ისაზღვრებოდნენ გრძელი, ინგლისიდან ბელგიაზე და ნიდერლანდებზე გავლით ზემო სილესიამდე გავრცელებული ჩაღრმავებით, რომელშიც ამ ქვეყნების ქვანახშირები დაილექნენ. ახალი შეხედულებების თანახმად კიდური ჩაღრმავებები, რომლებსაც ნალექები, გასაგებია, მეტად სწრაფად ავსებდნენ, მთების წარმოშობაში ძლიერ მნიშვნელოვან როლს თამაშობდნენ, რადგან მათი სიღრმიდან დროგამოშვებით ამოიპართებოდნენ ახალი ნაოქები, რომლებიც თანდათანობით ამოდიოდნენ ზღვიდან და ძველი მთების წინ ახალს წარმოშობდნენ. ეს წარმოადგენა ბრწყინვალედ გამოიყენა ალპებისათვის ემილ არგანმა (Emil Argand)² კიდური ჩაღრმავებების

¹) Suess, Antlitz der Erde, ტ. III, 2, გვ. 670: Stille, Alte und Junge Saumtiefen' Nachr. Ges. d. Wissensch., Göttingen 1919; Sieberg, Erdbebenkunde, 1923.

²) Argand, Plissements précurseurs et plissements tardifs des chaînes de montagne. Ver. Schweiz. Natur. Ges. Jahresvers. in Neuenburg, 1920. Aarau, 1921; შეად. Heim,

არსებობა შეიძლება იმ ინტენსიური დაწოლით აიხსნას, რომელსაც მთების თანდათანობით წინ მოძრავე ნაოქები მოსახლერე ზღვის ფსკერზე აწარმოებდნენ. ამის შედეგად ზღვის ფსკერი ჩაიზნიქებოდა და წინა ჩალრმავებად გადაიქცეოდა. მთების თანდათანობითს ზრდასთან ერთად წინა ჩალრმავების მდებარეობაც თანდათან იცვლებოდა. ისევე როგორც მთები, ისიც უფრო და უფრო შორს მიიწვედა ზღვაში.

გასაკებია, რომ მთების ყოველივე წარმოშობა იწვევს ქერქის იმ ნაკვეთის ზედაპირის შემცირებას, რომელზედაც ეს მთები მდებარეობენ, რადგან მისი სიგანე დანაოქებამდე უფრო დიდი უნდა ყოფილიყო, ვიდრე მას შემდეგ. ასე, მაგალითად, იმ ნაკვეთის სიფართოე, რომელზედაც შვეიცარიის იურის მთები მდებარეობენ, დანაოქების გამო საწყისი სიდიდის ოთხ მეხუთედამდე შემცირდა, ალპებისა კი—ერთ მეოთხედზე ან მეგრედზე დავიდა. ამრიგად დედამიწის ქერქის ყოველივე ზოლის სიფართოე თვითოეული დანაოქების შემდეგ მცირდება. ამასთან ერთად მცირდება მთელი მიწის მოცულობაც.

ამ მსჯელობით ჩვენ მიეღწეოთ მნიშვნელოვან შედეგს, წარმოდგენას მიწის ქერქის შემცირებისა ან შეკუმშვის შესახებ. ეს დებულება არ არის ჰიპოთეზი, არამედ ერთადერთი გამოხატულება იმისა, რასაც მიწის ყველა ნაწილებში ვხედავთ; მართლაც, ნაოქა მთები არსებობენ დედამიწის ყველა ზონებში, ყველა კონტინენტები დაუჩაოქებელ მაგიდური ზეკნებისა და დაბლობების და დანაოქებულ ბელტების მორიგეობისგან შედგებიან.

თუ რა დიდი პროცენტის წინ ვდგევართ ჩვერ ამ შემთხვევაში, ცხადი იქნება, თუ გავიხსენებთ, რომ ალპები, იურის მთები, კარპატები და მიწის თითქმის ყველა დანარჩენი მაღალი მთები მხოლოდ მესამეულის დროში არიან წარმოშობილი და თუ აპას დაუმატებთ, რომ ქერქის შეკუმშვა მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში ხდებოდა და ამჟამადაც გრძელდება.

უკანასკნელ გარემოებას ადასტურებენ მიწისძვრები, რომლებიც თანამედროვე წარმოდგენით უმთავრესად ქერქის შეკუმშვისა და ამასთან დაკავშირებული მთების წარმონშობი პროცესების შედეგს წარმოადგენენ.

ყოველივე ამის შემდეგ ჩვენ შეგვიძლია მივიღოთ, რომ დედამიწა მისი წარმოშობის დროიდანვე თანდათან იკუმშებოდა და, მაშასადამე, მოცულობას მუდმივ შემცირებას განიცდიდა.

Geologie der Schweiz, II, გვ. 880. და Kober, Der Bau der Erde, 1921, გვ. 92 და 157 f
ალპებს, არ განის მიხედვით, ხანგრძლივი წინამორბედი პერიოდი აქვთ, რომელიც კარბონულ დროში მინი იწყება. მთელი ამ დროის განმავლობაში მთების ჩიდილო იდებე დიდი გეოინკლინი მდებარეობდა, რომლიდანაც ერთმორის მომდევნოდ ახალ-ახალი ქედები ამოიწარმებდნენ. ამასთან ერთად მ პროცენტის დროს ამოწული ნაოქები დროთა განმავლობაში თანდათანობით უფრო გარედ (N კენი იწვედნენ, მათ წინ მდებარე და მთი დაწოლის შედეგად წარმოშობილ კიდური ჩალრმავებისკენ, ჰფარავდნენ ერთიმეორეს და ხელახლავ ნაოქდებოდნენ. ამრიგად ალპებს ჩიდილო ნაწილი (მთავარი ქედი, იურის მთები და კარპატები) უფრო და უფრო ჩრდილოეისკენ, ევროპის გულისკენ მოძრაობდა. მთების სისტემის სასრუთი ნაწილი კი (დინარიდები, აპენინეცი და ატლასი), მის საწინააღმდეგოდ სამხრეთისკენ, აფრიკისკენ მიიწვედა.

როგორც შეკრული თალი, ქერქი ამ პროცესში უშუალო მონაწილეობას ვერ იღებდა: იგი მეტად სრული შეიქმნა გულინათვის, რომელიც მას თანდათან უნდა დასცილებოდა. მაგრამ, ვინაიდან ქერქი სიმძიმის გამო განუყრელად არის გულთან დაკავშირებული, ის გულს უნდა მორგებოდა. ეს კი მხოლოდ მისი დანაოქების და დაწყვეტის გზით შეიძლებოდა მომხდარიყო. ამ რიგად დანაოქება, შეცოცებები, გაწყვეტები, ჰორიზონტული და ვერტიკალური გადაადგილებანი წარმოადგენენ პროცესებს, რომელნიც მიწის მუდმივ შეკუმშვასთან უშუალო კავშირში არიან.

დისლოკაციური ანუ დინამომეტამორფიზმი¹.

დედამიწის შეკუმშვასთან დაკავშირებულმა გრანდიოზულმა დისლოკაციებმა არა მარტო დასხლიტეს, დანაოქეს და შეაცოცეს მიწის ქერქის დიდი ბელტები, არამედ მრავალ შემთხვევაში ძლიერ შესცვალეს აშლილი ქანების თვისებებიც, ესე იგი ეს ქანები მეტამორფულ (სახეცვლილ) ქანებად აქციეს.

დისლოკაციური მეტამორფიზმის მიზეზს, წინააღმდეგ კონტაქტური მეტამორფიზმისა, რომელიც ერუპტიული ინტრუზიების მიერ არის გამოწვეული, ყოველთვის დისლოკაციური პროცესები, მეტადრე მთების წარმოშობა წარმოადგენს. ამოწვევასთან დაკავშირებული ძლიერი ჰორიზონტული წნევა ყველა შემთხვევაში დიდ როლს თამაშობს; მაგრამ მის გვერდით სახეცვლას ყოველთვის ხელს უწყობენ მაღალი ტემპერატურა² და ზევით მდებარე ქანე-

¹) Aib. Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung, ტ. II. Basel 1878; Van Hise, Treatise on metamorphism, U. S. Geol. Survey, Monograph 47, 1904; Becke, Entstehung des kristallinen Gebirges, Verh. d. Vers. Deutsch. Naturf. u. Ärzte zu Salzburg, 1909; Grubenmann, Die kristallinischen Schiefer, გამოც. 2, Berlin 1910.

²) რომ ტემპერატურის აწევას თავისთავად შეიძლება შორს მიშავალი სახეცვლები მოჰყვეს შედეგად. ამას გვიჩვენებენ ის გარდაქმნები, რომლებიც გერმანიის ცენტრალური მარილებმა უფრო ახალგაზრდა ნაღებების სქელი საფარით გადახურვის და მათი უფრო ღრმა და ცხელ მიწის ზონებში ჩაძირვის გამო განიცადეს. რინემ (F. Rinne) თავის „Gesteinskunde“-ში პირველმა მიაქცია ყურადღება ტენაგატურის აწევასთან დაკავშირებულ კიმიურ გარდაქმნებს და მათ გეოთერმიულ ანდა თერმომეტამორფიზმი უწოდა (შედ. Rinne Die geothermische Metamorphose und die Dislokationen der deutschen Kalisalz-lagerstätten Abdr. aus „Fortschr. d. Min. Kristallogr. u. Petrogr.“, ტ. II, 1920). არენიუსი (Arrhenius) და ლახმანი (Lachmann), ბუკე (Bücker), როსცა (Rosza) და სხვები³ ამხარა მენჯხრენც და გეომანიის მარილების საბადოების მანამდე ძნელად გასაგები აწინდელი მდგომარეობის ას ხსენლად წარმატებით გამოიყენეს თერმომეტამორფიზმი.

თუ მ.გალითად, მარილის საბადო 3000 m სისქე უფრო ახალგაზრდა ნაღებები გადაეფარა, მის ტემპერატურა დაახლოებით 100 გრადუსით და დაწოლა 800 ატმოსფეროზე უნდა იწიონ, რის შედეგად, წყლის მომედების გარეშე, გამოწვეულ იქნებიან გადაადგილებანი და კიმიური გარდაქმნები, რომლებიც მარილის თავდაპირველ თვისებებს ძლიერ შესცვლიან. ასე, მ.გალითად, 72° ტემპერატურის დროს კარნალიტი, კანიტი და ქვამარილი სილინის და

ბის სიმძიმით გამოწვეული წნევა, რომელნიც სიღრმესთან ერთად იზრდებიან. და აგრეთვე წყლის გახსნითი მოქმედება.

მეტამორფიზმით გამოწვეული გარდაქმნები ხშირად მხოლოდ ქანების ტექსტურის შეცვლაში გამოიხატებიან, მაგრამ სხვა შემთხვევებში კი ერთდროულად მოლეკულარულ გარდაქმნებს და მინერალური შედგენილობის შეცვლასაც აქვს ადგილი. ეს გარდაქმნები ხშირად ერთდროულად მიმდინარეობენ და მათი მკაფიოდ გაყოფა საერთოდ შეუძლებელია.

1. მეტამორფიზმი, რომელიც უპოვარესად ტექსტურის შეცვლას იწვევს.

ის წარმოადგენს ან ქანების დამსხვრევას და დაუშვანს და მათ მას მსხვრევითი სახეცვლას უწოდებენ, ანდა დაწოლით გამოწვეულ მეტამორფიზმს, რომელსაც თან არ სდევს შესაჩნევი წყვეტები, და მაშინ პლასტიურ სახეცვლაზე ლაპარაკობენ. პირველი მიწის ზედაპირის მახლობლად არის ვაბატონებული, პლასტიური მეტამორფიზმი კი სიღრმის გაღიდებასთან



სურ. 191. მასივი, ციკაბოდ დაქანებული მსხვილწრებრივი და გარდიგარდმო ფიქლებრივი ქანების გაშიშვლება.

ერთად მატულობს. ეს იმაზე არის დამოკიდებული, რომ დიდ დაწოლას ქვეშ მინერალური ნივთიერებანი ღებულობენ მოლეკულურ-პლასტიურ თვისებებს, რაც მათ ფორმის ძლიერი შეცვლის და პლასტიური სხეულების მსგავს დინების საშუალებას აძლევს: უმცირესი ნაწილაკები გადაადგილდებიან ერთიმეორის მიმართ ურთიერთ შორის კავშირის გაუწყვეტლად და ქანები ამ მდგომარეობაში შეიძლება მთლიანობის დაურღვევლად შეიკუმშონ და დაიგრიბონ. ა. ჰაიმმა ამაზე ააგო თავისი ქანების წნევითი პლასტიურობისა და უწყვეტი დეფორმაციის მოძღვრება. ეს არის შედეგი მთების წარმოშობასთან დაკავშირებული მეტად ძლიერი წნევის მოქმედებისა. კიკის

კონტინენტის ნარევი, ესე იგი კალიფორნიის გერმანულ საბადოებისათვის ისე მნიშვნელოვან შენაერთებში, ე. წ. მაგარ მარილებში გადადიან. დაახლოებით 100° დროს თაბაშირი ანჰიდრიტად და წყლად იქცევა, ასტრაქანიტი—ლოვეიტად, ვანტპოფიტად და ტუტედ და ა. შ. ერთი სიტყვით, კალიფორნიის მარილების გერმანული საბადოების დღევანდელი შედგენილობის მთელი სიჭრელე შეიძლება ფრიად დამაკმაყოფილებლად აიხსნას თერმომეტამორფიზმის საშუალებით.

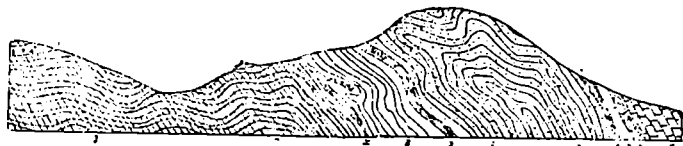
(Kick), რინეს (Rinne), ტამანის, ადამსის (Adams) და სხვების უკანასკნელმა გამოკვლევებმა ამ მოძღვრებას ძლიერი დასაყრდენი მისცეს.

სახეცვლის რაგვარობა (მეტნაკლებად მსხვერვეთი იქნება იგი თუ სრულებით უმსხვერველ) გარდა ქანების ბუნებისა არსებითად დაპოკიდებულია მოქმედი წნევის სიძლიერეზე და ხანგრძლივობაზე, ე. ი. უმთავრესად იმ სიღრმეზე, სადაც სახეცვლა ხდება. ამას მით უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს, რომ, როგორც ტამანმა გამოარკვია, ტემპერატურის მალლა აწევა პლასტიურობის ზრდას ძლიერ უწყობს ხელს.

ა) მსხვერვეთი სახეცვლა. ეს არის არაჩვეულებრივად ფართოდ გავრცელებული მოვლენა, რომელიც ყველა, ახალგაზრდა და უფრო ძველ ნაოჭა მთებში გვხვდება; უთუოდ არსად არ არსებობს ისეთი ძლიერად შეუქმნული და დანაოკებული ქანები, რომ მას მოკლებული იყვნენ. ხშირად მთელი ქანი სავსებით წვრილ, დაკუთხულ ნატეხებად არის დამსხვრეული და თავის მთლიანობას მხოლოდ კირქვით, კვარცხით ან სხვა ინფილტრაციული ნივთიერებით ნამსხვრევების შემდგომი შეკუმშვების გამო ინარჩუნებს. მრავალ შემთხვევაში ცალკეული ნატეხები ამ დროს მეტად თუ ნაკლებად იძვრიან ერთიმეორეს მიმართ და მათი გვერდები იფარებიან ცოცვის პატარა საკვებით და შტრიხებით, რომლებიც მომხდარ გადაადგილებას და მის მიმართულებას ნათელჰყოფენ.

ქანების ამგვარ სახეცვლას დღლაბური სტრუქტურის (Mörtelstruktur), სრესვითი სტრუქტურის, კატაკლასტური სტრუქტურისა და „მილონიტის“ ტერმინებით აღნიშნავენ.

ბ) პლასტიური სახეცვლა. ეს არის განსაკუთრებით მეორადი ანუ გარდიგარდმო ფიქლებრივობა, რომელიც განსაკუთრებით ყველა ძველ



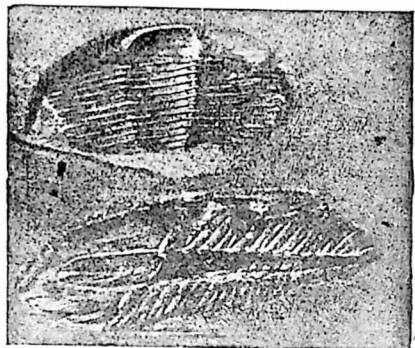
სურ. 192. რამელსბერგის (გოსლართან) ქვედა დეფონურის ჰაერის ანტიკლინის კრილი.

მარცხნივ შუა დეფონური, ე. წ. გოსლარის ფიქლები გარდიგარდმო ფიქლობივობით.

ნაოჭა მთებში არის გავრცელებული. ეს ქანის თანდაყოლილი თვისება არ არის და წარმოადგენს იმ წნევის შედეგს, რომელსაც დანაოკება ახდენს ქანებზე და რომელსაც ნაოკების წარმოშობა ძალები იწვევენ. მისი წარმოშობა შემდეგნაირად შეიძლება წარმოვიდგინოთ: დაწოლის და დაქუცვლის შემდეგ წარმომდგარი უწმინდესი ნატეხები წნევის ზეგავლენით ერთიმეორეზე ცოცავდნენ და ერთიმეორის გასწვრივ სრიალობდნენ მანამ, სანამ უმცირესი ლინზების და ქერ-

ცლების სახე არ მიიღეს. ვინაიდან ყველა ეს ქერცლები წნევის მიმართულების მართობულად უნდა განლაგებულიყვნენ, ქანი იმავე, წნევის მიმართულების მართობულად განლაგებული სიბრტყეების გასწვრივ მეტად თუ ნაკლებად სრულ ფიქლებლივობას შეიქნდა.

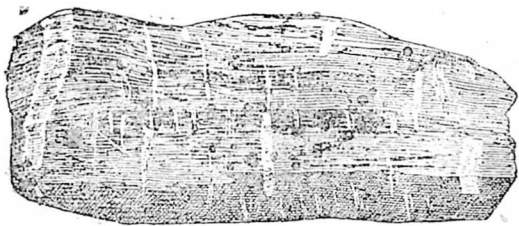
რადგან დაწოლა მეტ-ნაკლებად ტანგენსური მიმართულებით მოქმედობს, მეორადი ფიქლებრივობის სიბრტყეები ყოველთვის ძლიერ ციცაბო ან შვეული არიან.



სურ. 193. დეფორმებული ქვედა სილურული ტრიალობიტები.

ხევა. ასე, მაგალითად, რაინის ფიქლების მთებში და ჰარცში გარდიგარდმო ფიქლებრივობა თითქმის ყოველთვის მთავარ მიმართებას (დაახლოებით SW—NO)

ამასთან ერთად ფიქლებრივობის მიმართულება სრულიად დამოუკიდებელია იმ შრეების წოლის ფორმისა და პეტროგრაფიული, შედგენილობისგან რომლებშიც ის განვითარებული არის. ხშირად ის მთელ მთიან მხარეებში ერთგვაროვნად არის განვითარებული და სრულიად არ იცვლება ანტიკლინური ან მულდისებური გადაღუნვების, ფლექსურების ანდა ნახსლეტების გავლენით (სურ. 192). შრეებრივობასთან მისი დამოკიდებულება მხოლოდ იმაში გამოიხატება, რომ მისი მიმართება შრეებისაგან წმდგარი ნაოქების მიმართებას მეტად თუ ნაკლებად ემთხვევა.



სურ. 194. სიგრძეზე გაჭიმული ფიქალი მრავალრიცხოვანი ნაპარაკებით, რომელნიც კალციტით არიან ამოვსებული შვეიცარული ალპები.

ემთხვევა. ასევე, ა. ჰაიზის მიხედვით, მეორადი ფიქლებრივობა და შრეების მიმართება ალპებში ყოველთვის თანხვედნილი არიან.

თუ მეორად დაფიქლებულ წყებ.ში განლაგებული არიან ზოგი მაგარი ჩანართები, რომლებიც ფიქლებრივობას არ იზიარებენ (გრატუვაკეები, კვარციტები და ა. შ.), ისინი წნევის შედეგად ბატარა ნაოქებს იძლევიან. ფიქლებში

მყოფი ნამარხები დაწოლის გამო ხშირად შესანიშნავ დეფორმაციას განიცდიან თუ ნამარხები წნევის მიმართულების გასწვრივ მდებარეობენ, მაშინ ისინი იკუმშებიან და მოკლდებიან: დაწოლისადმი გარდიგარდმო განლაგების შემთხვევაში კი, პირიქით, ისინი იწელებიან და წვრილდებიან (სურ. 193).

სოგი ფიქლების ე. წ. გრიფელური სტრუქტურა ც, რომლის გამო ისინი წვილ პრიზმულ ღერობად იშვებიან, გარდიგარდმო (ტრანსველსალურ) ფიქლებრივობასთან არის დაკავშირებული და გამოწვეულია იმით, რომ, გარდა დაშრევების სიბრტყეების გასწვრივი ვანწევრებისა, ქანს მეორე, პირველის მეტად თუ ნაკლებად მართობული გარდიგარდმო ფიქლებრივობის მიერ გამოწვეული ვანწევრების ბზარებიც აქვს.

პლასტიური სახეცელის მეორე შედეგს ეგრეთწოდებული სიგრძივი გაწვევა წარმოადგენს. იგი დაკავშირებულია იმასთან, რომ დაწოლის ქანზე



სურ. 193. გაქმნილი და დაწვეტილი იყოფი ბელენიტი.
შვეიცარიის ალპები.

მოქმედების დროს მისი უწვრალესი ნაწილაკები წნევის მართობულად გაწვეულან და გადაადგილებულან, რის გამო ქანს თავისებული ხის მაგვარი ტექსტურა მიუღია (სურ. 194). მრავალი თხაფიქლები, ფილიტები, გენისები და მისთ., აგრეთვე ალპების და სხვა ნაოჭა მთების კირქვები ვანწვიოს ტექსტურას იჩენენ. თუ ამგვარი ქანები ნამარხებს შეიცავენ, ისინიც გაწეული და სიგრძეზე გაწვეტილი არიან (სურ. 195).

2. მთამორფიზმი, რომელშიც მიწაკალური გარდაქმნა სპარაგოზს.

აქ თავსდებიან ის გარდაქმნები, რომლებსაც მიწის ქერქის დიდ სიღრმეზე მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის გამო ფარულ პლასტიურ მდგომარეობაში მყოფ ქანებში აქვს ადგილი. მეტამორფიზმი აქ მეტწილად გაცალებია უფრო ძლიერია და ხშირად ქანების თავდაპირველ პეტროგრაფიულ შედგენილობას სრულიად სცეკლის. მაგრამ რაგინდ შორს მიდიოდეს სახეცლა, იგი ქანის თავდაპირველ ქიმიურ შედგენილობას ამ შემთხვევაში ან სრულენით არა ან ოდნავ თუ შეეება.

მიწაკალური გარდაქმნით გართულებული დისლოკაციური მეტამორფიზმი მეტად მნიშვნელოვან, მთელ დედამიწაზე გავრცელებულ მოვლენას წარმოადგენს. იგი უძველესი და უფრო ახალგაზრდა ნაოჭა მთების დიდ ნაწილს შექმნება და ყოველთვის ზონალურად არას განვითარებული, დანაოქების სრცესვისა და შეცოცების ზოლებში. იგი რომ ინტრუზივითან არ არის დაკავშირებული, ეს იქედან ჩანს, რომ ხშირად მისგან დიდ მანძილზე ერთპივეული ქან-

ბი არ არის. მეტამორფიზმის მიზეზები უფრო ტექტონიკურ პროცესებში, მიწის ქერქის დაწოლაში, დანაოკებაში და წებრვაში უნდა ვეძიოთ: ამით აიხსნება, რომ ამგვარ გარდაქმნებს მხოლოდ ძალზე აშლილ ქანებში ვხვდებით.

ქანი რომ მეტამორფული წარმოშობის არის, ამის დამტკიცება ყოველთვის ადვილი არ არის. მხოლოდ მაშინ შეიძლება ამის უდავოდ დაშვება, როდესაც ან უცვლელი ნორმული ქანებიდან შეცვლილ ქანებში თანდათანობით გადასვლის დანახვა შეიძლება, ანდა მეტამორფულ ქანებში ცხადად ორგანიული ნაშთების ნახვა ხერხდება, რასაც მრავალ შემთხვევებში ჰქონდა ადგილი.

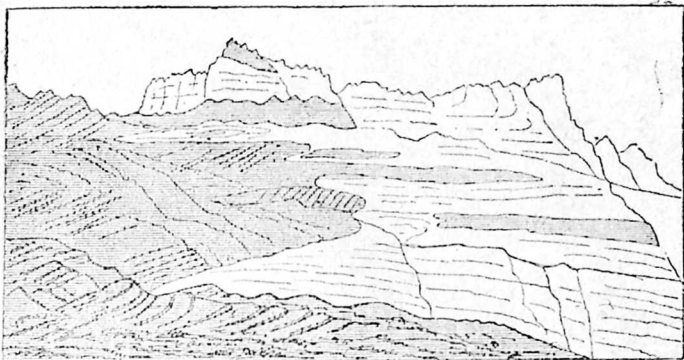
მეტამორფიზმს ყველაზე ადრე კირქვიანი ქანები განიცდიან, რომლებიც კრისტალურ მარმარილოსებურ კირქვებში გადაიან; უკანასკნელებში ხშირად ჩნდებიან სხვადასხვაგვარი სილიკატები, როგორც არიან ბიოტიტი, მუსკოვიტი, სერიციტი, ქლორიტი, გრანატი და ა. შ. თიხიანი ქანებიც ადვილად იცვლიან სახეს: ფურცლად ფიქლები ქარსში და სერიციტში გადაიან და ქარსიანი ფიქლების მსგავსი ფილიტი ანდა. როდესაც მინდვრის შპატიც გაჩნდება, გენისისებური ქანები წარმოიშობიან. ჰემატიტის შუა შრეები ამ დროს მაგნეტიტის ფენებად იქცევიან, ქვანახშირისა - გრაფიტულ ფიქლებად.

ქვიშიანი ქანები კვალციტებსა და კვაც-ქარსიან ფიქლებს იძლევიან. თუ კი ისინი რიყის ქვებს შეიცავენ; უკანასკნელნი ერთიმეორის პარალელურად ლაგდებიან, ბრტყელდებიან და სიგრძივ იწელებიან და სოგჯერ კიდევაც ილუნებიან და ნაოქდებიან, ასე რომ ამგვარ „კონგლომერატ-ფიქლებს“ თავდაპირველი ბუნება (რიყის ქვების შემცველობა) ხშირად ძლივს ეჩვენება.

კრისტალურ შასივ ქანებში მეტამორფიზმი უფრო ნაკლებად თვალსაჩინო არის, იმისდამოუხედავად, რომ ისინი ფიქლებრივ ან ფურცლად სტრუქტურას ღებულობენ, რომელიც ხშირად წნევის კვალსაც გვიჩვენებს, აქაც ხშირად წარმოიშობიან ასალი მინერალები, მეტადრე სერიციტი, ქლორიტი, ტალკი, ებილოტი, ალბიტი, აქტინოლითი, დისთენი. სტავროლითი და ა. შ.

ამგვარი გარდაქმნების მშვენიერ მაგალითებს ალბები იძლევიან. ასეთი არიან ეოტპარდის სამსრეთით აიროლოსთან გენისებში ღრმად მდებარე მეზო-ლოური კირქვების, დოლომიტებისა და თაბაშირის ზონები: შედეგ ნუფენენბასის, სკობასა და ფერნიგენის ძლიერ კრისტალური ფიქლები, რომელნიც გრანატისა და ქისტოლითის კრისტალებთან ერთად ბელენიტებსაც შეიცავენ. დანალექი კირქვების დისლოკაციური მეტამორფიზმის გზით გამარმარილოების საუცხოო მაგალითებს იძლევიან აგრეთვე ბერნის ობერლანდში ფინსტერააჰორნის მასივის ჩრდილო კიდის მაღმის კირქვების და გენისების (უფრო სწორად ფიქლებრივი გრანატის) ცნობილი. გრძლად დაკბილული მწვერვალები [იუნგფრაუ, მეტენბერგი. ვსკელიპორნი (სტრ. 196) და სხვა]. მთელ დედამიწაზე ცნობილი კარარის საქანდაკო მარმარილოც, სპეციას მახლობლად, და მისი თანმივლები სერიციტიანი, ქლორიტიანი, დისთენიანი და ქარსიანი ფიქლებიც მსგავსი გზით არიან წარმოშობილი ტრიასული ნალექების მეტამორფიზმის შედეგად. დისლოკაციური მეტამორფიზმის კარგი მაგალითები გვხვდებიან გერმანიაში Hohen Vein-ში და მეზობელ ბელგიურ-ფრანგულ არდენში (ოტრელითიანი და გრანატიანი ფიქლები Spirifer paradoxus-ით და სხვა დევონური ნამარხებით წმ. ჰებერტთან და სხვ.).

როეშის¹ გამოკვლევების შემდეგ უკვე დიდი ხანია ნორვეგიაში ნახევარკუნძულ ბერგენზე ცნობილი არის ფილიტებში, ქარსიან ფიქლებში და გნე-



სურ. 196. ერთ დ დანაოქებული კირქვები და გნეისები გსტელიჰორნთან. (Baltzer-ის მიხედვით). ღია ფერი—კირქვები. მუქი ფერი —გნეისი.

ისებში გადასული სილურული ნამარხიანი ქანები. მეტად ინტენსიური დისლოკაციური მეტამორფიზმის კიდევ უფრო გრანდიოზულ მაგალითს იძლევიან კალიფორნიის სანაპიროების დიდი მთები, რომლებიც მხოლოდ მესამეულში დანაოქდნენ.

ყველა ზემოთხსენებულ შემთხვევაში ცხადად ჩანს ის უდავო კავშირი, რომელიც მთების წარმოშობასა და ქანების სახეცვლას შორის არსებობს. ამ კავშირის პირველად ლოსენმა (K. Lossen) მიაქცია ყურადღება. მაგრამ მაშინ როდესაც ის მეტამორფიზმის მთავარ მიზეზს დისლოკაციებით გამოწვეულ სითბოში და მის მოლეკულურ და ქიმიურ ენერგიაში გადასვლაში ხედავდა, ახლა ყველა შეთანხმებული არის, რომ მეტამორფიზმის მთავარ მიზეზს წარმოადგენენ დიდი დაწოლა და მაღალი ტემპერატურა, რომლებიც მიწის დიდ სიღრმეებში არიან გაბატონებული. ვან ჰაიზი, ბეკე, გრუბენმანი, გოლდშმიდტი (V. G. Goldschmidt) და სხვანი ქანების დინამომეტამორფული გარდაქმნის ინტენსივობას იმ სიღრმის პირდაპირ ფუნქციად სთვლიან, რომელშიც ეს სახეცვლა ხდება.

ასე წარმოიშვა მოძღვრება ღრმა ზონების დისლოკაციური მეტამორფიზმის შესახებ. გრუბენმანი² სამ ზონას არჩევს. ზედა (ეპი) ზონაში მექანიკური და ქიმიური გარდაქმნებიდან კიდევ პირველი სჭარბობს. წყალშემცველი მინერალები აქ კიდევ გამძლე არიან. ხშირია სერიციტი, ქლორიტი, ტალკი, ფხვნადი ქარსი, რკინის კრიალა, ალბიტი, ეპიდოტი და ცოიზიტი, რქატყუარები, სერპენტინი. შუა (მეზო) ზონაში ქიმიური სახეცვლები მეტად

¹) Reusch, Fossilführende kristallinische Schiefer von Bergen, 1883.

²) Grubenmann, Die kristallinen Schiefer, გამოცემა 2, Berlin 1910.

იხენენ თავს. წყლიანი მინერალების მაგიერ აქ უწყლო მინერალები არიან. ხშირია მუსკოვიტი, მიკროკლინი, ოლიგოკლაზი, ბიოტიტი, ეპიდოტი და ცოიზიტი, რქატყუარები, გრანატი, სტავროლითი, დისთენი და სხვა. დასასრულ, ყველაზე ღრმა (კატა) ზონაში ქიმიური გარდაქმნა კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი არის. ბიოტიტის გარდა აქ არ არის არცერთი სხვა წყალშემცველი მინერალი. ხშირია ორთოკლაზი, ყველა პლაგიოკლაზები, ავგიტი, ოლივინი, გრანატი, კორდიერეტი, სილიმანიტი, შპინელი, ილმენიტი და სხვა.

ზედა ზონაში უმთავრესად ფილიტისებური ქანები, კვარციტები, კონგლომერატ-ფიქლები, სერპენტინები, პორფიროიდები და წვრილმარცვლოვანი მარმარილოები წარმოიშობიან; შუა ზონაში განსაკუთრებით ქარსიანი, რქატყუარიანი და გრანატიანი ფიქლები და გნეისები, კვარციტები, აქტინოლითიანი ფიქლები და სხვა; მარმარილოები საშუალო მარცვლოვანი არიან; ყველაზე ღრმა ზონაში, დასასრულ, სხვადასხვაგვარი გნეისები, შემდეგ გრანატიანი ქანები, გრანულიტები, ეკლოგიტები, ოლივინიანი და ავგიტიანი ფიქლები და სხვა სპარბობს; მარმარილოები მსხვილმარცვლოვანი არიან. კატაზონაში მეტად ღირსშესანიშნავია ყველა ამ ქანების ერუპტივულ ქანებთან დიდი მსგავსება და დანალექი წარმოშობის ნიშნების გაქრობა.

თუ დისლოკაციურ მეტამორფიზმს და ზემოთ განხილულ კონტინენტურ მეტამორფიზმს შორის არსებულ მთავარ განსხვავებებს ერთიმეორეს დაეუბრისპირეთ, შემდეგ სქემას მივიღებთ:

დისლოკაციური მეტამორფიზმი
დაკავშირებულია დანაოქების ზონებთან, ხშირად ერუპტივული ქანებიდან შორს მდებარეობს,

გამოწვას და სხვას მისგვარს არასოდეს არ იწვევს.

ნახშირებს ანტრაციტად და გრაფიტად აქცევს.

გადაკრისტალება ნივთიერების შემოუტანლად.

მინერალების წარმოშობა სხვადასხვა ზონებში ტუმპერატურისა და წნევის ინტენსივობის მიხედვით. რაც შეიძლება მცირე მოლეკულური მოცულობის მქონე მინერალების წარმოშობა. მეტად დამახასიათებელია სერიციტი, დისთენი.

ბევრი მინერალები (გრანატი, ქარსი, მინდვრის შპატი და ა. შ.) ორივე მეტამორფიზმის დროს ერთნაირი არიან.

საერთო ანალიზი უცვლელია.

იწვევს ფიქლებრივ და პარალელურ ტექსტურას, სივრცე გაჭიმვას და ცოცხის სიბრტყეების წარმოშობას.

ორივე უფრო სრულდაკრისტალებას იწვევს,

კონტაქტური მეტამორფიზმი

დაკავშირებულია ერუპტივული ქანების კონტაქტთან,

იწვევს გამოწვას და გალღობას.

ნახშირები კოქსში გადაჰყავს.

გამოყოფს პნევმატოლიზურად F, B, Be, Sn და ა. შ., ხოლო წყლიან ხსნარების სახით SiO₂, ტუტეებსა და ა. შ.

გადაკრისტალება მეტწილად ნივთიერების შემოტანით გაზებისა და წყლიანი ხსნარების შემოჭრის შედეგად.

ტიპური კონტაქტური მინერალები: ანდალუზიტი, კორდიერეტი, სკაპოლითი, ვოლასტონიტი, ვებუეიანი, კალციუმიანი გრანატი, შპინელი და ა. შ.

საერთო ანალიზი მეტამორფული ქანებისა, თავდაპირველი ქანების ანალიზისაგან ხშირად განსხვავდება.

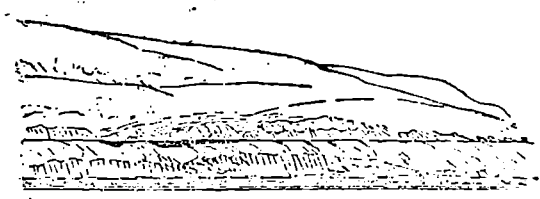
იწვევს მასივი ტექსტურის გაჩენას.

თუმცა ამრიგად მეტამორფიზმის ორივე სახე ერთმანეთისგან უნდა გა-
 უარჩიოთ, მაგრამ მიუხედავად ამისა უკანასკნელ დროში სულ უფრო და უფრო
 რწმუნდებიან, რომ კონტაქტური მეტამორფიზმი, თუ იგი დიდ სიღრმე-
 ებზე ხდება, თავისი შედეგებით ძლიერ ჰგავს დისლოკაციურ მეტამორფიზმს და
 რომ საერთოდ მათ შორის მკვეთრი საზღვრის გავლება უიჯოდ შეუძლებელია.

ეს არც გასაკვირი არის, რადგან სიღრმის გადაღებასთან ერთად ზევს მი-
 წის მაგურ ზონას უფრო და უფრო ვუახლოვდებით.

კონტინენტების რუკა (აზია და აფრიკა).

თითქმის ყველა ზღვის ნაპირზე ჰპოულობენ წყლის წინანდელი უფრო მა-
 ლალი ან უფრო დაბალი დონის კვალს და ხშირად შეიძლება იმანიც დაერწმუნ-
 დეთ, რომ დონის ამგვარი რყევა ახლაც გრძელდება. ზღვისა და ხელების სა-
 შიღვარი ასეთ შემთხვევაში გადაადგილებას განიცდის: ზოგ სანაპიროებზე ის უკან
 (ზღვისკენ) იხევს, სხვაგან კი წინ მიიწევს. ჩვეულებრივ ამგვარი მოძრაობა
 ძლიერ ნელა ხდება და საუკუნეში მხოლოდ რამოდენიმე დეციმეტრამდე და ზოგჯერ

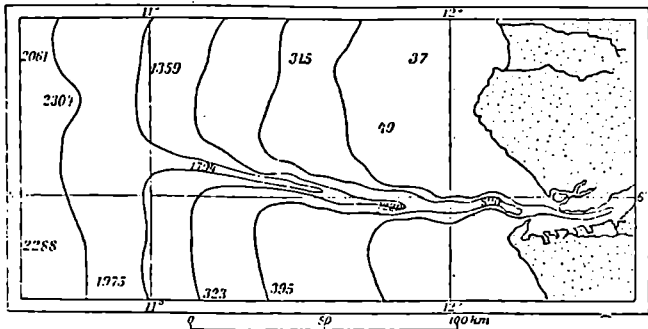


სურ. 197. მაღალი ზღვის ტერასი ფინეთის სანაპიროზე
 (H. Reusch-ის მიხედვით).

რამოდენიმე სანტიმეტრამდე აღწევს; მაგრამ ცნობილია აგრეთვე გაცილებით უფ-
 რო სწრაფი აწევანი: ასე, კუნძული ჰალმაროლა (ტირენული სილაში) უკანასკ-
 ნელი 70 წლის განმავლობაში მხოლოდ 64 მმ აიწია.

წინათ დონის ყველა ამგვარ განაობას, რომლებსაც სარტორიუსის
 (Sartorius v. Waltershausen) მიხედვით საუკუნეებრივ ანდა კონტი-
 ნენტურ აწევებს და დაქვევებს უწოდებდნენ, ხელეთის ვერტიკალური
 მოძრაობით ხსნიდნენ, მაგრამ ცხადია, რომ ნაპირის ამოწევა შეიძლება გამო-
 წვეული იქმნას როგორც ზღვის დონის დაწევით, ისე ხელეთის აწევითაც,
 ისევე როგორც სანაპიროს დაძირვა შეიძლება აიხსნას ზღვის დონის აწევით ან
 ხელეთის დაწევით. იმისათვის რომ ყოველგვარი ჰიპოთეზისაგან დამოუკიდებ-
 ელი ტერმინები გვექონოდა, ზიუსმა, რომელიც სანაპიროების მცხოვრებთა ჩვეუ-
 ლების მიხედვით ზღვის ზედაპირის აწევას $+$ -ით და მის დაწევას, პირიქით,
 $-$ -ით აღნიშნავდა, დაწვევის მაგიერად სანაპირო ხაზის დადებითი და
 აწვევის მაგიერ უარყოფითი გადაადგილების სახელწოდება შემოიღო.
 ჩვენ ძველი აღნიშვნების, „აწვეის“ და „დაწვეის“ შენარჩუნებას ვარჩევთ.

ამოწვევის მთავარი ნიშნები მაღლად მდებარე სანაპირო ტერასები არიან. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ყველა ციცაბო ნაპირებთან ტალღების მოქმედების შედეგად სანაპირო ბაქანი ვითარდება, რომელიც ნაპირის სწრაფი აწვევის შემთხვევაში უფრო მაღალ დონეზე ადის, ხოლო ზღვის ახალ დონეზე ახალი ბაქანი წარმოიშვება. ამგვარი მაღალი ტერასები, ისევე როგორც ძველი სანაპირო ხაზები, ხშირად გვხვდებიან ერთიმეორის ზევით ჩრდილო ევროპის თითქმის ყველა ციცაბო ნაპირებზე, განსაკუთრებით კი ნორვეგიაში (სურ. 197), შოტლანდში, ჩრდილო ამერიკის ატლანტურ სანაპიროზე და მისთ. ასეთსავე ნიშნებს წარმოადგენენ წყალქვეშა ხეობები, როგორიც ნორვეგიისა და ლიგურიის და აგრეთვე ჩრდილო ამერიკის აღმოსავლეთ და დასავლეთ ნაპირებზე გვხვდებიან. შესაძლებელია, ამგვარივე დაძირული ხეობის გრანდიოზულ მაგალითს წარმოადგენდეს ე. წ. კონგოს ხრამიც, რომელიც თითქმის 200 მ სიღრმე თხრილის საბით 130 km მანძილზე შედის ოკეანეში ამ უზარმაზარი მდინარის მიმართულებით (სურ. 198).



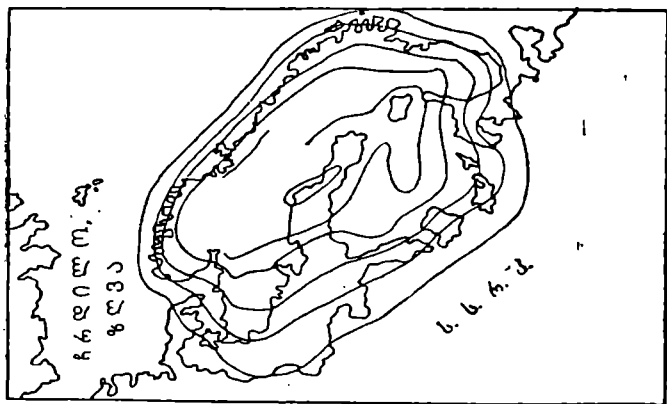
სურ. 198. მდინარე კონგოს ხეობის ზღვის ქვეშა გაგრძელება (G. Schott-ის მიხედვით)

ზოგჯერ აწვევებისა და დაწვევების მორიგეობის ნიშნებიც გადარჩენილა. ამის საუკეთესო მაგალითი არის დაკვირვებები, რომელნიც პილაუს მიდამოებში არიან მიღებული. იქ ბალტიური ზღვიდან მცირე დაშორებით ზღვიურ ნალექებს შორის ბურღვის დროს 30მ სიღრმეზე მტკნარი წყლის ალუვიალური ფაუნა იქმნა ნახული.

ახალგაზრდა და საქმაოდ დიდი აწვევის ყველაზე ცნობილ მაგალითს სკანდინავია იძლევა. იგი უკვე ლ. ბუხმა შეამჩნია და გამოსთქვა აზრი, რომ ეს ამოწვევა ნახევარკუნძულის შიგა ნაწილში უფრო დიდი არის, ვიდრე ზღვის ნაპირებთან, რაც შემდეგ ფრანგი ფიზიკოსის ბრავეს (Bravais) გაზომვებით დადასტურდა. ე. ზიუსმა, როგორც ბელტების ყოველგვარ დამოუკიდებელ ამოწვევათა თეორიების მტკიცე მოწინააღმდეგემ, ბრავეს გაზომვები საეჭვოდ

ემიჩნია, მაგრამ გეერისა (de Geer)¹⁾ და სედერჰოლმის (Sederholm) ახალი ზუსტმა გამოკვლევებმა დაამტკიცეს, რომ ბუხის საესებით მართალი იყო: რაც უფრო შორს მივდივართ ხმელეთის შიგნით, ამოწევა მით უფრო ძლიერია და ბოლოს დაახლოვებით 30კმ-მდე აღწევს, ნაპირისაკენ კი თანდათანობით კლებულობს (სურ. 199). დანიაში ამოწევას საერთოდ არ ჰქონია ადგილი, ხოლო სამხრეთისაკენ ჩრდილო გერმანიის სანაპიროები, პირიქით, დაბლა იწევენ. აქედან ეხადად გამოდინარეობს, რომ სკანდინავიის ამოწევა შეიძლება დაკავშირებულ იქმნას მხოლოდ ხმელეთის ნამდვილ ამოწევასთან და არა ზღვის უკანდახევასთან.

სრულიად ასეთსავე პირობებს ვხვდებით ნახევარკუნძულ ლაბრადორის უძველესი მთების მასივშიც. აქაც მომხდარა სრულიად ახალგაზრდა ამოწევა, რომელიც ქვეყნის შიგა ნაწილში გაცილებით უფრო ძლიერი არის, ვიდრე ზღვის ნაპირებთან.



სურ. 199. სკანდინავიის გამყინვარებისშემდგომი ამოწევის რუკა (Sederholm-ის მიხედვით).

ნეაპოლის უბნში, მეტადრე კუნძულ კაპრიზე, შემდეგ მოლუკის კუნძულებზე და ზოგ სხვა მხარეებში ახალმა ზუსტმა გამოკვლევებმა დაადგინეს, რომ მიწის ქერქის ერთიმეორის მეზობლად მდებარე უბნებიც კი თავის მოძრაობაში სრულიად დამოუკიდებელი არიან: ზოგი ბელტი შეიძლება ძლიერად იწევდეს მაღლა, მეორე გაცილებით უფრო ნაკლებად, ხოლო მესამე დაწევასაც კი განიცდიდეს.

შრეების მრავალი წყების ნამარხ ფაუნასა და ფლორასაც შეუძლია ზოგჯერ საშუალება მოგვცეს დავასკვნათ, რომ ამ წყების თავდაპირველი მდებარეობა ზღვის დონის მიმართ შემდეგში საგრძობლად შეცვლილა.

¹⁾ გეერმა პირველმა გვიჩვენა თვალსაჩინოდ რუკაზე ხმელეთის აწევის რაგვარობა, ე. წ. იზანაბლების, ე. ი. თანაბარი აწევის წერტილების შემავრთებელი ხაზების საშუალებით.

ამის ძლიერ დამარწმუნებელ მაგალითს ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკის წყნაროკეანური სანაპიროები წარმოადგენენ. ანდეზის უზარმაზარი ქედების წარმოშევა შედეგია მიწის ქერქის იმ მოძრაობათა, რომელნიც ცარცულის დასასრულიდან დაწყებული მთელ მესამეულში გრძელდებოდნენ და მეოთხეულშიც გადმოვიდნენ. მათ აღმოსავლეთით ანდეზის მოსაზღვრე მხარეებიც (კოლორადოს პლატო, პერუსა და ბოლივიის ბაქანი) აწინდელ სიმაღლეზე აიტანეს. ამით აიხსნება, თუ რად გვევლება ტროპიკული ხასიათის პლიოცენური ფლორა, რომელსაც ზღვის დონიდან მხოლოდ მცირე სიმაღლეზე შეეძლო არსებობა, პოტოსის მახლობლად ამჟამად 4000m მეტ სიმაღლეზე, მეტად ცივ, მისთვის სრულიად შეუფერებელ პირობებში. პოტოსის ფლორა გარკვეულად მიგვითითებს სანხრეთ ამერიკის დასავლეთი სანაპიროების მეტად ახალგაზრდა, მესამეულის შემდგომ აწევავაზე, რომელიც, სულ მცირე რომ ვსთქვათ, 1500m-მდე აღწევს. ეს ის აწევავა, რომელმაც მოგვცა პერუსა და ბოლივიის მაღალი პლატო, რომელზედაც იმავე დროს გავლიძებულმა ძლიერმა ვულკანურმა მოქმედებამ 6000m და უფრო მეტის სიმაღლე (ცეცხლის მფრქვეველი მთები ააგო. უთუოდ საპირო აღარ იქნება დაჟენატოთ, რომ კოლორადოს დიდი კანიონი და სხვა მდინარეების არაჩვეულებრივ ღრმა კანიონები ჩრდილო ამერიკის დასავლეთი ნაწილის მსგავსი ახალგაზრდა ამოწეების შედეგს წარმოადგენენ.

მაგარამ მიწის ქერქის მსგავსი მოძრაობანი ამჟამადაც უწყვეტლევ გრძელდებიან. დიდი ხანია ცნობილი არის, რომ შუა და ჩრდილო გერმანიის ზოგი ადგილები (განსაკუთრებით კი ტაძრების კოშკები) დღეს იმ წერტილებიდან ჩანან, საიდანაც წინათ მათი დანახვა შეუძლებელი იყო, და ამის მიხედვით სამართლიანად ასკვნიან, რომ იქ ამჟამადაც მიწის ზედაპირის ტექტონიკურ მოძრაობათ აქვთ ადგილი.

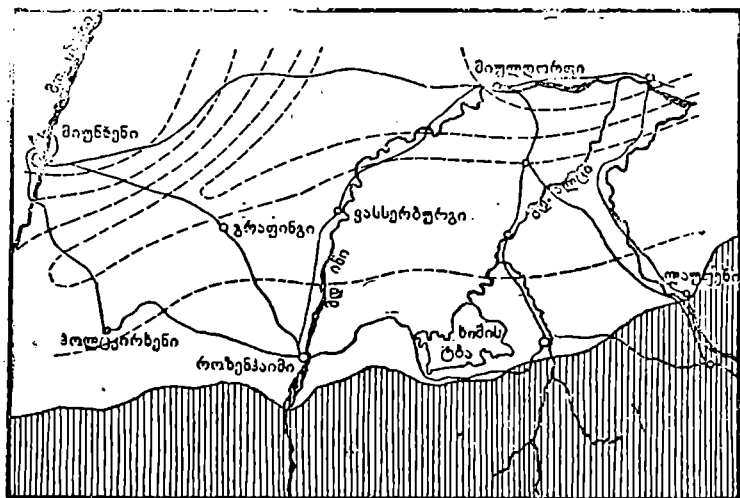
სამხრეთ გერმანიაში ამგვარი დაკვირვებები მეტადრე ბოდენის ტბის მხარეში არის ცნობილი; ბადენია და შვეიცარიის ზუსტმა გაზომვებმა ცხადჰყო, რომ ხსენებული ტბის აუზმა (შვეიცარიისა და სამხრეთ-გერმანიის მოლასის მუღდის ღერძის გასწვრივ მდებარე ცნობილი გრაბენული ჩაღრმავება) უკანასკნელ დროში მრავალჯერ განიცადა დაწევა, ნაწილობრივ მიწისძვრების შედეგად. ასე, ბრეგენცთან ამგვარი დაწევები 1896 — 1906 წლების განმავლობაში საერთოდ 102 mm უღრიდნენ, კონსტანცთან კი 1817-დან 1890 წლამდე 317 mm. გამყინვარების შემდგომი დროიდან აქ მომხდარი მთელი დაწევა, როგორც ამას ამტკიცებს იმ დროს წარმოშობილი სანაპირო ტერასების სიმაღლე ტბის დღევანდელი დონიდან, სრულ 15 m აღწევს¹⁾.

მოძრაობის მსგავსი პროცესები გაცილებით უფრო კარგად არიან შესწავლილი ზემო-ბავარიის ალპურ ფორლანდში²⁾, რომელიც ბავარიელების მიერ ბოლო ხანებში ჩატარებული ტაპოგრაფიული აგეგმვის შემდეგ ტრიანგულაციისა და ნიველობის ხაზების ხშირი ბადით არის დაფარული³⁾.

¹⁾ C. Re gelmann, Ber. d. Oberrhein. Geol. Vereins. Lindau 1907.

²⁾ M. Schmidt, Sitz.-Ber. Bayer. Akad., 1918, გვ. 373, და 1920, გვ. 297.

ამ მეშობამ დაადგინა: 1, რომ ბავარიული ალპების ჩრდილო კედესთან მდებარე ტრიანგულაციის პუნქტები 1801 — 1905 წწ. განმავლობაში 0.25---1mm გადაადგილებულა NW მიმართულებით, ესე იგი ამავე მანძილით მიუწინაღობს მიუ ახლოვდნენ, და 2, რომ მიუნხენის აღმოსავლეთით მდებარე მხარე მუდმივი დაწვევის მდგომარეობაში იმყოფება. ეს დაწვევა ალპების კილიდან N-კენ და მიუნხენიდან O-ით, ზალცბურგისაკენ თანდათანობით უფრო ძლიერი ხდება და პარკ-ტლთან (ავსტრიის საზღვრის მახლობლად) 1887 წლიდან 1906 წლამდე 66,40000 მილწია. თუ თანაბარი დაწვევის წერტილებს შევჯერებთ ხაზებით (სურ. 200), რომელთაც (გეერის იზანაბაზების მსგავსად) შეიძლება იზოკატაბაზები ვუწოდოთ, დაწვევის ამ შესანიშნავი პროცესის კარგ სურათს მივიღებთ. ეს პროცესი, თუ იგი ამავე სიძლიერით გაგრძელდა, უკვე რამოდენიმე ათას წელიწადში ბავარიის ზეგნის შუა ადგილში ბოდენის ტბის მაგვარი ტბის აუზის შექმნას გამოიწვევს.



სურ. 200. ჩაწვევის მოვლენები ზემო ბავარიის ალპების ფორლანდში.

დიდ მოედანზე გავრცელებული არაჩვეულებრივ სწრაფად მიმდინარე დაწვევის პროცესები უკანასკნელ დროს აღნიშნულ იქნა საფრანგეთის ტერიტორიაზე¹. ისინი განსაკუთრებით საყურადღებო არიან ამ ქვეყნის ტექტონიკასთან მათი სრულიად უდავო კავშირის გამო.

ამ სახის მოძრაობებს ადგილი უნდა ჰქონოდათ მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში.

¹) Kayser, Lehrbuch. der. allg. Geolog. 7, გამოც. 1923, II, 431. შეად. აგრეთვე მისივე „Abriss“, გამოც. 3, 1922, გვ. 540.

ამის კარგ საბუთს წარმოადგენენ ზოგი ზღვიური ქვიშაქვები და კონგლომერატები, რომელთა სიმძლავრე ხშირად 1000მ და მეტსაც აღწევს (რიგის მიოცენური ნაგელფლუ სულ ცოტა 200მ, კონეტიკუტის ტრიასული ქვიშაქვები — 4000 — 6000მ). ვინაიდან ამგვარი უხეში მასალა მხოლოდ უშუალოდ ნაპირის მახლობლად სულ დაბალ ზღვაში შეიძლება წარმოიშვას, ამ ნალექების დიდი სიმძლავრე მხოლოდ მაშინ იქნება გასაგები, თუ ზღვის ფსკერის ხანგრძლივ ჩაწევას დაუშვებთ. ცნობილია, რომ უკვე დარკინი შეეცადა ამის მსგავსად ზოგი ატოლების საკვირველი სიმძლავრე ზღვის ფსკერის ხანგრძლივი დაწვეით აეხსნა.

მეორე მნიშვნელოვან საბუთს სხვადასხვა სისტემებში არსებული ზღვისა და მტკნარი წყლის ნალექების ხშირი ცვლა წარმოადგენს. ძველი ზღვის ფსკერი განმეორებით ხმელეთად ხდებოდა ხოლმე და მტკნარი წყლის ნალექებით იფარებოდა, მაგრამ შემდეგში ისევ ზღვის ქვეშ ექცეოდა და ზედ ზღვიური ნალექები გროვდებოდა. ცალკეული მხარეების გეოლოგიურ წყებათა უსრულობა ადვილად აიხსნება ამგვარი პროცესით. ესეც გეოლოგიური პერიოდების ხანგრძლივობასთან შედარებით მიწის ქერქის არაჩვეულებრივი მოძრაობის შედეგს წარმოადგენს.

ქერქის ყველაზე უფრო ძლიერი მოძრაობანი გამოიხატებიან ზღვის ტრანსგრესიებში, რომლებიც ზოგჯერ მთელ კონტინენტებზე ვრცელდებიან. ჩვენ ამგვარი მოვლენების მთელ რიგს ვიცნობთ; მათ შორის, ზედა ცარტულის დასაწყისში დაწყებული ტრანსგრესია, უთუოდ ყველაზე უფრო მნიშვნელოვანია, რადგან მისი ნიშნების გაკვლევა მთელ დედამიწაზე შეიძლება. უზარმაზარი ამოწვევის მხარეებმა, რომლებიც ნაწილობრივ ხანგრძლივი გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში ხმელეთს წარმოადგენდნენ, ამ დროს დაბლა დაიწიეს და ზღვის ფსკერად იქცნენ.

ე. ზიუსმა, რომელიც დედამიწის ცალკე ბელტების ყველა ვერტიკალურ მოძრაობას უარყოფდა, ვერ შესძლო ამ უზარმაზარი ტრანსგრესიების ახსნა. თუკი, პირიქით, ამგვარ მოძრაობათა არსებობას მივიღებთ, მაშინ ტრანსგრესიების ახსნის ყოველივე სიძნელე ისპობა და მათში მხოლოდ მიწის ქერქის საუკუნოებრივ მოძრაობათა მარტივსა და აუცილებელ შედეგს დავინახავთ.

თავისთავად ცხადია, რომ ეს აწევები და დაწევები დაკავშირებული არიან არა ტანგენსურ, ე. ი. დანაოქების (და, მაშასადამე, მთების წარმომშობ ანუ ოროგენეტულ) მოძრაობებთან, არამედ ე. წ. ეპიროგენეტულ მოძრაობებთან ანუ რადიალურ დისლოკაციებთან.

წინა დროის ზღვების დიდ მოძრაობათა მიზეზები ჩვენ სავსებით კიდევ არ ვიცით. მაგრამ მაინც შეგვიძლია ვსთქვათ, რომ ისინიც ვარკვეულ კანონებს ემორჩილებოდნენ. კარპინსკისა (А. Карпинский) და შუხერტის (Ch. Schuchert) ახალმა შრომებმა ნათელჰყვეს ზღვების გადაადგილების საკვირველი კანონზომიერება სსრკ-ის ევროპულ ნაწილში და ჩრდილო ამერიკის შეერთებულ შტატებში ერთი მეორის მიმყოლი გეოლოგიური პერიოდების განმავლობაში¹⁾.

¹⁾ შეად.: Kayser, Vchrb. d. allg Geol. 1921, II, გვ. 313.

სულ სხვადასხვა დროში ზღვა ხმელეთზე ერთიდაიმავე მიზართულებით გადადიოდა — რუსეთში მერიდიანული ან განედური მიმართულებით — და ყოველთვის არსებითად ერთსადაიმავე სივრცის იჭერდა. ამის დამაკმაყოფილებელი ახსნა მხოლოდ იმ პირობით შეიძლება, თუ დაუშვებთ, რომ ქერქის დაწვევებიც და ნასხლტებებიც, რომლებიც ზღვას გზას უხსნიდნენ, უმთავრესად გარკვეული გაბატონებული მიმართულებების გასწვრივ ხდებოდნენ და თან უმეტესად ერთისადაიმავე სივრცის ფარგლებში.

ღ რ მ ა ოკეანური აუზები და კონტინენტები — მიწის ქერქის ორივე ეს მთავარი ანუ დიდი ფორმა, — ჩვენის აზრით, ბელტების ამგვარ ეპიროგენტულ მოძრაობათა შედეგად წარმოიშვნენ: ზღვის აუზები — ჩარღვევების შედეგად, კონტინენტები კი, რომლებიც არსებითად უზარმაზარ პლატოებს წარმოადგენენ, იმის გამო, რომ იმ ბელტებს შორის, რომლებიც დაბლა ეშვებოდნენ, ზოგი ან თავის თავდაპირველ დონეზე რჩებოდა ანდა მაღლაც კი იწევდა.

ოკეანეების აუზები რომ მართლა მხოლოდ მეტად ღრმა და ვრცელ დაწევის ადგილებს წარმოადგენენ, ეს მათი და კონტინენტების საზღვრის უეცარი ციცაბო დაქანებით მტკიცდება; ამასვე ამტკიცებს უდიდესი ოკეანური სიღრმეების კონტინენტების კილის მახლობლად მდებარეობა და აგრეთვე ისიც, რომ ამ სიღრმეებთან დაკავშირებული არიან ყოველგვარი სეისმური და ვულკანური მოვლენები, რომლებიც როგორც ვიცით, უდიდეს განვითარებას ლითოსფეროს დიდი რღვევის ზონებში აღწევენ ხოლმე.

ამრიგად ჩვენ მივდივართ დასკვნამდე, რომ ისევე როგორც მიწის უდიდესი მთების წარმოშობაში მთავარ როლს დანაოქება თამაშობს, კონტინენტებისა და დიდი ოკეანური აუზების შექმნაში მთავარი მნიშვნელობა ეპიროგენტული ამოწევისა და დაწევის პროცესებს ეკუთვნის.

ლითოსფეროს მოძრაობის მიზაზაზი.

მას შემდეგ, რაც დაერწმუნდით, რომ მთების წარმოშობისათვის ესოდენ მნიშვნელოვანი დანაოქება სხვა არა არის რა, თუ არ მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში მიმდინარე მიწის გრანდიოზული შეკუმშვის შედეგი, ახლა ამ შეკუმშვის მიზეზების საკითხი უფრო დაწვრილებით უნდა განვიხილოთ.

ლ. ბუხი (L. v. Buch), ა. ჰუმბოლდტი (A. Humboldt) და ვულკანური ამოხნევის თეორიის სხვა მამამთავრები ფიქრობდნენ, რომ როგორც მთები, ისე კონტინენტებიც ზევით ამომავალი ერთპიკიული მასების მოწოდების ძალამ წარმოშვა. ეს შეხედულება უკვე დიდი ხანია უარყოფილი არის, რადგან ყველა შემდეგმა გამოკვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ერთპიკიულ ქანებს, ყოველ შემთხვევაში მათ უმეტესობას, „აქტიუვი ამოწევის“ უნარი არა აქვთ, რომ ყველა დისლოკაციების დროს ისინი არსებითად „პასიუვი“ რჩებიან და, მიწის დიდი ბელტებისათვის მაინც, უშუალო აწვევითი ძალების დაშვებისათვის საერთოდ არავითარი დამარწმუნებელი საბუთი არ არსებობს. მაგრამ ჩვენ კარგად შეგვიძლია მეშვეულად ამწევად მომქმედი ძალების წარმოდგენა; კიდევ

მეტი: საკმაო საბუთი გვაქვს ასეთი ძალების არსებობა რეალობად ჩავსთვალეთ და მათი მოქმედების შედეგი უპირველეს ყოვლისა მიწის საუკუნოებრივ შეკუმშვაში ვეძიოთ.

ამრიგად ჩვენ კონტრაქციის ანუ შეკუმშვის თეორიამდე მივდივართ. თუ ჩვენი წარმოდგენა მიწის წარმოშობის შესახებ ძირითადად მაინც სწორია, თუ მიწა მართლაც ისეთ სხეულს წარმოადგენს, რომელიც დასაწყისიდან ცივდება, მაშინ ეს გაკვირება აუცილებლად დაკავშირებული უნდა იყოს მიწის მუდმივ შეკუმშვასთან და შემცირებასთან. უფლება გვეძლევა წარმოვიდგინოთ, რომ მას შემდეგაც, რაც მიწის სფეროს მაგარი ქერქი გაუჩნდა, ქერქის ქვეშ მდებარე მიწის ნაწილები ისევ განაგრძობდნენ შეკუმშვას. ეს პროცესი სრულიად დაპოუცილებელია ჩვენი წარმოდგენებისაგან მიწის შიგნეთის ბუნების შესახებ. მაგარი იქნება მიწის მალატეგმერატურიანი გული, თხევადი თუ გაზბარივი, ჩვენ ყველა შემთხვევაში უნდა დაეწმავთ, რომ მიწა მთელი გეოლოგიური დროის განმავლობაში ცივდებოდა და იკუმშებოდა და ახლაც ამ ცვლას განიცდის. მიწის გულის ამ საუკუნოებრივ შეკუმშვას აუცილებლად მიწის ქერქის დანაოქება უნდა მოჰყვეს შედეგად. მართლაც, თუ მიწის გული მცირდება, მთელი მიწის ქერქი, რომელიც სიმძიმის გამო გულზე არის დაყრდნობილი, ისწრაფის მიჰყვეს მას და დაიწიოს. ამის გამო ქერქის ყველა ნაწილებში ჩნდება ქერქის წონის შესატყვისი ცენტრის მიმართი ძაბვა, რომელიც თანდათანობით იზრდება¹⁾. მაგრამ, ეინაიდან მიწის ქერქს, როგორც მთელს, დაწევა არ შეუძლია. რადგან პისი ცალკეული უბნები (მსგავსად ყოველმხრივ სფერული თაღის ქვებისა) ერთიმეორეს ებჯინებიან, ცენტრისმიმართი ძაბვა ცალკეული ბელტების ერთიმეორეზე ჰორიზონტულ ნიწოლაში გადადის: ამრიგად მიწის მთელ გარსში (მსგავსად ყოველი თაღისა) ძლიერი ტანგენსური წინევიითი დაძაბულობა (თალური წნევა) წარმოიშობა.

ხელოვნურ თაღში ეს დაძაბულობა მიმართულია იქეთვე, რომ თაღის სუსტი ადგილები დასძლიოს და გვერდზე გასწიოს: ასევე მოქმედობს ის მიწის ქერქზედაც. აქაც ტანგენსური წნევა იწვევს ან სუსტი ნაკვეთების გასრესას ან მათს ამობურცვას ნაოქების სახით. ამგვარ ადგილებში ჯერ ერთი. შემდეგ მეორე, მესამე და მეტი ნაოქები წარმოიშობა. ამის გამო კი მთელი ქერქის ზედაპირი მცირდება; მას საშუალება ეძლევა ცენტრისმიმართ ძაბვას მიჰყვეს და დაბლა დაიწიოს.

ამრიგად ჩვენ ვხედავთ, რომ მხოლოდ ქერქის ზოგი ნაწილების დანაოქების გზით არის შესაძლებელი დანარჩენი ნაწილების დაბლა დაწევა. მიწის ზედაპირის ფორმისათვის აგრე მნიშვნელოვანი დიდი რღვევის ზოლების და ჩაკცევიითი და დაწევიითი არეების წარმოშობა, როგორც ვხედავთ, მკიდროდ არის დაკავშირებული მიწის ქერქის მსხვერველსა და დანაოქებასთან.

¹⁾ ივლისსმება წონა, რომელიც მოტიეტევე სხეულის არა საკმაო ჩაძირვის დროს უნდა გაჩნდეს და ხელოვნ დაწეხებელი შესაძლებელია, ჩაფლობის თანდათან შემცირების გამო 'ახეულის სრულ წონამდე გაიზარდოს (მთაწმმ.).

ამ პროცესს დამკნარი ვაშლის დანაოქებას ადარებენ. აქაც, გულის შეკუმშვის გამო კანი იკუმშება და ნაოქდება. როგორც ვაშლის ზედაპირზე ნაოქები, ისევე ჩნდებიან მიწის ზედაპირზე ნაოქა მთების გრძილი ქედები.

დანაოქებით გამოწვეულ შეკუმშვის ქერქის ყველა უბნები როდი განიცდიან. პირიქით, მიწის ყველა ნაწილებში დანაოქებული ნაქცეთების გვერდით არის ისეთები, რომელნიც უძველესი დროიდან დაუნაოქებული დარჩენილან. ყველა ასეთ ქვეყნებში დანაოქებულ გენისებზე ქვედა პალეოზოური ასაკის დაუნაოქებელი შრების დიდ გავრცელებას ვხვდებით. კიდევ სხვა ქვეყნები თუშია პალეოზოურ დროში დანაოქებულან, მაგრამ ამის შემდეგ კი უძველესი დარჩენილან. ესეც საფებით გასაგებია. დანაოქების შემდეგ ყოველი ბუნების სისქი და წინააღმდეგობის უნარი საგრძნობლად იზრდება და ანიტომ, როგორც წესი, შემდეგი დაწოლა მას ვეღარ დაანაოქებს. ამასთან არის დაკავშირებული ის კანონზომიერება, რომ ნაოქების ურთიერთ გადაკვეთას ვერსად ვხვდებით, ყოველ შემთხვევაში დიდი მასშტაბით, და მაშასადამე, ვერც ჯვარედინად გასლაგებულ ქედებს, რომელთაც ჰუმბოლდტი დაიყრებით ეძებდა მისი თეორიის მიხედვით. ნაოქების დიდ ზოლებს შეუძლიათ ერთმანეთის მიამართულება ზუსტვალონ, მაგრამ ერთმეორეს კი ვერ გადაჰკვეთენ.

ა. ჰაიმმა უკვე დიდი ხანია გამოსთვალა, რომ ალპების დანაოქების შედეგად მიწის დიდი წრე-ხაზი 600 — 1200 km, ე. ი. დაახლოებით 3°⁰ შემცირდა. თუ შემდეგ ჰაიმთან ერთად დავუშვებთ, რომ ცენტრული ალპების მერიდიანზე მდებარე ყველა დანარჩენი მთების (ატლასი, აპენინები, რაინის ფიქლების მთები, სკანდინავიის ნაოქა მხარე და სხვა) წარმოშობამ იგივე წრე-ხაზი ამის ორკეცად, მაშასადამე 1800 km შეამცირა, მაშინ ყველა დანაოქებათა შედეგად ხსენებული მერიდიანის გასწვრივ დაახლოებით 2700 km ანუ 9°⁰ შემცირება მოხდებოდა. წრე-ხაზის ამ შემცირების შესატყვისი მიწის რადიუსის დამოკლება 573 km ტილი იქნება. მაშასადამე, თუ ეხლა რადიუსის სიგრძე 6370 km არის, დანაოქების წინ ის 6943 km უნდა ყოფილიყო, ხოლო, ვინაიდან შეიძლება დაუშვათ, რომ ქერქის დანაოქების სიდიდე მიწის ყველა დიდ წრეზე დაახლოებით ერთნაირია, ეს რიცხვი მიწის ქერქის შეკუმშვის გამო რადიუსის საერთო დამოკლებას გვიჩვენებს.

გასაგებია, რომ ამგვარი გამოთვლები ზუსტად ვერ ჩითვლებიან, მაგრამ ისინი განხილული პროცესის სიდიდეზე ერთგვარ წარმოდგენას მაინც ვეძლევენ. ისინი გვიჩვენებენ, რომ ყველაზე დიდი დანაოქებების, შეცოცებების, ფლექსურების, ნახსლეტებისა და ჩაწვევების გამოსაწვევად მიწის რადიუსის სინამდვილეში მომხდარი დამოკლების მცირე ნაწილიც კი საკმარისი არის, რადგან არა მარტო ხმელეთისა და ზღვის ფსკერის, არამედ უმაღლესი მწვერვალებისა და უდიდესი ოკეანური სიღრმეების დონეთა შორის განსხვავება 20 km-მდეც არ აღწევს და, მაშასადამე, 573 km-ის 1/11-საც არ შეადგენს.

საუკუნოებრივი ამოწვევის მცირე წილის კავშირი მიწის ქერქის ცალკეული უბნების დანაოქებასთან კარგად ჩანს. თუ ზოგი ამოწვევა თითქო დანაოქებისაგან დამოუკიდებელი არის, ეს შეიძლება აიხსნას იმ დაშვებით, რომ ქერქის ზოგი ნაწილების დაწვეასთან სხვების ამოწვევა არის დაკავშირებული. ამ შეზღუდულებას

მრავალი გეოლოგი იზიარებს. მართლაც, თუ ლითოსფეროს ქვეშ თხევადი მაგმის ზონის არსებობას დავუშვებთ, მაშინ ქვევითკენ მოძრავი დიდი ბელტების ჰიდროსტატიკული დაწოლა საკმაო იქნება, რათა მათ შორის მდებარე უფრო პატარა ბელტებმა ზევით ამოიწიონ¹⁾).

კონტინენტური დაწვეით მარტივად აიხსნება ვრცელი მხარეების ზღვის დონეს ქვეშ მოქცევა და, მაშასადამე, დიდი ტრანსგრესიები; ცალკეული ბელტების ამოწევამ კი შეიძლება, აღრინდელი ზღვის ფსკერი უფრო და უფრო აამაღლოს და, დაბოლოს, ხმელეთად აქციოს. ამრიგად კონტინენტებიც და ზღვის აუზებიც გარდამავალ მოვლენას წარმოადგენენ, თუმცა შედარებით ნაკლებად, ვიდრე მთები, რომლებიც დენუდაციის და წყვეტილი დაქუცმაცების გამო სწრაფად ალიგებიან მიწის ზედაპირიდან.

მიწის საუკუნოებრივი გაცივება, მიწის მოცულობის და რადიუსის შემცირება, დანაოკება და შეცოცება, ნაწივები და ჩაწევანი ამ შეხედულების მიხედვით ერთიმეორესთან მკიდროდ და მიზეზობრივად დაკავშირებულ პროცესებს წარმოადგენენ. ვინაიდან მიწის სფეროს გაცივება კიდევ გრძელდება, ამიტომ არც მისგან გამომდინარე დანაოკებისა და დანახლებების მოვლენები არიან ჯერ შეწყვეტილი. პირიქით. როგორც ამას მთელ დედამიწაზე გავრცელებული კონტინენტური აწევები და დაწევები, მიწისძვრები და ვულკანიზმი ამტკიცებს, მიწის გაცივება კიდევ განუწყვეტლივ გრძელდება.

ზემოთქმულით ჩვენ შევეცადეთ მოგვეცა მეტად მოკლედ შეკუმშვის თეორიის საერთო სურათი, როგორც ამას ამჟამად გეოლოგების უმრავლესობა ლებულობს და კერძოდ დენა, ჰაიმი და ზიუსი იცავენ. ამ თეორიას ის დიდი უპირატეობა აქვს, რომ ლითოსფეროს მოძრაობის ყველა პროცესებს და მათ რიცხვში სეისმურ და ვულკანურ მოვლენებსაც ერთი საერთო მიზეზით, მიწის საუკუნოებრივი გაცივებითა და შეკუმშვით ხსნის და ამრიგად უყოყმანოდ ემყარება კანტ-ლაპლასის თეორიას, რომელიც, როგორც ზემოთ დავინახეთ, ახალი ასტრო-ფიზიკური გამოკვლევების შედეგებს ძლიერ კარგად ეთანხმება.

უკვე წინათ განხილული ფაქტი, რომ უკლებლივ ყველა ალგოზკურისწინა ნალექები მიწის ყველა ადგილებში დანაოკებული არიან, შეკუმშვის თეორიის სასარგებლოდ კარგ საბუთს იძლევა. ეს ფაქტი გარკვეულად ლაპარაკობს იმ შეხედულების წინააღმდეგ, რომლის თანახმად დანაოკება შეიძლება ადგილობრივი გაფართოვებით ან შეკუმშვით იყოს გამოწვეული, და უდავოდ ხდის დებულებას, რომ დანაოკებას საფუძვლად უდევს ერთი საყოველთაოდ მოქმედი მიზეზი, ხოლო ჩვენი დღევანდელი წარმოდგენით ასეთ მიზეზად მხოლოდ მიწის საუკუნოებრივი გაცივება და შეკუმშვა შეიძლება ვიგულისხმოთ.

¹⁾ ბელტებს, დიდისა თუ პატარის, ჩაძირვას, რასაკვირველია, მაგმის დონის აწევა უნდობა მოჰყვება. მაგრამ თვით ამ მაგმაში ბელტების მეტ-ნაკლები ჩაფლობისათვის მხოლოდ ბელტების სისქე-იმპეროვებს აქვს მნიშვნელობა და არა მათ სიდიდეს-სიპატარავეს (მთარგნე.).

სხვა თეორიებს მთების და კონტინენტების წარმოშობის შესახებ ჩვენ არ განვიხილავთ და, დასასრულ, ძლიერ მოკლედ შევეხებით მხოლოდ იზოსტაზისის თეორიას, რომელიც ამერიკიდან მომდინარეობს¹⁾. ეს თეორია ამტკიცებს რომ მიწის მაგარი ქერქი, რომელსაც მაგმურ ზონაზე მოტივტივედ წარმოიდგენენ, ყველა ნაწილში მიწის თავის ღერძზე ბრუნვის გამო კიდროსტატიკული წონასწორობის მდგომარეობაში იმყოფება²⁾, რომლის ხანგრძლივად დარღვევა შეუძლებელი არის. ქერქის უფრო თხელი და მსუბუქი ნაწილები მბრუნავი მცწის ცენტრსგამრიდი ძალის მოქმედებას უფრო ადვილად ემორჩილებიან და ზევით ამოდიან, უფრო მძიმე და სქელი ბელტები კი მათ ჩამორჩებიან. ამის გამო მიწა მუდამ ესწრაფის ისეთი წონასწორობის მდგომარეობა მიიღოს. როგორც მას ექნებოდა, თხევადი რომ ყოფილიყო. თუ სადმე სფეროიდის შესაბამისი სიმძიმე არ არის მიღწეული, ქერქი მაღლა იწევს; თუ, პირიქით, სიმძიმე მახედ მეტია, ქერქი იძირება. ამრიგად იზოსტაზისის თეორია იძლევა ამომწვევ ძალას, რომლის არსებობასაც ზიუსი უარყოფდა. ამ ძალით გამოწვეული უნდა იყოს როგორც კონტინენტების, ისე ოკეანური აუზების წარმოშობა.

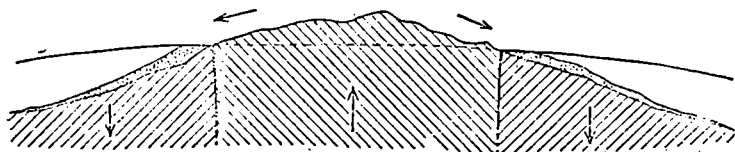
მაგრამ ლითოსფეროს ეს წონასწორობის მდგომარეობა გამუდვებით დარღვევას განიცდის, მეტადრე განუწყვეტლივ მოქმედი დენუდაციისა და ნალექების დაგროვების გამო. პირველს ამათვანს შედეგად მოჰყვება მიწის ცალკეული უბნების განტვირთვა, მეორეს კი, პირიქით. გადატვირთვა. არსებული წონასწორობის მდგომარეობის რომელიმე ადგილში შეცვლა ან დარღვევა სხვა ადგილში აუცილებლად კომპენსაციას მოითხოვს: თუ სადმე განტვირთული ბელტი მაღლა იწევს, მაშინ მეზობლად მდებარე, უფრო მძიმე ბელტები დაბლა იწვევენ და პირიქით. ეს არის დამოკიდებულება, რომლის საშუალებით მრავალი ნამდვილად დადგენილი ვერტიკალური მოძრაობის ახსნა შეიძლება.

იზოსტაზისის თეორია რომ ზოგს სხვაგვარად ძნელად გასაგებ მოვლენებს მარტივად ხსნის, ამის უარყოფა შეუძლებელია. ასე, მაგალითად, საკმარისია უკვე ის დაწოლა, რომელსაც მიწის შიგნეთის მაგმურ ზონაზე დაბლა დაწეული ბელტები ახდენენ, რომ მოხდეს გავარჯარებული თხევადი მასების მაღლა ამოსვლა; ეს მით უმეტეს თუ იზოსტაზისურად ზევით მოძოავი ბელტი მათთვის ადგილს ათავისუფლებს. ამგვარადვე აიხსნება იმ ზოგიერთი დანალექი წყებების დიდი სიმძლავრე რომლებსაც მათი ლითოლოგიური შედგენილობისა და ნამარხების მიხედვით მხოლოდ დაბალ ზღვაში შეეძლოთ წარმოშობილიყვნენ. ეს მარტივად აიხსნება იმით, რომ ბელტი ზედ დალექილი ნალექების სიმძიმის გავლენით უფრო და უფრო ღრმად იძირებოდა. ბუნებრივია, რომ ანგვარივე ახსნა გამოვიყენოთ მრავალი ასეთი მეტრის სისქე ზოგი რიფული

¹⁾ A. Born, Isostasie und Schwere-messung. Berlin (bei Springer) 1923.—შეად. აგრეთვე W. Bowie-ს, Bailey Willis-ის, Kemp-ის, Reid-ის და სხვების წერტილები in: Bull. of the Geol. Soc. of America, 1922, ნაკვ. 2.

²⁾ ცხადია, რომ იზოსტაზისის პრინციპის მიხედვით მიწის ქერქი ბრუნვის გარეშე იზოსტაზისურ მდგომარეობაში იქნება, ხოლო ბრუნვა და მის მიერ წარმოშობილი ცენტრსგამრიდი ძალა მიწის ქერქის ცალკეული ბელტების მდებარეობის ერთერთი პირობათაგანია. (მთარგმნ.).

ქირქვებისათვის, სხვადასხვა სისტემების ტბიური ნალექებისთვის, რომლებიც ნახშირიანი წყებებით არიან წარმოდგენილი და ხშირად რამოდენიმე ათასი მეტრის სისქის აღწევენ, და ბევრ სხვა შემთხვევაში. კიდევ მტკიცე დასაყრდენი პპოვა ამ თეორიამ სიმძიმის ძალის ახალი გაზომვების შედეგებში, რომელთა მიხედვით ოკეანური ბელტები ყოველთვის უფრო მკვრივი, კონტინენტები კი პირიქით, ნაკლებად მკვრივი მასებისაგან შედგებიან¹⁾. კონტინენტების უფრო დიდი სისქე მათი ნაკლები სიმკვრივით არის გაწონასწოებული და ამიტომ არის, რომ სიმძიმის ძალას ოკეანეებზე არსებითად იგივე სიდიდე აქვს. რაც კონტინენტურ დაბლობებზე. საესებით გასაგებია, რომ ამ პირობებში გეოლოგებს უერთდებიან გეოდინამიკის, რომელთა რიგებში იზოსტაზისის თეორიას ერთგული მომხრეები ჰყავს.



სურ. 201. იზოსტაზისური მოძრაობის ასლის სქემა.

ჰორიზონტული ისრებით ნაჩვენებია მიმართულება, რომლითაც ამოწული ბელტიდან გადაკლილი მასალის გადატანა ხდება; ვერტიკალური ისრებით — მსგების ამ გადაჯგუფებით გამოწვეული ვერტიკალური გადაადგილებები.

იზოსტაზისის თეორიამ შეძლებისდაგვარად გააწუქა აგრეთვე ჯერ კიდევ სადავო საკითხი ოკეანეების მუდმივობის შესახებ. ჩვენ უკვე ზემოთ დავინახეთ, რომ კონტინენტებზე უდავოდ ღრმა ზღვის ნალექები პრაქტიკულად არ გეხდებიან და ამის გამო დავასკენით, რომ ლითონფეროს დიდი ფორმები, კონტინენტური და ოკეანური ბელტები, მიუხედავად ყოველგვარი წარმავალი ცვლილებებისა, არსებითად უწყევად ინარჩუნებენ თავის სახეს. ეს შეხედულება თითქო კარგად ეგუება იზოსტაზისის თეორიიდან გამომდინარე შედეგებს, რომელთა თანახმად მიწის ზედაპირის სფეროიდის ფორმისგან ხანგრძლივი გადახრა შეუძლებელი არის.

მოკლე განხილვის მოთხოვნის კიდევ ა. ვეგენერის²⁾ თეორია კონტინენტების დიდ ჰორიზონტულ გადაადგილებათა შესახებ. ვეგენერი

¹⁾ გასაგებია, რომ სიმკვრივეთა ასეთი განსხვავება მხოლოდ მიწის ზედა გარისათვის ლითონფეროსათვის შეიძლება იყოს დაშვებული, ხოლო უფრო დიდ სიღრმეზე გათანაბრებას უნდა ჰქონდეს ადგილი. მესერსმიტმა (Messerschmidt) დაუშვა, რომ ეს 200km სიღრმეზე ხდება. მაგრამ საქანის გადახრათა საუფძველზე ჰაილორდმა (Hayford) 1906 წ. გამოითვალა, რომ გათანაბრების სიღრმე 114 km უნდა უდრიდეს. ჰელმერტმა (Helmert) 1909 წ. ციკაბო ოკეანურ ნაპირებთან სიმძიმის ძალის ანომალიების მიხედვით ეს სიღრმე 124km განსაზღვრა. ამ რიცხვების ურთიერთშორის სიახლოვე მათ სისწორეს მოწმობს. თუ გათანაბრების სიღრმეს 120km და კონტინენტური ბელტების სიმკვრივეს 2,8 მივიღებთ, მაშინ ოკეანური ბელტების სიმკვრივე მხოლოდ 2,9 იქნება.

²⁾ Wegener, Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, Braunschweig (Vieweg) 1915, 2. უფრო ვრცელი გამოც. 1920, 3. გამოც. 1923.

გამოდის დებულებიდან, რომ კონტინენტები უფრო მსუბუქი („სალური“), ხოლო ოკეანეების ფსკერი უფრო მძიმე („სიმური“) მასალისგან შედგება და ამის მიხედვით კონტინენტებს ძველი, ოდესღაც მთელ მიწაზე გადაფარებული, დაახლოებით 100 km სისქე გარსის ნაშთებად სთვლის, რომლებიც (წყალზე მოტივტივე ყინულის ბელტების მსგავსად) მათ ქვევით მდებარე პლასტიურ სიმაზე ცურავენ და ნაწილობრივ შიგ არიან ჩაფლული. მაგრამ აქამდე მიღებულ შეხედულებათა წინააღმდეგ, ეს კონტინენტური ბელტები თავის ადგილზე კი არ რჩებიან, არამედ გეოლოგიური დროის განმავლობაში მათი მდებარეობის თავდაპირველი ადგილიდან დიდ მანძილზე, ხშირად რამოდენიმე ათასეულ კილომეტრზე, გადაადგილებულან.

ამის მიხედვით ოკეანური აუზები წარმოშობილი უნდა იყვნენ არა მიწის ქერქის ზედა ნაწილის ჩაქცევის ან ჩალუნვის გზით, როგორც ამას აქამდე წარმოიდგენდნენ, არამედ საღის დიდი ნაწილების მოწყვეტისა და ჰორიზონტული გადაადგილების შედეგად. ამის მთავარ მაგალითად ატლანტიკური ოკეანე უნდა იყოს მისი გრძელ S-ის მსგავსად მოხრილი ფორმით. ვეგენერის აზრით იგი ევროპა-აზიასა და ორივე ამერიკას შუა გამჩდარი ნაპრალის თანდათან გაფართოვებით წარმოდგა; ამით უნდა აიხსნებოდეს არა მარტო ორივე ნაპირის პარალელურობა, არამედ ისიც, რომ ორივე ხმელეთის აგებულება მთავარ ხაზებში შეთანხმებული არის¹⁾ მსგავსად ავსტრალია სამხრეთი აზიისგან ჩამოცილებით წარმოშობილი უნდა იყოს, აღმოსავლეთ აზიის კუნძულთა მწყრივები აზიის კონტინენტიდან მოწყვეტით და ა. შ. საერთოდ კი აზიის ირგვლივ მდებარე ქვეყნები მას შორდებიან, წყნარი ოკეანის ირგვლივ მდებარენი კი უკანასკნელისკენ მიიწევენ.

ამავე გადაადგილებას ვეგენერი უკავშირებს მოძრავი ბელტების წინა მხარის ამობურცვას მთების სახით (კორდილიერები, ანდები).

ამ შეხედულების მიხედვით კონტინენტების წინანდელი მდებარეობა ძლიერ განსხვავდებოდა თანამედროვისაგან. ამჟამად ერთიმეორისაგან შორს დაცილებული ქვეყნები წინათ ერთიმეორის გვერდით მდებარეობდნენ და პირიქით; ამით აიხსნება ცხოველთა და მცენარეთა გეოგრაფიის ზოგი უცნაური ფაქტები და აგრეთვე ზედა პალეოზოურის დროის გამყინვარების ვითომდა მიწის სამხრეთი ნახევარი სფეროთი შეზღუდვა.

კონტინენტური ბელტების ეს მოგზაურობა (რომელიც, ვეგენერის მიხედვით, გამოწვეულია ნაწილობრივ მიწის უფრო ღრმა ნაწილში მაგმის მოძრაობით, ნაწილობრივ კი პოლუსების გადაადგილებით) მხოლოდ უბრალო ფანტაზიად რომ არ დარჩეს, საჭიროა, რომ კონტინენტების ახლანდელი ჰორიზონტული გადაადგილების საბუთი გვექნოდეს. ასეთ საბუთად ვეგენერი სიგრძელების ცვლის გამოყენებას ფიქრობდა. უკანასკნელი ათეული წლების განმავ-

¹⁾ ნაპრალის ორივე მხარის შეთანხმებულობა, სსეთაშორის, მხოლოდ მიახლოებითაა. დეტალური გარჩევის დროს მალე ირკვევა. რომ ორივე მხარის ერთიმეორეზე დამთხვევა შეუძლებელი არის. (შეად. მეტადრე, Vavorsky, wegeners Hypothese der Kontinentalverschiebungen. Geol. Buudschau, ტ. XIII, გვ. 273, 1922).

ლობაში განედის შეცვლა დადგენილ იქმნა ინგლისსა და ჩრდილო ამერიკას ში. არის და აგრეთვე გრენლანდსა და ევროპას შორის მანძილის გადიდების მიხედვით, რომელიც უკანასკნელი 80 წლის განმავლობაში მოხდა. მაგრამ მიუხედავად ასტრონომმა ბურმაისტერი (Burmeister), სხვათა შორის, სრულიად სამართლიანად შენიშნავს, რომ გრენლანდიის სიგრძელების გამოთვლები (რომელნიც მხოლოდ მთვარეზე დაკვირვებებს ემყარებიან) შეტად საეჭვო არიან იმისთვის, რომ მათზე დაყრდნობით რაიმე სანდო დასკვნის გამოტანა შეიძლებოდეს.

მაგრამ ამის გარეშეც ვეგენერის მიერ თავის თეორიის დასამტკიცებლად მოცემული საბუთები იმდენად მცირედ დამარწმუნებელი არიან, რომ საესებით გასაგებია, თუ რად ჰყავს ამ თეორიას აქამდე ცოტა მომხრეები. მიუხედავად იმ დიდი ინტერესისა, რომელიც ამ ახალმა თეორიამ ბუნებისმეტყველთა ფართო წრეებში გამოიწვია, ბევრი ცნობილი გეოლოგი - გერმანელებს შორის ჩვენ მხოლოდ დიენერს (Diener), ჰენიგს (Hennig), კობერს (Kober), კოსმატს (Kossmat), კრანცს (Kranz), იავორსკის (Yaworski), ზოერგელს (Sürgel) დეასახელებთ - ისევე, როგორც წამყვანი გეოგრაფები - კ. პენკი, დრიგალსკი - მას უარყოფით შეხვდნენ. ასევე მოხდა გეოგრაფების ყრილობაზე ლაიპციგში (1922 წ.), მიუნხენის გეოგრაფიული საზოგადოების სპეციალურ სხდომაზე (1923), ლონდონის Royal Society-ს კრებაზე და ამერიკის გეოლოგიური საზოგადოების კრებაზე (ეგრეთწოდებულ Symposium-ზე) (ორივე 1923 წ.)¹⁾.

¹⁾ Sörgel, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges., 1916, Mon.-Ber., გვ. 200. — Kossmat Erörterungen zu Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung. Zeitschr. Ges. Erdkunde, Berlin 1921, გვ. 103; — V. Drygalsky, Geogr. Anzeiger (Gotha, Perthes), 1923, გვ. 145; — Bull. of the Geol. Soc. of Amer., ტ. 34, გვ. 151 (ნეტადრე გვ. 359, 362).

ს ა რ ჩ ე ვ ი

რედაქტორის წინასიტყვა	88- II
შესავალი	1

ზოგადი ბიოლოგია

მიწის გეოლოგიური წარსულის სქემა და ქრონოლოგია	5
---	---

პ ი რ ე ე ლ ი ნ ა წ ი ლ ი

ფიზიოგრაფიული ბიოლოგია

I. ასტრონომიულ-გეოფიზიკური ნაკვეთი

მიწა, როგორც მზის სისტემის წევრი	8
მზის სისტემის დანარჩენი წევრების რაგვარობა. შეხედულებანი მზის სისტემის წარმოშობის შესახებ	9
მიწის ფორმა, სიდიდე და სიმკვრივე	16
მიწის სითბო და შიგნეთის მდგომარეობა	20
გეოლოგიური წარსულის კლიმატური ვითარება	22
გეოლოგიური წელთაღრიცხვა	33
მიწის მაგნიტური მოვლენები	36
1. მიწის მაგნეტიზმი	36
2. ქანების მაგნეტიზმი	38

II. გეოგრაფიული ნაკვეთი

(ატმოსფერო, ჰიდროსფერო, ხმელეთის მოხაზულობა, ხმელეთის ზედაპირის ფორმები)	38
--	----

III. პეტროგრაფიულ-ტექტონიკური ნაკვეთი

მიწის ქერქის შემადგენელი ნივთიერება. ქიმიური და მინერალური შემადგენელი ნაწილები	49
ქანების ზოგი მთავარი თვისება	52
1. საერთო შედგენილობა	52
2. შემადგენელი ნაწილები	52
3. სტრუქტურა	53
4. ტექსტურა ანუ შემადგენელი ნაწილების წყობა ქანში	54
5. განწვევება	54
6. წოლის ფორმა	56

ქანების კლასიფიკაცია	33-64
1. კრისტალური ფიქლები	64
2. კრისტალური მასები ანუ ეროპტივული ქანები	68
3. დანალექი ქანები	76
ცნობები ტექტონიკიდან (მეცნიერება შრეთა განლაგების შესახებ)	82
1. შრეთა ამართვა	83
2. დანაოქება	84
3. შეცოცებანი	87
4. ფლექსურები ანუ საფეხურისებური ნაოქები	89
5. ნახლეთები	90

მეორე ნაწილი
ღინამიური გეოლოგია

A. ეპოგენური (ბარმ ღინამიური) მოვლენები

I. ატმოსფეროს მოქმედება

ეოლური გადაცლა	93
ეოლური დაღეკვა	97
ჩაღრმავებათა მოსწორება მშრალ ქვეყნებში. სტეპების წარმოშობა	98
ღუნები	99
ეოლური თიხა და ლოესი	101

II. წყლის მოქმედება

მეტეორული წყალი და გამოფიტვა	103
1. მეტეორული და ჩაჟონილი წყლის მოქმედება	103
2. გამოფიტვის პროცესები	110
3. გამოფიტვის გავლენა რელიეფის ფორმებზე	114
4. მეტეორული წყლის მექანიკური მოქმედება	117
მიწისქვეშა წყლების მოქმედება	118
1. ნიადაგის წყალი, წყაროები, თერმები და გეიზერები	118
2. წყაროს წყლის მინერალური შედგენილობა და მისი ნალექები	123
3. ხსნითი გამორეცხვა და მისი შედეგები	127
ხმელეთის მდინარე წყლის მოქმედება	128
1. რუების, ხევეების და მდინარეების მოქმედება	129
2. ეროზია	134
ტბების მოქმედება	145
1. ეპოგენური ტბები	146
2. ენდოგენური ტბები	146
ყინულის მოქმედება	149
1. საკუთრივ მყინვარები	152
2. კონტინენტური მყინვარი	155

დენუდაცია	157
1. ზღვის ნგრევეთი მოქმედება	160
a) ნგრევა ტალღის ცემით	160
b) ზღვის მიმოქცევათა ეროზიული მოქმედება	163
2. ზღვის შემოქმედი აქტივობა	164

III. ორგანიზმების მოქმედება

ნგრევა ორგანიზმების მოქმედებით	169
ორგანიზმების შემოქმედებითი მოქმედება	170
თანამედროვე და ნამარხი მარჯნის რიფები	174

ნ. ენდოგენური პროცესები (შიზა ღინამიკა)

I. ვულკანური ამოფრქვევის მოვლენები

ზოგადი წინა შენიშვნები	177
1. სიღრმის ამოფრქვევები	182
2. ზედაპირული ამოფრქვევები	184
a) ფართობული ამოფრქვევები	184
b) ნაპრალორი ანუ მასური ამოფრქვევები	185
c) ყელური ამოფრქვევები	186
მოქმედი ვულკანები	190
ვულკანების დენუდაციის პროცესები	195
ვულკანების რიცხვი და განაწილება. ვულკანიზმის მიზეზები	197
ძველი ერუპტივული ქანები. კონტაქტური და პნევმათო- ლიზური მეტამორფიზმი	200

II. ლითოსფეროს მოძრაობის პროცესები

მიწისძვრები ანუ სეისმური მოვლენები	203
წინასწარი შენიშვნები	203
მიწისძვრის ბუნება, რაგვარობა და გავრცელება	204
სეისმოგრაფები და სეისმოგრაფები. ეპიცენტრის სიშორე და ტალღების სელის დრო. კერის სიღრმე, მიწისძვრის სიძლიერე	208
მიწისძვრის ფართობის სიდიდე და ფორმა. მიწისძვრის რუკები	210
მიწისძვრის მოქმედება	212
სეისმურობა. მიწისძვრის მიზეზები. მიწისძვრების კლასიფიკაცია	214
მთათა წარმოშობის პროცესები	219
ხმელეთის ზედაპირის ჩაღრმავებანი	221
მიწის ზედაპირის მაღალი ფორმები	221
დისლოკაციური ანუ დინამომეტამორფიზმი	237
1. მეტამორფიზმი, რომელიც უმთავრესად ტექსტურის შეცვლას იწვევს	238
2. მეტამორფიზმი, რომელშიც მინერალური გარდაქმნა სპარბობს	241
კონტინენტების რყევა (აწევა და დაწევა)	245
ლითოსფეროს მოძრაობის მიზეზები	251

ტექნოლოგი: ვ. ბოლქვაძე
შეკვეთის № 227.
მთავლიტის № 2182.
ტირაჟი 2000.
გამომც. შეკვ. № 7.

გადაეცა წარმოებას 26/I—38.
ხელმოწერილია დასაბუქდად 15/IX—38.
აწყ. ზომა 7×11.
ქალ. ზომა 72×108.
ფორმა-ოა ჩაოდ 16¹/₂.